

red eléctrica

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE EN CÁDIZ

DEL NUEVO ENLACE ELÉCTRICO SUBMARINO DOBLE CIRCUITO, ENTRE LA SUBESTACIÓN DE ALGECIRAS (CÁDIZ) Y LA SUBESTACIÓN DE VIRGEN DE ÁFRICA (CEUTA) A 132kV

Provincia afectada
CÁDIZ

Madrid, noviembre de 2022

El Ingeniero Industrial: María Soler Soneira

SOLER SONEIRA

MARIA - 02900948G

Firmado digitalmente por SOLER

SONEIRA MARIA - 02900948G

Fecha: 2022.11.24 15:15:59

+01'00'



VISADO

COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL ICAI



VISADO: 0647/21 - Fecha: 24/11/2022
Documento sellado con firma electrónica



red eléctrica

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE EN CÁDIZ

DEL NUEVO ENLACE ELÉCTRICO SUBMARINO DOBLE
CIRCUITO, ENTRE LA SUBESTACIÓN DE ALGECIRAS
(CÁDIZ) Y LA SUBESTACIÓN DE VIRGEN DE ÁFRICA
(CEUTA) A 132kV

ÍNDICE

Nº PÁGINAS

DOCUMENTO 1 – MEMORIA	260
DOCUMENTO 2 – CÁLCULOS	72
DOCUMENTO 3 – PLANOS	12
DOCUMENTO 4 – PRESUPUESTO.....	4

Madrid, noviembre de 2022

La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira

Colegiada del ICAI nº 4123/3353



red eléctrica

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO- TERRESTRE EN CÁDIZ

DEL NUEVO ENLACE ELÉCTRICO SUBMARINO DOBLE CIRCUITO, ENTRE LA SUBESTACIÓN DE ALGECIRAS (CÁDIZ) Y LA SUBESTACIÓN DE VIRGEN DE ÁFRICA (CEUTA) A 132kV

DOCUMENTO 1 MEMORIA

DOCUMENTO Nº 1 – MEMORIA

ÍNDICE

	Nº Páginas
PORTADA E ÍNDICE	2
CAPÍTULO 1 – GENERAL	49
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	16
ANEJO ESTUDIO CLIMA MARÍTIMO	193
TOTAL	260

Madrid, noviembre de 2022

La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada del ICAI nº 4123/3353



CAPÍTULO 1 – GENERAL

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.2. OBJETO Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

1.5. TRAZADO DE LA LÍNEA

1.5.1. TRAMO SUBTERRÁNEO PENÍNSULA

1.5.2. TRAMO SUBMARINO

1.5.3. TRAMO SUBTERRÁNEO CEUTA

1.6. ZONAS AFECTADAS EN EL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

1.6.1. AGUAS INTERIORES

1.6.2. ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

1.6.3. AGUAS INTERIORES

1.7. TRABAJOS TEMPORALES EN LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

1.7.1. CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA

1.7.2. MAQUINARIA Y MATERIALES UTILIZADOS

1.7.3. REPOSICIÓN Y TERMINACIÓN DE LAS ZONAS AFECTADAS

1.8. PROTECCIÓN PERMANENTE DE LOS CABLES

1.8.1. PROTECCIÓN EN TIERRA

1.8.2. PROTECCIÓN EN LA COSTA Y ZONA MARINA

1.9. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL

1.10. PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

RED ELÉCTRICA, de conformidad con lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico como gestor de la red de transporte y transportista único con carácter de exclusividad, tiene atribuida la función de transportar energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte. RED ELÉCTRICA, en el ejercicio de las anteriores funciones, ha proyectado construir una línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica, de doble circuito a 132 kV, con una longitud aproximada de 69 km, que conectará la subestación de ALGECIRAS situada en el término municipal de San Roque (Cádiz), con la subestación de VIRGEN DE ÁFRICA, situada en el término municipal de Ceuta (Ceuta).

La línea eléctrica se encuentra incluida en, el documento de «Planificación Energética. Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2021-2026», aprobada mediante Acuerdo del Consejo de Ministros de 22 de marzo de 2022 y publicada por Resolución de la Secretaria de Estado de Energía de fecha 8 de abril de 2022 («Boletín Oficial del Estado» n.º 93, de 19 de abril de 2022)

La Planificación eléctrica es vinculante para RED ELÉCTRICA como sujeto que actúa en el sistema eléctrico habiendo participado las Comunidades Autónomas en su elaboración a través de las propuestas de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica, en cumplimiento de lo dispuesto en la referida Ley 24/2013 de 26 de diciembre y en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Así mismo, las instalaciones de transporte de energía eléctrica deben acometerse en los términos establecidos en la Planificación Eléctrica tal y como se refiere en el artículo 4 de la Ley del Sector Eléctrico, Ley 24/2013, de 26 de diciembre.

El presente proyecto de la red de transporte se justifica por la importancia estratégica para el Sistema eléctrico nacional, en sintonía con los objetivos nacionales de Transición Energética incluidos en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (2021-2030).

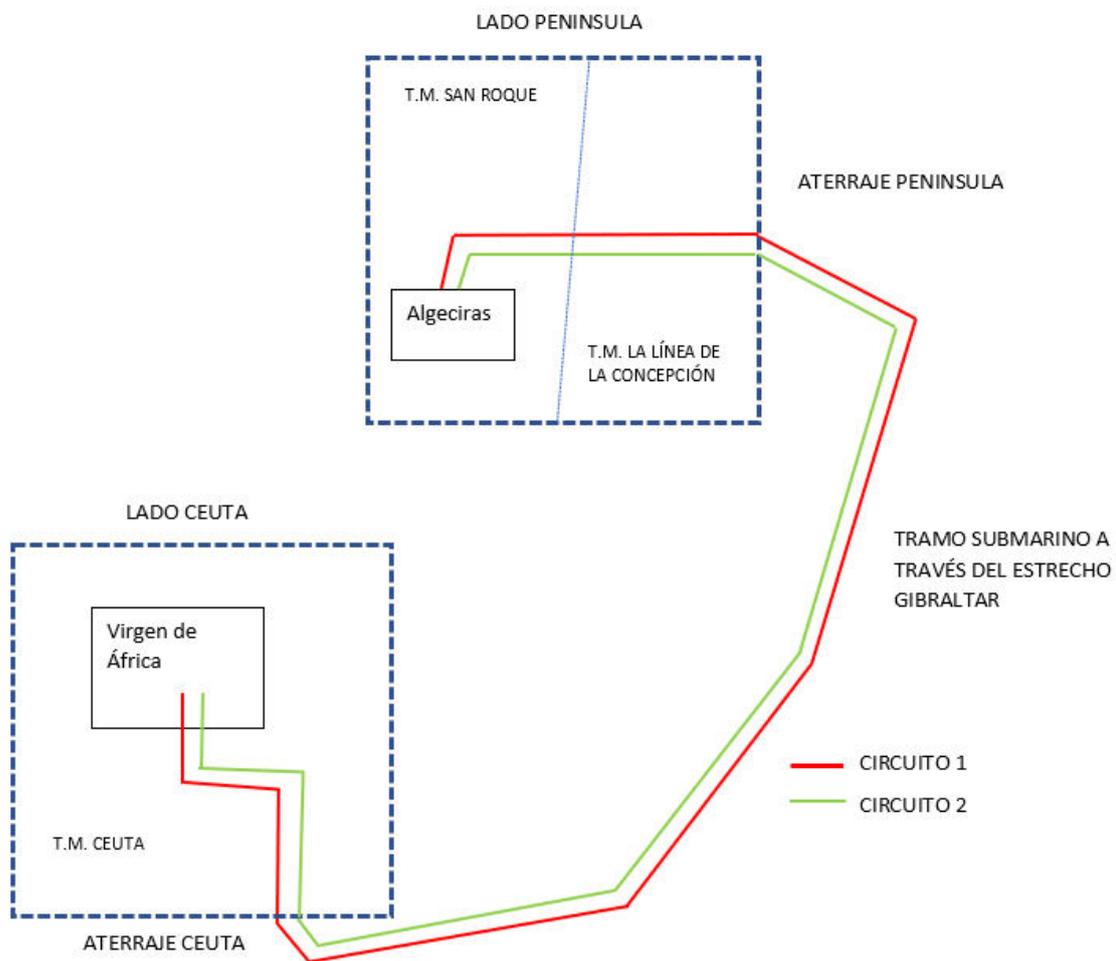
Se trata de un proyecto estratégico también por su contribución a la consecución de los objetivos europeos y nacionales respecto al cambio climático como es la descarbonización de la economía, la reducción de emisiones de efecto invernadero en el horizonte 2030, la mayor integración de energías renovables en el parque de generación y conseguir un parque de generación en 2050 100% renovable.

Asimismo, el enlace en proyecto tendrá consecuencias favorables en las condiciones ambientales y de habitabilidad del núcleo urbano dado que la reducción de la potencia térmica instalada favorecerá la reducción de emisiones de gases y partículas contaminantes, así como de las emisiones de ruido.

El nuevo eje de interconexión también se justifica en términos de equidad social por la mejora de las condiciones de fiabilidad y seguridad de suministro eléctrico de Ceuta.

A continuación, se incluye un esquema con la denominación de circuitos del enlace D/C Algeciras – Virgen de África 132 kV:

NUMERACIÓN DE CIRCUITOS ENLACE D/C ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA 132 kV



1.2. OBJETO Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

En virtud de lo establecido en los artículos 64 de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y 131 del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas, la citada instalación se encuentra sometida a la obtención de concesión para la ocupación de bienes de dominio público marítimo-terrestre al transcurrir parte de su trazado por zonas clasificadas como marítimo-terrestres y aguas interiores.

Conforme a lo anterior, constituye el objeto de este proyecto de ejecución a efectos administrativos la aportación de los datos precisos para la obtención de la concesión mencionada de ocupación de bienes de dominio público marítimo-terrestre.

Corresponde, dentro del reparto competencial al Departamento de Costa de la Delegación Territorial en Cádiz, de la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía el tramitar la solicitud de autorización para la ocupación de la zona de dominio público marítimo-terrestre y a la Dirección General de Sostenibilidad Ambiental y Cambio Climático de la Consejería de de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía y resolver sobre la misma.

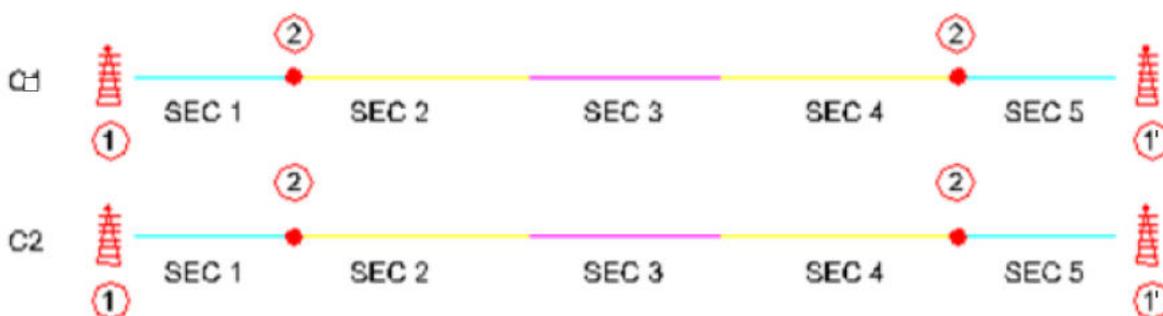
Con relación al estudio económico financiero de la rentabilidad, de conformidad con lo establecido en el artículo 89 del Reglamento de Costas cabe destacar que las obras solicitadas en concesión no serán objeto de explotación lucrativa por parte de Red Eléctrica ni por parte de terceros, en virtud de lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico y de conformidad con el artículo 4.2 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U, como gestor de la red de transporte y transportista único, tiene atribuida la función de transportar energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte.

A los anteriores efectos, RED ELECTRICA declara expresamente que el presente proyecto cumple fielmente las disposiciones establecidas por la mencionada Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y por el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.

1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La nueva conexión eléctrica entre las redes de transporte de la Península (desde Algeciras) y de la Ceuta consiste en un doble circuito de alta tensión en corriente alterna de 80 MVA de potencia y 132 kV de tensión por circuito, que conectará las subestaciones de Algeciras, en el término municipal de San Roque, y Virgen de África, en el término municipal de Ceuta.

En la siguiente figura se muestra el diagrama general de la instalación:



Descripción:

- 1 Terminal exterior cable subterráneo / 1' Terminal GIS cable subterráneo
- 2 Empalme de transición cable submarino / cable subterráneo.
- Sec 1. Tramo subterráneo Península (Cádiz).
- Sec 2. Tramo submarino en perforación horizontal dirigida en la salida del extremo Península (Cádiz).
- Sec 3. Tramo submarino aguas profundas.
- Sec 4. Tramo submarino en perforación horizontal dirigida en la llegada a Ceuta.
- Sec 5. Tramo subterráneo Ceuta.

El enlace estará constituido por los siguientes tramos:

Tramo subterráneo Península (Cádiz): entre la subestación de Algeciras y la salida al mar, al norte de Punta Torre Nueva. Longitud aproximada de 9 km por circuito.

Tramo submarino a través del océano Atlántico: entre la costa de Algeciras (la salida al mar al norte de Punta Torre Nueva) y la costa de Ceuta (Playa del Chorrillo). Longitud aproximada de 58,14 km para el circuito 1 y 56,19 km para el circuito 2 incluyendo las

secciones de las perforaciones dirigidas.

Tramo subterráneo de Ceuta (Ceuta): entre la nueva subestación de Virgen de África y la Playa del Chorrillo. Longitud aproximada de 1,61 km para el circuito 1 y 1,59 km para el circuito 2.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de cables a instalar:

CABLE				
SUBTERRÁNEO			SUBMARINO	
Península		Ceuta	Fondo marino	Perforación dirigida
Al - 400 mm ²	PHD: AL - 630 mm ²	Al - 400 mm ²	Al - 500 mm ² en zona poco profunda y Cu 300 mm ² en zona profunda	Al - 630 mm ²

1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

Línea objeto del presente proyecto tiene como principales características las siguientes:

Sistema	Corriente alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal de la red: U (Um)	132 kV
Origen de la línea de alta tensión	SE Algeciras (Península)
Final de la línea de alta tensión	SE Virgen de África (Ceuta)
Nº de circuitos	2

1.4.1 TRAMO SUBMARINO

Factor de carga	100 %
Capacidad de transporte por circuito (planificada).....	80 MVA
Capacidad de transporte por circuito (calculada).....	85,4 MVA
Hipótesis de cálculo	perforación dirigida en tubo de diámetro exterior 500 mm PE100 SDR11 (PN16) a profundidad 20 m
Nº de cables por fase	1, en configuración de cable tripolar
Tipo de cable referencial (sección estimada).....	145 kV 3x1x500 mm ² AL + F.O zona nearshore o poco profunda 145 kV 3x1x300 mm ² Cu+ F.O zona offshore o profunda
Cortocircuito en la pantalla	
Intensidad de cc máxima.....	3x15,7 kA
Duración del cortocircuito	0,5 s
Temperatura inicial / final en la pantalla	75 / 200 °C
Disposición de los cables	Tresbolillo
Tipo de canalización.....	directamente enterrado en el fondo marino
Profundidad enterramiento objetivo en el fondo marino.....	1.000 mm
Profundidad máxima cable submarino.....	900 m
Conexión de pantallas	both-ends
Origen línea submarina	explanada en camino de tierra de la playa de Torre Nueva, La Línea de la Concepción
Nº unidades origen.....	6 empalmes de transición subterráneo - submarino
Final línea subterránea	aparcamiento Playa de El Chorrillo, Ceuta
Nº unidades final	6 empalmes de transición subterráneo - submarino
Nº cámaras de empalme transición subterráneo – submarino S/C.....	4 (2 en



Península y 2 en Ceuta)

Empalmes El cable submarino se tenderá en una única tirada
siendo ejecutados los empalmes necesarios en fábrica.

Longitud de la línea submarina 58,144 km para el circuito 1 y
56,187 km para el circuito 2

Regiones afectadas:.....Provincia de Cádiz y Ciudad Autónoma de Ceuta

1.4.2 TRAMO SUBTERRÁNEO

Factor de carga..... 100 %

Capacidad de transporte por circuito (planificada) 80 MVA

Capacidad de transporte por circuito (calculada) 88,5 MVA

Nº de cables por fase..... 1, en configuración de cable unipolar

Tipo de cable referencial (sección estimada)

..... RHE-RA+2OL y RHZ1-RA+2OL(AS) 76/132 kV 1x400KAL+H135+8FO en secciones

.....en zanja hormigonada con tramos de simple y doble circuito y

..... RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x630KAL+H135+8FO en secciones con PHD

Cortocircuito en la pantalla

Intensidad de cc máxima 31,5 kA

Duración del cortocircuito 0,5 s

Temperatura inicial / final en la pantalla 80 / 250 °C

Disposición de los cables..... Tresbolillo

Tipo de canalización zanja hormigonada con tramos de simple y doble circuito

..... y perforación horizontal dirigida (PHD) de simple circuito

Profundidad normalizada de zanja..... 1.300 mm

Conexión de pantallas

Circuito 1 lado Península:Single Point y Cross-Bonding

Circuito 2 lado Península:Single Point y Cross-Bonding

Circuito 1 lado Ceuta: Single-Point con empalme sin seccionamiento de pantallas

Circuito 2 lado Ceuta: Single-Point con empalme sin seccionamiento de pantallas

Origen línea subterránea Terminales exteriores en SE Algeciras



Nº unidades terminales origen	6
Final línea subterránea	Terminales tipo GIS en SE Virgen de África
Nº unidades terminales final	6
Nº cámaras de empalme S/C.....	20 (18 en Península y 2 en Ceuta)
Nº cámaras de empalme S/C transición subterráneo-submarino	4
.....	(2 en Península y 2 en Ceuta)
Nº de empalmes unipolares tramos subterráneos.....	60
Nº de empalmes unipolares transición subterráneo-submarino	12
Longitud de traza de línea subterránea:	
Península:	
Longitud total circuito 1:	9.170 metros
Longitud total circuito 2:	9.137 metros
Ceuta:	
Longitud total circuito 1:	1.605 metros
Longitud total circuito 2:	1.591 metros
Términos municipales afectados:	
.....	San Roque y La Línea de la Concepción, provincia de Cádiz
.....	Ciudad Autónoma de Ceuta.

1.5. TRAZADO DE LA LÍNEA

El doble enlace en alterna entre Península y Ceuta discurrirá entre las futuras subestaciones de 132 kV de Algeciras (Cádiz) y Virgen de África (Ceuta), atravesando el Estrecho de Gibraltar y estará constituido por los siguientes tramos:

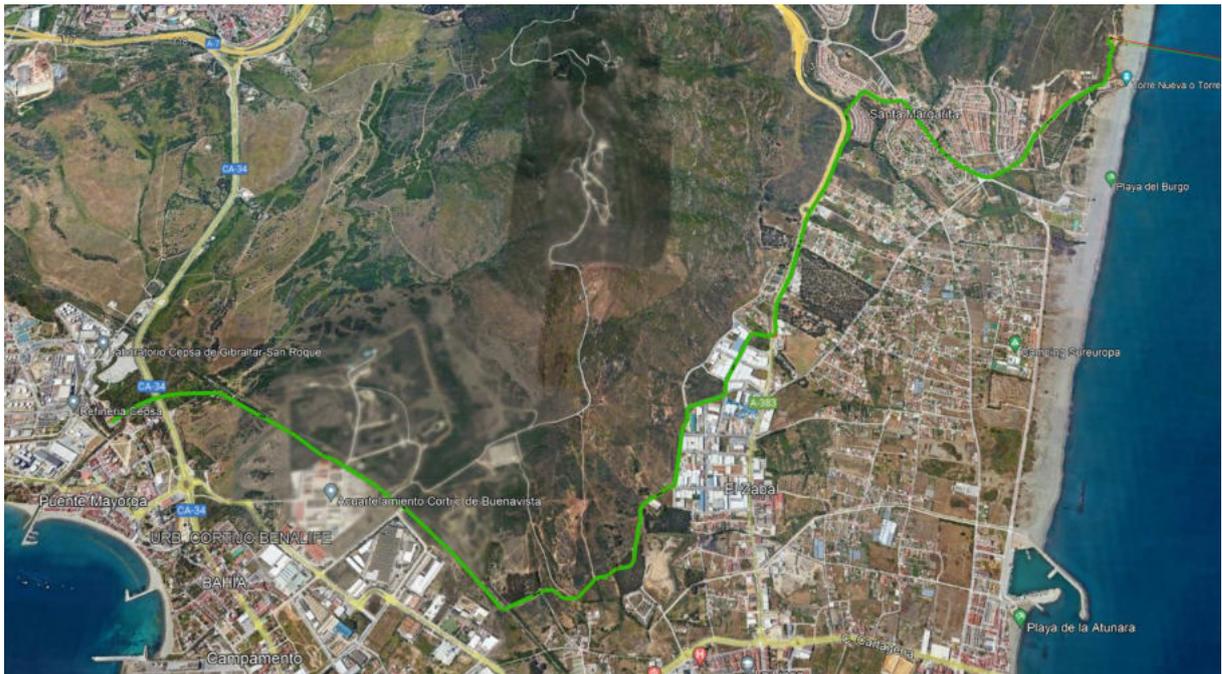
- **Tramo subterráneo lado Península:** entre la subestación de Algeciras 132 kV y la zona de la playa de Torre Nueva, mediante cables subterráneos y longitud aproximada de 9,17 km para el circuito 1 y 9,14 km para el circuito 2 a través de perforación horizontal dirigida y zanja hormigonada en tramos de simple y doble circuito.
- **Tramo submarino a través del Estrecho de Gibraltar:** entre la costa de La Línea de la Concepción (explanada en camino de tierra de la playa de Torre Nueva) y la costa de Ceuta (aparcamiento asfaltado de la playa de El Chorrillo). Longitud aproximada de 58,144 km el circuito 1 y 56,187 km el circuito 2.
- **Tramo subterráneo lado Ceuta:** entre el aparcamiento asfaltado de la playa de El Chorrillo y la nueva subestación de Virgen de África, mediante cables subterráneos y longitud aproximada de 1,6 km para el circuito 1 y el circuito 2 a través de zanja hormigonada en tramos de simple y doble circuito.

En el plano de planta general J-0382-L0549L001” incluido en el Documento nº 3 – Planos, del presente proyecto, se indica el trazado de la línea.

1.5.1. TRAMO SUBTERRÁNEO PENÍNSULA

El trazado subterráneo en Península se inicia desde la futura subestación de Algeciras 132 kV, en el término municipal de San Roque, en 2 canales prefabricados de cables de simple circuito desde las respectivas posiciones de la subestación hasta el inicio de 2 perforaciones horizontales dirigidas. En el interior del canal de cables se instalará un soporte metálico sobre el que se sujetará los cables mediante bridas metálicas, según plano LSZ009. Las perforaciones horizontales dirigidas se inician desde la plataforma del parque de 132 kV de la subestación de Algeciras para cruzar por debajo del arroyo Cachón que bordea la subestación y la autovía CA-34, hasta llegar a una zona próxima a la vía de ferrocarril existente y sin servicio ubicado al norte de la autovía CA-34. A continuación el trazado subterráneo se dirige en paralelo con la vía de ferrocarril existente sin servicio durante aproximadamente 2 km próximo al talud de dicha vía, atravesándola por debajo a través de un paso existente para dirigirse hacia el término municipal de La Línea de la Concepción. Una vez alcanzado el término municipal de La Línea de la Concepción, el trazado

subterráneo recorre un camino de tierra durante un tramo de aproximadamente 900 metros hasta alcanzar el polígono de El Zabal, recorriendo las calles Zabal, camino Sierra Carbonera, calle de la Traiña y calle Los Mirlos, hasta atravesar en perforación dirigida la carretera A-383, cogiendo un paralelismo con dicha carretera de aproximadamente 700 metros hasta el Camino de La Viña, donde atraviesa en una nueva perforación dirigida una rotonda de la carretera A-383, continuando posteriormente por el camino de servicio de dicha carretera hasta alcanzar la urbanización Santa Margarita a través de la calle del Arroyo. Dentro de Santa Margarita, la zanja hormigonada recorre bajo viales asfaltados las calles del Arroyo, avenida del Estrecho y avenida de El Burgo hasta alcanzar el Camino de Estepona. Posteriormente, el trazado subterráneo recorre en zanja hormigonada por debajo del asfalto el Camino de Estepona durante aproximadamente 1,1 km hasta llegar al aparcamiento asfaltado de Torre Nueva, continuando posteriormente por debajo del Camino de Estepona en zanja bajo camino de tierra hasta el punto de aterraje, donde se ubicarán las 2 cámaras de transición de cable subterráneo a submarino en zona de servidumbre de protección de costas y fuera de la zona de Dominio Público Marítimo terrestre.



Trazado subterráneo lado Península desde SE Algeciras (T.M. San Roque) a playa Torre Nueva (T.M. La Línea de Concepción). En verde se representa el trazado de los cables.

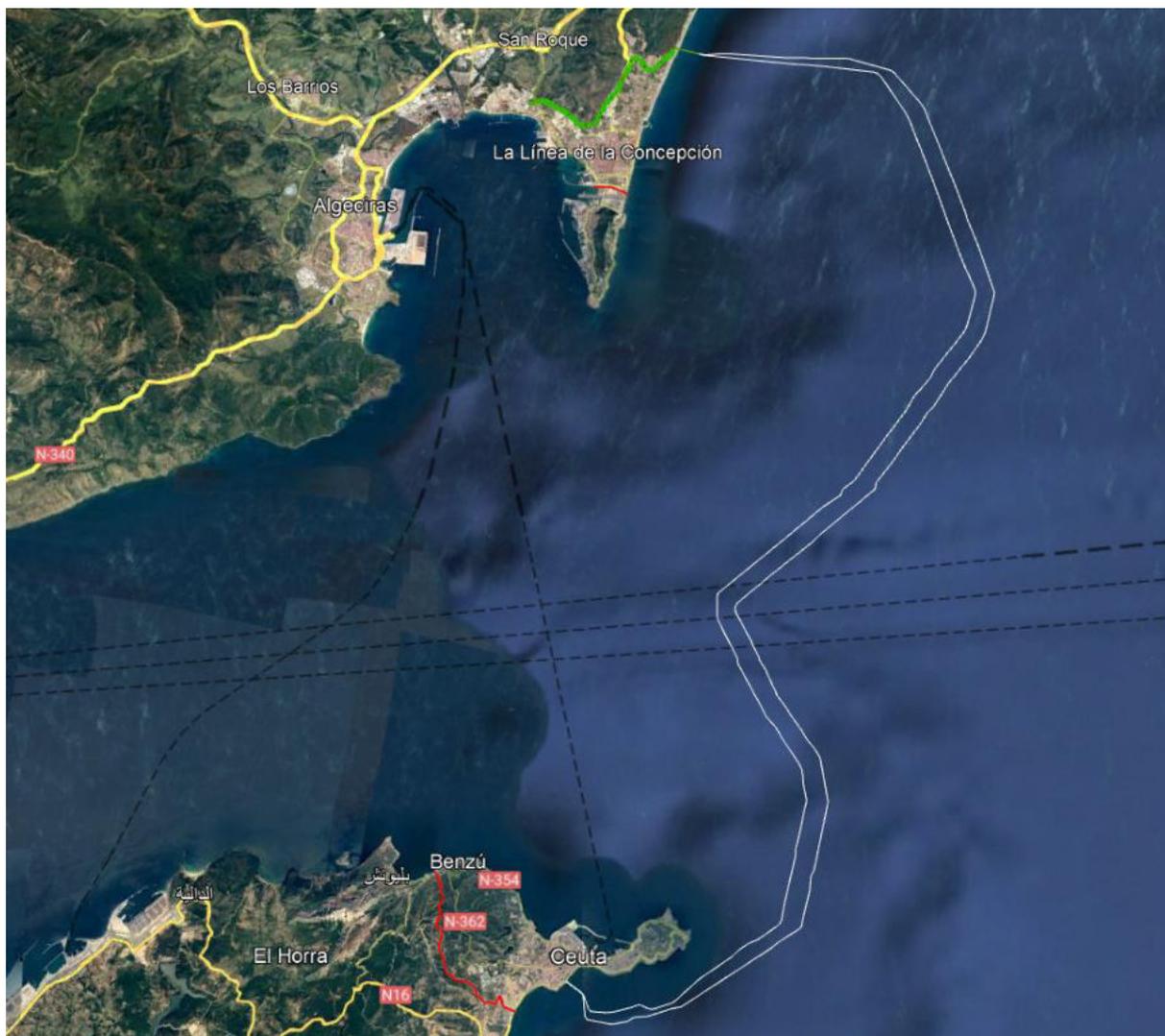
1.5.2. TRAMO SUBMARINO

El tramo submarino tiene una longitud aproximada de 58,139 km para el circuito 1 y 56,182 km para el circuito 2, y discurre a una profundidad del fondo marino máxima de 900 metros. La profundidad del enterramiento medio en el lecho marino será de 1 metro.

En la salida de la costa de La Línea de la Concepción está previsto realizar dos perforaciones dirigidas independientes en paralelo de aproximadamente 1.038 metros de longitud cada una, con un diámetro exterior previsto de 500 mm, desde una explanada existente próxima al camino de tierra de la playa de Torre Nueva hasta la cota batimétrica de -11,4 metros bajo la superficie del agua.

Igualmente, a la llegada a la costa de Ceuta están previstas dos perforaciones dirigidas independientes en paralelo de aproximadamente 490 metros de longitud cada una, con un diámetro exterior previsto de 500 mm. Las perforaciones se ejecutarán desde el aparcamiento asfaltado de la playa de El Chorrillo hasta la cota batimétrica de -17 metros bajo la superficie del agua.

Cada uno de los cables submarinos se tenderá en una pieza o longitud única, no previéndose realizar empalmes en ninguno de los cables submarinos durante el tendido. Los empalmes internos del cable ya vendrán realizados de fábrica. Se estima que los trabajos se desarrollen en dos campañas marinas, una por cada circuito, aunque este punto está bajo análisis en función del estado del arte y desarrollo de los barcos cableros disponibles en la fecha requerida para el despliegue de los cables en el fondo marino.



Trazado submarino enlace Península-Ceuta desde La Línea de la Concepción hasta Ceuta. Trazado general.

1.5.3. TRAMO SUBTERRÁNEO CEUTA

Los cables submarinos llegarán a Ceuta en la zona del aparcamiento asfaltado de la playa de El Chorrillo, desde donde se dirigirán a la Avenida Martínez Catena (N-352) que recorrerán en 2 zanjas de simple circuito en paralelo a la misma por las aceras y viales existentes, hasta alcanzar el túnel de Salas. Posteriormente, el trazado de los cables continúa en zanja de doble circuito por el interior del túnel hasta la salida del mismo, atravesando los jardines de Argentina para discurrir en zanja de doble circuito por los viales asfaltados de la calle 44, hasta que alcanzan la parcela donde se ubicará la futura subestación de Virgen de África 132 kV, accediendo a ella en dos zanjas de simple circuito.



Trazado subterráneo lado Ceuta desde SE Virgen de África hasta aparcamiento asfaltado playa de El Chorrillo en zanjas de simple y doble circuito.

1.6. ZONAS AFECTADAS EN EL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

La interconexión submarina entre la Península y Ceuta afecta a los siguientes bienes de dominio público marítimo-terrestre:

- Zona marítimo-terrestre.
- Mar territorial.

1.6.1. ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

La zona marítimo-terrestre viene definida por el espacio comprendido entre la línea de agua y la línea del deslinde del dominio público marítimo-terrestre.

En el Documento Nº 3 – Planos se adjunta el plano J0832-L0549L010 en el que se indica detalladamente la zona de ocupación permanente y temporal de la zona marítimo-terrestre en el extremo peninsular.

La superficie ocupada dentro de la zona marítimo-terrestre será:

Ocupación permanente: 217,21 m²

En el trayecto subterráneo la zona de ocupación permanente viene definida por una franja de 1. m anchura total a lo largo de la sección de PHD que discurre dentro del DPMT. En este caso, no habría ocupación permanente por parte de cámaras de empalme o zanjas de obra civil.

La superficie de ocupación permanente en el extremo Peninsular será de 108,01 m² para el circuito 1 y 109,2 m² para el circuito 2.

Ocupación temporal: 0 m²

Para poder ejecutar los trabajos de instalación de los cables en el extremo Peninsular no será necesario ocupar temporalmente ninguna superficie dentro del DPMT.

1.6.2. MAR TERRITORIAL

El mar territorial se delimita desde la línea de base recta de uno de los extremos a la línea de base recta del otro extremo.



En el Documento 3 – Planos se adjunta el plano J0832-L0549L012 en el que se puede ver la ocupación en esta zona.

La superficie de ocupación permanente en esta zona es la que se corresponde con 1 metro de ancho a lo largo de la traza de cada circuito.

La ocupación permanente de las PHDs en el mar territorial será de 841 m² en el circuito 1 y de 841 m² en el circuito 2. A continuación ambos circuitos discurrirán tendidos y enterrados en el fondo marino hasta Ceuta, ocupando 28.301,89 m² el circuito 1 y 27.323,37 m² el circuito 2, estando en todo momento dentro de aguas territoriales españolas.

La ocupación referida se limita a la mera ocupación del lecho marino y no supone una ocupación en exclusiva ni excluyente respecto al uso de la superficie.

1.6.3. AGUAS INTERIORES

Las aguas interiores se delimitan entre la línea de la bajamar escorada y las líneas de bases rectas.

En el Documento 3 – Planos se adjunta el plano J0832-L0549L012 en el que se puede ver la ocupación en esta zona.

La superficie de ocupación permanente en esta zona es la que se corresponde con 1 metro de ancho a lo largo de la traza de cada circuito. En este caso supondrá una ocupación permanente por parte de las PHDs de 34,62 m² en el circuito 1 y 36,23 m² en el circuito 2.

1.7. TRABAJOS TEMPORALES EN LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

1.7.1. CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA

Los trabajos correspondientes al tramo de línea subterráneo-submarina, situado en la zona marítimo-terrestre, consistirán en:

- Realización de las perforaciones dirigidas para alojar a los cables submarinos lo que incluye la reposición de las zonas afectadas.



- Tendido de cables submarinos.

A continuación, se describen de forma resumida estas actividades.

Perforación horizontal dirigida

La perforación horizontal dirigida es una técnica que permite la instalación de tuberías subterráneas mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación.

Este control permite librar obstáculos naturales o artificiales sin afectar al terreno, con lo cual se garantiza la mínima repercusión ambiental al terreno.

En el plano J-0832-L0549L002_Península_A (página 41) del Documento 3 - Planos se incluye la sección tipo para las perforaciones horizontales dirigidas.

La trayectoria de perforación se realiza a partir de arcos de circunferencia y tramos rectos.

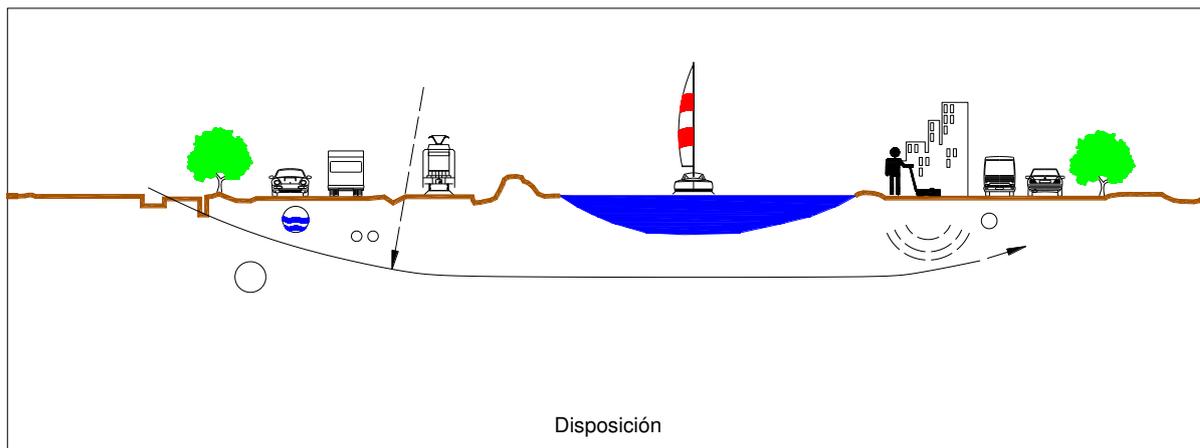
Sus principales características son las siguientes:

- El radio mínimo está condicionado por la flexión máxima de las varillas de perforación y por la flexibilidad del tubo. Para las secciones tipo de perforación horizontal dirigida normalizadas por RED ELÉCTRICA el radio mínimo de curvatura será 250 m.
- El ángulo de ataque depende de la profundidad y longitud de la perforación.

La perforación dirigida se puede ver como una secuencia de cuatro fases.

Fase 1 – Disposición

La perforación puede comenzar desde una pequeña cata, quedando siempre la máquina en la superficie, o bien desde el nivel de tierra. En esta primera fase se determinarán los puntos de entrada y de salida de la perforación, ejecutando las catas si procede, y se seleccionará la trayectoria más adecuada a seguir.

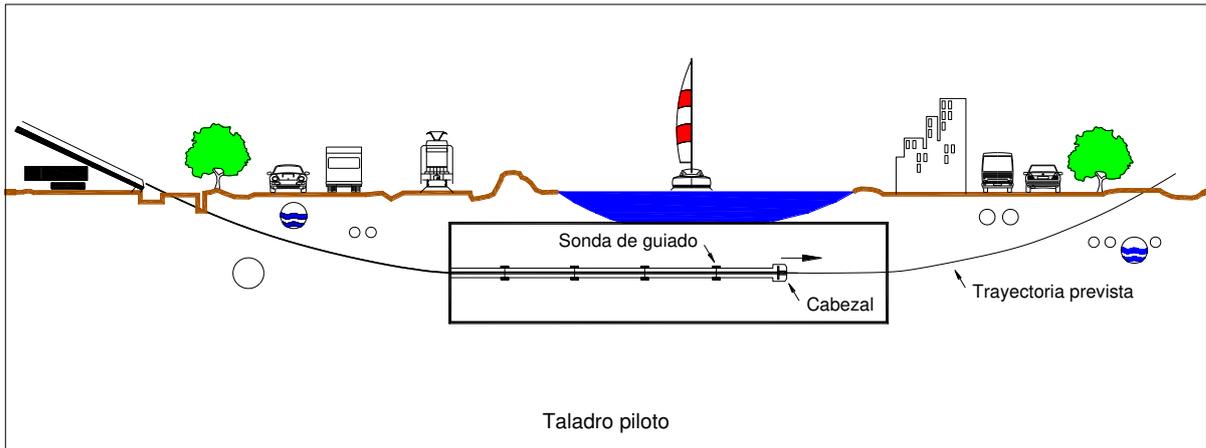


Fase 2 – Perforación piloto

Se van introduciendo varillas, las cuales son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación. En el proceso se van combinando adecuadamente el empuje con el giro de las varillas con el fin de obtener un resultado óptimo.

Para facilitar la perforación se utiliza un compuesto llamado bentonita. Esto es una arcilla de grano muy fino que contiene bases y hierro. La bentonita es inyectada a presión por el interior de las varillas hasta el cabezal de perforación siendo su misión principal refrigerar y lubricar dicho cabezal y suministrar estabilidad a la perforación. En esta perforación piloto, la cabeza está dotada de una sonda, de manera que mediante un receptor se puede conocer la posición exacta del cabezal.

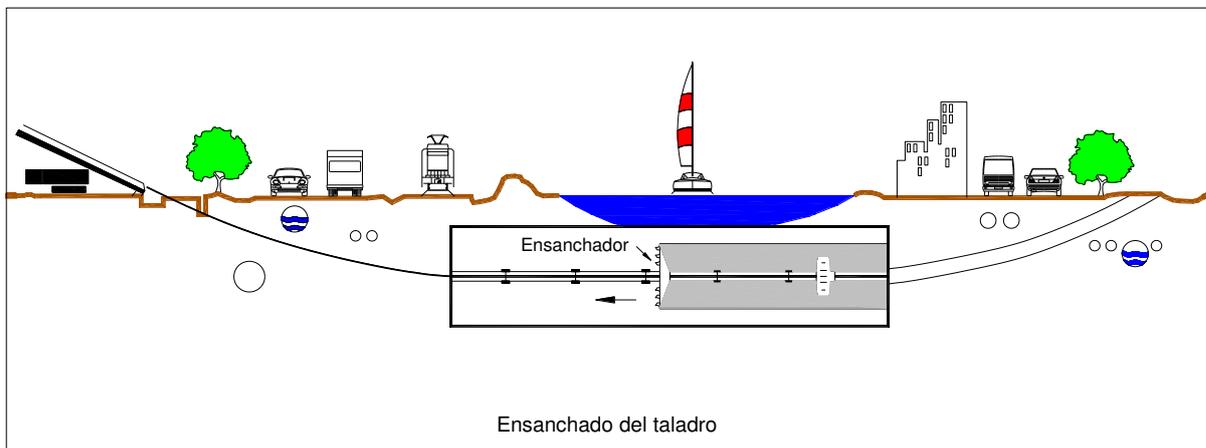
La perforación piloto se deberá realizar a la profundidad apropiada para evitar derrumbamientos o situaciones donde los fluidos utilizados pudieran salir a la superficie. La trayectoria se puede variar si fuese necesario debido a la aparición de obstáculos en la trayectoria marcada.



Fase 3 – Escariado

Una vez hecha la perforación piloto se desmonta el cabezal de perforación. En su lugar se montan conos escariadores para aumentar el diámetro del túnel. Se hacen tantas pasadas como sea necesario aumentando sucesivamente las dimensiones de los conos escariadores, y así el diámetro del túnel.

Este proceso se realiza en sentido inverso, es decir, tirando hacia la máquina.

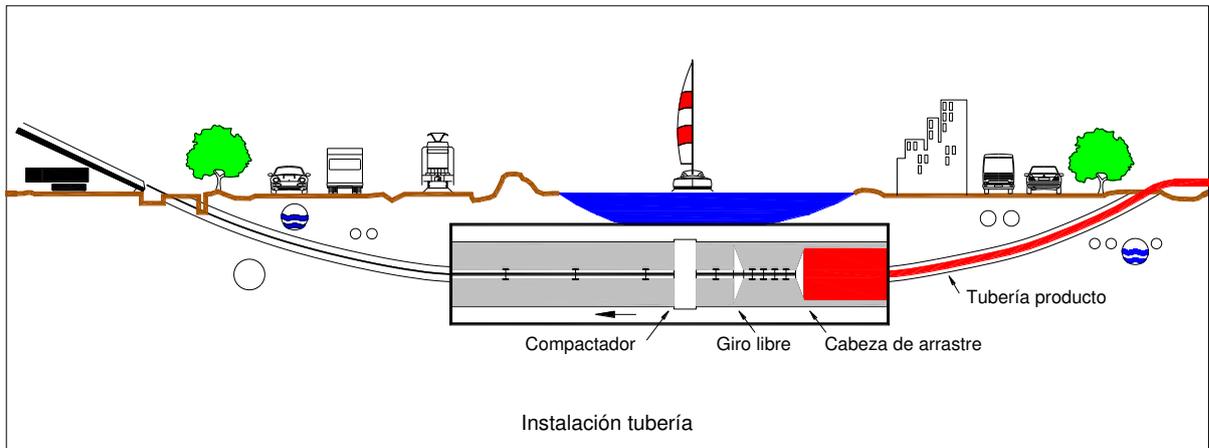


Fase 4 – Instalación de la tubería

Finalmente se une la tubería, previamente soldada por termofusión en toda su longitud, a un cono escariador-ensanchador mediante una pieza de giro libre de modo que va quedando instalada en el túnel practicado.

Los tubos empleados serán de PEHD PE100 PN10 en color negro con bandas azules según norma UNE-EN 12201.

En el interior de cada tubo se instalará una cuerda de nylon de 10 mm de diámetro.



Pre-inspección de la ruta de los cables submarinos antes del tendido

Inmediatamente antes del tendido del cable submarino se realizará una supervisión visual de la ruta de los cables.

Esta operación será desarrollada por un barco de soporte con su propio equipo de posicionamiento dinámico y un adecuado ROV para comprobar la ruta y la presencia de pequeños obstáculos no identificados durante la inspección previa.

Procedimiento de tendido de los cables submarinos

Después de la fabricación y ensayos en fábrica de los cables submarinos, éstos serán transferidos a plataformas giratorias en fábrica para ser cargados en las plataformas de los barcos encargados del tendido.

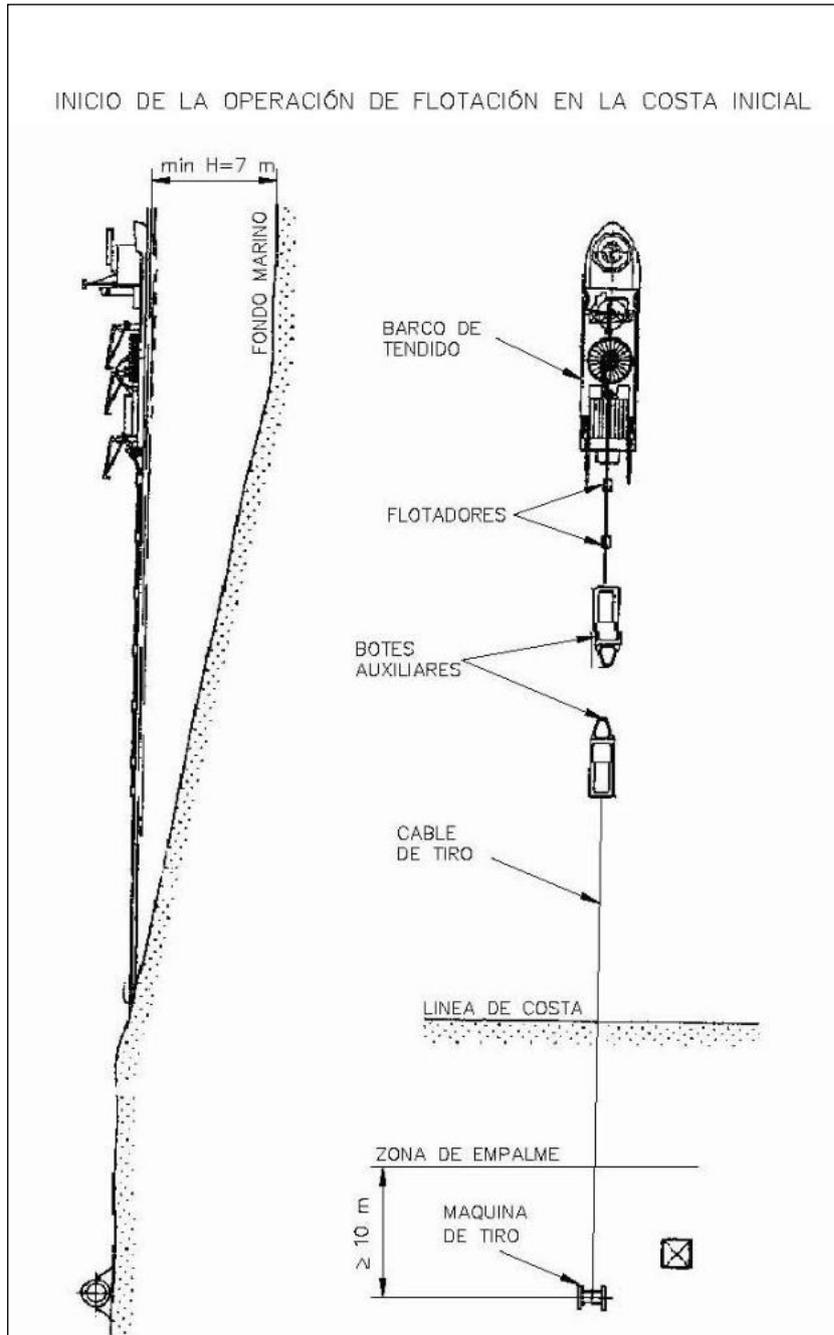
Los barcos estarán equipados con sistemas de posicionamiento GPS dinámicos para seguir exactamente las trayectorias prefijadas y mantenerse fijos cuando las condiciones del mar requieran suspender durante unas horas los trabajos de tendido.

El método de tendido, a grandes rasgos, puede describirse de la siguiente forma:

Para comenzar las operaciones de tendido el barco se situará lo más cerca posible de la costa en línea con la dirección de la ruta a seguir por los cables. El barco, para mantener la posición preestablecida sin necesidad de muertos o amarres, utilizará su propio sistema de posicionamiento dinámico.

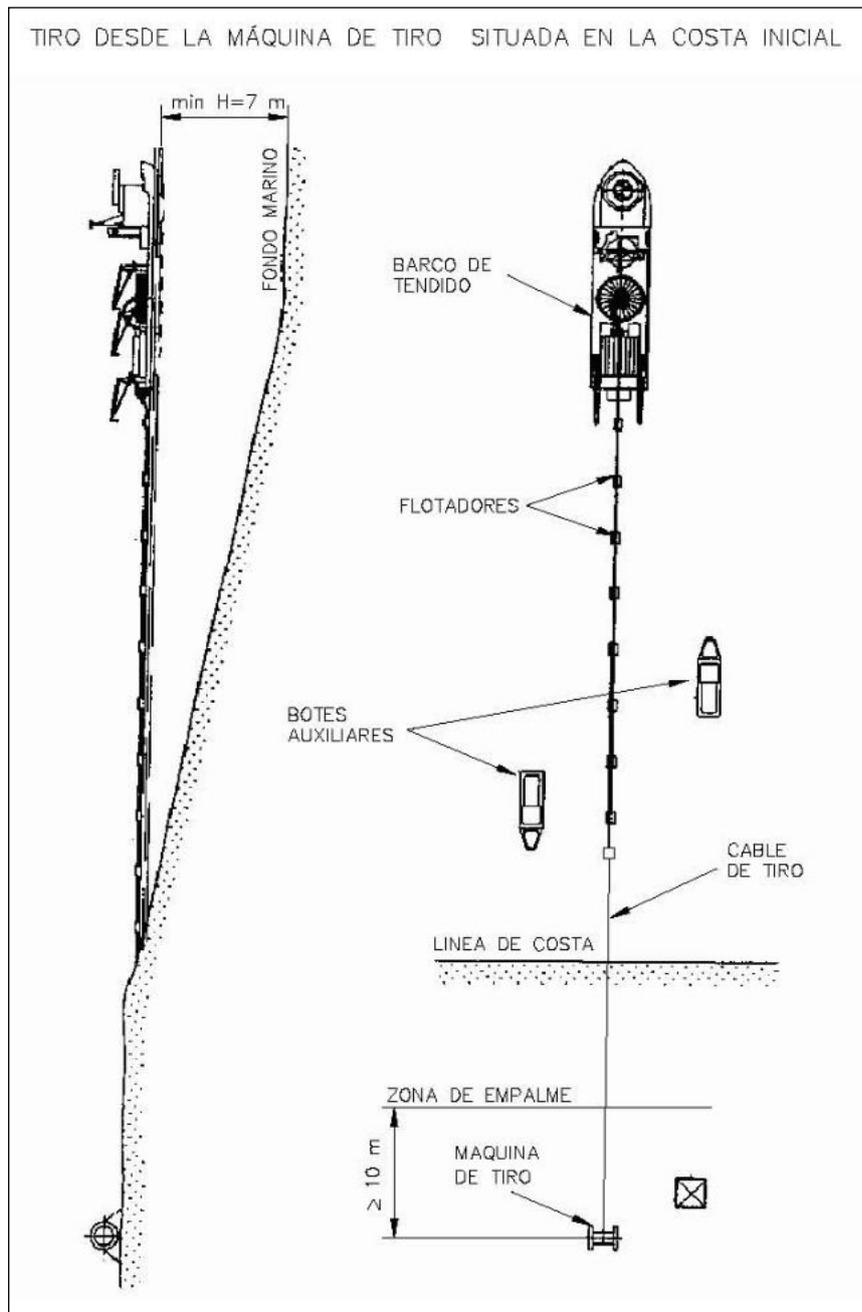
Cuando el barco esté situado correctamente, el cable submarino será lentamente

descargado desde el barco con una serie de flotadores hinchables y tendido hacia la costa por medio de botes auxiliares. Del mismo modo, desde la máquina de tiro instalada en tierra, se tenderá un cable piloto de tiro con otro bote auxiliar. El número de botes auxiliares necesarios para realizar esta operación dependerá de las condiciones atmosféricas y la distancia de flotación necesaria.



Cuando se alcance aproximadamente la profundidad de 1,5 – 2 m o al inicio de la PHD en el caso de que la llegada a tierra se haga de esta manera, el cable piloto será conectado al extremo o al cabezal del cable submarino. Entonces se empezará a tirar del cable piloto

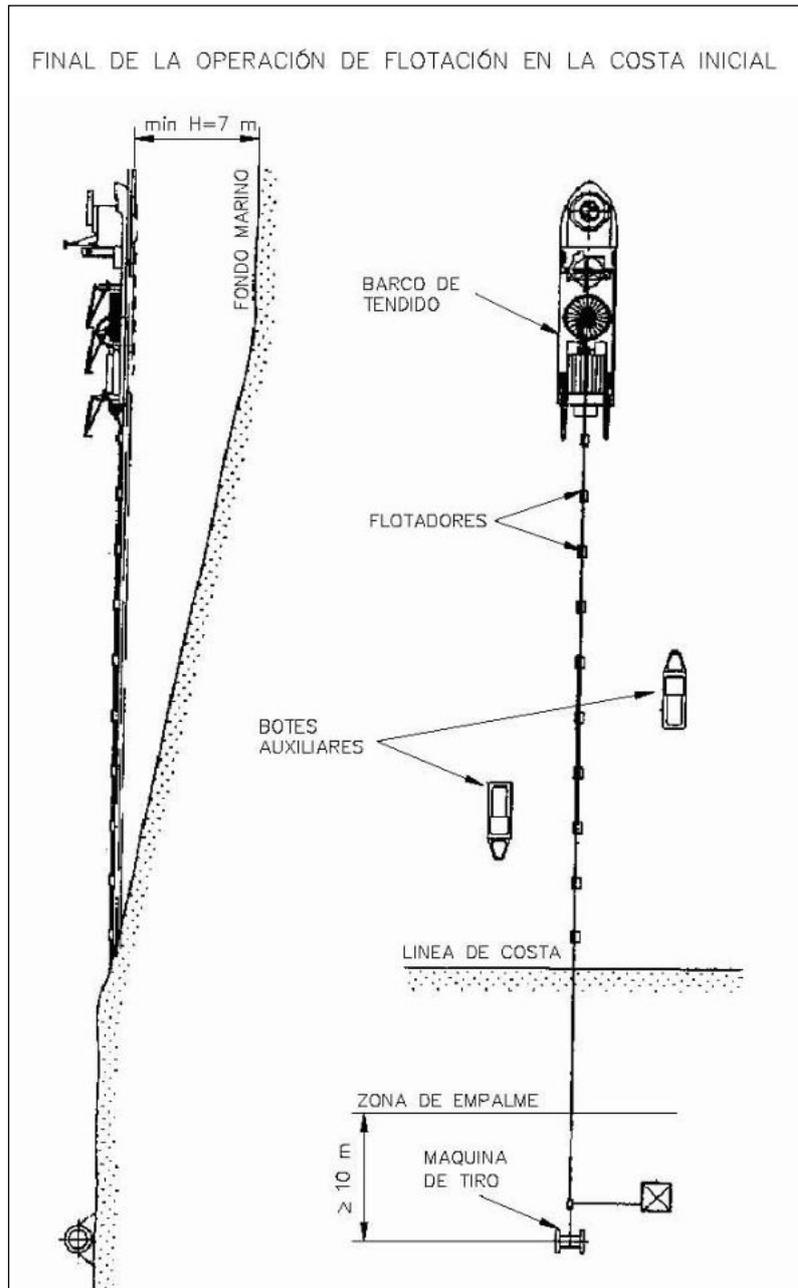
hasta la máquina de tiro situada en tierra en las proximidades de la cámara de empalme de transición entre el cable submarino y el cable subterráneo, mientras que simultáneamente el barco va entregando más cable en los flotadores hinchables.



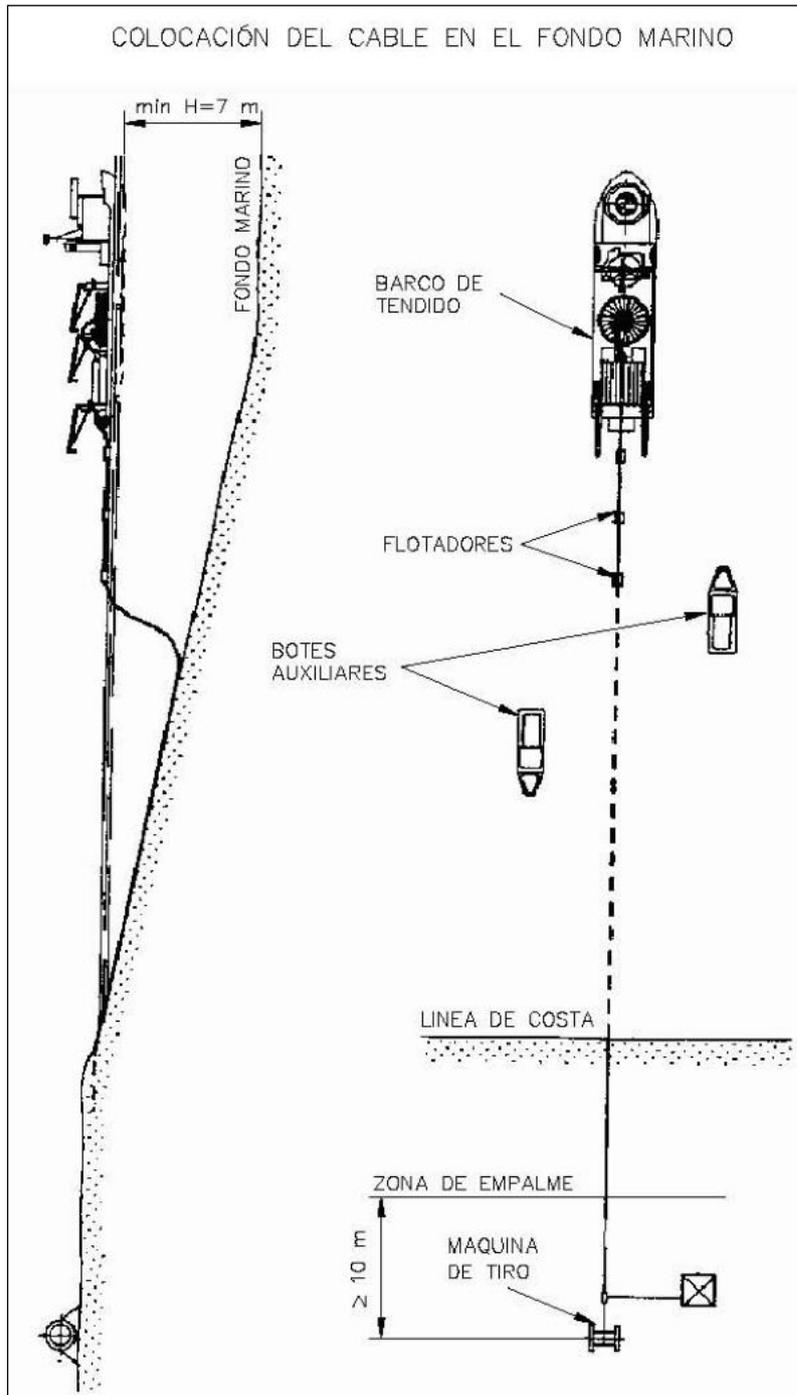
Si la llegada se no se realiza con PHD, desde la cámara de empalme de transición hasta la orilla se instalará un camino provisional de rodillos, de tal forma que cuando el extremo del cable submarino llegue a la orilla, se irán retirando los flotadores hinchables quedando el cable sobre los rodillos. Si la llegada se realiza mediante PHD, la canalización o tubo

finalizará en la cámara de empalme de transición.

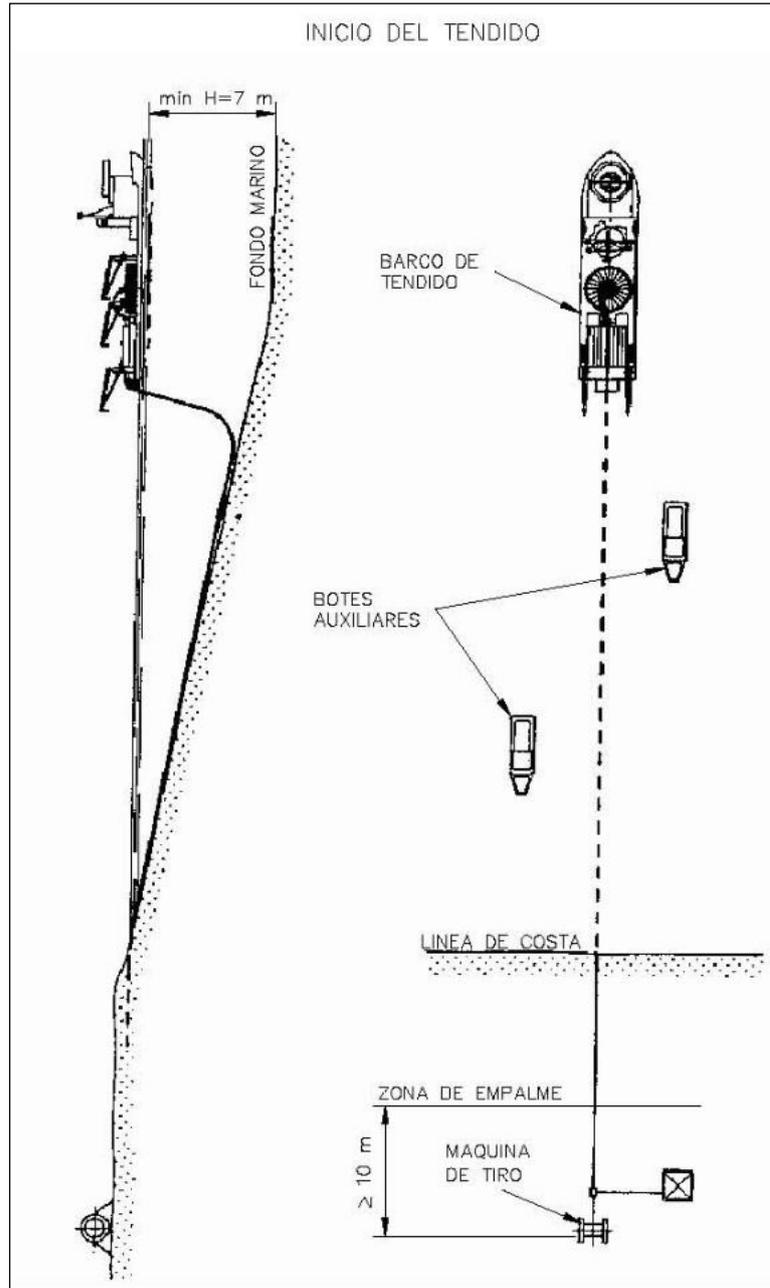
Cuando haya sido tendida la longitud suficiente de cable para realizar los empalmes de transición, se retirará del extremo del cable el cabezal de tiro y se anclará la armadura del cable a tierra.



Una vez finalizada la operación de tendido en la costa el cable será sumergido en el fondo del mar por buceadores especializados que irán retirando los flotadores hinchables del cable. La retirada de los flotadores se realizará partiendo del barco hacia la costa, permitiendo así que los submarinistas posicionen el cable en el fondo del mar.



Una vez preparada la salida del cable submarino, el barco procede a recorrer la traza del cable correspondiente hasta la llegada en la costa. Para el tendido del cable el barco avanza lentamente siguiendo la traza del mismo, desenrollando el cable desde la bodega del barco de forma paulatina y ajustada al avance del mismo. El cable abandona la bodega y siguiendo las poleas y guías dispuestas en la cubierta, cuelga por la popa y siguiendo una amplia curva, se deposita en el fondo del mar siguiendo la estela del navío. El peso del cable hace que se sitúe exactamente en la traza definida controlado por los distintos vehículos submarinos (ROV).



En su avance el barco de tendido va depositando el cable en el fondo, siguiendo en todo momento la trayectoria prefijada, utilizando para ello el Sistema de Posicionamiento Dinámico. La navegación estará basada en el uso del DGSP (Diferencial Global Positioning System). El DGPS es un sistema de medida de distancia donde el receptor, situado a bordo del barco de tendido, mide la distancia simultáneamente de todos los satélites DGPS sobre el horizonte.

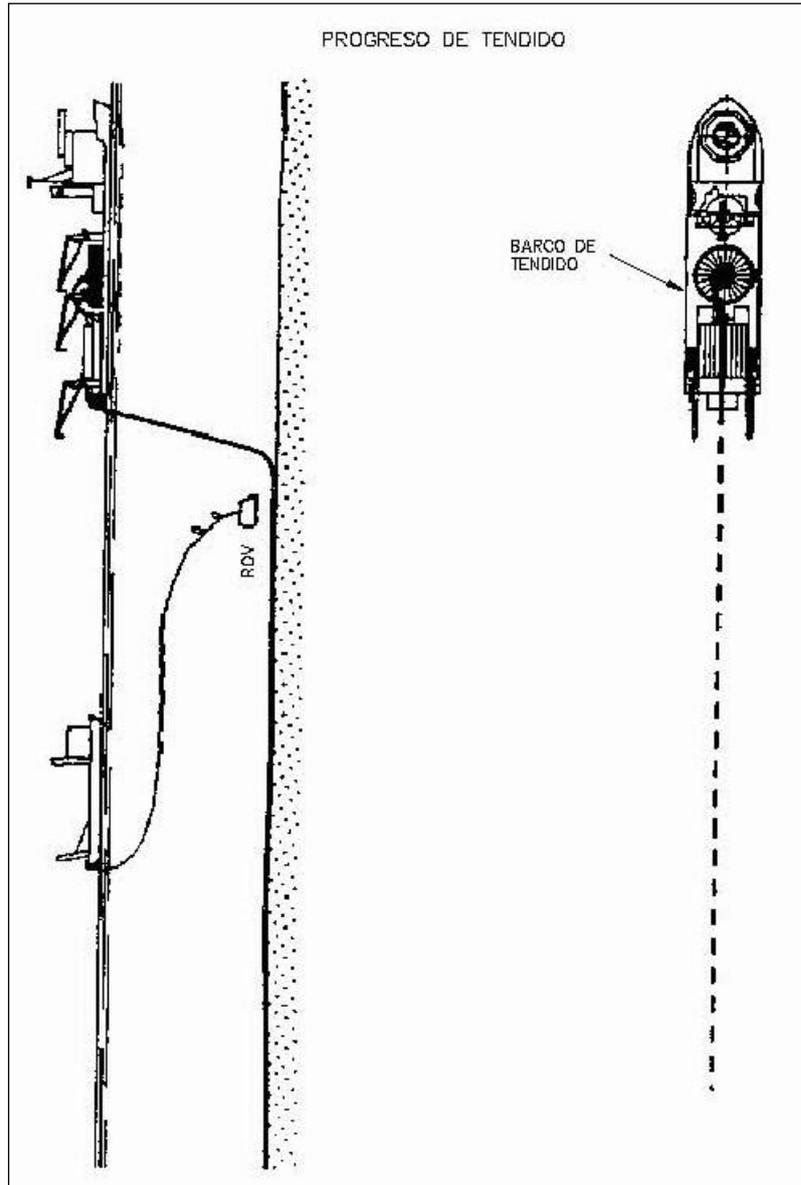
El tendido del cable estará basado en el perfil del fondo marino e información obtenida del informe marino desarrollado antes del tendido, y posterior estudio realizado sobre los parámetros de tendido.

Por lo tanto, para poder comparar los valores pre-calculados y asegurar que el cable es tendido adecuadamente sobre el fondo marino según el trazado previsto, se monitorizará desde el barco cablero con la siguiente información:

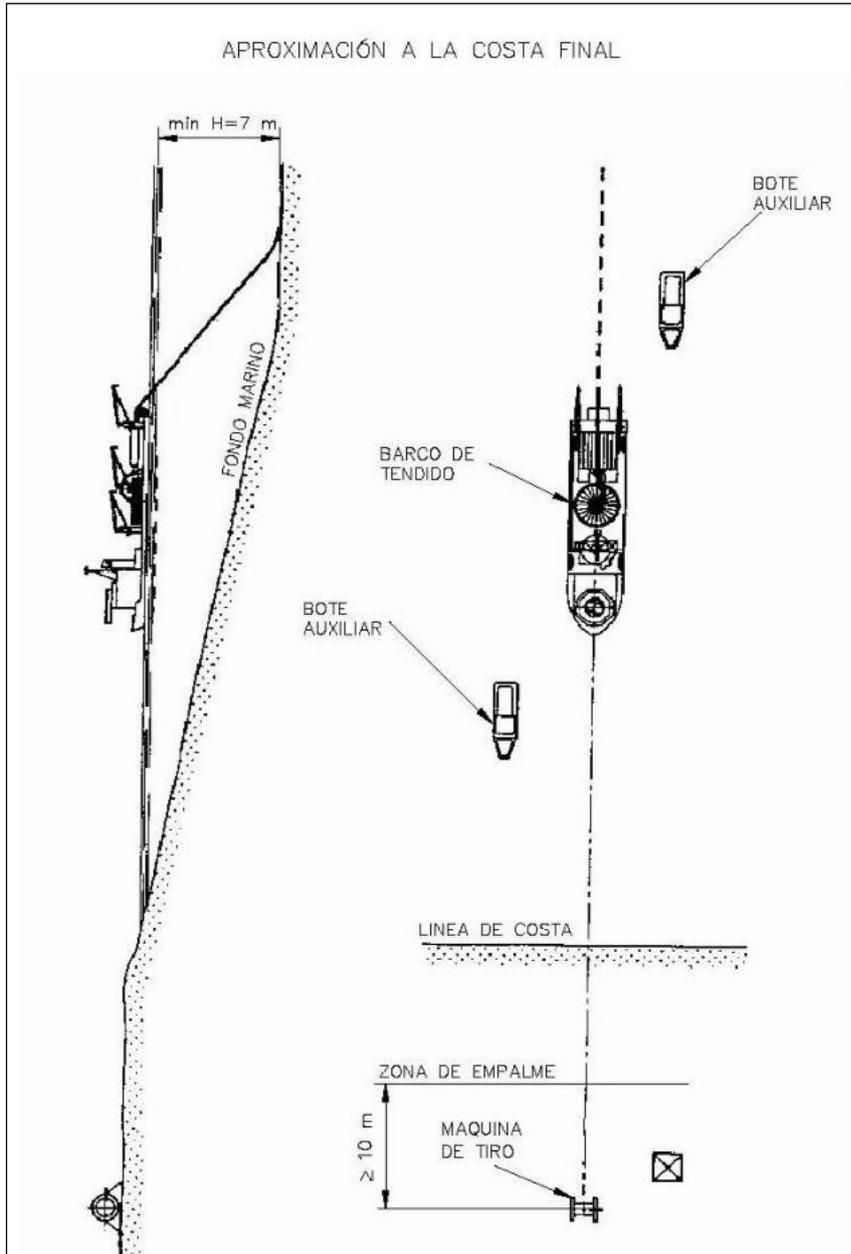
- Posicionamiento del barco de tendido
- Posición del vehículo de control remoto (ROV)
- Velocidad de tendido del cable
- Tensión y ángulo de salida del cable
- Longitud del cable ya tendido
- Profundidad
- Velocidad y dirección del viento

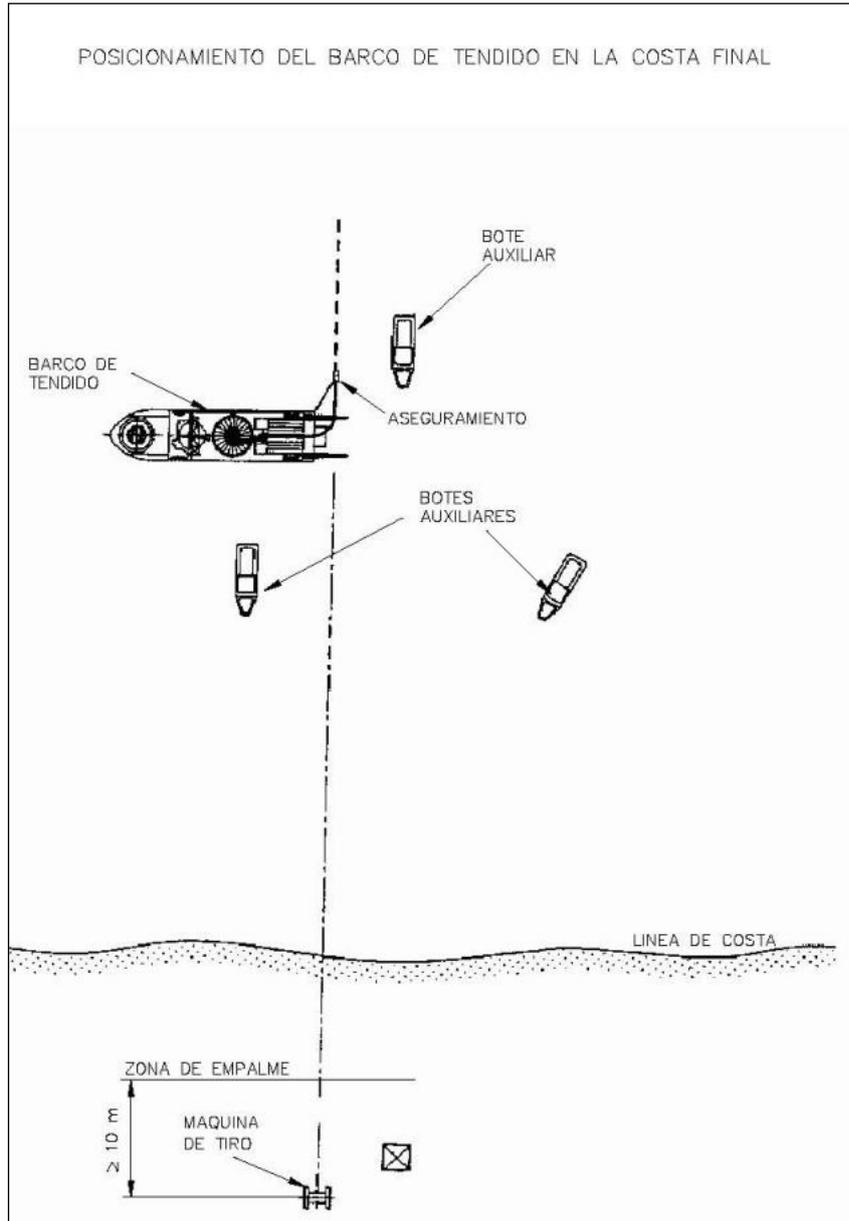
Durante el tendido se realizará una monitorización del posicionamiento del cable en el lecho marino (touch down monitoring), es decir, se realizará la detección del punto de contacto o posado del cable, mediante un vehículo de control remoto (ROV) para posibilitar pequeños ajustes de trazado con los que evitar apoyar sobre obstáculos aislados y evitar los “free spans” vanos libres entre apoyos del cable en irregularidades locales del fondo marino. El ROV operará desde el propio barco o un barco de apoyo independiente con su propio sistema de posicionamiento dinámico.

Esto se realizará de forma continua salvo en la zona de gran profundidad (y menores irregularidades), con el objeto de reducir al máximo la duración de las campañas de tendido de los cables ya que el ROV tiene mayores restricciones meteorológicas que el barco de tendido.

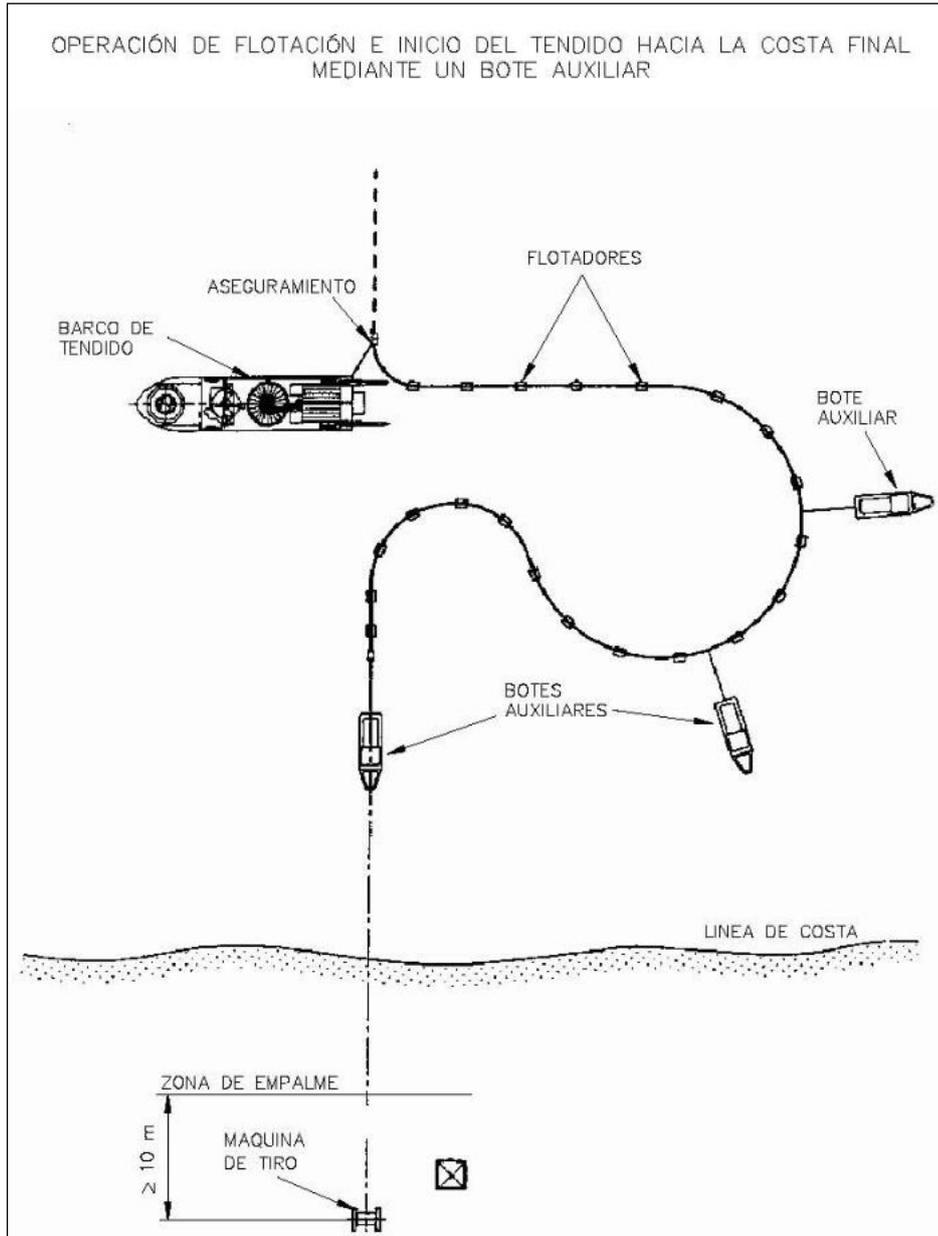


En las proximidades del punto de llegada a tierra y antes de comenzar las operaciones de tierra, el barco se alejará cuidadosamente de la alineación de la ruta final del cable de forma que deje su popa libre para las operaciones de tendido y será situado en su posición final utilizando su sistema de Posicionamiento Dinámico.

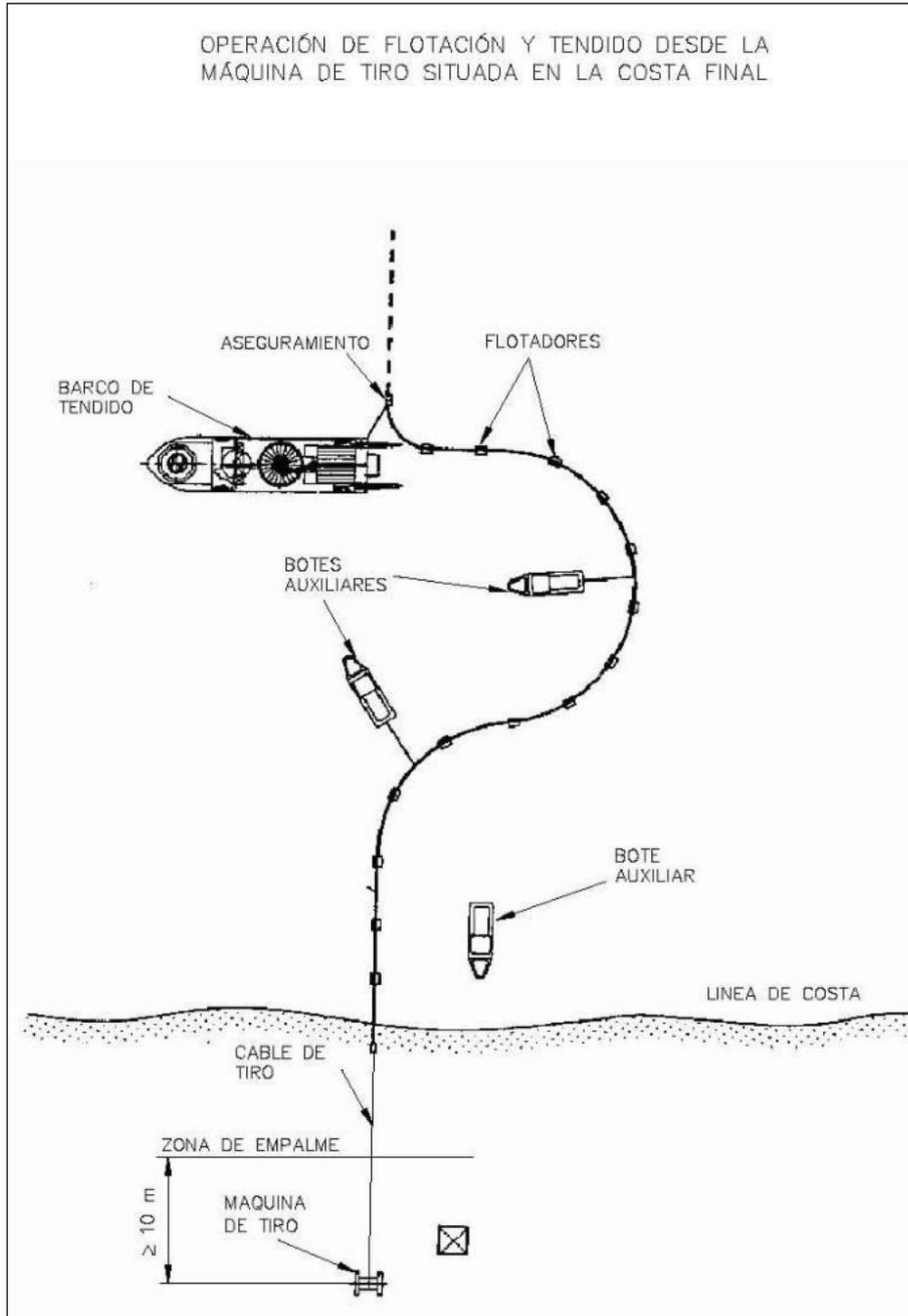




Cuando el barco esté correctamente asegurado en su posición final, el cable flotará en un amplio bucle con la ayuda de flotadores y buceadores hasta que haya una suficiente longitud de cable fuera del barco. Al ser el cable de mayor longitud que la necesaria para su tendido, el mismo será cortado y sellado a bordo, procediéndose entonces al tendido del lazo mediante botes auxiliares hacia tierra.

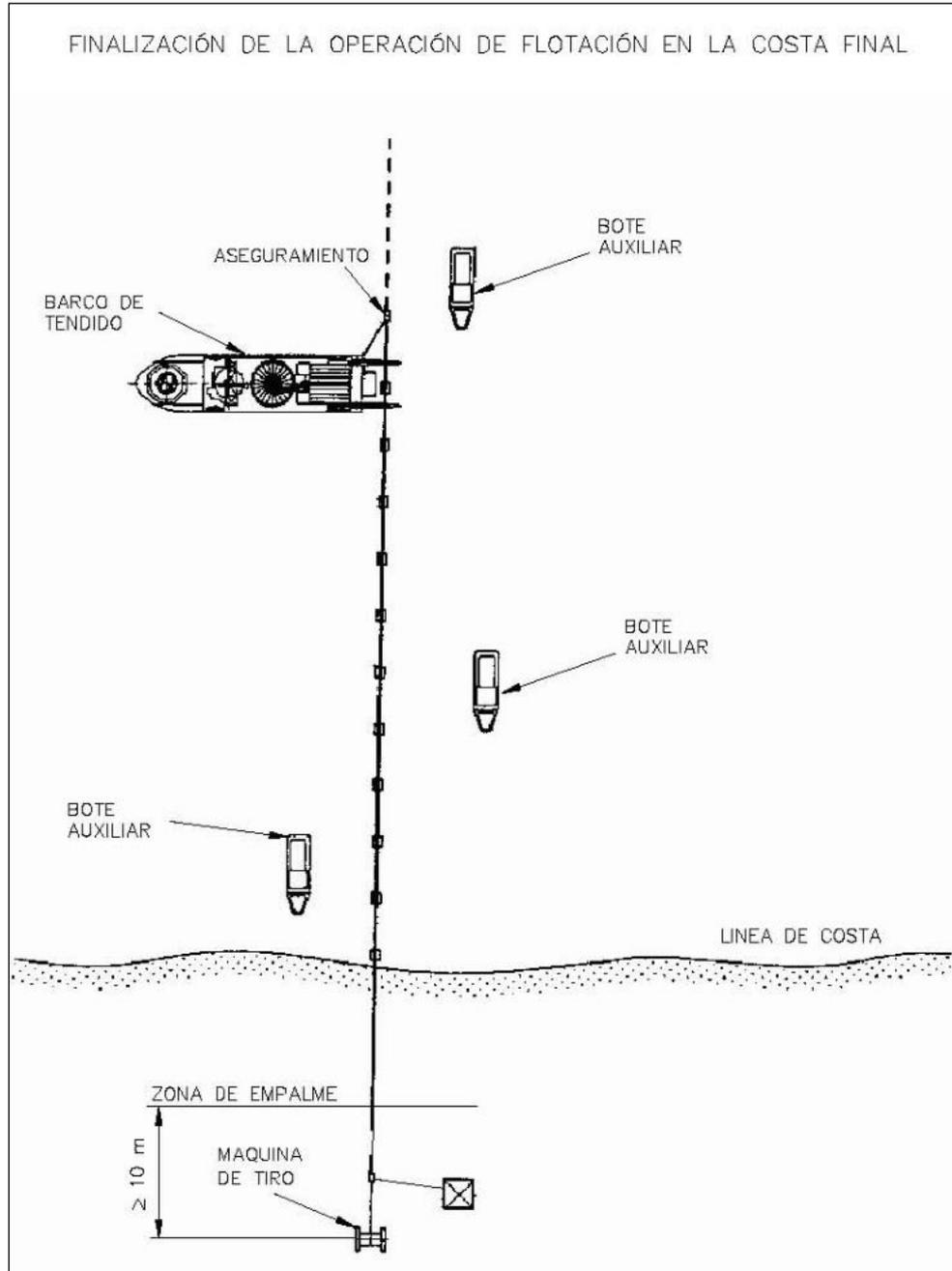


Quando se alcance aproximadamente la profundidad de 1,5 – 2 m, o al inicio de la PHD en el caso de que la llegada a tierra se haga de esta manera, el cable piloto será conectado al extremo o cabezal del cable submarino. Entonces, se empezará a tirar del cable piloto desde la máquina de tiro situada en tierra en las proximidades de la cámara de empalme de transición entre el cable submarino y el cable subterráneo.



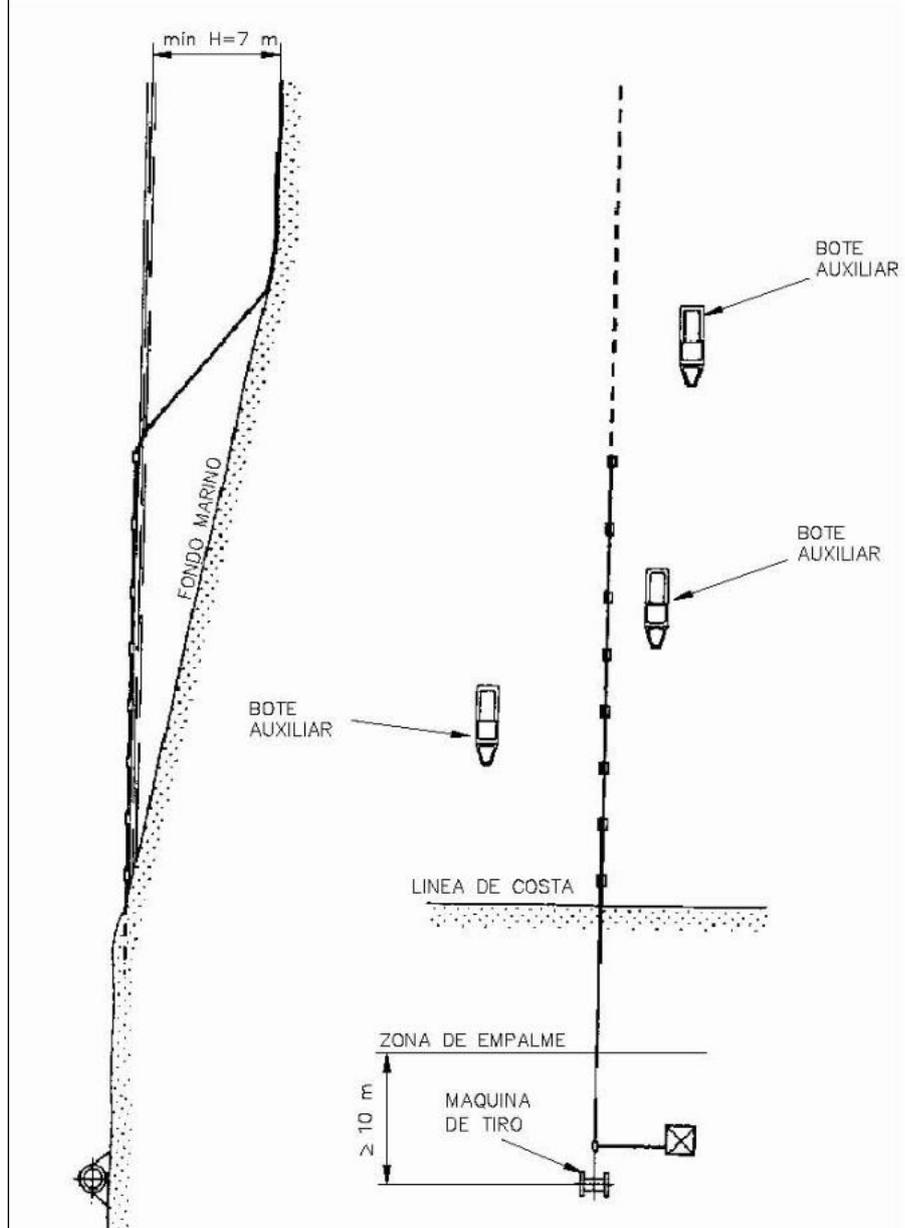
Si la llegada se no se realiza con PHD, desde la cámara de empalme de transición hasta la orilla se instalará un camino provisional de rodillos, de tal forma que cuando el extremo del cable submarino llegue a la orilla, se irán retirando los flotadores hinchables quedando el cable sobre los rodillos. Si la llegada se realiza mediante PHD, la canalización o tubo finalizará en la cámara de empalme de transición.

Cuando haya sido tendida la longitud suficiente de cable para realizar los empalmes, se retirará el cable de los rodillos y el extremo o cabezal será asegurado a tierra.

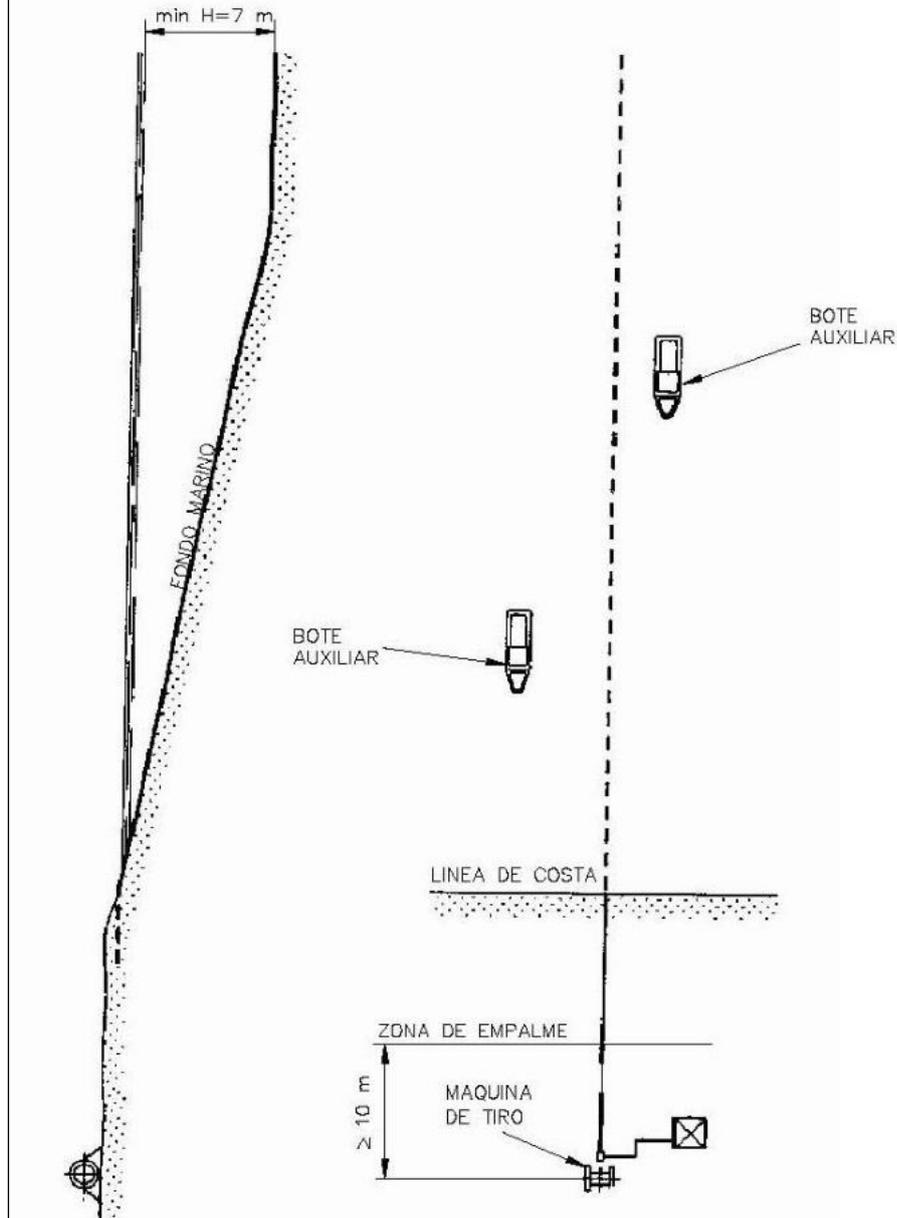


La retirada de los flotadores se realizará partiendo desde el barco hacia la costa, permitiendo así que los submarinistas posicionen el cable en el fondo del mar.

PROCESO DE COLOCACIÓN DEL CABLE EN EL FONDO MARINO Y
RETIRADA DE LOS FLOTADORES EN LA COSTA FINAL



CABLE TENDIDO EN EL FONDO MARINO DE LA COSTA FINAL



1.7.2. MAQUINARIA Y MATERIALES UTILIZADOS

Para la realización de los trabajos de todos los movimientos de tierras se ha de contar con la siguiente maquinaria:

- Retroexcavadoras.
- Camiones.
- 1 máquina para refinado de capa.
- 1 rodillo para compactado.
- 1 máquina de perforación horizontal dirigida.

Para el tendido del cable submarino se usará un equipo compuesto por:

- Barco de tendido.
- Un barco de abastecimiento como apoyo al ROV (vehículo de control remoto).
- Un ROV para seguir los puntos de apoyo del cable.
- Un remolcador para asistir al barco cablero en las situaciones de mal tiempo atmosférico.
- Varios botes hinchables para la llegada y traslado a tierra de los cables.
- Un equipo de implantación del cable enterrado en el fondo, dirigido por el equipo de buzos.
- Durante esta operación se utilizarán buceadores para instalar los flotadores y guiar el cable por el lecho marino.

En todo momento se ha de disponer del adecuado material topográfico, así como del correspondiente personal técnico.

Con el fin de mantener un nivel de seguridad suficiente, el paso a las zonas afectadas por las obras se verá restringido, de forma temporal, durante el período de éstas para lo cual se vallará todo el perímetro afectado.

1.7.3. REPOSICIÓN Y TERMINACIÓN DE LAS ZONAS AFECTADAS

Las zonas afectadas por la zanja quedarán restauradas, pues el relleno de dicha zanja se realizará con el mismo material que se quitó, el cual será debidamente compactado. El material sobrante después del relleno de la zanja será transportado al correspondiente vertedero autorizado.



1.8. PROTECCIÓN PERMANENTE DE LOS CABLES

1.8.1. PROTECCIÓN EN TIERRA

El tipo de canalización empleado para este enlace, como ya ha sido descrito anteriormente, es una conducción en perforación dirigida con el cable tripolar dentro de la camisa interior a la perforación.

En el plano J-0832-L0549L002_Península_A (página 41) del Documento 3 - Planos se incluye la sección tipo para las perforaciones horizontales dirigidas.

1.8.2. PROTECCIÓN EN LA COSTA Y ZONA MARÍTIMA

Para la salida de las PHD, la canalización será la descrita en el punto anterior.

Tanto en la llegada a Ceuta como a la Península, la protección viene dada por la propia perforación dirigida.

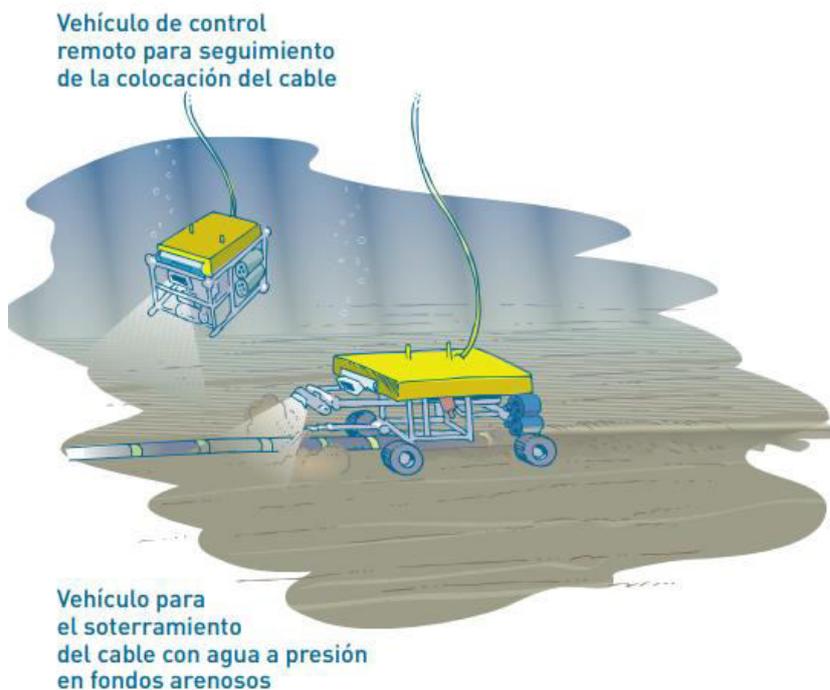
A partir de la salida de las PHD, se ha realizado el estudio CBRA (Cable Burial Risk Assessment) que establece la necesidad de enterramiento de los cables submarinos en base a los riesgos a agresiones externas debidos fundamentalmente que puedan producirse por las actividades de pesca, arrastre, fondeos y navegación durante la vida útil de la instalación, así como otros riesgos debidos a las particularidades del fondo marino (evitar tramos de cable suspendidos entre dos puntos de apoyo “free-span” que puedan causar daños eléctricos en el cable de origen mecánico a fatiga en los puntos de apoyo, estabilidad del fondo marino, etc...).

Como resultado de dicho estudio se prevé enterrar el cable en las zonas menos profundas del trazado, desde la salida de las perforaciones dirigida hasta una profundidad de 100 m. La profundidad de enterramiento será de hasta 1 m en función del resultado del estudio de riesgos de agresiones externas debidos a las actividades de pesca y navegación detectadas en la zona.

Dependiendo de las características geofísicas y geológicas del fondo marino se considerará el empleo de los siguientes métodos de protección:

- MÉTODO DE PROTECCIÓN MEDIANTE ENTERRAMIENTO DEL CABLE

- “Jetting”: Este método es válido para la parte del trazado con sedimentos arenosos o blandos.



- “Trenching”: En fondos con arcillas duras o rocas para alcanzar la profundidad deseada pueden ser necesarias operaciones de corte del fondo marino de forma puntual, es decir, la utilización de un tipo de excavadora submarina con cuchillas rotatorias.

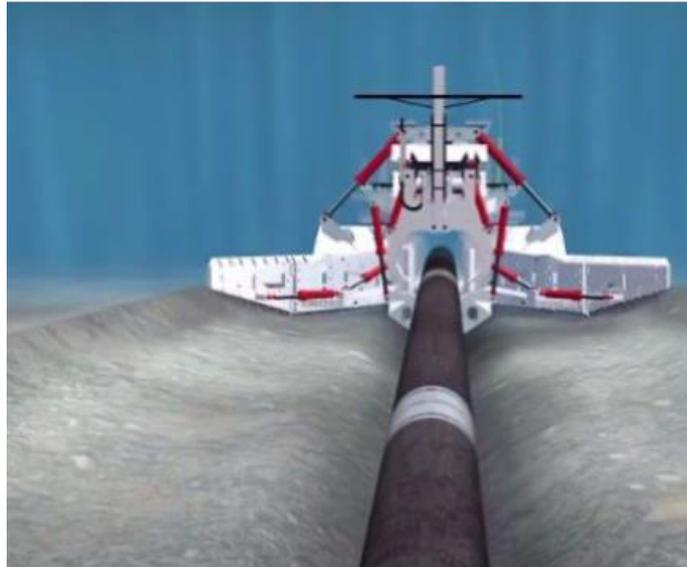




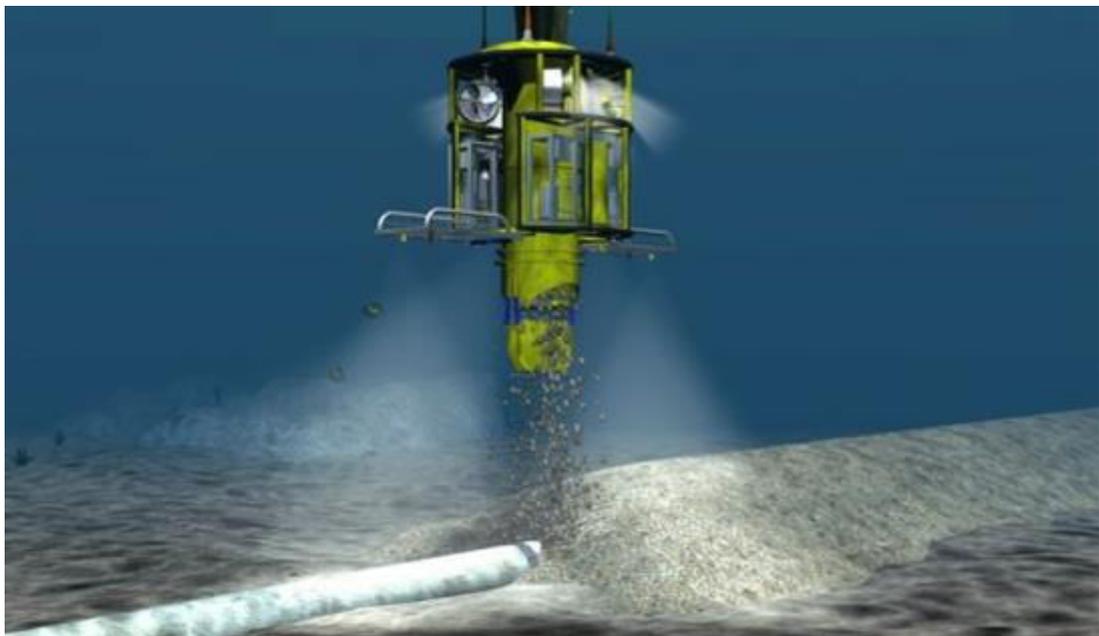
- “Ploughing”: Se trata de una técnica de enterramiento por medio de un dispositivo de arado arrastrado por el barco de tendido de cable, que actúa simultáneamente sobre el fondo marino abriendo la zanja y enterrando el cable a la vez que avanza por el fondo.

Esta técnica es adecuada desde terrenos blandos a terrenos duros que no presenten rocas.





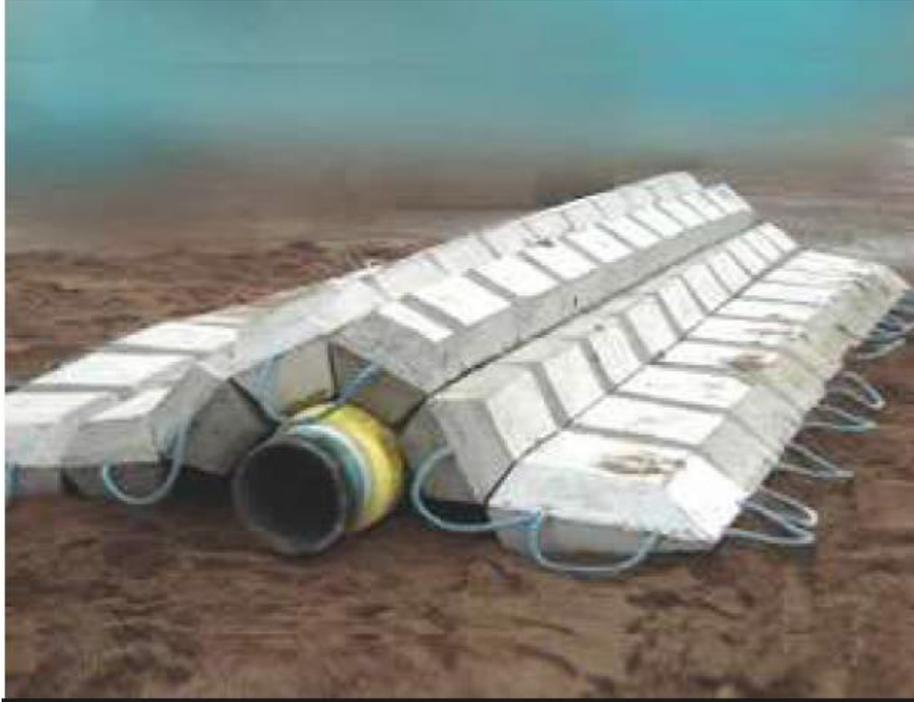
- MÉTODO DE PROTECCIÓN MEDIANTE PROTECCIÓN EXTERNA DEL CABLE
 - “Rock dumping”: en terrenos muy duros o en aquellos donde se complica mucho penetrar en el fondo marino, la protección del cable se consigue por medio de vertido de rocas de manera controlada sobre el propio cable (rock dumping). El tipo de roca deberá ser de características similares a la encontrada en la zona.



- “Mattresses”: Una vez tendido el cable sobre el fondo marino en las zonas donde no es viable el enterramiento del cable, se instalan sobre el cable unos “colchones” como elemento de protección, habitualmente compuesto por bloques

de hormigón de dimensiones 6 x 3 x 0,3 m. Este método de protección, también se usa como método de protección adicional en cruzamientos con otros servicios.

Ejemplo de Mattresses:



- Sistema de protección adicional (CPS = “Cable Protection System”). En los tramos en los que no sean posibles otras medidas de protección como las anteriormente descritas (por limitaciones de las pendientes del fondo marino, por cruzamientos con otros servicios, etc.) y sea necesario proteger el cable, se instalará este método de protección mediante conchas de acero (Cast Iron Shells) o similar.

Ejemplo de Cast Iron Shells:



Ejemplo de protección mecánica:



Revisión final del tendido de los cables

Una vez finalizado el tendido y el soterramiento de los cables en el fondo marino, y realizadas las pruebas correspondientes de estanqueidad y paso de la corriente, se procede a la revisión del trazado de los cables en los tramos en que van apoyados en el fondo, utilizando para ello al propio ROV. En esta revisión se aprecia que todo esté correcto, para lo que se utiliza el sistema de iluminación y cámaras del ROV.

En esta revisión se analiza pormenorizadamente que los cables se encuentren en perfecto estado y se estudia la situación de éstos respecto al fondo y que estén apoyados en toda su longitud, aspecto éste que dado el peso del cable se da en la práctica totalidad del trazado. Este peso junto con el rozamiento del fondo permite que el cable no se desplace pese a las corrientes marinas existentes, por lo que una vez tendido queda firmemente unido al suelo y, como se ha apreciado en tendidos anteriores, se produce un proceso de enterramiento progresivo de los mismos. Esta circunstancia se da especialmente en los fondos arenosos en los que el peso del cable provoca este proceso.

Sin embargo, en ocasiones, y en intervalos de una longitud de entre diez y treinta metros, en los que el fondo se deprime respecto a la superficie normal del fondo y la forma de la depresión y la rigidez de los cables no permite que estos se depositen sobre la totalidad de la longitud en el fondo, quedan tramos en los que el cable queda suspendido en el agua.



Estos intervalos en los que el cable no está apoyado, denominados “free spans”, tienen una longitud reducida, menor de los treinta metros citados, dado que cuando la longitud es superior, la adaptabilidad del cable le permite situarse en el fondo.

Sin embargo, los de dimensiones superiores si necesitan anclarse, para evitar el deterioro por fricción con los bordes de la depresión, dado que la longitud de los mismos si posibilita vibraciones y hasta desplazamientos por el empuje de las corrientes.

En estos, y con el fin de evitar los riesgos mencionados por exposición de los cables a las corrientes, y por tanto a tensiones y rozamientos para los que no están calculados, se adoptaría como medida de refuerzo el acumular uno a dos metros cúbicos de grava cada diez metros, de forma que los intervalos libres nunca superen esta longitud.

Para depositar en el fondo los materiales se carga al ROV con la grava, de tal forma que con las herramientas de que dispone el aparato, la colocación de la grava sea lo más precisa posible, colocándola exactamente en el punto determinado.

1.9. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL

En el presente capítulo se establecen condiciones y se definen actuaciones dirigidas a evitar, o en su defecto, minimizar, los impactos previstos durante las fases de construcción y funcionamiento. Para ello, y tras detectar los efectos potenciales sobre el medio ambiente ocasionado por las diversas actuaciones que componen las labores constructivas y las de explotación, se adopta como principio fundamental el anteponer las medidas preventivas frente a las correctoras, evitando en la medida de lo posible la ocurrencia misma del impacto.

Para el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras que se contemplan en este punto deberá existir un supervisor ambiental de RED ELÉCTRICA mientras duren las labores de construcción de la línea eléctrica, el cual será el encargado de comprobar que las labores se ajusten a las medidas preventivas aquí enumeradas y que las medidas correctoras se desarrollen tal y como se establecen en este apartado y que son plasmadas en las especificaciones medioambientales.

El referido supervisor tendrá como misión corregir aquellos impactos no contemplados en el estudio y que durante la implantación se aprecien, tomando las medidas oportunas en cada momento.

Respecto a la aplicación de las medidas correctoras cabe considerar también la escala espacial y temporal. Así, algunas de las medidas propuestas deben ser aplicadas fuera del estricto ámbito de ubicación de las infraestructuras y se propugna que su aplicación sea preferentemente temprana.

En el diseño del proyecto es de gran importancia la definición de un trazado óptimo desde el punto de vista ambiental evitando las áreas de mayor sensibilidad y escogiendo materiales, técnicas y sistemas de ejecución de obra ambientalmente adecuados.

Definición del trazado

La elección del trazado es el aspecto más importante de cara a los futuros impactos del proyecto, puesto que diferentes trazados podrán suponer una gran diferencia en sus repercusiones sobre el medio, aún en el mismo territorio.

Para la línea eléctrica en estudio se han planteado varias alternativas de trazado, tanto terrestres como marinas. Las alternativas terrestres se han planteado todas en soterrado dada la dificultad de proponerlas en aéreo atendiendo a las características de la zona. En

cuanto al trazado marino, se han establecido zonas de aterraje según criterios excluyentes y a partir de ahí se han planteado las diferentes alternativas de manera que se minimice la afección sobre áreas específicas, así como evitar afección en infraestructuras y elementos antrópicos como zonas de tráfico de pesqueros, emisarios y cables submarinos identificados.

Perforación Horizontal Dirigida (PHD)

La salida al mar de la conexión eléctrica se hará mediante la técnica de la perforación dirigida en ambos extremos. Esta técnica consiste en la instalación de una tubería subterránea mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación. La perforación se inicia en tierra y finaliza en el mar, en este caso la técnica de la perforación dirigida se emplea para la salida al mar de la conexión eléctrica en el proyecto tanto desde el extremo de la Península, así como de Ceuta.

Esta técnica permite salvar obstáculos naturales o artificiales sin necesidad de afectar el terreno por lo que su empleo minimiza las repercusiones sobre los vectores ambientales.

Diseño de accesos

Para los tramos soterrados de la conexión eléctrica a 132 kV Algeciras – Virgen de África no se considera la necesidad de accesos puesto que el diseño en subterráneo permite que el recorrido se realice por viales, caminos y calles preexistentes y que se empleen estos mismos como vías de paso, con lo que se elimina la necesidad de apertura de nuevos accesos.

Por ello, tampoco se considera necesario tomar medidas específicas para el acceso a las zonas de PHD.

Selección de emplazamientos de las superficies de ocupación temporal

Selección de emplazamientos adecuados y con las dimensiones mínimas necesarias para albergar la maquinaria para la realización de las perforaciones dirigidas.

En el extremo peninsular, dentro del DPMT no habrá ocupación temporal puesto que la PHD se iniciará fuera del DPMT.

Planificación de la obra

Durante el proceso de planificación y programación de los trabajos a realizar se deberán considerar los ciclos biológicos de la fauna.



A nivel general para todos los grupos faunísticos, pero especialmente para el de la avifauna, se recomienda que el período de realización de las obras sea durante la época en que no pueda afectar la reproducción de las aves que habitan o frecuentan el entorno afectado por la instalación de la infraestructura en proyecto.

Dada la presencia de especies protegidas en la zona, se planificará la obra de forma que se minimice el tiempo de coincidencia de la obra con el periodo de cría de estas especies. En caso de que coincida, se realizará una inspección previa de la zona para detectar la presencia de nidos junto al trazado o en las zonas de ocupación temporal. Si se detectan nidos, éstos se balizarán a al menos 10 m de distancia y se hará un seguimiento de su evolución.

Durante la ejecución de los trabajos de tendido y protección de los cables se contará con un equipo de observadores de mamíferos marinos (MMO) a bordo y con un sistema de monitorización acústico pasivo (PAM). El equipo de MMO y PAM maximiza el grado de precaución para evitar afecciones por ruido submarino y evitar colisiones con cetáceos y tortugas marinas, poniendo especial énfasis entre marzo y octubre por ser las épocas de mayor presencia de estas especies.

Delimitación de las zonas de trabajo

Será necesario el marcaje y delimitación de las zonas de actuación a lo largo de la zanja y la superficie de ocupación temporal de la perforación dirigida mediante cintas con tal de restringir el área de ocupación y uso por parte de la maquinaria y personal de obra.

En términos generales, y para ambos ámbitos, la delimitación permitirá acotar el alcance de los efectos potenciales a la mínima superficie necesaria para el desarrollo de las obras.

Retirada y conservación de sustrato

En general, allí donde se acondicione el terreno o se abran zanjas, el sustrato se retirará y se depositará en pequeños montículos en zonas llanas para poder recuperarlo y facilitar la regeneración de los espacios afectados, de manera que los impactos residuales sean mínimos.

En el extremo peninsular, dentro del DPMT no se abrirán zanjas, y solo discurrirán las PHD de salida al mar.



Gestión de lodos procedentes de la perforación dirigida

En el proceso de ejecución de la técnica de PHD se generan lodos de perforación (mezcla de bentonita y agua y detritus del frente perforado) y detritus (sólido). En el caso de los lodos la mezcla se bombeará desde la cata de entrada hasta una unidad de reciclaje para separar fluidos y detritus, obteniéndose fluidos limpios que se reutilizarán y detritus, tratados como residuos de construcción (en seco). Está previsto disponer en la obra de un equipo de centrifugación para utilizarlo durante los trabajos de perforación, con la intención de poder eliminar partículas de menor tamaño de corte que las que podremos eliminar en el sistema de ciclones, consiguiendo así optimizar el residuo final del proceso de perforación, especialmente la parte fluidos. Los detritus serán cargados en camiones y transportados a vertederos o se revalorizarán en la obra.

Para minimizar la fabricación de lodo, se utilizarán equipos de reciclaje que reducen al mínimo la fabricación del lodo de perforación reciclándolo (se mezcla el lodo con el detritus de la perforación). Estos lodos, previamente cribados, se almacenarán en una balsa de terreno natural, para reutilizarlos en el resto de las perforaciones.

Una vez acabados los trabajos de perforación, se deberán llevar a cabo las acciones siguientes:

- Deshidratación de lodos bentónicos o residuos.
- Desecar en la propia obra mezclándolos con excedente de excavación.
- Retirar y transportar a vertedero autorizado el material residual.

Medidas preventivas sobre la fauna y la vegetación

Se realizará un recorrido previo de observación documentado, si se detectan ejemplares de flora o nidos de aves incluidas en algún catálogo de amenazadas, se comunicará a la Delegación Territorial de Desarrollo Sostenible en Cádiz.

Para evitar la afección en fase de obra los tubos que alojarán el cable estarán cerrados por sus extremos hasta su instalación definitiva y se revisará la zanja diariamente a fin de detectar posibles ejemplares en la zona de obra.

En el medio marino se realiza una caracterización en detalle del fondo marino previo al tendido del cable, que permite diseñar un micro-routing para minimizar la afección a hábitats marinos.

Medidas preventivas sobre el patrimonio histórico

Sobre el patrimonio histórico existente y su potencial hallazgo se señalarán los elementos

de patrimonio cultural que se encuentren. Se realizará una vigilancia arqueológica en el movimiento de tierras. Se paralizarán los trabajos y se comunicará en caso de hallazgo.

Calendario de medidas preventivas y correctoras

En la zona terrestre, como se ha indicado, se harán inspecciones visuales para detectar posible presencia de nidos de especies protegidas en caso de que la obra coincida con la fase de cría. Si se encuentran nidos, se marcarán y se les hará seguimiento.

1.10. PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

ACTIVIDAD	INICIO	FINAL
Trabajos de obra civil	Enero 2024	Julio 2025
Tendido de los cables subterráneos, realización de los empalmes subterráneos e instalación de accesorios	Octubre 2024	Octubre 2025
Tendido y protección de los cables submarinos y realización de los empalmes cable submarino-cable terrestre	Enero 2025	Octubre 2025
Pruebas de aceptación	Noviembre 2025	Noviembre 2025
Reposición y restauración del área del dominio público	Octubre 2025	Marzo 2026

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

2.1. CABLES DE POTENCIA

- 2.1.1. CABLE DE POTENCIA SUBTERRÁNEO
- 2.1.2. CABLE DE POTENCIA SUBMARINO

2.2. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

- 2.2.1. CONEXIONADO DE PANTALLAS A TIERRA

2.1. CABLES DE POTENCIA

En la siguiente tabla se muestran los tipos de cables a instalar (valores referenciales):

CABLE			
SUBTERRÁNEO		SUBMARINO	
Secciones zanja hormigonada	Secciones PHD	Poca profundidad y PHD aterraje	Zona profunda
Al – 400 mm ²	Al – 630 mm ²	Al 500 mm ²	Cu 300 mm ²

2.1.1. CABLE DE POTENCIA SUBTERRÁNEO

Los diseños de los cables subterráneos incluidos en el presente proyecto de ejecución se deben considerar como diseños de referencia técnicamente viables por ser los normalizados de Red Eléctrica en proyectos de este nivel de tensión, pudiendo ser modificados durante la fase de ingeniería de detalle del proyecto con objeto de conseguir una mejor optimización cumpliendo los requisitos de capacidad de transporte.

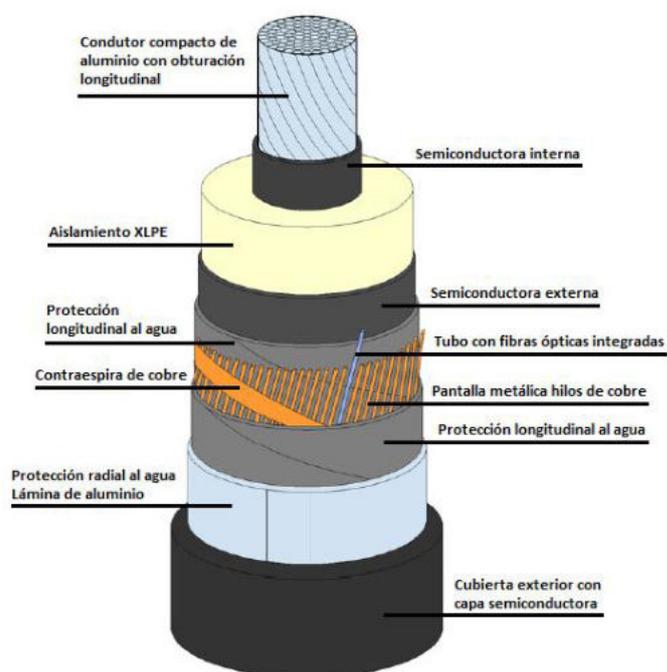
El cable aislado de 76/132 kV referencial para el presente tramo subterráneo es el siguiente:

- **RHE-RA+2OL y RHZ1-RA+2OL(AS) 76/132 kV 1x400KAL+H135+8FO:** Cable aislado de aislamiento XLPE 76/132 kV de aluminio, cuerda compacta redonda 1x400 mm² de sección con doble obturación longitudinal en conductor y pantalla, protección radial con lámina de aluminio solapada, pantalla constituida por alambres de cobre de 135 mm² de sección más 8 fibra ópticas integradas, y cubierta exterior de polietileno de alta densidad (HDPE) con capa exterior semiconductora extrusionada conjuntamente con la cubierta, características mecánicas DME1 y sin propiedades especiales ante la reacción al fuego.

La composición general de los cables aislados con pantalla constituida por hilos de cobre para tensión asignada de 132 kV es la que se muestra a continuación:

- Conductor: sección circular de aluminio de cuerda compacta redonda con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo.
- Semiconductora interna: capa extrusionada de material semiconductor.
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE) super clean.
- Semiconductora externa: capa extrusionada de material semiconductor.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada antes de la pantalla.

- Pantalla: corona de alambres de cobre arrollados helicoidalmente con 2 tubos en cuyo interior están integradas 4 fo en cada tubo.
- Contraespira: fleje de cobre que cortocircuita todos los alambres de cobre y garantiza su sujeción frente a esfuerzos electrodinámicos.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada después de la pantalla.
- Protección radial al agua: lámina de aluminio solapada termopegada adherida a la cubierta.
- Cubierta de polietileno de alta densidad (HDPE) de color gris con capa exterior semiconductora de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta. Características mecánicas DME1 y sin propiedades especiales ante la reacción al fuego para instalación entubada.



Características constructivas

- CONDUCTOR

Materialhilos de Aluminio

Sección 400 / 630 mm²

Tipo Cuerda redonda compacta de aluminio clase 2

Diámetro nominal aprox.23,1 / 30,5 mm
 Resistencia máxima en continua a 20 °C ≤ 29,10 μΩ/m
 Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen permanente 90 °C
 Intensidad mínima admisible en cortocircuito 53,5 kA
 Duración cortocircuito0,5 s
 Temperatura inicial 90 °C
 Temperatura final 250 °C

- SEMICONDUCTORA INTERNA

MaterialSC-XLPE extruido
 Espesor medio mínimo 1,5 mm

- AISLAMIENTO

Material polietileno reticulado (XLPE) super clean
 Espesor nominal mínimo 17,5 mm
 Gradiente máximo semiconductora interna 6,9 kV/mm
 Gradiente máximo semiconductora externa 2,9 kV/mm
 Tg δ máxima 0,0010

- SEMICONDUCTORA EXTERNA

MaterialSC-XLPE extruido
 Espesor medio mínimo 1,5 mm
 El método de fabricación será por triple extrusión simultánea mediante cabezal triple y reticulación en seco de:

- Semiconductora interna.
- Aislamiento.
- Semiconductora externa.

- PROTECCIÓN LONGITUDINAL AL AGUA

MaterialSC-Cinta hinchable
 Espesor aproximado..... 0,3 mm

- PANTALLA

Material hilos de cobre + cinta de aluminio
 Sección mínima135 mm² cobre + 47 mm² aluminio
 Intensidad mínima admisible de cortocircuito 35 kA
 Duración cortocircuito0,5 s
 Temperatura inicial 80 °C
 Temperatura final 250 °C

- CONTRAESPIRA

Material Cinta de cobre
 Sección mínima 1 mm



- **PROTECCIÓN LONGITUDINAL AL AGUA**
Material..... Cinta hinchable semiconductor
Espesor 0,3 mm
- **PROTECCIÓN RADIAL AL AGUA**
Material lámina de aluminio solapada termopegada
Espesor nominal 0.2 mm
- **CUBIERTA EXTERIOR CABLE TIPO RHE-RA**
Material..... Cubierta de polietileno de alta densidad (HDPE)
con capa exterior semiconductor extrusionada conjuntamente con la cubierta.
Características mecánicas DME1.
Espesor nominal mínimo 4 mm
Color capa exterior semiconductor negro
- **CUBIERTA EXTERIOR CABLE TIPO RHZ1-RA**
Material:..... Cubierta de poliolefina (Z1) de color gris con capa exterior
semiconductor de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta.
Características mecánicas.....DMZ2
Espesor nominal mínimo 4 mm
Color capa exterior semiconductor negro
Propiedades ante la reacción al fuegoClase mínima B2_{ca}-s1b, d2, a1
- **CARACTERÍSTICAS CABLE TERMINADO**
Diámetro exterior nominal aprox77,4 / 82,0 mm
Peso aprox6,5 kg/m
- **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**
Radio curvatura mínimo:
Durante el tendido
Directamente enterrado o al aire 1,6 m
En banco de tubos 10 m
En instalación definitiva con/sin guía ≤ 1,38 / 1,84 m
Sobre la bobina 0,96 m
Esfuerzo máximo de tiro1.200 kg

2.1.2. CABLE DE POTENCIA SUBMARINO

Se utilizarán dos diseños distintos para los cables submarinos; uno para la sección de cable que discurre a poca profundidad y otro para el trazado de aguas profundas. El primero tendrá mayor sección de conductor debido a la elevada profundidad de enterramiento que alcanzan los cables en zonas poco profundas y en las perforaciones en su llegada al mar. El cable para aguas profundas dispondrá de doble armadura para soportar los elevados esfuerzos durante

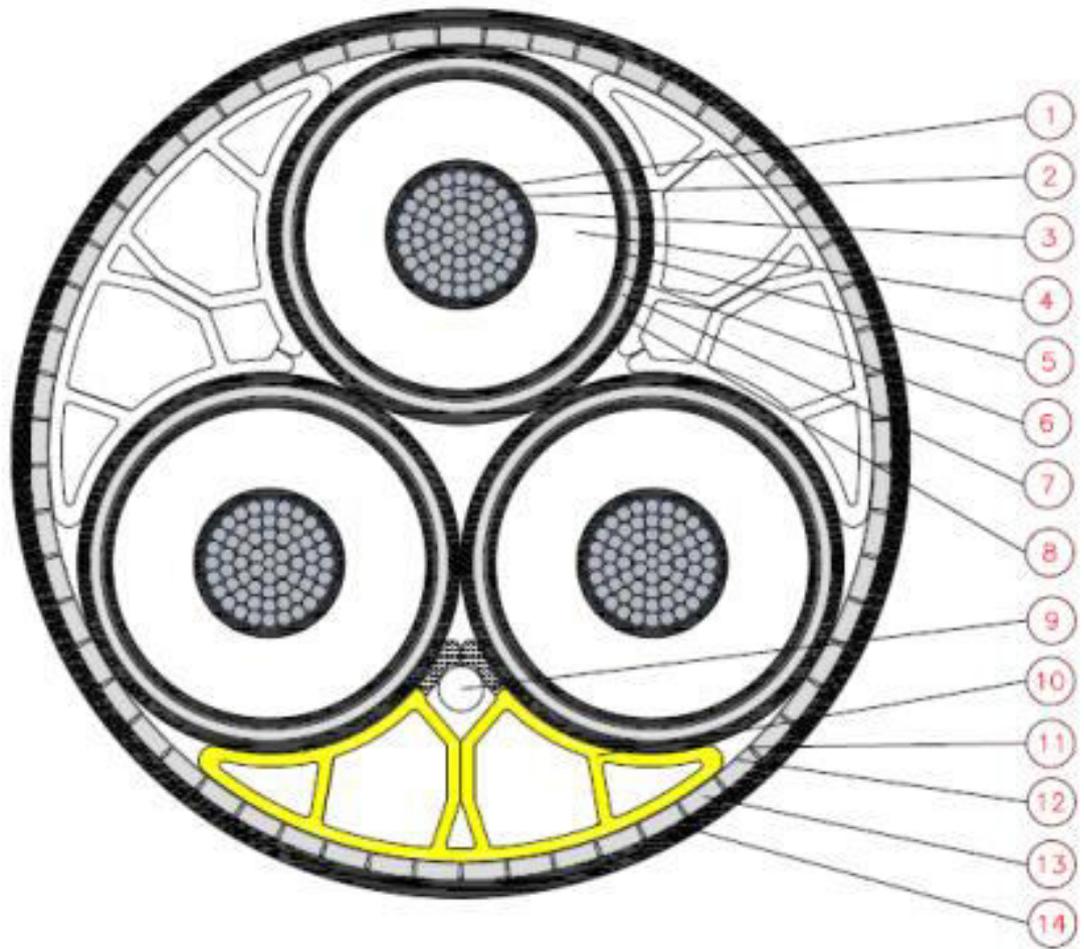
el tendido.

Considerar diseños de cables submarinos diferentes no implica la necesidad de realizar empalmes de transición en el fondo marino, ya que dichos empalmes se realizan en fábrica, de forma que el cable se instalará en una única pieza.

Los diseños de los cables submarinos incluidos en el presente proyecto de ejecución se deben considerar como diseños de referencia técnicamente viables en base a experiencias previas de Red Eléctrica en proyectos submarinos, pudiendo ser modificados durante la fase de ingeniería de detalle del proyecto con objeto de conseguir una mejor optimización cumpliendo los requisitos de capacidad de transporte.

CABLE SUBMARINO PARA ZONA POCO PROFUNDA Y PHD

- **145 kV 3x1x500 mm² AL + F.O:** Cable aislado de aislamiento XLPE 76/132 kV de aluminio 3 x 500 mm² de sección con pantalla constituida por aleación de plomo y simple armadura de acero galvanizado.



Cable weight in air: approx. 50 kg/m

No.	Constituents	Nominal thickness mm	Nominal diameter mm
1	Conductor, round aluminium wires, filled		27.2
2	Semi-conducting swellable tape		
3	Conductor screen, semi-conducting compound		
4	Insulation, XLPE	17.0	65.2
5	Insulation screen, semi-conducting compound		
6	Semi-conducting swellable tape		
7	Lead alloy sheath	2.1	74.4
8	Phase sheath, semi-conducting polyethylene	2.2	
9	Fibre optic cable		10
10	Filler elements of polyethylene		
11	Binder tapes		
12	Bedding tapes		
13	Armour, galvanized flat steel wires	3.0	
14	Outer serving, polypropylene yarn and bitumen, approx.		186

Características constructivas:

- CONDUCTOR
Diámetro del conductor 27,2 mm
Tipo ... Conductor de aluminio de 61 alambres recubiertos de una capa semiconductora
- PANTALLA DEL CONDUCTOR
Capa extruida semiconductora con compuesto reticulado
- AISLAMIENTO
Espesor nominal 17 mm
Diámetro sobre aislamiento 65,2 mm
Capa extruida de aislamiento de polietileno (XLPE)
- PROTECCIÓN LONGITUDINAL AL AGUA
Cinta semiconductora hinchable
- PANTALLA DE PLOMO
Material aleación de plomo
Espesor nominal 2,1 mm
- CUBIERTA DE FASE
Material cubierta extruida de polietileno semiconductor
Espesor nominal 2,2 mm
- FIBRA ÓPTICA
Un cable de fibra óptica posicionada en los espacios entre conductores.
- ARMADURA
Forma de los hilos de la armadura planos
Dimensión de los hilos 9 x 3 mm
Nº aproximado de hilos de armadura 57
- CUBIERTA EXTERIOR
Dos capas de hilos de polipropileno y betún.
- CARACTERÍSTICAS DEL CABLE TERMINADO
Diámetro exterior aproximado 186 mm.
Peso aproximado seco 50 kg/m
Peso aproximado sumergido 26 kg/m

Características mecánicas:

- Radio de curvatura mínimo durante el tendido 2,8 m
Esfuerzo máximo de tiro 250 kN



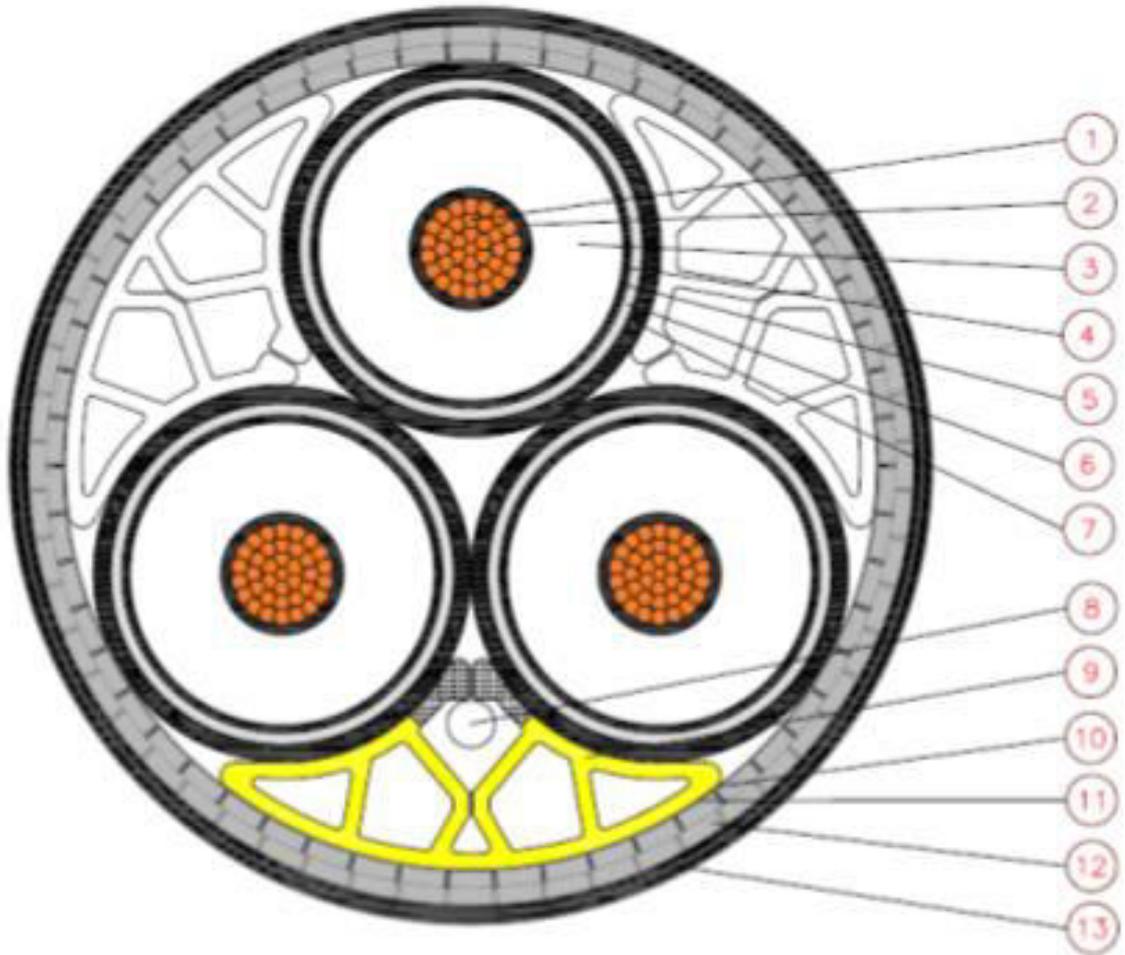
Características eléctricas:

Corriente	Alterna trifásica
Frecuencia nominal	50 Hz
Temperatura máxima permitida en el conductor	90 °C
Corriente de cortocircuito máxima permitida conductores (0,5 segundos)	66 kA
Corriente de cortocircuito máxima en pantalla (0,5 segundos).....	3 x 16,2 kA
Tensión del sistema (U)	132 kV
Tensión entre conductor y pantalla (U ₀)	76 kV
Máxima tensión en el sistema (U _m).....	145 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo.....	650 kV (cresta)
Campo eléctrico en el aislamiento a tensión nominal.....	6,6 kV/mm
Resistencia del conductor a 20 °C en corriente continua	0,0605 Ω / km
Resistencia del conductor a 90°C en corriente alterna.....	0,0771 Ω / km
Capacidad entre conductor y pantalla.....	0,19 μF / km

CABLE SUBMARINO EN AGUAS PROFUNDAS

Se instalará cable tripolar con conductores de cobre, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), pantalla de aleación de plomo, y doble armadura de cables de acero galvanizado; el cual alberga en su interior los cables de fibra óptica.

La denominación de este cable es: 76/132 kV 3x1x300 mm² + FO. Sus principales características se indican a continuación:



Cable weight in air: approx. 62 kg/m

No.	Constituents	Nominal thickness mm	Nominal diameter mm
1	Conductor, round copper wires, filled		20.5
2	Conductor screen, semi-conducting compound		
3	Insulation, XLPE	18.0	60.1
4	Insulation screen, semi-conducting compound		
5	Semi-conducting swellable tape		
6	Lead alloy sheath	2.1	69.3
7	Phase sheath, semi-conducting polyethylene	2.2	
8	Fibre optic cable		10
9	Filler elements of polyethylene		
10	Bedding tapes		
11	Armour, galvanized flat steel wires	3.0	
12	Armour, galvanized flat steel wires	3.0	
13	Outer serving, polypropylene yarn and bitumen, approx.		182

Características constructivas:

- CONDUCTOR

Diámetro del conductor..... 20,5 mm

Tipo Conductor de cobre de 37 alambres de sección circular

- **PANTALLA DEL CONDUCTOR**
Capa extruida semiconductora con compuesto reticulado
- **AISLAMIENTO**
Espesor nominal 18 mm
Diámetro sobre aislamiento 60,1 mm
Capa extruida de aislamiento de polietileno (XLPE)
- **PROTECCIÓN LONGITUDINAL AL AGUA**
Cinta semiconductora hinchable
- **PANTALLA DE PLOMO**
Material.....aleación de plomo
Espesor nominal 2,1 mm
- **CUBIERTA DE FASE**
Material cubierta extruida de polietileno semiconductor
Espesor nominal 2,2 mm
- **FIBRA ÓPTICA**
Un cable de fibra óptica posicionada en los espacios entre conductores.
- **ARMADURA**
Forma de los hilos de la armadura planos
Dimensión de los hilos 9 x 3 mm
Nº aproximado de hilos de armadura 52/55
Configuración Armadura de doble capa de hilos planos
..... arrollados en direcciones opuestas.
- **CUBIERTA EXTERIOR**
Dos capas de hilos de polipropileno y betún.
- **CARACTERÍSTICAS DEL CABLE TERMINADO**
Diámetro exterior aproximado 182 mm.
Peso aproximado seco 62 kg/m
Peso aproximado sumergido 39 kg/m

Características mecánicas:

Radio de curvatura mínimo durante el tendido 3,2 m
Esfuerzo máximo de tiro 480 kN

Características eléctricas:

Corriente Alterna trifásica
Frecuencia nominal 50 Hz



Temperatura máxima permitida en el conductor	90 °C
Corriente de cortocircuito máxima permitida conductores (0,5 segundos)	60 kA
Corriente de cortocircuito máxima en pantalla (0,5 segundos).....	3 x 15 kA
Tensión del sistema (U)	132 kV
Tensión entre conductor y pantalla (U ₀)	76 kV
Máxima tensión en el sistema (U _m).....	145 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo.....	650 kV (cresta)
Campo eléctrico en el aislamiento a tensión nominal.....	6,9 kV/mm
Resistencia del conductor a 20 °C en corriente continua	0,0601 Ω / km
Resistencia del conductor a 90°C en corriente alterna.....	0,0687 Ω / km
Capacidad entre conductor y pantalla.....	0,15 μF / km

2.2. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

2.2.1. CONEXIONADO DE PANTALLAS A TIERRA

En el plano J-0382-L0549L004 "Esquema de conexión de puesta a tierra de pantallas" se encuentra indicado el sistema de puesta a tierra del tramo subterráneo, el cual ha sido calculado conforme al proyecto originalmente tramitado.

La longitud de los tramos se describe en la tabla siguiente:

- CIRCUITO 1 ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA 132 kV

LADO PENÍNSULA CIRCUITO 1:

Inicio	Final	Tipo cable	Longitud (m)	Tipo p.a.t.
Terminales exteriores S.E. Algeciras	CEP1.1	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x630KAL+H135	925	SINGLE POINT con 1 cable de acompañamiento
CEP1.1	CEP1.2	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	892	CROSSBONDING seccionado con 1 cable de acompañamiento
CEP1.2	CEP1.3	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	897	
CEP1.3	CEP1.4	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	945	
CEP1.4	CEP1.5	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	924	CROSSBONDING seccionado con 1 cable de acompañamiento
CEP1.5	CEP1.6	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x630KAL+H135	932	
CEP1.6	CEP1.7	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x630KAL+H135	953	CROSSBONDING seccionado con 1 cable de acompañamiento
CEP1.7	CEP1.8	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	876	
CEP1.8	CEP1.9	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	923	
CEP1.9	CEP1.10 (Sea-land transition Joint)	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	908	CROSSBONDING seccionado con 1 cable de acompañamiento

TRAMO SUBMARINO CIRCUITO 1:

INICIO	FINAL	TIPO CABLE	LONGITUD (m)	TIPO P.A.T.
CEP1.10 (Sea-land transition Joint)	CEC1.1 (Sea-land transition Joint)	145 kV 3x1x500 mm ² AL + F.O en zona poco profunda y 145 kV 3x1x300 mm ² Cu + F.O en zona profunda	58.144	BOTH-ENDS

LADO CEUTA CIRCUITO 1:

INICIO	FINAL	TIPO CABLE	LONGITUD (m)	TIPO P.A.T.
CEC1.1 (Sea-land transition Joint)	CEC1.2	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	806	SINGLE POINT con empalme sin seccionamiento de pantallas y 1 cable de acompañamiento.
CEC1.2	Terminales GIS S.E. Virgen de África	RHZ1-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	798	

- CIRCUITO 2 ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA 132 kV

LADO PENÍNSULA CIRCUITO 2:

Inicio	Final	Tipo cable	Longitud (m)	Tipo p.a.t.
Terminales exteriores S.E. Algeciras	CEP2.1	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x630KAL+H135	890	SINGLE POINT con 1 cable de acompañamiento
CEP2.1	CEP2.2	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	921	CROSSBONDING seccionado con 1 cable de acompañamiento
CEP2.2	CEP2.3	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	905	
CEP2.3	CEP2.4	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	941	
CEP2.4	CEP2.5	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	891	CROSSBONDING seccionado con 1 cable de acompañamiento
CEP2.5	CEP2.6	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x630KAL+H135	973	
CEP2.6	CEP2.7	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x630KAL+H135	937	CROSSBONDING seccionado con 1 cable de acompañamiento
CEP2.7	CEP2.8	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	925	
CEP2.8	CEP2.9	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	887	
CEP2.9	CEP2.10 (Sea-land transition Joint)	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	872	CROSSBONDING seccionado con 1 cable de acompañamiento

TRAMO SUBMARINO CIRCUITO 2:

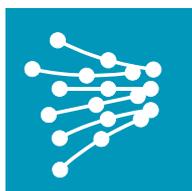
INICIO	FINAL	TIPO CABLE	LONGITUD (m)	TIPO P.A.T.
CEP2.10 (Sea-land transition Joint)	CEC2.1 (Sea-land transition Joint)	145 kV 3x1x500 mm ² AL + F.O en zona poco profunda y 145 kV 3x1x300 mm ² Cu + F.O en zona profunda	56.187	BOTH-ENDS

LADO CEUTA CIRCUITO 2:

INICIO	FINAL	TIPO CABLE	LONGITUD (m)	TIPO P.A.T.
CEC2.1 (Sea-land transition Joint)	CEC2.2	RHE-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	761	SINGLE POINT con empalme sin seccionamiento de pantallas y 1 cable de acompañamiento.
CEC2.2	Terminales GIS S.E. Virgen de África	RHZ1-RA+2OL 76/132kV 1x400KAL+H135	831	

Se instalará un cable de cobre aislado 0,6/1 kV en los tramos con conexión de pantallas tipo Single-Point con la siguiente sección:

Tensión nominal de la red Un (kV)	Intensidad cortocircuito (kA)	Sección cable equipotencial Single-Point (mm ²)
132	31,5	150



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

“INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA PENÍNSULA – CEUTA”

NUEVA SUBESTACIÓN ALGECIRAS 132 kV, AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ALGECIRAS 220 kV, CONEXIÓN SOTERRADA 220 kV ENTRE AMBAS, LÍNEA DE INTERCONEXIÓN SUBTERRÁNEO-SUBMARINA A 132 kV, DOBLE CIRCUITO, ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA Y NUEVA SUBESTACIÓN VIRGEN DE ÁFRICA 132 kV

INFORMES ANEXOS

ANEXO 1.2 ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO DE LA CAMPAÑA MARINA DE AGUAS SOMERAS

Marzo de 2022



ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO PARA EL EIA DEL PROYECTO DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA SUBMARINA PENÍNSULA – CEUTA

(octubre, 2019)



Departamento de Física Aplicada

Dr Juan José Muñoz Pérez

Catedrático de Universidad

Dr. Miguel Bruno Mejías

Catedrático de Universidad

Instituto Universitario de Investigación Marina, INMAR

Universidad de Cádiz



0. Índice.

1. Introducción.
2. Metodología.
3. Caracterización general del ámbito preliminar.
4. Caracterización del Oleaje.
5. Régimen de oscilaciones del nivel del mar.
6. Modelo de propagación de corrientes
7. Sistema de corrientes derivadas de la acción de la marea y del oleaje.
8. Dinámica litoral y patrones del transporte sedimentario.
9. Profundidad de cierre
10. Estimación de la operatividad según el régimen medio del oleaje en las zonas de aterraje y en mar profundo.
11. Estudio del perfil de erosión para un tramo intermedio característico de cada frente de costa
12. Conclusiones sobre el posible Impacto Ambiental

APÉNDICES.

APENDICE 1: GRÁFICAS DE SALIDA DE ALCANCES DE LAS OSCILACIONES DEL NIVEL DEL MAR SEGÚN EL MODELO IOLE.

APENDICE 2: PROPAGACIONES OBTENIDAS DE LOS TRAMOS DE ATERRAJE PROPUESTOS.

APENDICE 3: TABLA AUXILIAR DE RESULTADOS PARA OBTENCIÓN DE VALORES DE VELOCIDAD DE CORRIENTES.

APÉNDICE 4: RÉGIMEN DE CORRIENTES Y NIVELES DEL MAR DEBIDOS A MAREA ASTRONÓMICA Y FORZAMIENTO ATMOSFÉRICO.

APENDICE 5: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA TRIMESTRAL SOBRE CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE MEDIO EN LOS DIFERENTES PUNTOS SIMAR ESTUDIADOS EN LAS ZONAS DE ATERRAJE Y EN ALTA MAR.

1. Introducción

Red Eléctrica Española (REE) y el Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEIMAR) han firmado un acuerdo de colaboración para el estudio de impacto ambiental del futuro cable de Interconexión Eléctrica Submarina entre la Península y Ceuta.

Dentro de este acuerdo de colaboración, el CEIMAR ha encargado al Grupo de Investigación de Ingeniería Costera de la Universidad de Cádiz (UCA) los estudios correspondientes al Clima Marítimo de un modo general en una primera fase de inventario preliminar que ayude en un análisis de alternativas. Para ello, se ha proporcionado por parte de REE una propuesta inicial de alternativas de canal para el cable (Fig. 1.1). Éste es el objetivo del trabajo aquí presentado.

Posteriormente, una vez decidido el trazado final del cable, se procederá a un estudio mucho más específico con la identificación de posibles impactos significativos y propuesta de medidas preventivas, correctoras y compensatorias en su caso.

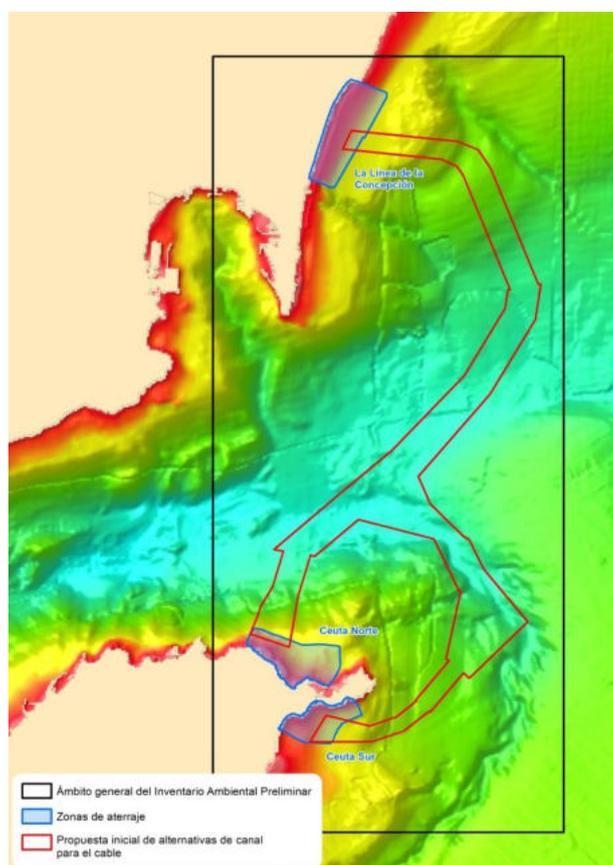


Fig 1.1 Propuesta inicial de REE de alternativas para el cruce del cable eléctrico por el Estrecho. Incluye las posibles zonas de aterraje

2. Metodología

La metodología aplicada en este estudio es la propuesta de manera general para cualquier diseño de obras marítimas en la **“ROM 0.0-01. Procedimiento General y Bases de Cálculo Criterios generales de proyecto de obras marítimas y portuarias”**. En ella se establece, a partir de una serie de índices y según la tipología de la obra, el periodo final de retorno de estudio del oleaje de diseño para la infraestructura, y el periodo de vida útil de la misma.

Para determinar ese periodo de retorno del oleaje en relación con su incidencia y afección a las obras se estiman primero el Índice de Repercusión Económica (IRE) y el Índice de Repercusión Social y Ambiental (ISA), a partir de los cuales queda definida la probabilidad de fallo y el método de cálculo a emplear.

2.1 Determinación del IRE

En el primer caso, se debe concretar el valor de C_{RD} o Coste de Inversión de las obras de reconstrucción, pudiendo estimarse de forma simplificada, que es igual a la inversión inicial debidamente actualizada.

En segundo lugar, se valora la repercusión por inutilización C_{RI} comparada con el coste de referencia, C_0 (estimándose ésta en una obra de alto coste)

- Valor de A, ámbito del sistema productivo
 - Regional (2)
 - Nacional/Internacional (5)
 - Se estima en esta actuación ámbito nacional = 5.
- Valor de B, importancia estratégica
 - Irrelevante (0)
 - Relevante (2)
 - Esencial (5)
 - Se estima en esta actuación importancia relevante = 2.
- Valor de C, importancia en el sistema económico
 - Irrelevante (0)
 - Relevante (1)
 - Esencial (5)

Se estima en esta actuación importancia esencial = 5.

$$\Rightarrow \text{Producto de } C_{RI} = C * (A + B) = 5*(5+2) = 35.$$

Valor total del IRE: $C_{R0} + C_{RI}/C_0$.

IRE menor o igual a 5, repercusión económica baja

$5 < \text{IRE} < \text{o igual a } 20$, repercusión económica media

$\text{IRE} > 20$, repercusión económica alta

No se tienen datos de cantidades económicas del coste de las obras (C_{R0}) y de su repercusión económica por no ejecutarla (C_0), pero en cualquier caso, el coeficiente $C_{RI} = 35$, y por la naturaleza e importancia de las obras se puede dar por válido que el IRE será mayor de 20, es decir, una repercusión económica alta.

Por este motivo, empleando la tabla 2.1, página 56 de la ROM 0.0, obtenemos una Vida útil mínima n de 50 años como mínimo, estableciéndose este valor como válido.

IRE	≤ 5	6 - 20	> 20
Vida útil en años	15	25	50

Fig. 2.1. Vida útil en años según valor del IRE (ROM 0.0-01).

2.2 Determinación del ISA

Se define este como la suma a su vez de tres parámetros:

$$\text{ISA} = \text{ISA}_1 + \text{ISA}_2 + \text{ISA}_3$$

- Valor de ISA_1 , Posibilidad de pérdida de vidas humanas

Remoto (0)

Bajo (3)

Alto (10)

Catastrófico (20)

Se estima remoto = 0.

- Valor de ISA_2 , Daños en medio ambiente y patrimonio artístico, reversibles o irreversibles

Remoto (0)

Bajo (2)

Medio (5)

Alto (8)

Muy alto (15)

Se estima Bajo = 2.

- Valor de ISA₃, Alarma social

Bajo (0)

Medio (5)

Alto (10)

Máxima (15)

Se estima Bajo = 0.

El valor total del ISA permite definir obras sin repercusión ambiental (inferior a 5); con repercusión baja (inferior a 20); alta (inferior a 30) y muy alta (> 30)

En este caso, es improbable que se produzcan daños a personas, ISA₁ = 0; la posibilidad de producción de daños se considera baja, ISA₂ = 2; y, finalmente, no hay indicios que se produzca alarma social, ISA₃ = 0, por lo que, el ISA alcanza un valor de 2, obra sin repercusión social y ambiental significativa.

Por este motivo, empleando la tabla 2.2 Máxima Probabilidad conjunta en la fase de servicio en estados límites últimos, para un ISA inferior a 5, la probabilidad de fallo obtenida es 0,20.

ISA	< 5	5 -19	20 -29	≥ 30
P _{ELU}	0.20	0.10	0.01	0.0001
β _{ELU}	0.84	1.28	2.32	3.71

Fig 2.2. Máxima Probabilidad conjunta según valor del ISA (ROM 0.0-01).

2.3 Estimación del periodo de retorno del oleaje en función del IRE (vida útil de la obra) y del ISA (probabilidad de fallo).

Para Obra definitiva y vida útil mínima superior a 10 años, se emplea el análisis de riesgo de Leo Borgmann.

$$E = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r} \right)^n$$

E Grado de riesgo de la estructura = 0,2.

n Vida útil mínima = 50 años.

T_r Período de retorno del temporal de cálculo, años.

En este caso, despejando T_r , se obtendría un valor para el mismo de 225 años. Es decir, se adopta para cualquier tipo de cálculo de oleajes de temporal un periodo de retorno de 225 años, con una probabilidad de fallo para estructuras o infraestructuras de cualquier naturaleza de 0,20 en su cálculo, con un periodo de vida útil de 50 años como mínimo.

3. Caracterización general del ámbito preliminar

Se definen en este apartado de manera general los tramos de playas de las zonas de aterraje de la infraestructura, siendo tres zonas diferenciadas (Fig. 3.1.):

- 1) Zona de aterraje en la Península: Entorno de la playa de El Burgo – La Hacienda:
 - a. T.M. Municipal: San Roque (Cádiz),
 - b. Longitud: Unos 2.500 m (aprox).
 - c. Unidad fisiográfica a la que pertenece: Entre la Punta de Alcadesa al norte y el puerto de La Atunara al sur.
- 2) Zona de aterraje en Ceuta norte: Entorno de la playa Benítez– Punta Blanca
 - a. T.M. Municipal: Ceuta
 - b. Longitud: Unos 5.000 m (aprox).
 - c. Unidad fisiográfica a la que pertenece: Sistema semicerrado de sucesión de pequeñas calas.
- 3) Zona de aterraje en Ceuta sur: Entorno de la playa de desde El Tarajal a El Chorrillo
 - a. T.M. Municipal: Ceuta
 - b. Longitud: Unos 2.500 m (aprox).
 - c. Unidad fisiográfica a la que pertenece: Sistema semicerrado de sucesión de pequeñas playas.

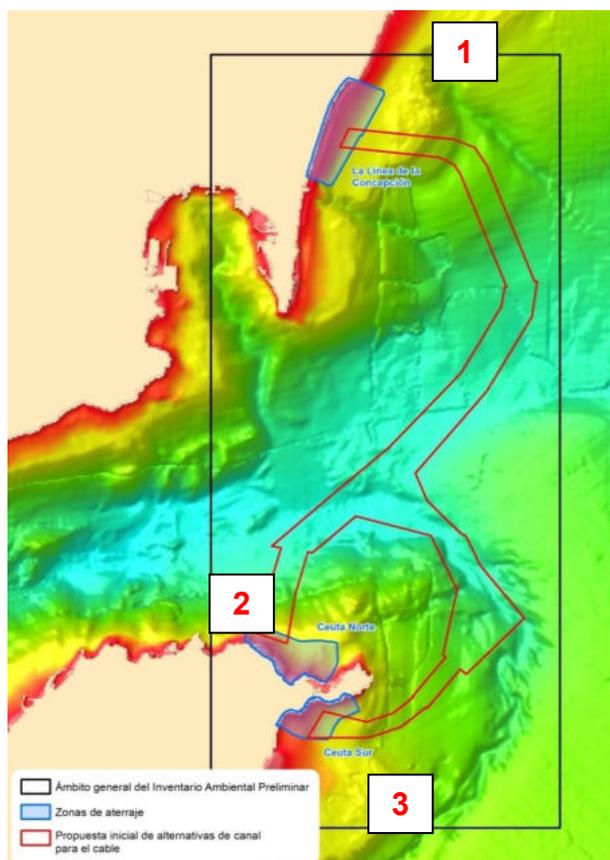


Fig 3.1 Zonas de aterraje según la propuesta inicial de REE de alternativas para el cruce del cable eléctrico por el Estrecho.

La descripción de las playas afectadas por la actuación según el Catálogo de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar es la siguiente:

3.1 Playa de El Burgo – La Hacienda:

Nombre de playa:	El Burgo / Torrenueva
Municipio:	La Línea de la Concepción
Provincia:	Cádiz
Comunidad Autónoma:	Andalucía
Longitud:	1.250 metros
Anchura:	120 metros / Mucha variación
Grado ocupación:	Alto
Grado urbanización:	Semiurbana
Paseo marítimo:	No
Fachada litoral:	Dunas
Descripción:	

Esta playa se caracteriza por su gran dimensión y arena gris, siendo una zona tranquila.

2. Tipo de playa

Composición:	Arena
Tipo arena:	Oscura
Condiciones baño:	Cleaje moderado
Zona fondeo:	Sí
Nudismo:	No

4. Hospital más cercano

Nombre hospital:	Hospital de la Línea
Dirección:	Avda. Menéndez Pelayo, 103 (La Línea de la Concepción)
Teléfono:	956026500
Distancia aproximada a playa:	40 km.

3. Aspectos físicos y ambientales

Vegetación:	Sí / en la playa
Espacio protegido:	No
Actuaciones:	-
Bandera azul:	No

5. Accesos

Forma de acceso:	Coche
Señalización de los accesos:	Sí
Acceso discapacitados:	Sí
Coordenadas:	36º 11' 45,438" N 05º 19' 49,849" W
Coordenadas UTM:	X: 290.461,00 Y: 4.008.194,00 H:30



Fig 3.2. Fotografía aérea Playa del Burgo (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica)

Nombre de playa:	La Hacienda / Santa Clara
Municipio:	San Roque
Provincia:	Cádiz
Comunidad Autónoma:	Andalucía
Longitud:	1.400 metros
Anchura:	90 metros / Mucha variación
Grado ocupación:	Alto
Grado urbanización:	Semiurbana
Paseo marítimo:	No
Fachada litoral:	Dunas
Descripción:	

Playa de gran extensión y arena gris carente de servicios. Únicamente tiene como característica destacable la gran tranquilidad que reina en la zona.

2. Tipo de playa

Composición:	Arena
Tipo arena:	Oscura
Condiciones baño:	Oleaje moderado
Zona fondeo:	Sí
Nudismo:	No

4. Hospital más cercano

Nombre hospital:	Hospital de la Línea
Dirección:	Avda. Menéndez Pelayo, 103 (La Línea de la Concepción)
Teléfono:	956026500
Distancia aproximada a playa:	42 km.

3. Aspectos físicos y ambientales

Vegetación:	Sí / en la playa
Espacio protegido:	No
Actuaciones:	-
Bandera azul:	No

5. Accesos

Forma de acceso:	Coche
Señalización de los accesos:	No
Acceso discapacitados:	No
Coordenadas:	36° 13' 21,711" N 05° 19' 14,982" W
Coordenadas UTM:	X: 291.404,00 Y: 4.011.136,00 H:30



Fig 3.3. Fotografía aérea playa de La Hacienda (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).

3.2 Playas de Ceuta Norte: Playa Benítez, Calamocarro y Punta Blanca:

Nombre de playa:	Benítez (primer tramo)
Municipio:	Ceuta
Provincia:	Ceuta
Comunidad Autónoma:	Ceuta
Longitud:	700 metros
Anchura:	25 metros / Poca variación
Grado ocupación:	Alto
Grado urbanización:	Urbana
Paseo marítimo:	Sí
Fachada litoral:	Urbana
Descripción:	

Es la playa más concurrida de la bahía Norte y está adosada al muelle de Poniente.

Nombre de playa:	Benítez (segundo tramo)
Municipio:	Ceuta
Provincia:	Ceuta
Comunidad Autónoma:	Ceuta
Longitud:	300 metros
Anchura:	25 metros / Poca variación
Grado ocupación:	Alto
Grado urbanización:	Semiurbana
Paseo marítimo:	No
Fachada litoral:	Semiurbana
Descripción:	

Es la playa más concurrida de la bahía Norte y está adosada al muelle de Poniente.

2. Tipo de playa

Composición:	Grava
Tipo arena:	-
Condiciones baño:	Oleaje moderado
Zona fondeo:	Sí
Nudismo:	No

4. Hospital más cercano

Nombre hospital:	Hospital Universitario de Ceuta
Dirección:	Loma Colmenar, s/n
Teléfono:	856907000
Distancia aproximada a playa:	5 km.

6. Seguridad

Señalización de peligro:	Sí / Banderas
Auxilio y salvamento:	Sí / Fines de semana en temporada estival. Medios humanos y materiales

3. Aspectos físicos y ambientales

Vegetación:	No
Espacio protegido:	No
Actuaciones:	-
Bandera azul:	No

5. Accesos

Forma de acceso:	A pie fácil / Coche / Barco
Señalización de los accesos:	Sí
Acceso discapacitados:	Sí
Coordenadas:	35º 53' 43,524" N 05º 20' 15,895" W
Coordenadas UTM:	X: 289.012,00 Y: 3.974.871,00 H:30

7. Transporte

Carretera más próxima:	N-354
Autobús:	Sí / Urbano
Aparcamiento:	Sí / No vigilado / Entre 50 y 100 plazas



Fig 3.4. Fotografía sobre el terreno playa Benítez (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).



Fig 3.5. Fotografía aérea playa Benítez (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).

Nombre de playa:	Calamocarro
Municipio:	Ceuta
Provincia:	Ceuta
Comunidad Autónoma:	Ceuta
Longitud:	650 metros
Anchura:	15 metros / Poca variación
Grado ocupación:	Medio
Grado urbanización:	Semiurbana
Paseo marítimo:	No
Fachada litoral:	Montaña
Descripción:	

Playa situada fuera del casco urbano de Ceuta. Está circunvalada por montes de pinos y disfruta de aguas muy azules, transparentes y frías.

2. Tipo de playa

Composición:	Bolos / Grava
Tipo arena:	-
Condiciones baño:	Oleaje moderado
Zona fondeo:	No
Nudismo:	No

4. Hospital más cercano

Nombre hospital:	Hospital Universitario de Ceuta
Dirección:	Loma Colmenar, s/n
Teléfono:	856907000
Distancia aproximada a playa:	9 km.

3. Aspectos físicos y ambientales

Vegetación:	No
Espacio protegido:	No
Actuaciones:	-
Bandera azul:	No

5. Accesos

Forma de acceso:	A pie fácil / Coche
Señalización de los accesos:	No
Acceso discapacitados:	No
Coordenadas:	35° 54' 41,089" N 05° 21' 23,963" W
Coordenadas UTM:	X: 287.349,00 Y: 3.976.687,00 H:30



Fig 3.6. Fotografía sobre el terreno playa de Calamocarro (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).

Nombre de playa:	Punta Blanca
Municipio:	Ceuta
Provincia:	Ceuta
Comunidad Autónoma:	Ceuta
Longitud:	200 metros
Anchura:	25 metros / Poca variación
Grado ocupación:	Alto
Grado urbanización:	Semiurbana
Paseo marítimo:	No
Fachada litoral:	Montaña
Descripción:	

Situada fuera del casco urbano de Ceuta, la carretera del norte que bordea el monte cubierto de pinos conduce a esta playa que ofrece una panorámica que aglutina las costas de dos continentes.

2. Tipo de playa

Composición:	Arena / Grava
Tipo arena:	Oscura
Condiciones baño:	Oleaje moderado
Zona fondeo:	No
Nudismo:	No

4. Hospital más cercano

Nombre hospital:	Hospital Universitario de Ceuta
Dirección:	Loma Colmenar, s/n
Teléfono:	956907000
Distancia aproximada a playa:	10 km.

3. Aspectos físicos y ambientales

Vegetación:	Si / detrás de la playa
Espacio protegido:	No
Actuaciones:	-
Bandera azul:	No

5. Accesos

Forma de acceso:	A pie fácil / Coche
Señalización de los accesos:	No
Acceso discapacitados:	No
Coordenadas:	35° 54' 54,832" N 05° 21' 47,866" W
Coordenadas UTM:	X: 286.764,00 Y: 3.977.123,00 H:30



Fig 3.7. Fotografía sobre el terreno playa de Punta Blanca (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).



Fig 3.8. Fotografía aérea playa de Punta Blanca (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).



Fig 3.9. Fotografía aérea playa de Punta Blanca (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).

3.3 Playas Ceuta Sur: desde El Taraja a El Chorrillo (de sur a norte):

Nombre de playa:	El Tarajal
Municipio:	Ceuta
Provincia:	Ceuta
Comunidad Autónoma:	Ceuta
Longitud:	150 metros
Anchura:	30 metros / Poca variación
Grado ocupación:	Bajo
Grado urbanización:	Urbana
Paseo marítimo:	No
Fachada litoral:	Urbana
Descripción:	

Playa colindante con la aduana de su mismo nombre, que separa España de Marruecos.

2. Tipo de playa

Composición:	Arena / Grava
Tipo arena:	Oscura
Condiciones baño:	Oleaje moderado
Zona fondo:	No
Nudismo:	No

4. Hospital más cercano

Nombre hospital:	Hospital Universitario de Ceuta
Dirección:	Loma Colmenar, s/n
Teléfono:	856907000
Distancia aproximada a playa:	0,5 km.

3. Aspectos físicos y ambientales

Vegetación:	No
Espacio protegido:	No
Actuaciones:	-
Bandera azul:	No

5. Accesos

Forma de acceso:	A pie fácil / Coche
Señalización de los accesos:	Si
Acceso discapacitados:	No
Coordenadas:	35º 52' 17,840" N 05º 20' 36,779" W
Coordenadas UTM:	X: 288.425,00 Y: 3.972.243,00 H:30



Fig 3.10. Fotografía sobre el terreno playa El Tarajal (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).

Nombre de playa:	El Chorrillo
Municipio:	Ceuta
Provincia:	Ceuta
Comunidad Autónoma:	Ceuta
Longitud:	850 metros
Anchura:	30 metros / Media variación
Grado ocupación:	Alto
Grado urbanización:	Urbana
Paseo marítimo:	Sí
Fachada litoral:	Urbana
Descripción:	

Se extiende dividida por escolleras en la vertiente meridional de la ciudad y linda con la zona monumental, con el foso y una de sus murallas. Cerca de la misma se pueden encontrar los célebres bonitos y "volaores" de Ceuta.

2. Tipo de playa

Composición:	Arena
Tipo arena:	Dorada
Condiciones baño:	Aguas tranquilas
Zona fondeo:	Sí
Nudismo:	No

4. Hospital más cercano

Nombre hospital:	Hospital Universitario de Ceuta
Dirección:	Loma Colmenar, s/n
Teléfono:	856907000
Distancia aproximada a playa:	3,1 km.

6. Seguridad

Señalización de peligro:	Sí / Banderas
Auxilio y salvamento:	Sí / Temporada estival. Medios humanos y materiales

3. Aspectos físicos y ambientales

Vegetación:	No
Espacio protegido:	No
Actuaciones:	-
Bandera azul:	Sí

5. Accesos

Forma de acceso:	A pie fácil / Coche / Barco
Señalización de los accesos:	Sí
Acceso discapacitados:	Sí
Coordenadas:	35º 53' 06,103" N 05º 19' 21,083" W
Coordenadas UTM:	X: 290.357,00 Y: 3.973.685,00 H:30

7. Transporte

Carretera más próxima:	N-352
Autobús:	Sí / Urbano
Aparcamiento:	Sí / No vigilado / Más de 100 plazas



Fig 3.11. Fotografía sobre el terreno de la playa El Chorrillo (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).



Fig 3.12. Fotografía aérea de un tramo de la playa El Chorrillo (fuente: página web de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica).

4. Caracterización del régimen de oleaje

Para caracterizar el oleaje, relacionado y asociado al emplazamiento de las obras en los puntos de contacto con la costa, hay que analizar en primer lugar las fuentes de obtención de datos.

Las tres principales fuentes de consulta de datos tenidas en cuenta en este estudio son:

1. Datos de oleajes históricos obtenidos, chequeados y analizados para su uso de la página web de Puertos del Estado (<http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>).

Las boyas consultables son básicamente:

- Red de Boyas Costeras de Puertos del Estado (antigua red REMRO). Se puede consultar la naturaleza de estas boyas en el apéndice 3.
 - Puntos SIMAR, con datos obtenidos a partir de modelos numéricos basados en series temporales de viento y oleaje desde 1958, perfectamente válidos para caracterizar la naturaleza del oleaje en el entorno de su ubicación (incluye los puntos WANA).
 - Red de Boyas Exteriores. El conjunto de datos REDEXT está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas de Aguas Profundas (Red Exterior). Esta red unifica, amplía y actualiza las antiguas redes RAYO y EMOD
2. Datos de oleaje contenidos en el módulo ODIN del programa informático Sistema de Modelado Costero (SMC) del GIOC, que utiliza una base de datos formada por visualizaciones realizadas desde 1970 hasta 1994 a lo largo de la costa española, y que permite focalizar los datos para un punto y una profundidad objetivo determinada.
 3. Datos obtenidos de la ROM 03-91, en donde define diferentes cuadros descriptivos de regímenes medios y extremales del oleaje en diferentes áreas del litoral español en función de diversos criterios, si bien no están actualizados estos datos desde el año de su publicación en 1992.

4.1. Régimen Medio del Oleaje:

Se entiende por régimen medio la probabilidad de que un determinado valor de algún parámetro de estado de mar no sea superado en la serie temporal media del lugar donde se está llevando a cabo el estudio. De manera más simple, se puede definir un régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que más probablemente nos podemos encontrar.

El objetivo principal de este análisis es reproducir las condiciones más frecuentes o reinantes del oleaje en el año climático medio, para lo cual se ajustan los datos de H_s (altura de ola significativa) y T_p (periodo de pico) a una serie de funciones de distribución a fin de encontrar la que mejor represente su comportamiento.

Se analiza el Régimen Medio del Oleaje en los diferentes emplazamientos cercanos a la costa antes detallados.

4.1.1 Playas de El Burgo – La Hacienda (La Línea, Europa):

4.1.1.1 Régimen Medio del punto SIMAR 6072028:

Se adjunta un esquema en donde se identifica el emplazamiento de estas playas y las boyas o puntos SIMAR más cercanos (Fig. 4.1):

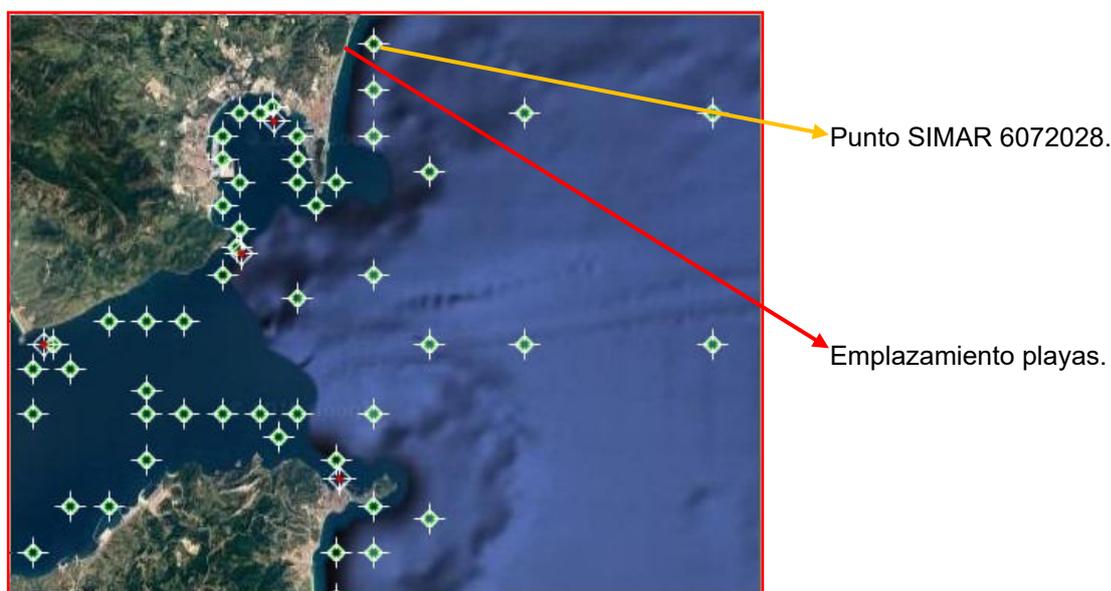


Fig. 4.1. Emplazamiento de punto SIMAR respecto zona aterraje. Peninsular.

La ubicación principal de este punto es:

Tabla 4.1. Datos principales de ubicación del punto SIMAR 6072028

Longitud:	5.30° W
Latitud:	36.22° N
Cadencia:	1 h
Código:	6072028
Inicio de medidas:	13-12-2005

Los datos de Rosa de Vientos y estadísticos básicos de la altura de ola significativa (H_s) y periodo de pico (T_p) asociados a este punto SIMAR son (Fig. 4.2 y Fig 4.3):

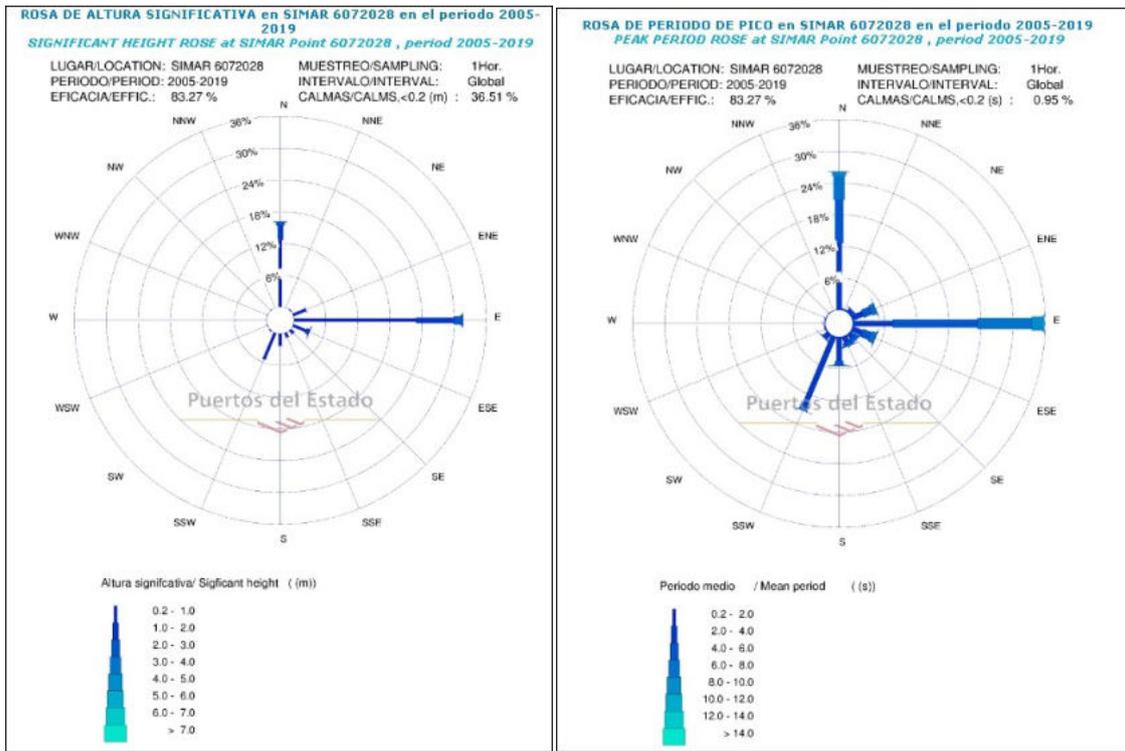


Fig. 4.2 y Fig. 4.3. Rosas de alturas de olas significativas y periodo de pico del régimen medio, punto SIMAR 6072028. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

Como se puede observar, los oleajes reinantes y dominantes son de procedencia del sector Este (levante).

La tabla que presenta la altura de ola significativa (H_s) con el periodo de pico asociado es (Tabla. 4.2):
Tabla 4.2. Ocurrencia de altura de ola significativa y periodo de pico asociado. Punto SIMAR 6072028.
 Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

		Tabla H_s vs T_p / H_s vs T_p Table SIMAR 6072028											
EFICACIA: 83.22% AÑO/YEAR: 2005-2019		Tp (s)											
		<=1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	>10.0	TOTAL
Hs (m)	<=0.5	---	0.417	19.419	23.823	9.332	7.548	3.700	1.541	0.774	0.381	0.262	67.196
	1.0	---	---	0.173	3.868	5.253	5.375	3.670	0.944	0.165	0.103	0.065	19.616
	1.5	---	---	---	0.039	0.753	2.480	2.726	1.312	0.247	0.050	0.024	7.631
	2.0	---	---	---	---	0.007	0.304	1.304	0.959	0.299	0.032	0.010	2.916
	2.5	---	---	---	---	---	0.006	0.259	0.596	0.376	0.079	---	1.318
	3.0	---	---	---	---	---	---	0.017	0.217	0.247	0.102	0.005	0.587
	3.5	---	---	---	---	---	---	0.006	0.044	0.156	0.144	0.016	0.367
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	0.011	0.031	0.104	0.048	0.194
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	0.004	0.009	0.039	0.057	0.109
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	0.002	0.004	0.006	0.044	0.055
> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.006	---	0.004	0.011	
TOTAL		---	0.417	19.592	27.730	15.346	15.714	11.682	5.632	2.313	1.040	0.535	100%

La manera más habitual de presentar la información del régimen medio de la altura de ola es a través de la función de distribución (o probabilidades acumuladas de no excedencia) de la altura de ola

significante. Generalmente esta función suele ser ajustada a una distribución triparamétrica de Weibull, cuya expresión es:

$$F(H) = P(H \leq H_s) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{H - B}{A}\right)^C\right)$$

Los parámetros obtenidos en este caso en su ajuste son $A = 0.66$, $B = -0.22$ y $C = 1.03$

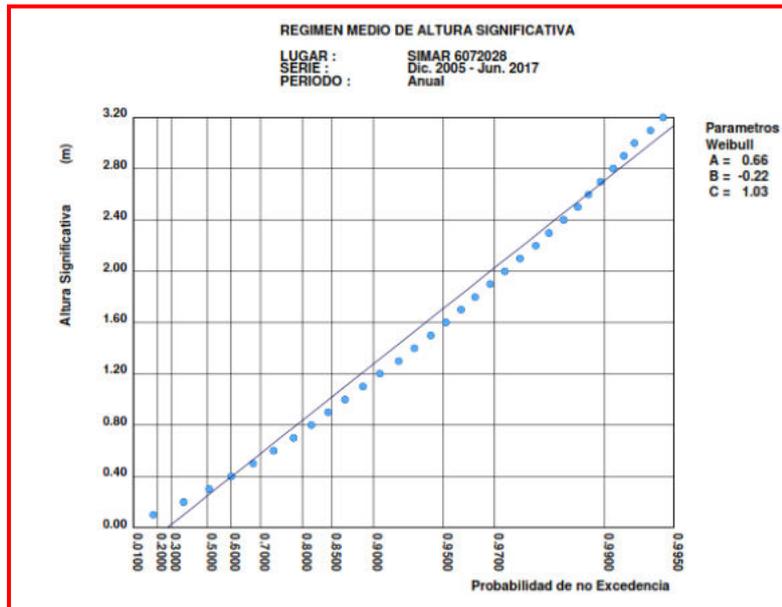


Fig. 4.4. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

Además, se aporta el régimen medio escalar y direccional para sectores cada 22,50° en el periodo de tiempo comprendido entre Diciembre de 2005 y Junio de 2017, considerado suficientemente amplio y representativo, y con una calidad de los datos de oleaje que permiten esta representación:

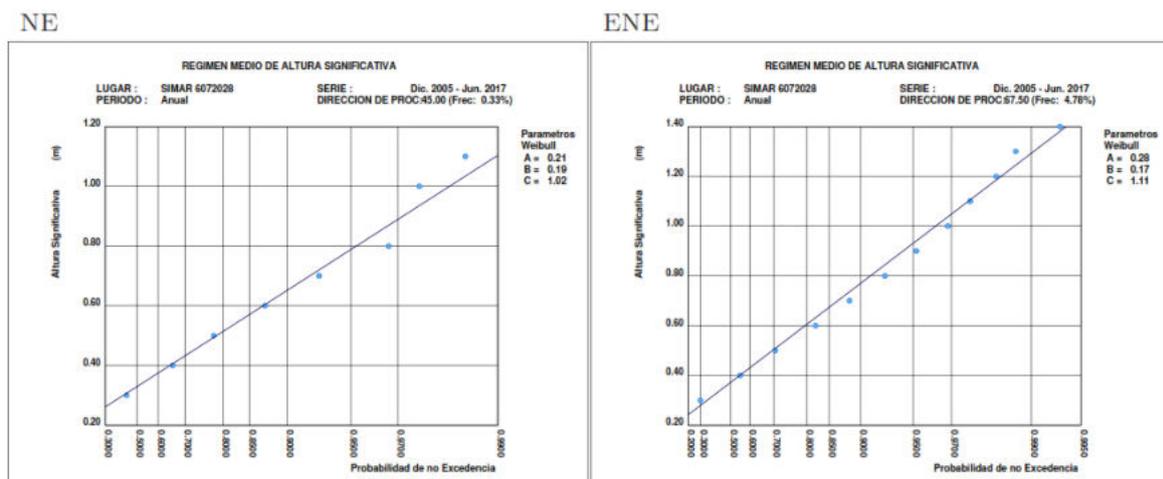
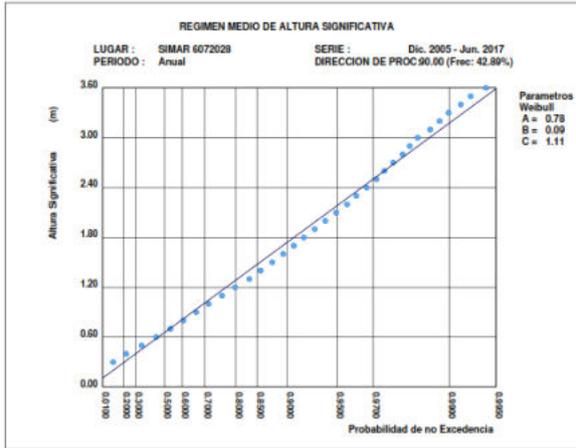


Fig. 4.5 y Fig. 4.6. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores NE y ENE. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

E



ESE

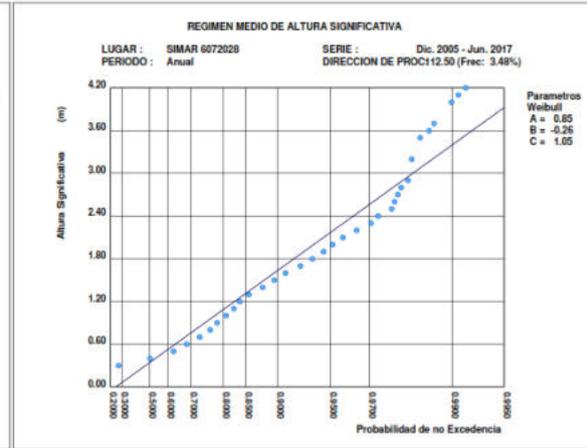
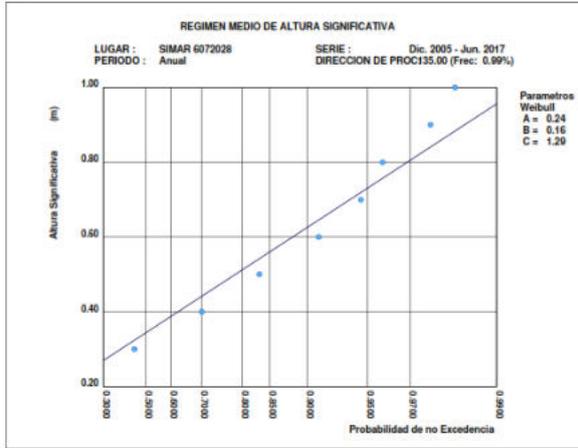


Fig. 4.7 y Fig. 4.8. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores E y ESE. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

SE



SSE

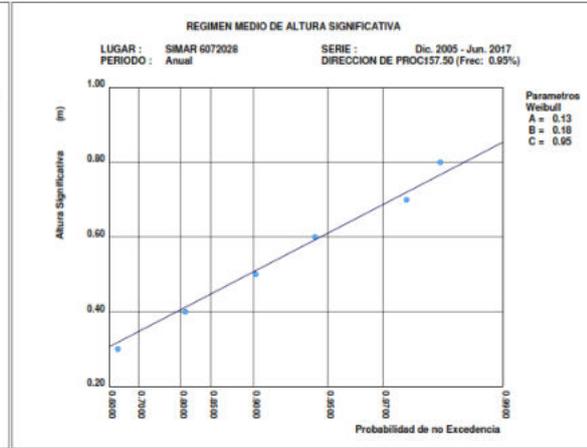
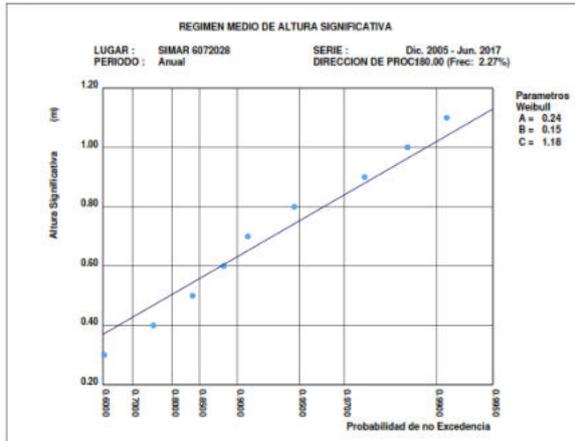


Fig. 4.9 y Fig. 4.10. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores SE y SSE. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

S



SSW

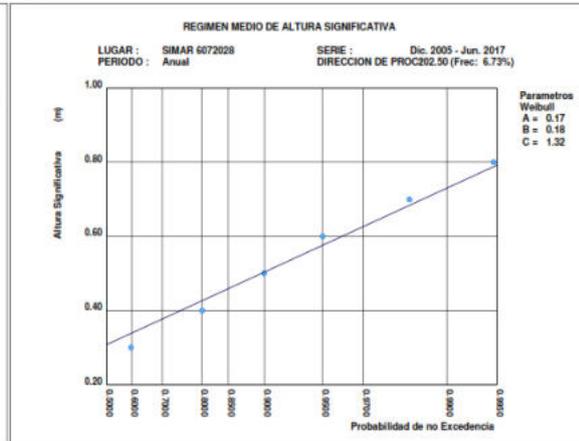


Fig. 4.11 y Fig. 4.12. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores S y SSW. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

En la siguiente tabla se exponen los parámetros de la distribución triparamétrica de Weibull de las direcciones de interés (NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW). Además, se representa el valor correspondiente a la probabilidad de no excedencia correspondiente a 0,99 y 0,999, para, según el método descrito en la ROM 03.91, representar el régimen extremal escalar direccional a partir del régimen medio:

Tabla 4.3. Parámetro de los ajustes a funciones Weibull y valores de no excedencia de H.

Dirección	A	B	C	H _s (F=0,99)	H _s (F=0,999)
NE	0,21	0,19	1,02	1,12 m	1,58 m
ENE	0,28	0,17	1,11	1,27 m	1,76 m
E	0,78	0,09	1,11	3,17 m	4,53 m
ESE	0,85	-0,26	1,05	3,37 m	5,09 m
SE	0,24	0,16	1,29	0,94 m	1,23 m
SSE	0,13	0,18	0,95	0,82 m	1,17 m
S	0,25	0,15	1,18	1,06 m	1,43 m
SSW	0,17	0,18	1,32	0,72 m	0,91 m

4.1.1.2 Régimen Medio obtenido a través de boyas de la red REDCOS:

Las boyas más cercanas al punto de estudio en este caso serían las de Ceuta y la de Punta Carnero, pero no se consideran realmente representativas del oleaje incidente en la zona de las playas El Burgo y La Hacienda. Principalmente por que no coinciden, en el caso de la boya de Ceuta, los sectores incidentes de esta boya con los de estas playas, y en el caso de la boya de Punta Carnero, porque la afección de los oleajes del Atlántico sobre esta boya sí es significativa, pero no existe para las playas del Mediterráneo.

Podría plantearse tomar el régimen medio de la boya REDCOS del Puerto de Málaga, que tiene una coincidencia en sectores incidentes del oleaje muy parecida, pero en este caso, los oleajes de levante son menores a los que inciden sobre las playas de El Burgo y La Hacienda, al tener un fetch de desarrollo de estos oleajes de una distancia superior en casi 60 millas náuticas. Además, en la boya de Málaga se recogen oleajes de sectores sur-oeste que no se producen en estas playas.

Por tanto, no es posible tomar datos representativos de boyas de la REDCOS para representar el régimen medio de estas playas.



- (1) → Emplazamiento de las playas.
- (2) → Boya REDCOS Ceuta.
- (3) → Boya REDCOS Punta Carnero.
- (4) → Boya REDCOS Puerto de Málaga.

Fig. 4.13. Representación de diferentes boyas REDCOS respecto al emplazamiento de la zona de aterraje. Captura de visor de la web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

Podrían tomarse datos de estas boyas tras una previa justificación de algunas consideraciones, pero existiendo otras fuentes de datos más reales, se estima mejor no hacerlo.

4.1.1.3 Régimen Medio obtenido de datos de la ROM 03-91

Por los mismos motivos antes comentados, podrían tomarse datos del Área V de la ROM 03-90, de las boyas de Ceuta y Málaga, pero se desestiman por los mismos motivos antes comentados, puesto que son las mismas boyas las que utiliza como referencia, y además en un periodo de tiempo con datos no actualizados desde la publicación de este documento.

4.1.1.4 Régimen medio obtenido del módulo ODIN del SMC

El Módulo ODIN del SMC proporciona un análisis detallado del régimen Medio del Oleaje en el entorno de las playas de El Burgo y La Hacienda:

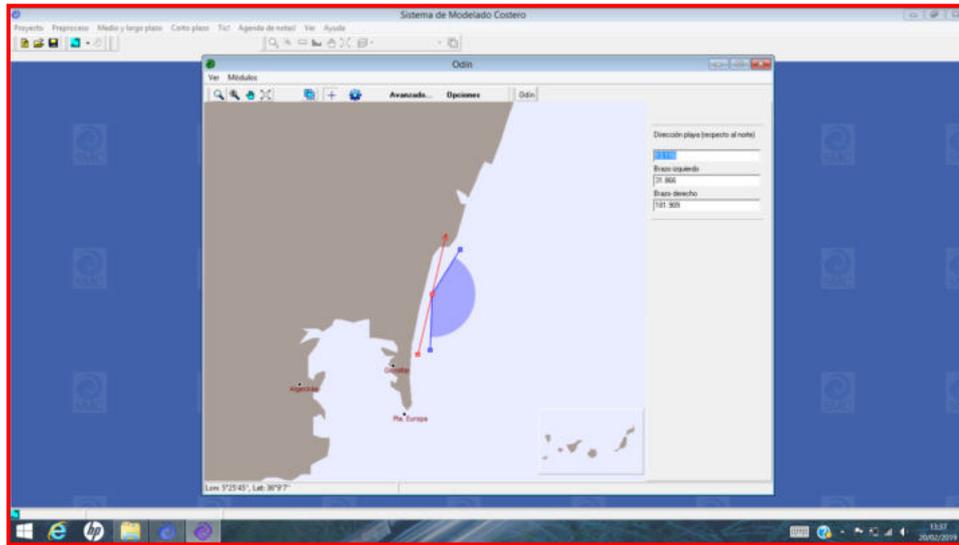


Fig. 4.14. Captura de pantalla del programa SMC, aplicado a la zona de aterraje para estimación de los sectores incidentes.

La Rosa de oleaje representativa sería:

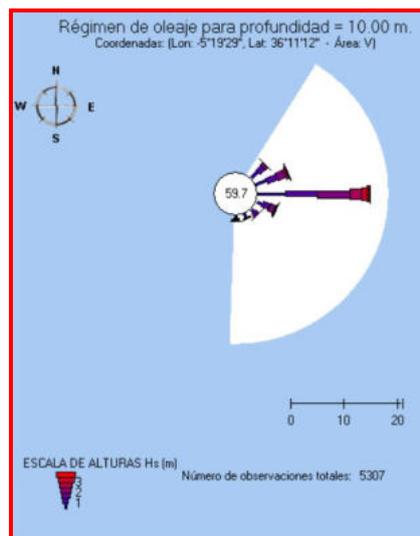


Fig. 4.15. Captura de pantalla del programa SMC, Rosa de oleaje de sectores incidentes.

El SMC no permite obtener datos de oleaje de las playas de Ceuta, y además, y como en el caso anterior, son datos de oleaje que no han sido actualizados desde la última versión SMC 2.5, hace prácticamente ya más de 10 años, por lo que no se estima como referencia válida fuente de datos.

4.1.2 Playas Ceuta Sur:

Se adjunta un esquema en la figura 4.16 donde se identifica el emplazamiento de esta playa y las boyas o puntos SIMAR más cercanos:

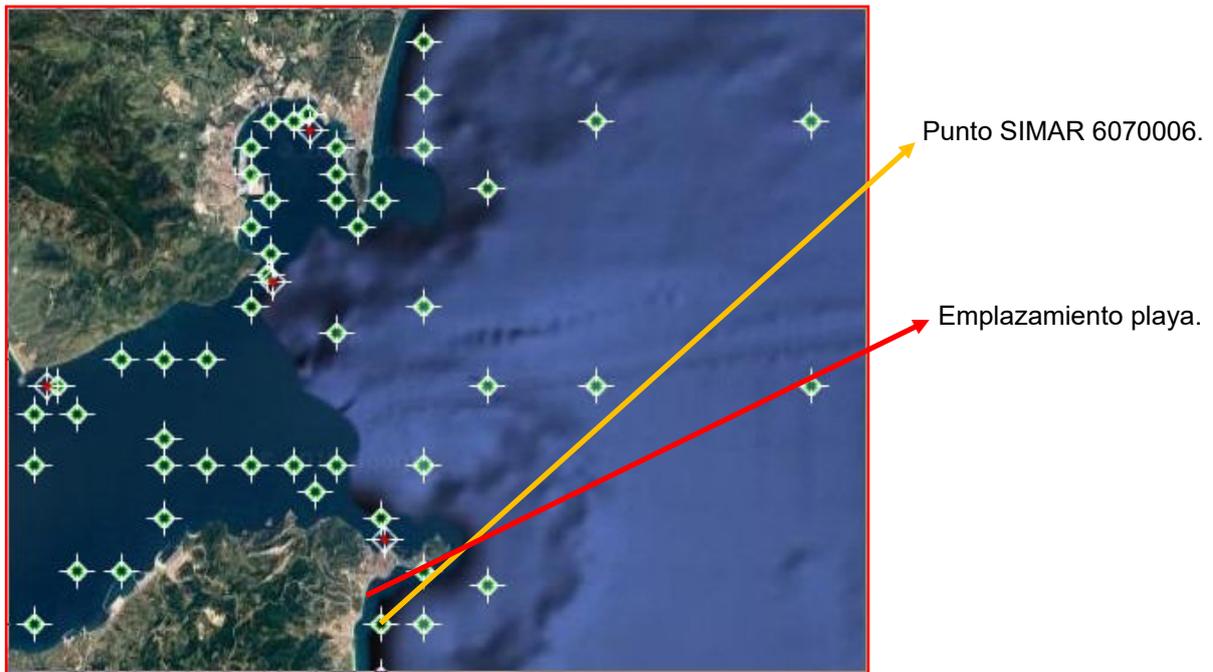


Fig. 4.16. Representación de diferentes boyas REDCOS respecto al emplazamiento de la zona de aterraje. Captura de visor de la web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

4.1.2.1 Régimen Medio del punto SIMAR 6070006:

La ubicación principal de este punto es:

Tabla 4.4. Datos principales de ubicación del punto SIMAR 6070006

Longitud:	5.33° W
Latitud:	35.85° N
Cadencia:	1 h
Código:	6070006
Inicio de medidas:	13-12-2005

Los datos de Rosa de Vientos y estadísticos básicos de la altura de ola significativa (H_s) y periodo de pico (T_p) asociados a este punto SIMAR son:

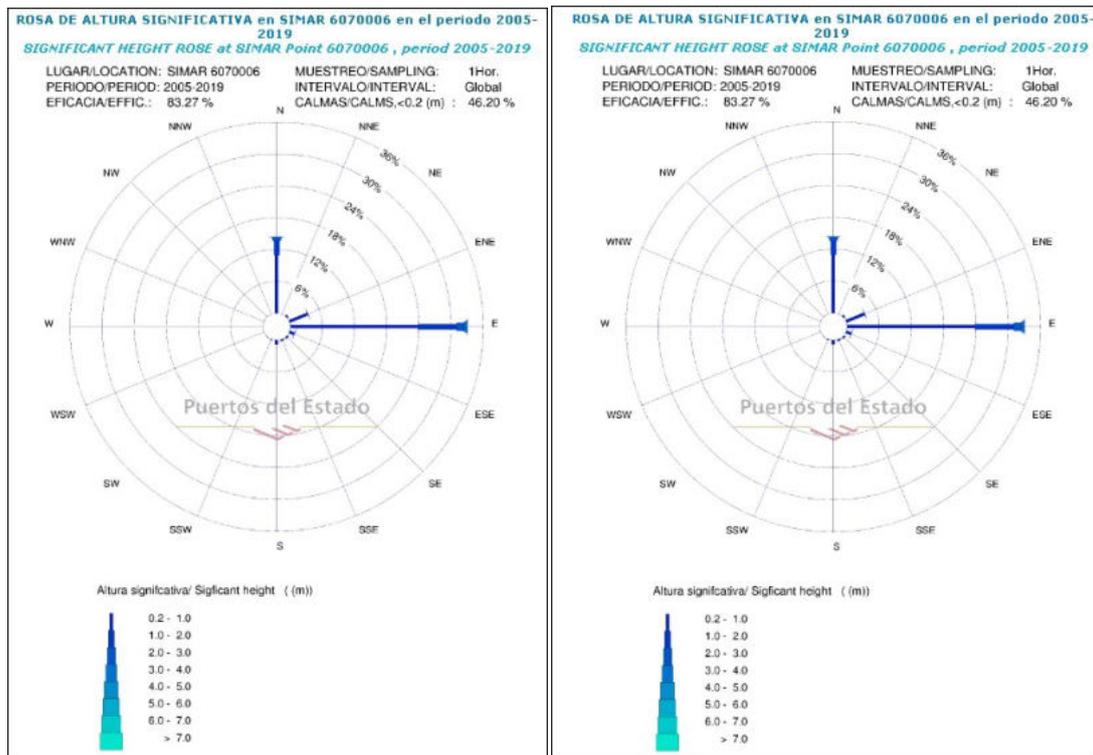


Fig. 4.17 y Fig. 4.18. Rosa de alturas de olas significantes y periodo de pico del régimen medio, punto SIMAR 6070006. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

Como se puede observar, los oleajes reinantes y dominantes son de procedencia del sector Este (levante).

La tabla 4.5 presenta la altura de ola significante (H_s) con el periodo de pico asociado:

Tabla 4.5. Ocurrencia de altura de ola significante y periodo de pico asociado. Punto SIMAR 6070006. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

Tabla H_s vs T_p / H_s vs T_p Table SIMAR 6070006													
EFICACIA: 83.22% AÑO/YEAR: 2005-2019		T_p (s)											
		≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	TOTAL
H_s (m)	≤ 0.5	0.432	1.259	10.557	16.581	14.320	11.883	6.085	2.905	1.661	0.937	0.878	67.499
	1.0	---	---	0.106	2.372	5.154	5.889	4.061	0.924	0.170	0.096	0.076	18.847
	1.5	---	---	---	0.007	0.598	2.540	2.834	1.264	0.277	0.059	0.024	7.603
	2.0	---	---	---	---	0.012	0.364	1.501	0.908	0.311	0.044	0.005	3.145
	2.5	---	---	---	---	---	0.011	0.404	0.618	0.347	0.110	0.004	1.493
	3.0	---	---	---	---	---	---	0.027	0.271	0.267	0.104	0.016	0.685
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	0.074	0.171	0.107	0.026	0.377
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	0.006	0.039	0.097	0.061	0.203
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	0.007	0.028	0.078	0.113
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.003	0.022	0.026
> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.006	0.002	0.009
TOTAL	0.432	1.259	10.663	18.960	20.084	20.687	14.912	6.971	3.251	1.589	1.191	100%	

Al igual que en el caso anterior, se ajusta el régimen medio de altura de ola según una distribución triparamétrica de Weibull, cuya expresión es:

$$F(H) = P(H \leq H_s) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{H - B}{A}\right)^C\right)$$

Los parámetros obtenidos en este caso en su ajuste son $A = 1.01$, $B = -0.55$ y $C = 1.31$

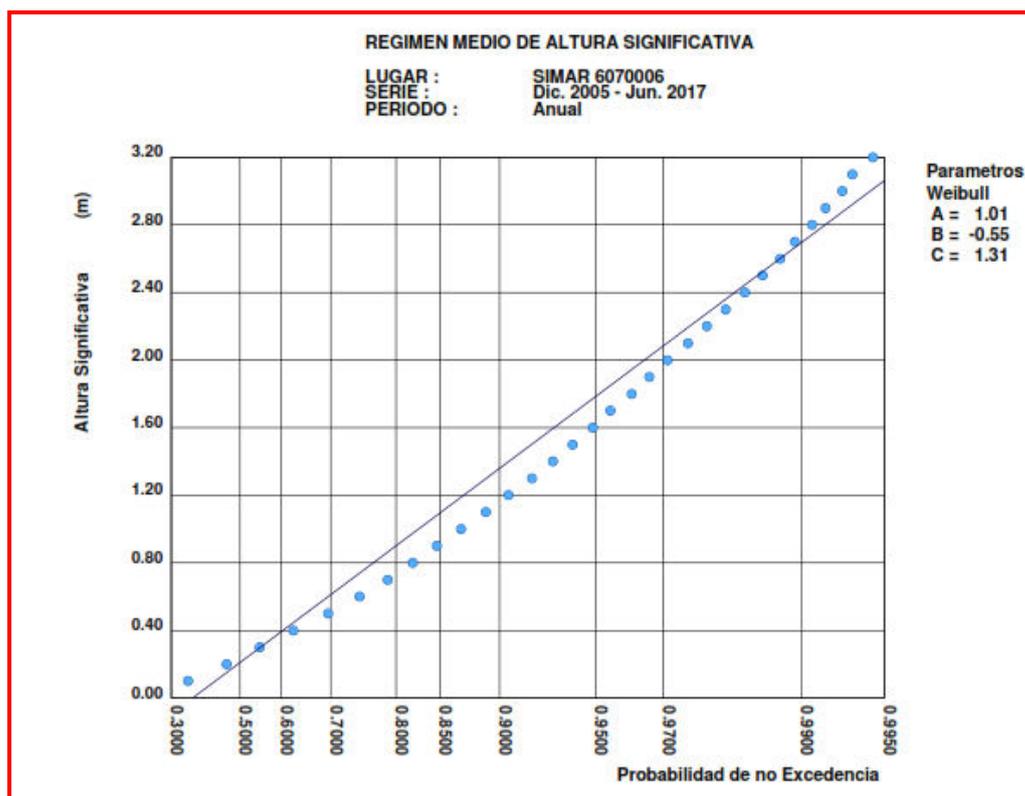
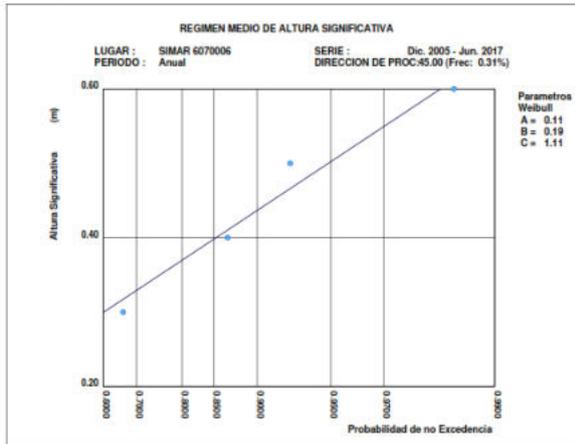


Fig. 4.19. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

Además, se aporta el régimen medio escalar y direccional para sectores cada $22,50^\circ$ en el periodo de tiempo comprendido entre Diciembre de 2005 y Junio de 2017, considerado suficientemente amplio y representativo:

NE



ENE

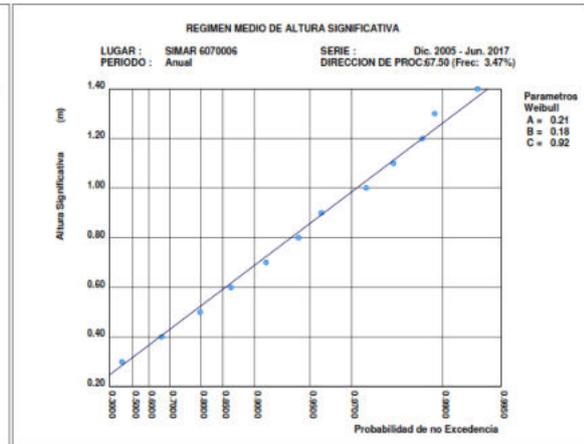
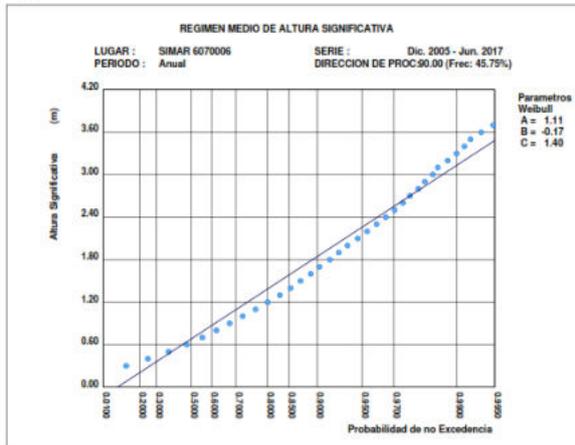


Fig. 4.20 y Fig. 4.21. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores NE y ENE. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

E



ESE

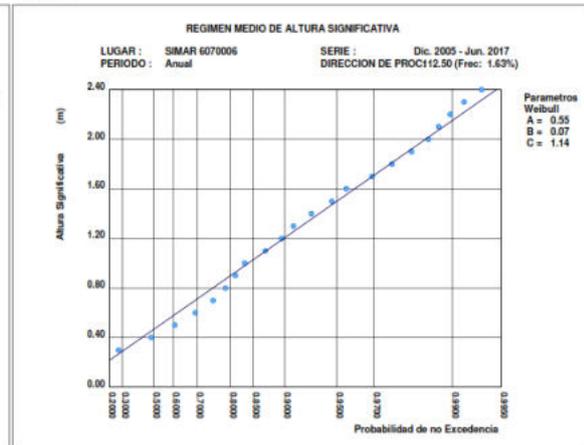
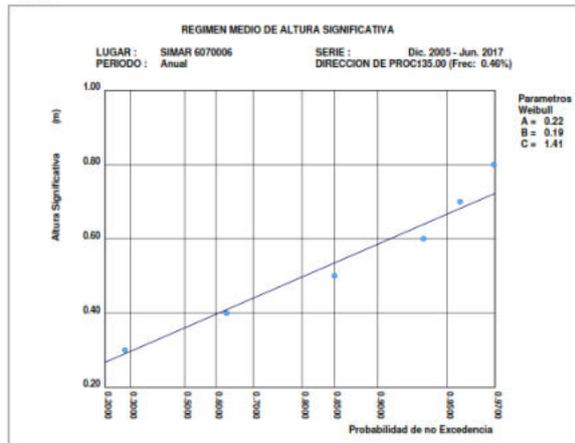


Fig. 4.22 y Fig. 4.23. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores E y ESE. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

SE



SSE

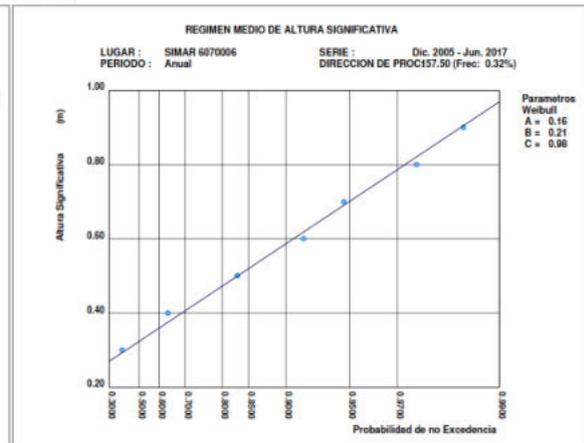


Fig. 4.24 y Fig. 4.25. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores SE y SSE. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

En la tabla 4.6. se exponen los parámetros de la distribución triparamétrica de Weibull de las direcciones de interés (NE, ENE, E, ESE, SE, SSE). Además, se representa el valor correspondiente a la probabilidad de no excedencia correspondiente a 0,99 y 0,999, para, según el método descrito en la ROM 03.91, representar el régimen extremal escalar direccional a partir del régimen medio:

Tabla 4.6. Parámetro de los ajustes a funciones Weibull y valores de no excedencia de H.

Dirección	A	B	C	H _s (F=0,99)	H _s (F=0,999)
NE	0,11	0,19	1,12	0,62 m	0,80 m
ENE	0,21	0,18	0,92	1,28 m	1,89 m
E	1,11	-0,17	1,40	3,13 m	4,24 m
ESE	0,55	-0,07	1,14	2,02 m	2,92 m
SE	0,22	0,19	1,21	0,96 m	1,27 m
SSE	0,16	0,21	0,98	0,97 m	1,35 m

4.1.2.2 Régimen Medio obtenido a través de boyas de la red REDCOS:

La boya más cercana al punto de estudio en este caso sería la de Ceuta Norte, pero hay que tener en cuenta que esta boya recoge oleajes tanto de levante (este) como de norte existentes, y en las playa del Tarajal no inciden oleajes del sector norte, ya que está a resguardo de los mismos por el istmo en donde se emplaza la propia ciudad de Ceuta.



- (1) → Emplazamiento de la playa El Tarajal.
- (2) → Boya REDCOS Ceuta.
- (3) → Punto SIMAR 6070006.

Fig. 4.26. Representación de diferentes boyas respecto al emplazamiento de la zona de aterraje. Captura de visor de la web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>.

Podrían tomarse datos parciales de algunos de los sectores de esta boya, realizando algunas series de comprobaciones previas para poder justificar su validez. Pero al existir otras fuentes de datos con posibilidad de uso de los mismos de series completas de manera directa, se estima que esta fuente de dato no es la óptima.

4.1.2.3 Régimen Medio obtenido de datos de la ROM 03-91

Por los mismos motivos antes comentados, de la ROM 03-91 podrían tomarse datos del Área V, de los datos de las boyas de Ceuta y Málaga, pero se desestiman por las consideraciones antes comentadas.

4.1.2.4 Régimen medio obtenido del módulo ODIN del SMC

No es posible la obtención de un régimen de oleaje mediante el módulo ODIN del SMC puesto que no recoge Ceuta en dicho programa.

4.1.3 Playas Ceuta Norte:

Se adjunta un esquema en la figura 4.27, donde se identifica el emplazamiento de estas playas y las boyas o puntos SIMAR más cercanos:

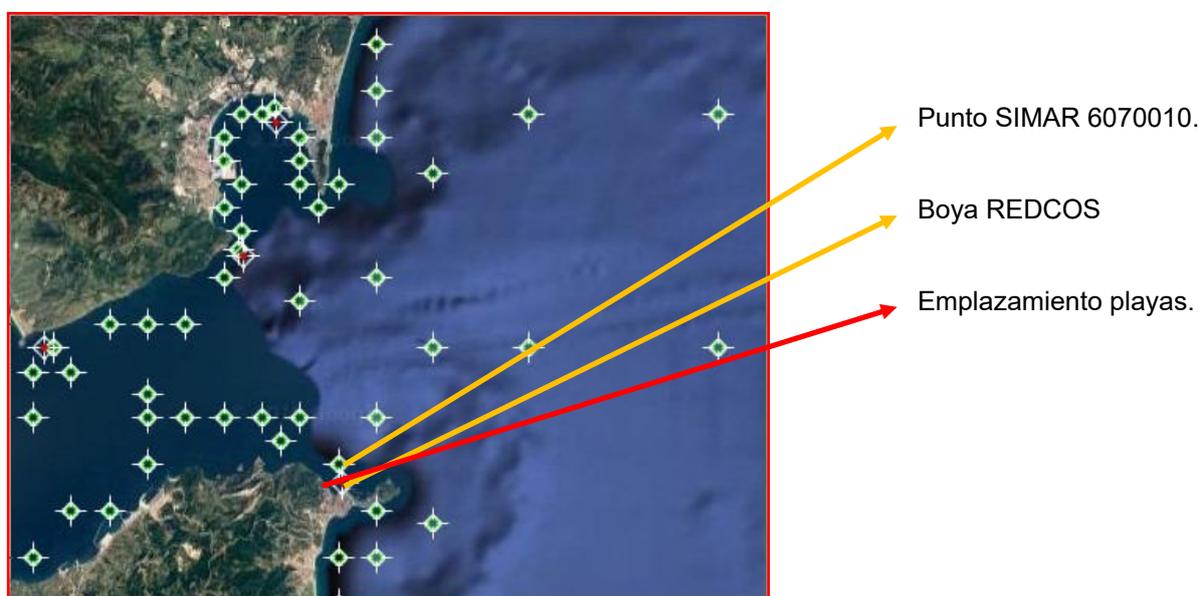


Fig. 4.27. Representación de diferentes boyas respecto al emplazamiento de la zona de aterraje. Captura de visor de la web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>.

4.1.3.1 Régimen Medio del punto SIMAR 6070010:

La ubicación principal de este punto, datos de Rosa de Vientos y estadísticos básicos de la altura de ola significativa (H_s) y periodo de pico (T_p) asociados a este punto SIMAR son:

Tabla 4.7. Datos principales de ubicación del punto SIMAR 6070010

Longitud:	5.33° W
Latitud:	35.92° N
Cadencia:	1 h
Código:	6070010
Inicio de medidas:	13-12-2005
Fin de medidas:	20-02-2019

Las rosas de oleajes de las alturas de olas significativas y los periodos de picos serían:

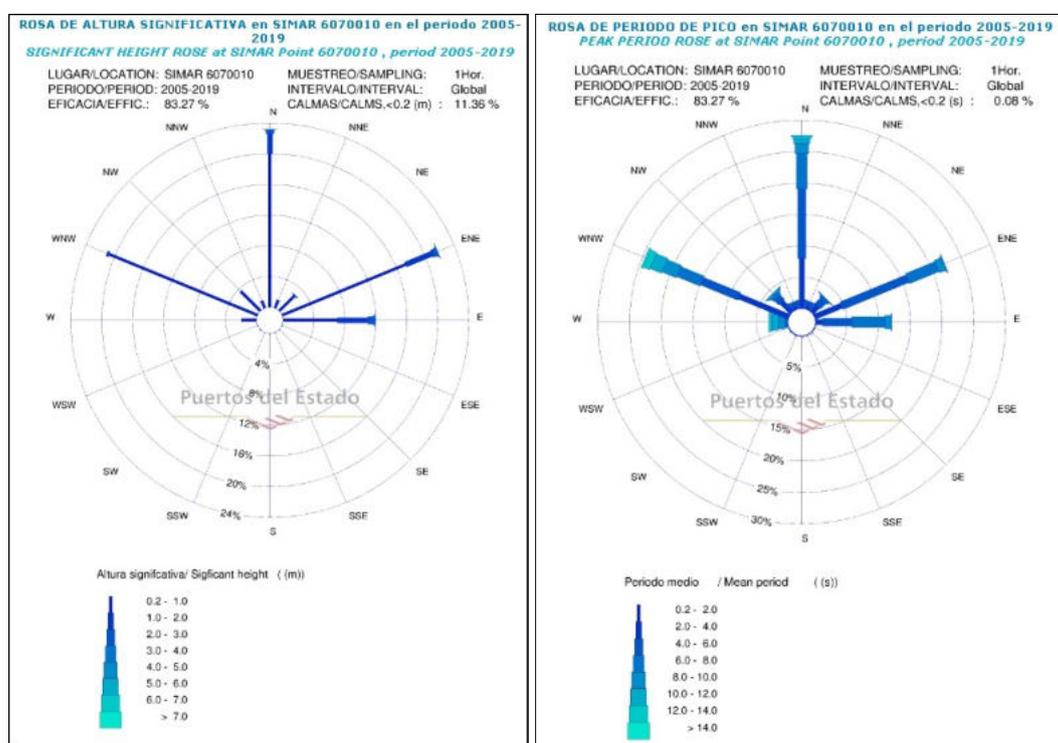


Fig. 4.28 y Fig. 4.29. Rosa de alturas de olas significativas y periodo de pico del régimen medio, punto SIMAR 6070010. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

Como se puede observar, los oleajes reinantes y dominantes son de procedencia Norte, si bien existen una presencia importante de oleajes del sector ONO y ENE. En la tabla 4.8 se presenta la altura de ola significativa (H_s) con el periodo de pico asociado:

Tabla 4.8. Ocurrencia de altura de ola significativa y periodo de pico asociado. Punto SIMAR 60720010. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

EFICACIA: 83.22% AÑO/YEAR: 2005-2019		Tp (s)											TOTAL
		<=1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	>10.0	
Hs (m)	<=0.5	---	0.031	4.231	19.910	11.771	8.173	4.822	2.730	2.131	2.210	5.792	61.802
	1.0	---	---	0.220	2.760	6.357	7.282	4.871	1.502	0.668	0.399	1.185	25.243
	1.5	---	---	---	0.015	0.510	2.222	2.972	1.533	0.343	0.080	0.087	7.762
	2.0	---	---	---	---	0.008	0.155	1.177	1.069	0.377	0.072	0.020	2.878
	2.5	---	---	---	---	---	0.007	0.151	0.494	0.369	0.118	---	1.141
	3.0	---	---	---	---	---	---	0.016	0.146	0.267	0.149	0.010	0.588
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	0.028	0.092	0.140	0.027	0.287
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	0.006	0.015	0.061	0.054	0.136
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	0.004	0.006	0.022	0.080	0.113
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	0.002	---	0.003	0.037	0.042
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.005	0.003	0.008
	TOTAL	---	0.031	4.452	22.684	18.647	17.839	14.008	7.515	4.270	3.259	7.295	100%

Al igual que en en los casos anteriores, se ajusta el régimen medio de altura de ola según una distribución triparamétrica de Weibull, cuya expresión es:

$$F(H) = P(H \leq H_s) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{H - B}{A}\right)^C\right)$$

Los parámetros obtenidos en este caso para su ajuste son A = 0.61 B = -0.10 y C = 1.02

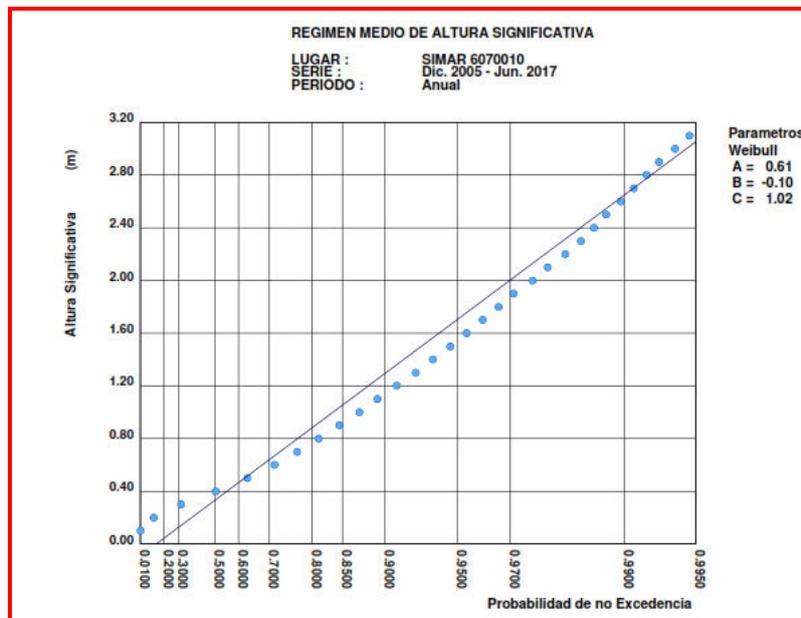


Fig. 4.30. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es>

Además, se aporta el régimen medio escalar y direccional para sectores cada 22,50° en el periodo de tiempo comprendido entre Diciembre de 2005 y Junio de 2017, como en casos anteriores:

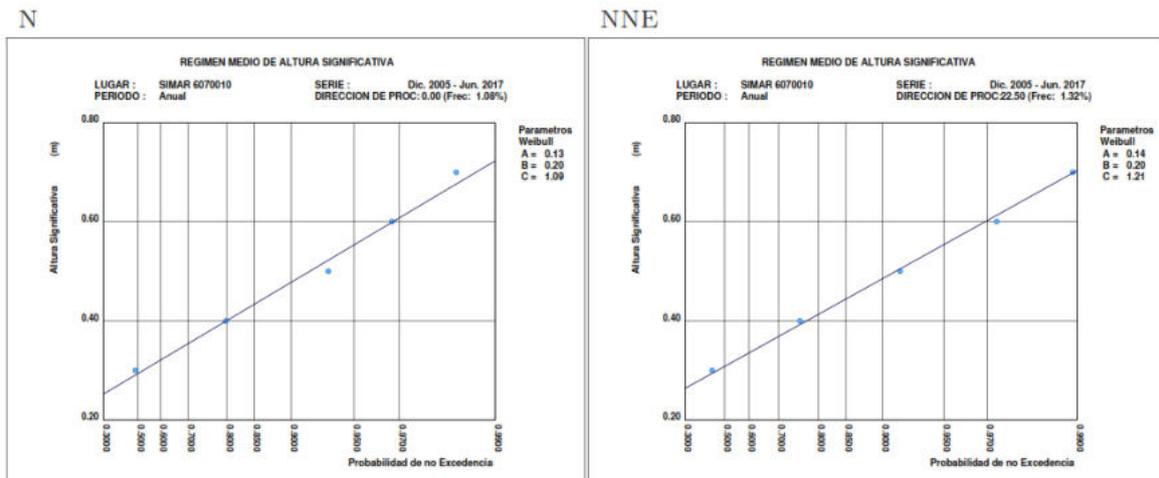


Fig. 4.31 y Fig. 4.32. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores N y NNE. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

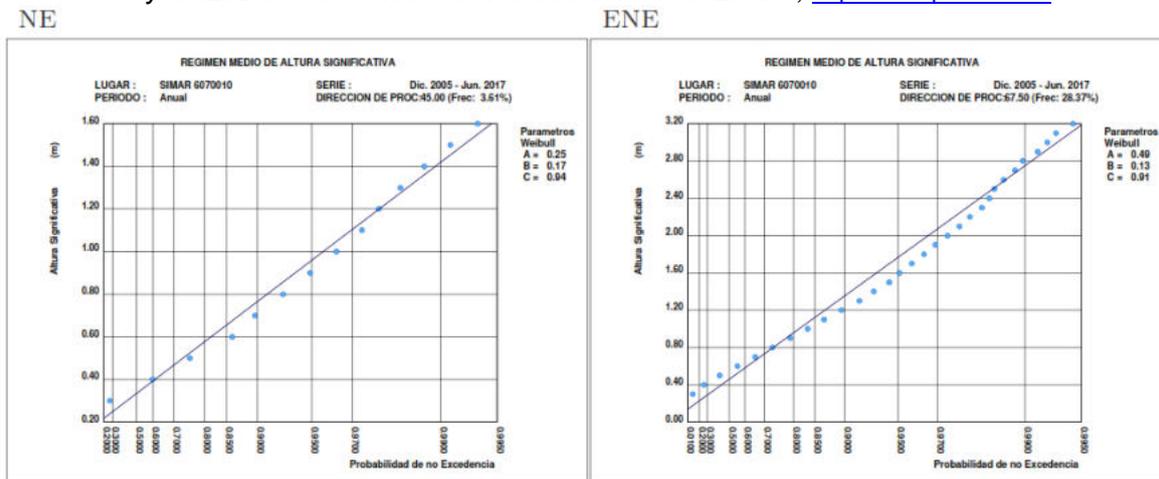


Fig. 4.33 y Fig. 4.34. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores NE y ENE. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

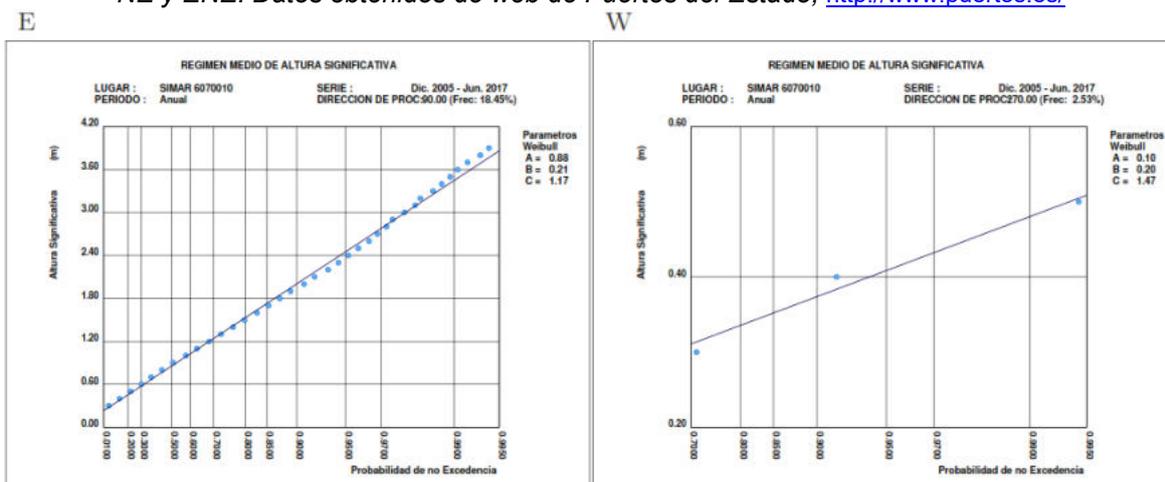
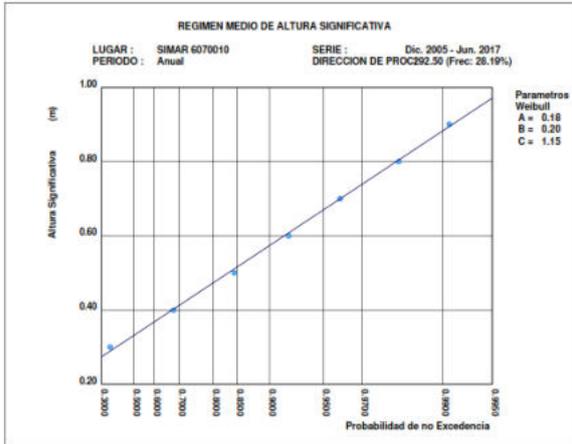


Fig. 4.33 y Fig. 4.34. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores E y W. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

WNW



NW

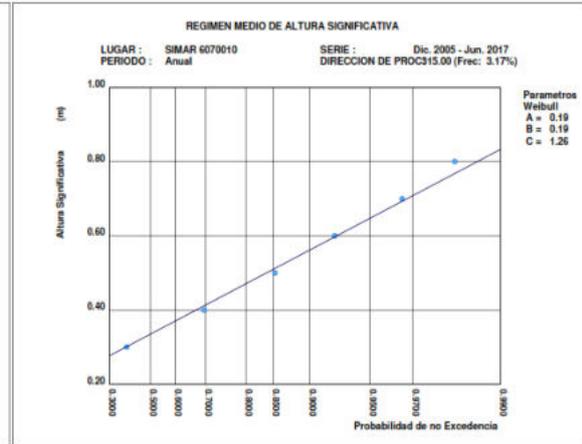


Fig. 4.35 y Fig. 4.36. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sectores WNW y NW. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

NNW

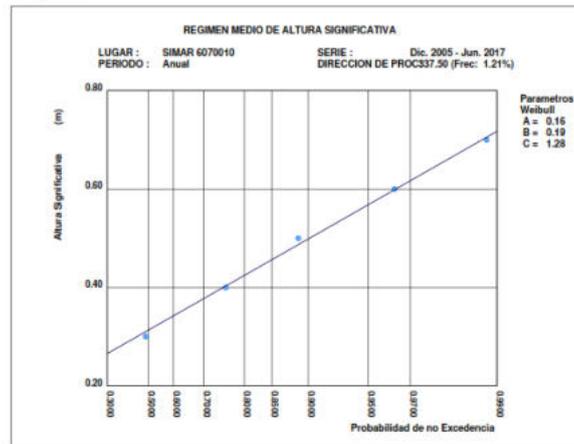


Fig. 4.37. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio del punto SIMAR, sector NNW. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

En la siguiente tabla se exponen los parámetros de la distribución triparamétrica de Weibull de las direcciones de interés (W, WNW, NW, NNW, N, NNE, NE, ENE, E). Además, se representa el valor correspondiente a la probabilidad de no excedencia correspondiente a 0,99 y 0,999, para, según el método descrito en la ROM 03.91, representar el régimen extremal escalar direccional a partir del régimen medio:

Tabla 4.9. Parámetro de los ajustes a funciones Weibull y valores de no excedencia de H

Dirección	A	B	C	H _s (F=0,99)	H _s (F=0,999)
W	0,10	0,20	1,47	0,48 m	0,57 m
WNW	0,18	0,20	1,15	0,87 m	1,16 m
NW	0,19	0,19	1,26	0,82 m	1,07 m
NNW	0,16	0,19	1,28	0,71 m	0,91 m
N	0,13	0,20	1,09	0,72 m	0,96 m
NNE	0,14	0,20	1,21	0,69 m	0,89 m
NE	0,25	0,17	0,94	1,43 m	2,12 m
ENE	0,49	0,13	0,91	2,75 m	4,22 m
E	0,88	0,21	1,17	3,45 m	4,80 m

4.1.3.2 Régimen Medio obtenido a través de boyas de la red REDCOS:

Las boyas más cercanas al punto de estudio en este caso sería la de Ceuta Norte, si bien esta está más resguardada de los oleajes de levante y poniente puros al emplazarse más hacia el interior del istmo en donde se emplaza la ciudad de Ceuta respecto al punto SIMAR.



- (1) → Emplazamiento de la playa
- (2) → Boya REDCOS Ceuta.
- (3) → Punto SIMAR 6070010.

Fig. 4.38. Representación de diferentes boyas respecto al emplazamiento de la zona de aterraje.
Captura de visor de la web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

Por tanto, en este caso, sí procede evaluar los datos procedentes de esta boya, ya que sí son representativos los datos de la boya del tramo de costa en estudio.

Las características de su ubicación e información general y los datos de Rosa de Vientos y estadísticos básicos de la altura de ola significativa (H_s) y periodo de pico (T_p) asociados a boya son:

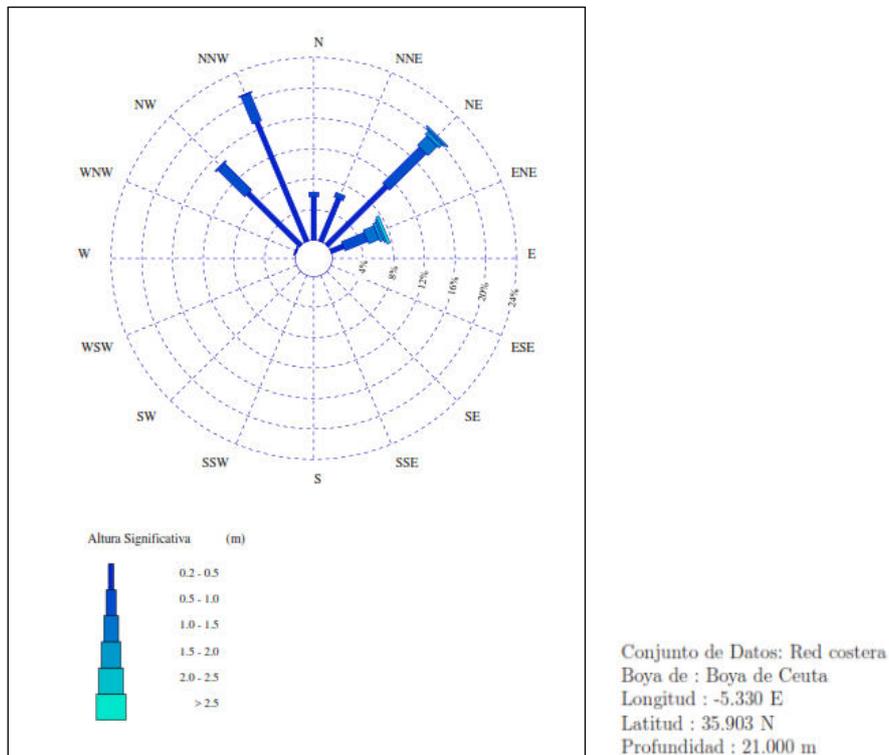


Fig. 4.39. Rosa de oleaje de alturas de ola significativa obtenida de la Boya de Ceuta de la REDCOST y datos de ubicación de la boya. Fuente: <http://www.puertos.es/es-es>.

Como se puede observar, los oleajes reinantes y dominantes son de procedencia NNW, si bien existe una presencia importante de oleajes del sector ENE. Esta diferencia entre esta boya de Ceuta de la REDCOST y el punto SIMAR anterior, estando tan cercanos, da idea de la influencia en esta zona de accidentes geográficos como el istmo de Ceuta, la proximidad del punto SIMAR o de la boya estudiada al tramo de costa de estudio, y en relación a este asunto, la exposición a los oleajes de fetch largo tanto procedentes del Mediterráneo (levante) como del Atlántico (poniente).

La tabla 4.10 presenta la altura de ola significativa (H_s) con el periodo de pico asociado es:

Tabla 4.10. Ocurrencia de altura de ola significativa y periodo de pico asociado. Boya de Ceuta de la REDCOST. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

H_s (m)	T_p (s)										Total	
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0		> 10.0
≤ 0.5	-	0.138	8.979	10.719	9.046	11.131	9.164	9.384	5.940	4.552	4.991	74.043
1.0	-	-	0.914	3.804	1.712	3.135	5.037	3.495	1.170	0.619	0.675	20.561
1.5	-	-	0.001	0.027	0.091	0.137	0.757	1.593	0.643	0.123	0.042	3.414
2.0	-	-	-	-	0.004	0.007	0.046	0.410	0.476	0.135	0.031	1.108
2.5	-	-	-	-	-	-	-	0.068	0.210	0.162	0.032	0.473
3.0	-	-	-	-	-	-	-	0.003	0.066	0.133	0.032	0.233
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.019	0.029	0.047	0.095
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.015	0.029	0.046
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	0.015	0.017
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	0.005
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	0.004
Total	-	0.138	9.894	14.550	10.853	14.410	15.003	14.952	8.525	5.771	5.904	100 %

En función de los datos anteriores, se puede presentar la siguiente figura que identifica el régimen medio anual (obtenido de los datos entre 1985 – 2017, periodo de tiempo mayor al tener datos de suficiente calidad recogidos de una boya desde 1995 y tratados en profundidad hasta 2017):

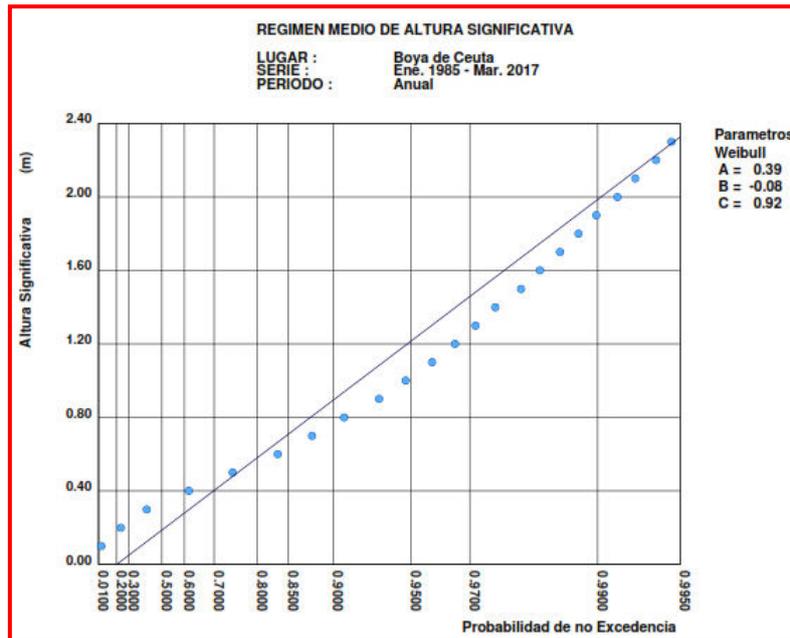


Fig. 4.40. Distribución Weibull para descripción Régimen Medio la boya de Ceuta de la REDCOST. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

4.1.3.3 Régimen Medio obtenido de datos de la ROM 03-91

En este caso, sí son aplicables los datos obtenidos de la ROM 03-91, Área V, correspondientes a la boya de Ceuta, que no deja de ser la misma considerada anteriormente, aunque con otro periodo de tiempo de estudio y presentación de datos diferentes, menos representativo y no actualizados. En cualquier caso, se presentan dichos datos:

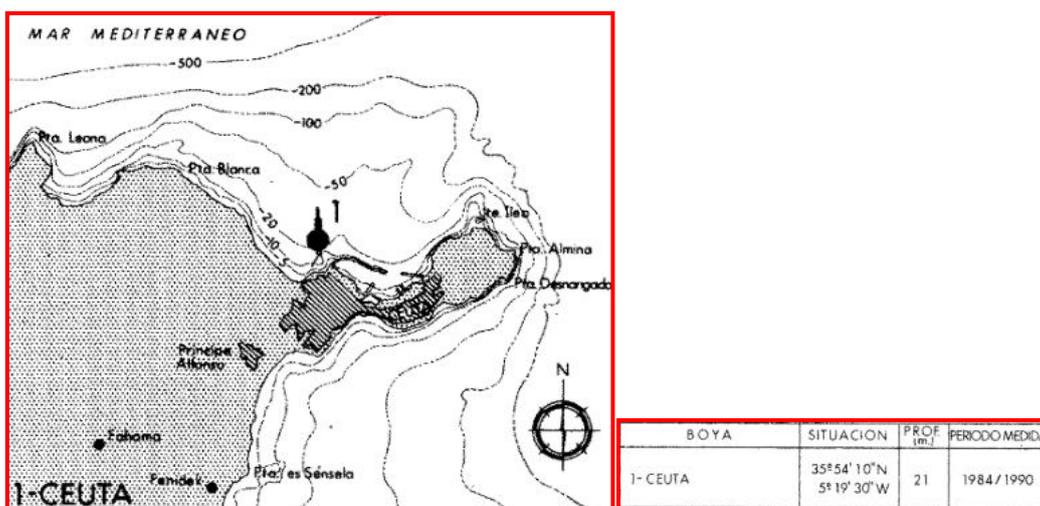


Fig. 4.41. Emplazamiento de la boya de Ceuta según la ROM 03-91.

Direcciones significativas:

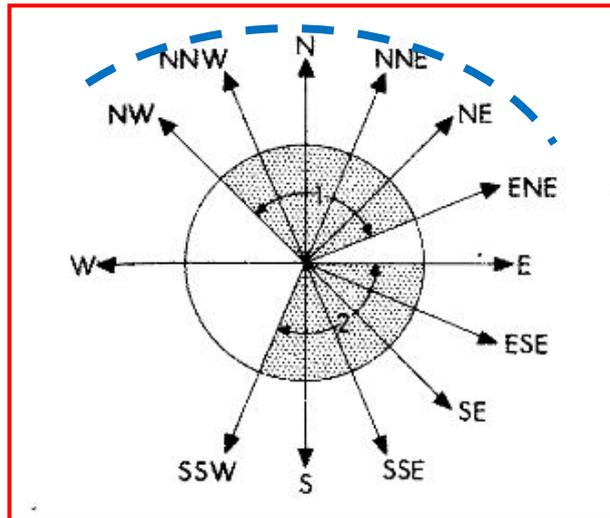


Fig. 4.42. Sectores incidentes del NW al ENE en la Rosa de Oleaje de la Boya de Ceuta, según la ROM 03-91.

Régimen medio escalar del oleaje (tabla C del Área V de la ROM 03-91):

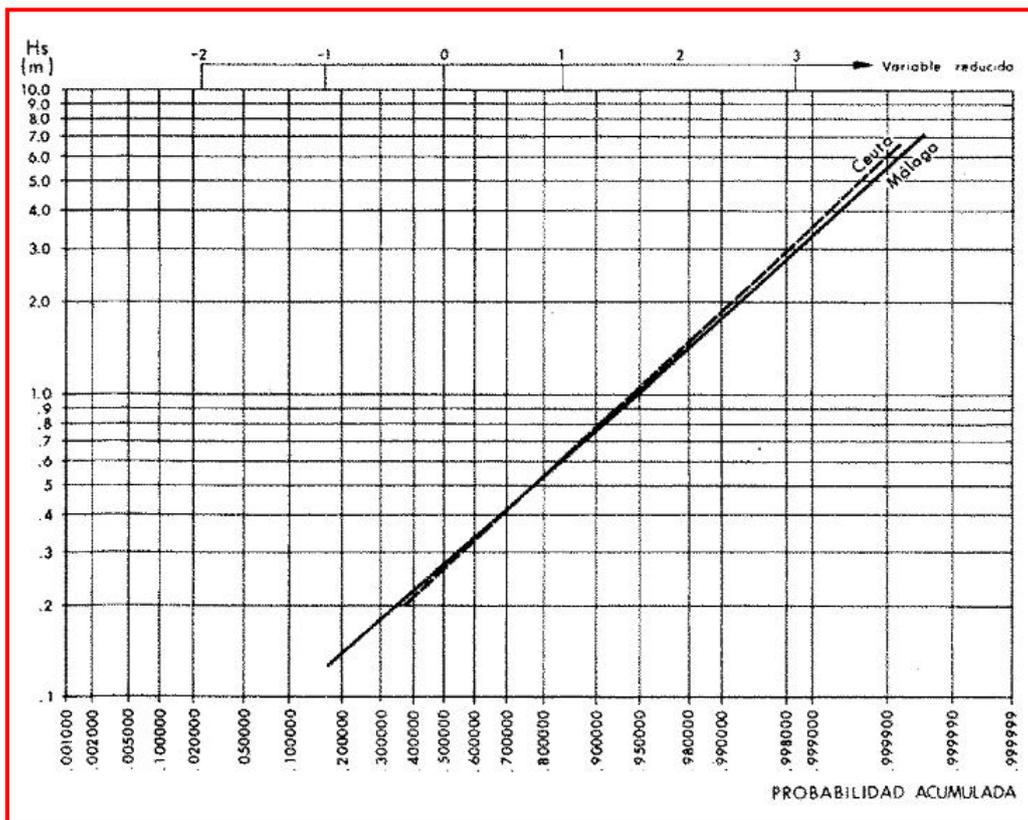


Fig. 4.43. Régimen medio escalar de la boya de Ceuta según la OM 03-91.

Régimen medio direccional del oleaje (tabla B del Área V de la ROM 03-91):

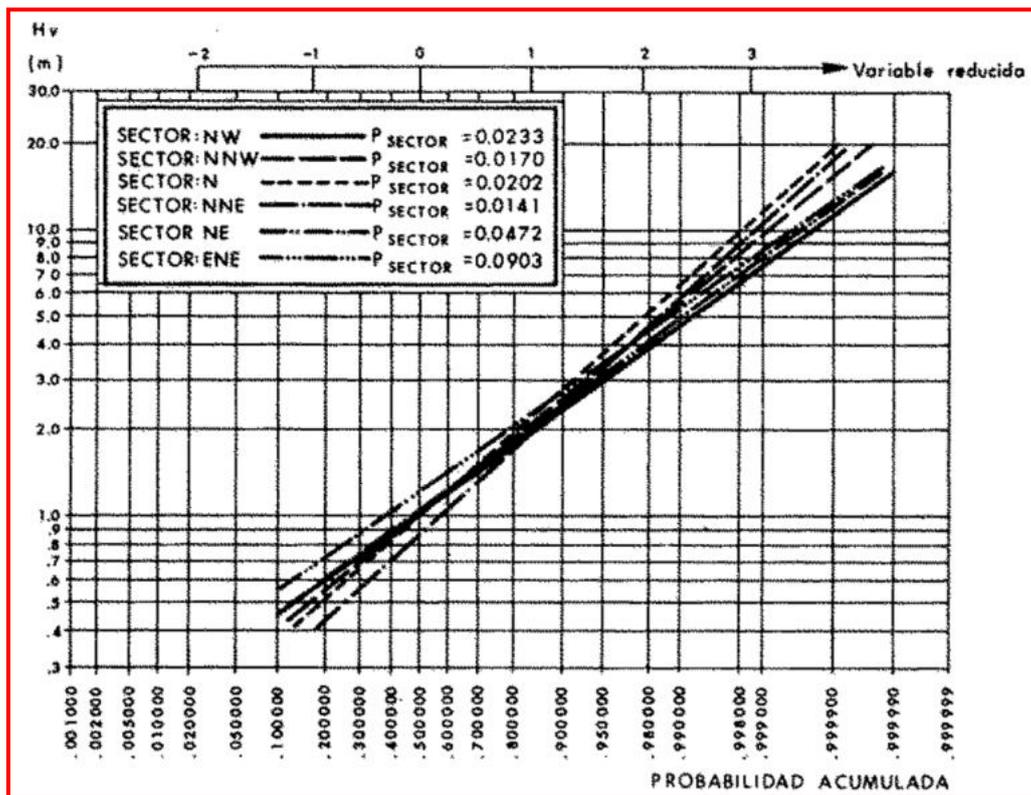


Fig. 4.41. Régimen medio direccional de la boya de Ceuta según la ROM 03-91.

Correlación entre altura de ola significativa y periodo del oleaje según registros instrumentales (cuadro E del Área V de la ROM 03-91):

Tabla 4.11. Correlación entre altura de ola significativa y periodo del oleaje según registros instrumentales de la boya de Ceuta según la ROM 03-91.

BOYA	$P = H_s / L_T = \frac{2\pi H_s}{gT^2}$	T_p / \bar{T}	RELACION FINAL H_s (m) T_p (s)	VALORES DE DISEÑO	
				H_s (m)	T_p (s)
CEUTA	0.02 ~ 0.035	≈ 1.20	$T_p = (5.7-6.8)\sqrt{H_s}$	3	8.5~12
				5	11.5~15
				7	13.5~18
				9	15~20

4.1.3.3 Régimen medio obtenido del módulo ODIN del SMC

No es posible la obtención de un régimen de oleaje mediante el módulo ODIN del SMC puesto que no recoge Ceuta en dicho programa.

4.1.4 Resumen de los datos de Régimen Medio:

En el apéndice nº2 se presenta para cada una de las anteriores zonas de aterraje la relación de incidencia o ocurrencia media de cada altura de oleaje según su dirección y periodo. Se presenta en un cuadro resumen en primer lugar para el año medio completo, y posteriormente, un análisis por estaciones (invierno, primavera, verano y otoño). Sobre este apéndice y sus resultados se índice en el apartado 10 de este documento.

4.2. Régimen Extremal del Oleaje:

Se entiende por régimen extremal un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de riesgo.

La seguridad y la operatividad de una instalación en la costa puede estar condicionada por la acción del oleaje en situación de temporal, es decir, en situaciones donde la altura del oleaje alcanza una intensidad poco frecuente.

Con el fin de acotar el riesgo que corre una instalación, debido a la acción del oleaje, es necesario tener una estimación de la frecuencia o probabilidad con la que se presentan temporales que superen una cierta altura significativa de ola. Un régimen extremal de oleaje es, precisamente, un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de ola.

En el diseño de estructuras marítimas se utilizan estados de mar extremos con una intensidad tal que solo exista una pequeña probabilidad de que esa intensidad sea superada en la vida útil prevista de la estructura.

Como la vida útil prevista suele exceder con mucho el periodo de tiempo cubierto por los datos, es necesario realizar extrapolaciones en las funciones de distribución estimadas a partir de las frecuencias de ocurrencia.

En el apartado de Metodología se ha estimado en base a las publicaciones ROM un fallo en Estado Límite Último (ELU) $P_{f_{ELU}} = 0.20$, y un período de retorno $R = T_R = 225$ años.

Se necesita el estimar un régimen extremal escalar y direccional de cada una de las zonas de estudio.

El problema reside en que las boyas de la red REDCOS (boya de Ceuta o Málaga) aportan una descripción direccional sólo en uno o dos de los sectores direccionales, y los puntos SIMAR no contienen información directa de descripción del régimen extremal en los datos consultables a través de la web de Puertos del Estado.

Por tanto, hay que recurrir a algún método de tratamiento de datos de oleaje consultables para estimar una red extremal fiable en las zonas de aterraje. En este contexto, para obtener información direccional del oleaje extremal es necesario recurrir, tal como recomienda la ROM 03.91, a los coeficientes de direccionalidad $K\alpha$, es decir, aquellos coeficientes que tienen en cuenta la intensidad de los temporales en cada dirección. Multiplicando el valor de H_s obtenido de la función de distribución extremal escalar por cada valor de $K\alpha$ se obtiene la altura de ola extremal en la boya para cada dirección de incidencia.

Para la obtención de dichos coeficientes $K\alpha$, la ROM 0.3 – 91 propone varios métodos. En este caso se utilizará la obtención de unas alturas de ola representativas, H_s^* , de la cola superior de los regímenes medios direccionales obtenidos en el punto de la red SIMAR; en particular dicha altura de ola representativa se obtendrá como promedio de las H_s asociadas a unas probabilidades de no excedencia de 0,99 y 0,999.

Las direcciones consideradas variarán en función del tramo de costa de estudio. Según la ROM 0.3 – 91 los coeficientes de direccionalidad se obtendrán dividiendo el valor de H_s^* de cada dirección entre el mayor de todos, al cual se le asignará un valor $K\alpha = 1$ (la dirección pésima), a partir de las tablas ya calculadas para cada punto SIMAR.

A continuación, se procederá a trabajar con los datos que aportan las boyas REDCOS de Ceuta y Málaga en el régimen extremal escalar. A partir de los valores de $H_{s,dir} = H_{s,R} \cdot K\alpha$ y de T_p (obtenido empleando la correlación mostrada anteriormente) se procederá a calcular el valor de $K_{R,boya}$ (interpolando los valores que aporta la tabla 2.7.1. de la ROM 03.91 para las boyas de Ceuta y Málaga, y posteriormente los valores de la altura de ola de diseño en aguas profundas ($H_{s,0}$) de acuerdo a la formulación clásica siguiente:

$$H_{s,0} = H_{s,R} \cdot K\alpha / K_{R,boya}$$

$H_{s,0}$: Altura de ola significativa en aguas profundas asociada a un periodo de retorno, para una dirección determinada.

$H_{s,R}$: Altura de ola significativa asociada a dicho periodo de retorno obtenida del régimen extremal escalar instrumental (boya).

$K\alpha$: Coeficiente de direccionalidad para la dirección considerada.

$K_{R,boya}$: Coeficiente de refracción-shoaling en el punto de medida (boya) para la dirección considerada, y el periodo de oleaje asociado a dicha altura de ola. En particular se emplearán los valores incluidos en la ROM 0.3-91

En el caso de las playas del norte de Ceuta no existe $K_{R,boya}$ para los sectores W y WNW, por lo que se tomará un valor igual a 1 para estar del lado de la seguridad, si bien se comprobará que no son los sectores con valores de altura asociado más elevados.

4.2.1. Playas del Burgo – La Hacienda (Cádiz, Europa)

Aplicamos la metodología antes descrita de la ROM 03.91. En primer lugar, completamos la tabla 4.3. anteriormente representada del punto de la RED SIMAR:

Tabla 4.12. Obtención de H_s^ y K_a para obtención de régimen extremal a partir del régimen normal para punto SIMAR 6072028, según metodología incluida en la ROM 03-91 (La Línea)*

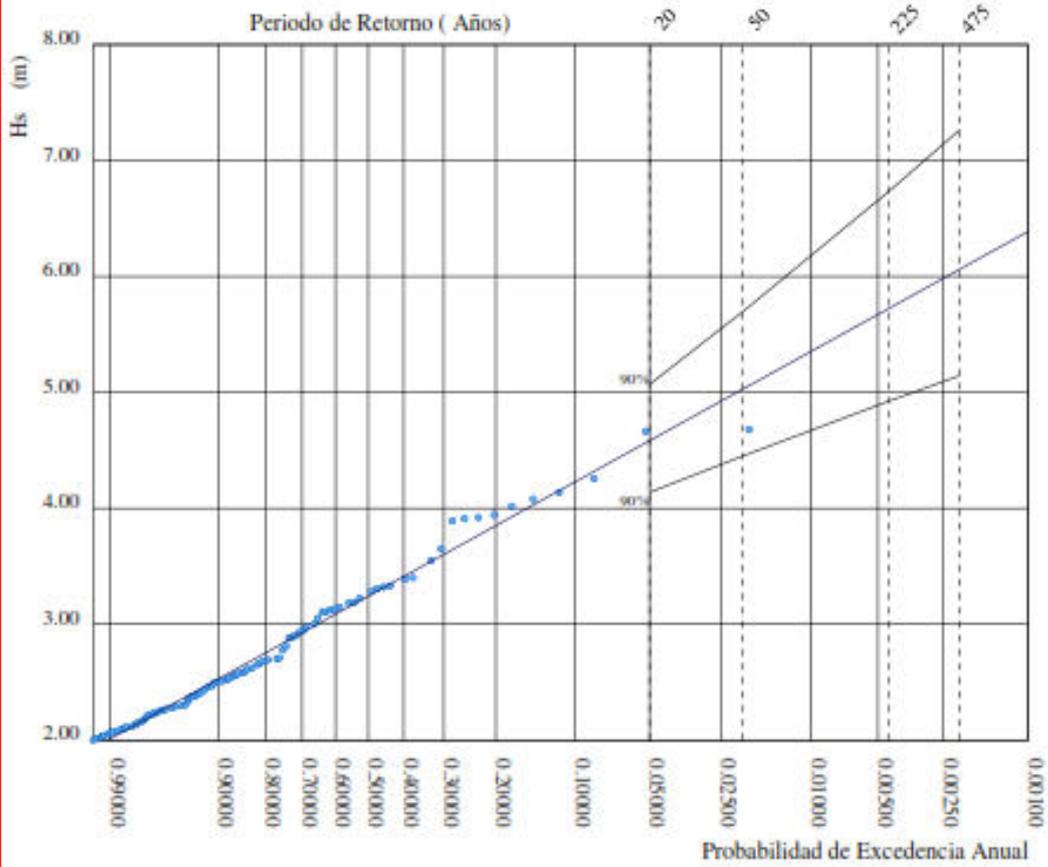
Dirección	A	B	C	$H_s (F=0,99)$	$H_s (F=0,999)$	H_s^*	K_a
NE	0,21	0,19	1,02	1,12 m	1,58 m	1,35 m	0,35
ENE	0,28	0,17	1,11	1,27 m	1,76 m	1,51 m	0,39
E	0,78	0,09	1,11	3,17 m	4,53 m	3,85 m	0,91
ESE	0,85	-0,26	1,05	3,37 m	5,09 m	4,23 m	1
SE	0,24	0,16	1,29	0,94 m	1,23 m	1,08 m	0,25
SSE	0,13	0,18	0,95	0,82 m	1,17 m	0,99 m	0,23
S	0,25	0,15	1,18	1,06 m	1,43 m	1,24 m	0,29
SSW	0,17	0,18	1,32	0,72 m	0,91 m	0,81 m	0,19

Está aceptado aplicando las funciones de distribución estadística a la ingeniería de costas que los valores extremos de las series de oleaje se ajustan bastante bien a las funciones de distribución de probabilidad de Weibull o de Gumbel, usándose por ejemplo la de Weibull en todos informes de boyas y puntos SIMAR consultables en la red de Puertos del Estado.

En el caso de la boya de Málaga (boya que se toma como más representativa para el caso de la zona de aterraje en la zona de la península ibérica) la función de distribución y parámetros de ajustes se muestran en el siguiente cuadro (Figura 4.42), donde para un período de retorno $T_r = 225$ años se tiene $H_{s,R} = 5,73$ m (se toma únicamente banda central).

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLAJE

LUGAR : Málaga
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Nov. 1985 - Abr. 2017
 PROFUNDIDAD : 22.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	4.58	5.03	5.73	6.06
Banda Sup. 90% Hs	5.07	5.70	6.74	7.26
Valor Esperado de Tp (s)	9.16	9.44	9.85	10.03
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.92
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.75
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	5.00	de Excedencias	Gamma = 1.20

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$Tp = 5.59 Hs^{0.32}$$

Fig. 4.42. Régimen extremal escalar de la Boya de Málaga. Fuente: web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

Asimismo, a partir de los valores de $H_{s,dir} = H_{s,R} \cdot K\alpha$ y de T_p (obtenido empleando la correlación mostrada anteriormente) se ha procedido a calcular el valor de $K_{R,boya}$ (interpolando los valores de la tabla 4.13) y posteriormente los valores de la altura de ola de diseño en aguas profundas ($H_{s,0}$) en la tabla 4.14, de acuerdo a la formulación presentada al principio del apartado, y tomando los coeficientes correspondientes a la boya de Málaga y Ceuta incluidos en la ROM 03.91:

Tabla 4.13. Tabla de valores de $K\alpha$ para diferentes periodos para las boyas de Ceuta y Málaga, según la ROM 03-91.

ÁREA	PUNTO DE MEDIDA	DIR $T^{(s)}$	7	9	11	13	15	17	19
MÁLAGA	E		0,93	0,91	0,91	0,93	0,93	—	—
	ESE		0,95	0,95	0,95	0,90	0,84	—	—
	SE		0,94	0,90	0,89	—	—	—	—
	SSE		0,93	0,87	0,87	—	—	—	—
	S		0,93	0,85	0,82	—	—	—	—
	SSW		0,93	0,70	0,67	—	—	—	—
CEUTA	NW		0,94	0,91	0,82	0,72	0,66	—	—
	NNW		0,95	0,90	0,83	0,78	0,75	—	—
	N		0,95	0,92	0,93	0,94	0,97	—	—
	NNE		0,96	0,97	0,98	1,05	1,13	1,15	—
	NE		0,94	0,90	0,92	1,06	1,33	1,15	—
	ENE		—	—	0,79	0,67	0,66	0,93	—

Tabla 4.14. Obtención de $H_{s,0}$ final de diseño según los diferentes sectores de incidencia.

Dirección	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
$H_{s,R}$ (m)	5,73	5,73	5,73	5,73	5,73	5,73	5,73	5,73
$K\alpha$	0,35	0,39	0,91	1	0,25	0,23	0,29	0,19
$H_{s,dir}$ (m)	2,00	2,23	5,21	5,73	1,43	1,31	1,66	1,08
T_p (sg)	6,97	7,22	9,47	9,77	6,26	6,09	6,57	5,72
$K_{R,boya}$	0,94	0,93*	0,91	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93
$H_{s,0}$ (m)	2,12	2,23	5,72	6,03	1,52	1,40	1,78	1,16

* No se tienen medidas direccionales para este sector en esta gama de periodos, por lo que se toma una media de los dos coeficientes de los sectores adjuntos.

4.2.2. Playas Ceuta Sur:

Al igual que antes, aplicamos la metodología ya descrita. En primer lugar, completamos la tabla anteriormente representada del punto de la RED SIMAR:

Tabla 4.15. Obtención de H_s^* y K_α para obtención de régimen extremal a partir del régimen normal para punto SIMAR 6070006, según metodología incluida en la ROM 03-91

Dirección	A	B	C	$H_s (F=0,99)$	$H_s (F=0,999)$	H_s^*	K_α
NE	0,11	0,19	1,12	0,62 m	0,80 m	0,71 m	0,19
ENE	0,21	0,18	0,92	1,28 m	1,89 m	1,58 m	0,42
E	1,11	-0,17	1,40	3,13 m	4,24 m	3,68 m	1
ESE	0,55	-0,07	1,14	2,02 m	2,92 m	2,47 m	0,67
SE	0,22	0,19	1,21	0,96 m	1,27 m	1,11 m	0,30
SSE	0,16	0,21	0,98	0,97 m	1,35 m	1,16 m	0,31

En el caso de la boya de Ceuta (boya que se toma como más representativa para el caso de la zona de aterraje en este caso) la función de distribución y parámetros de ajustes se muestran en el siguiente cuadro (Figura 4.43). Para un período de retorno $T_r = 225$ años se tiene $H_{s,R} = 6,69$ m (se toma únicamente banda central). Igualmente, partir de los valores de $H_{s,dir} = H_{s,R} \cdot K_\alpha$ y de T_p se calcula el valor de $K_{R,boya}$ (tabla 4.16) y posteriormente (tabla 4.17) los valores de la altura de ola de diseño en aguas profundas ($H_{s,0}$) de acuerdo a la formulación presentada al principio del apartado, y tomando los coeficientes correspondientes a la boya Ceuta incluidos en la ROM 03.91:

Tabla 4.16. Tabla de valores de K_α para diferentes periodos para las boyas de Ceuta y Málaga, según la ROM 03-91.

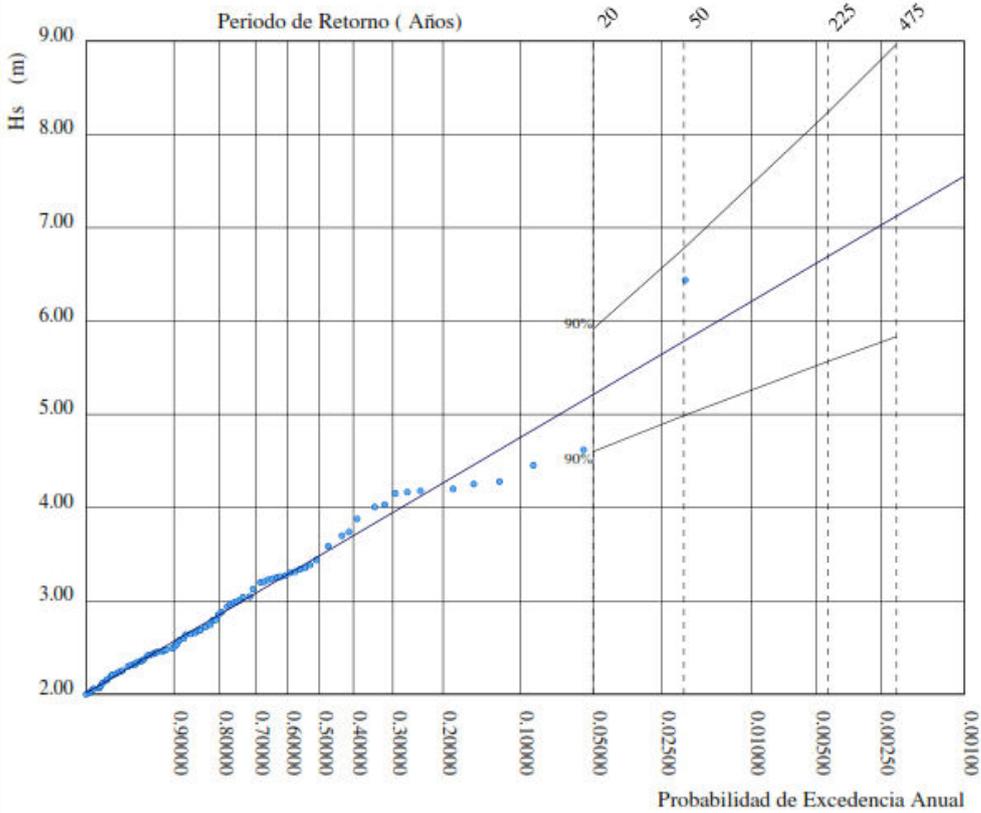
ÁREA	PUNTO DE MEDIDA	DIR $T_r(s)$	7	9	11	13	15	17	19
MÁLAGA	E		0,93	0,91	0,91	0,93	0,93	—	—
	ESE		0,95	0,95	0,95	0,90	0,84	—	—
	SE		0,94	0,90	0,89	—	—	—	—
	SSE		0,93	0,87	0,87	—	—	—	—
	S		0,93	0,85	0,82	—	—	—	—
	SSW		0,93	0,70	0,67	—	—	—	—
CEUTA	NW		0,94	0,91	0,82	0,72	0,66	—	—
	NNW		0,95	0,90	0,83	0,78	0,75	—	—
	N		0,95	0,92	0,93	0,94	0,97	—	—
	NNE		0,96	0,97	0,98	1,05	1,13	1,15	—
	NE		0,94	0,90	0,92	1,06	1,33	1,15	—
	ENE		—	—	0,79	0,67	0,66	0,93	—

Tabla 4.17. Obtención de $H_{s,0}$ final de diseño según los diferentes sectores de incidencia.

Dirección	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
$H_{s,R}$ (m)	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69
K_α	0,19	0,42	1	0,67	0,30	0,31
$H_{s,dir}$ (m)	1,27	2,80	6,69	4,48	2,00	2,07
T_p (sg)	7,03	9,21	12,38	10,80	8,21	8,31
$K_{R,boya}$	0,94	0,79	0,92	0,93	0,93	0,92
$H_{s,0}$ (m)	1,35	3,54	7,27	4,81	2,15	2,25

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Ceuta
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Ene. 1985 - Mar. 2017
 PROFUNDIDAD : 21.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	5.21	5.78	6.69	7.12
Banda Sup. 90% Hs	5.91	6.78	8.23	8.97
Valor Esperado de Tp (s)	11.39	11.81	12.41	12.68
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 2.00
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.91
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	4.11	de Excedencias	Gamma = 1.17

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$T_p = 6.49 H_s^{0.34}$$

Fig. 4.43. Régimen extremal escalar de la Boya de Ceuta. Fuente: web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es>

4.2.3. Playas Ceuta Norte:

Aplicamos la metodología antes descrita. En primer lugar, completamos la tabla anteriormente representada del punto de la RED SIMAR:

Tabla 4.18. Obtención de H_s^ y K_α para obtención de régimen extremal a partir del régimen normal para punto SIMAR 6070010, según metodología incluida en la ROM 03-91 (Ceuta Norte)*

Dirección	A	B	C	H_s (F=0,99)	H_s (F=0,999)	H_s^*	K_α
W	0,10	0,20	1,47	0,48 m	0,57 m	0,52 m	0,12
WNW	0,18	0,20	1,15	0,87 m	1,16 m	1,01 m	0,24
NW	0,19	0,19	1,26	0,82 m	1,07 m	0,94 m	0,22
NNW	0,16	0,19	1,28	0,71 m	0,91 m	0,81 m	0,19
N	0,13	0,20	1,09	0,72 m	0,96 m	0,84 m	0,20
NNE	0,14	0,20	1,21	0,69 m	0,89 m	0,79 m	0,19
NE	0,25	0,17	0,94	1,43 m	2,12 m	1,77 m	0,42
ENE	0,49	0,13	0,91	2,75 m	4,22 m	3,48 m	0,84
E	0,88	0,21	1,17	3,45 m	4,80 m	4,12 m	1

Los valores extremales de las series de oleaje se ajustan bastante bien a las funciones de distribución de probabilidad de Weibull o de Gumbel. En el caso de la boya de Ceuta (boya que se toma como más representativa para el caso de la zona de aterraje en este caso) la función de distribución y parámetros de ajustes se muestran en la Figura 4.44. Para un período de retorno $T_r = 225$ años se tiene $H_{s,R} = 6,69$ m en la banda central. A partir de los valores de $H_{s,dir} = H_{s,R} \cdot K_\alpha$ y de T_p (obtenido empleando la correlación mostrada anteriormente) se ha procedido a calcular el valor de $K_{R,boya}$ (interpolando los valores de la tabla 4.19) y posteriormente (tabla 4.20) los valores de la altura de ola de diseño en aguas profundas ($H_{s,0}$) de acuerdo a la formulación presentada al principio del apartado, y tomando los coeficientes correspondientes ya expuestos en la tabla 4.13:

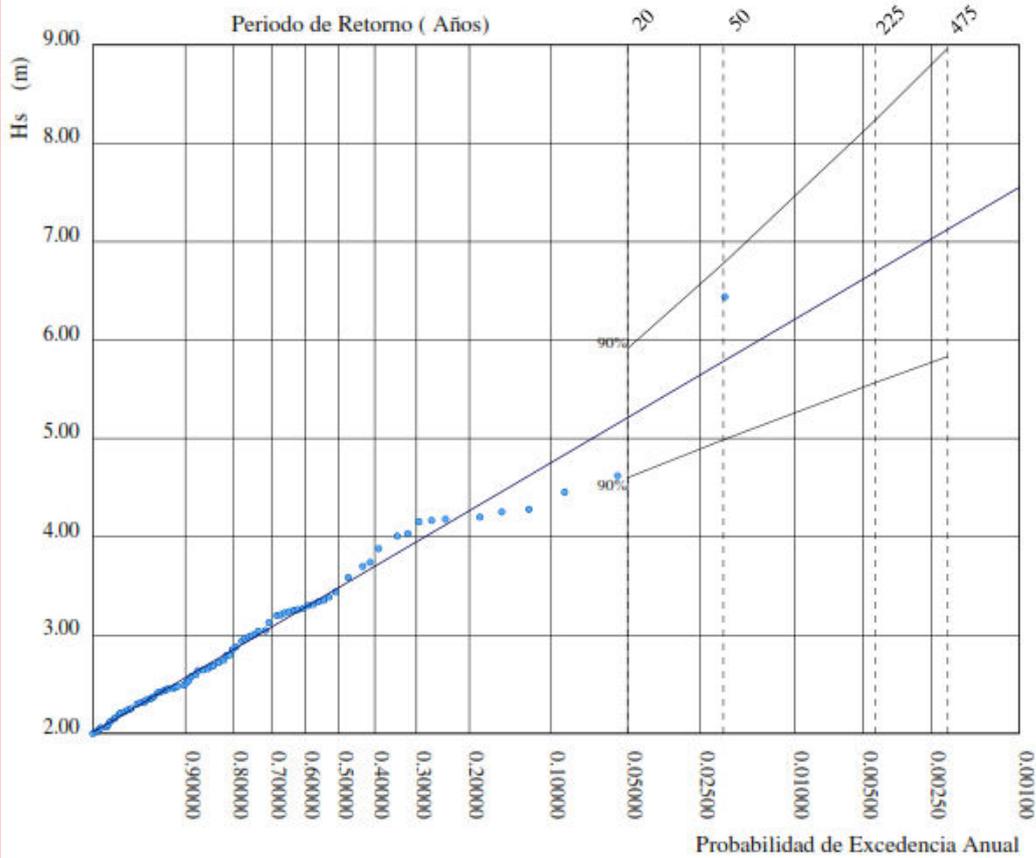
Tabla 4.19. Obtención de $H_{s,0}$ final de diseño según los diferentes sectores de incidencia.

Dirección	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E
$H_{s,R}$ (m)	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69
K_α	0,12	0,24	0,22	0,19	0,20	0,19	0,42	0,84	1
$H_{s,dir}$ (m)	0,80	1,60	1,47	1,27	1,33	1,27	2,80	5,62	6,69
T_p (sg)	6,01	7,61	7,39	7,03	7,15	7,03	9,21	11,67	12,38
$K_{R,boya}$	1,00*	1,00*	0,94	0,95	0,95	0,96	0,90	0,76	0,92
$H_{s,0}$ (m)	1,60	1,60	1,56	1,33	1,40	1,32	3,11	7,39	7,27

* No se tienen medidas direccionales para este sector, pero al ser periodos bajos, y alturas bajas, se aproxima a un coeficiente igual a 1.

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Ceuta
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Ene. 1985 - Mar. 2017
 PROFUNDIDAD : 21.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	5.21	5.78	6.69	7.12
Banda Sup. 90% Hs	5.91	6.78	8.23	8.97
Valor Esperado de Tp (s)	11.39	11.81	12.41	12.68
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 2.00
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.91
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	4.11	de Excedencias	Gamma = 1.17

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$Tp = 6.49 Hs^{0.34}$$

Fig. 4.44. Régimen extremal escalar de la Boya de Ceuta. Fuente: web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

Por tanto, como resumen de este apartado, se proponen como oleajes extremales a tener en cuenta los que figuran en la tabla 4.20 (los más altos de cada zona de aterraje):

Tabla 4.20. Oleajes finales de régimen extremal a tener en cuenta para la propagación en cada zona de aterraje (apartado 6).

Zonas	Provincia de Cádiz			Ceuta Sur			Ceuta Norte		
	Sector	Periodo	Altura	Sector	Periodo	Altura	Sector	Periodo	Altura
Oleajes	E	9,47 s	5,72 m	ENE	9,21 s	3,54 m	ENE	11,67 s	7,27 m
	ESE	9,77 s	6,03 m	E	12,38 s	7,27 m	E	12,38 s	7,27 m
				ESE	10,80 s	4,81 m			

5. Régimen de oscilaciones del nivel del mar

Debido a la naturaleza de las obras, es necesario estudiar las oscilaciones del nivel del mar debido a la marea astronómica y la meteorológica en el entorno de la costa, asociada además al periodo de retorno calculado igual a 225 años.

En este caso, no hay definido un punto fijo aún en donde se sepa dónde se ejecuta la obra sobre cada uno de los tramos propuestos, pero se puede realizar un análisis de algunos puntos de dichos tramos que se estimen suficientemente representativos En nuestro caso:

- Playas El Burgo – La Hacienda (La Línea): 4 puntos.
- Playa El Tarajal (Ceuta Sur): 2 puntos.
- Playas Calamocarro y Punta Blanca (Ceuta Norte): 4 puntos.

Para estudiar el régimen de oscilaciones del nivel del mar por efecto de las mareas astronómica y meteorológica se va a utilizar el modelo iOLE. Este modelo, desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (“IH Cantabria”), permite calcular la estimación de la cota y la extensión de inundación asociada a diferentes periodos de retorno (10, 50, 100 y 500 años), en diferentes perfiles del litoral español con una resolución espacial de 200 m. Este modelo utiliza para ello las bases de datos de oleaje y nivel del mar generadas en el marco del Proyecto C3E del “IH Cantabria” (www.c3e.ihcantabria.es) y el modelo numérico IH-2VOF (www.ih2vof.ihcantabria.com). Así mismo, este modelo permite ajustar el régimen extremal del oleaje y de nivel del mar con una función de distribución GEV (Generalized Extreme Value), o Gumbel de máximos y determinar las bandas de confianza de las formas del IH-2VOF (90%, 80% o 68.5%).

Los perfiles incluidos en el modelo se caracterizan por estar definidos con respecto a la dirección del flujo medio de energía del temporal (θ_{FE}). La parte emergida de dichos perfiles se ha obtenido a partir de datos del Modelo Digital del Terreno y la parte sumergida a partir de un perfil teórico de Dean. No obstante, el modelo permite incluir perfiles reales definidos también respecto a θ_{FE} . Cabe destacar, que el modelo identifica aquellos perfiles de tipo acantilados para los cuales determina una inundación nula.

El modelo proporciona diferentes representaciones gráficas de los resultados de la cota de inundación y de la extensión. Para el caso de solo estudio de variaciones del Nivel del Mar, iOLE representa los datos según una banda de confianza del 90%, presentando en este estudio los valores correspondientes siempre a la banda central, equivalente al 100% por tanto, no existiendo además apenas variación por el hecho de haber mínimas diferencias al apenas existir el factor más determinante en la variación del Nivel del Mar, que son las mareas astronómicas. Además, indica la cota y la extensión de inundación para los periodos de retorno 10, 50, 100, y 500 años. En la figura 5.1 se muestra un ejemplo de representación gráfica de los resultados proporcionados por el modelo IOLE para un perfil cualquier, como ejemplo de salida gráfica de resultados.

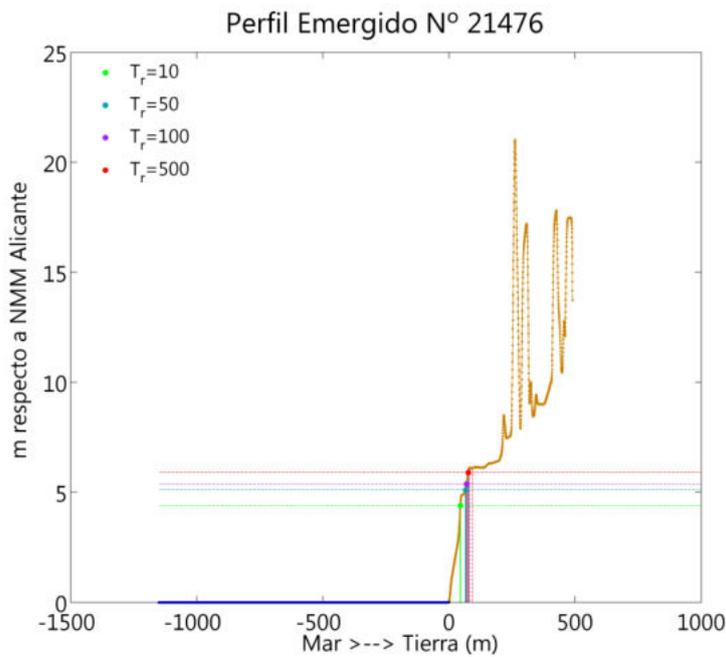


Fig. 5.1. Ejemplo de salida gráfica de resultados para un perfil cualquier del modelo iOLE.

En este caso, se procede a evaluar las cotas máximas de variación del Nivel del Mar debido solamente a la marea astronómica y meteorológica en los puntos representativos antes citados de cada tramo de costa.

Los puntos (y perfiles asociados) de estudio se muestran en las figuras 5.2 y 5.3:

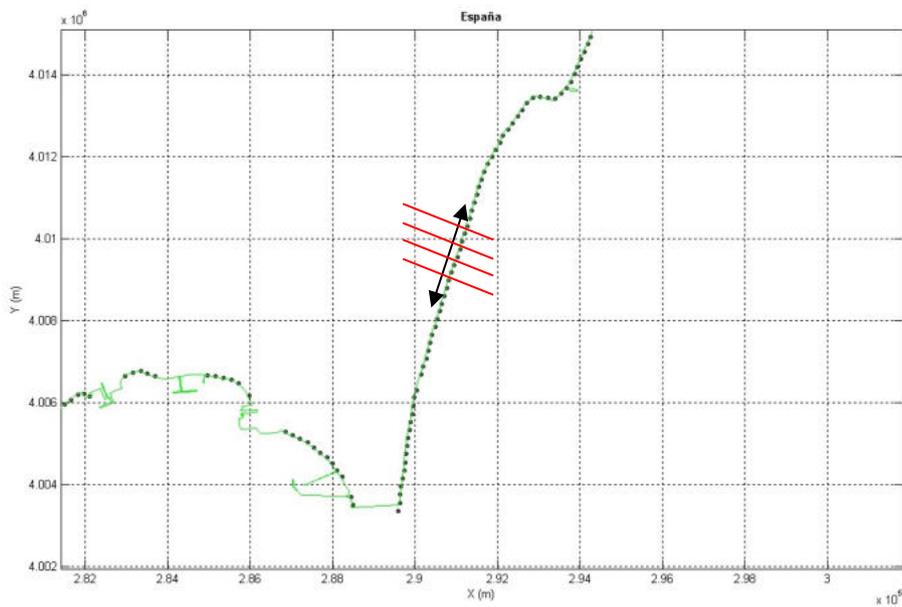


Fig. 5.2. Perfiles de estudio de oscilación del Nivel del Mar en la provincia de Cádiz según el modelo iOLE.

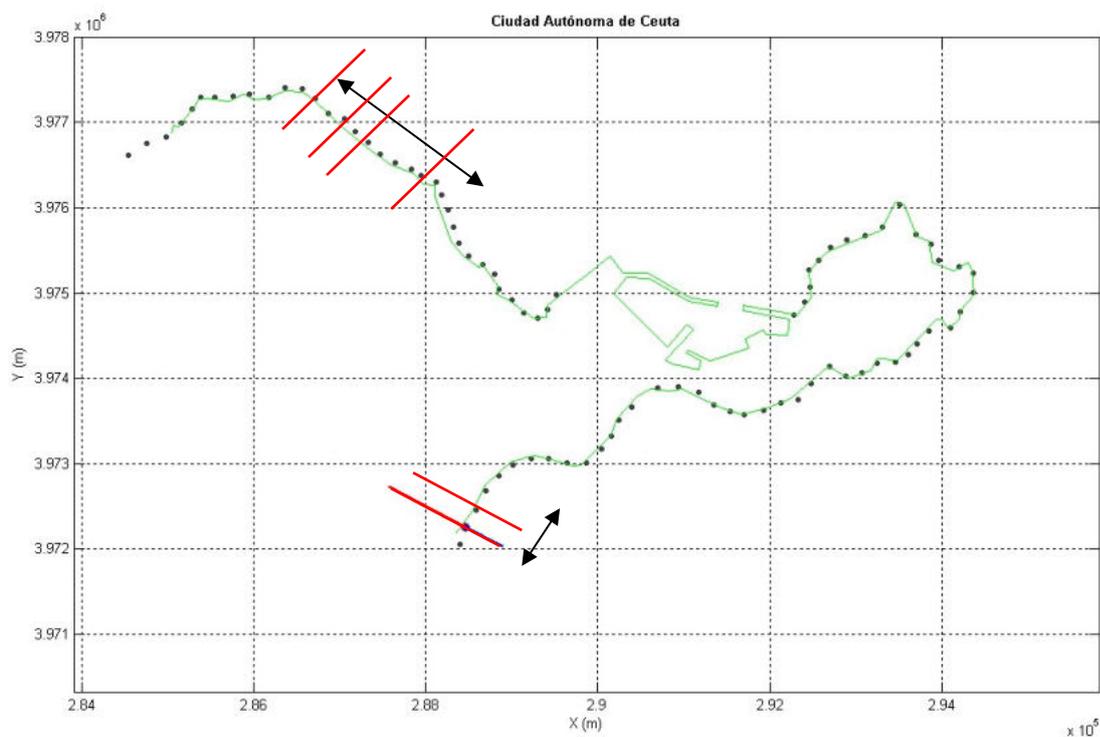


Fig. 5.3. Perfiles de estudio de oscilación del Nivel del Mar en Ceuta Norte y Sur según el modelo iOLE .

5.1 Aplicación del Modelo iOLE a 4 puntos del entorno de las playas El Burgo y La Hacienda:

Los puntos sobre los que se aplica el modelo son los numerados en el mismo como 21735, 21732, 21729 y 21726. En el apéndice 1 se observan las salidas gráficas del programa para cada uno de los puntos, con el alcance sobre la línea de orilla, exponiendo el resumen de todos los datos obtenidos en la tabla 5.1 para un periodo de retorno de 225 años.

5.2 Aplicación del Modelo iOLE a 4 puntos del entorno de las playas Calamocarro y Punta Blanca

Los puntos sobre los que se aplica el modelo son los numerados en el mismo como 28388, 28390, 28392 y 28400. En el apéndice 1 siguiente se puede observar las gráficas de salida de los resultados obtenidos, con el alcance sobre la línea de orilla. De manera similar al punto anterior, en la tabla 5.1 se puede consultar el resumen de los datos obtenidos para un periodo de retorno de 225 años.

5.3 Aplicación del Modelo iOLE a 2 puntos del entorno de la playa del Tarajal:

Los puntos sobre los que se aplica el modelo son los numerados en el mismo como 29979 y 29978. En el apéndice 1 siguiente se puede observar las gráficas de salida de los resultados obtenidos, con el alcance sobre la línea de orilla, y, como anteriormente se ha citado, el resumen de los datos obtenidos para un periodo de retorno de 225 años puede consultarse en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Resumen de datos en cota de oscilaciones del Nivel del Mar para un periodo de retorno de 225 años obtenidos con el modelo iOLE.

Zona	Punto	Cota (m)
La Línea, Provincia de Cádiz	21735	1,40
	21732	1,25
	21729	1,15
	21726	1,02
Ceuta Norte	28388	1,05
	28390	1,02
	28392	1,02
	28400	1,03
Ceuta Sur	29979	0,98
	29978	0,98

El valor de las costas representado corresponde con el del periodo de retorno $T = 225$ años. Como el modelo iOLE no representa este valor, se ha insertado en cada gráfica del apéndice 1 en alineación roja a trazos el “eje” correspondiente a $T = 225$ años, obteniéndose de ahí el valor de la cota representada en el cuadro anterior.

Las cotas anteriores están referidas al Nivel Medio del Mar en Alicante. La diferencia entre el NMMA y el Cero Hidrográfico es muy similar en ambas zonas y del orden de unos 60 cm. Por ello, los valores máximos aproximados de elevación del nivel del mar rondarían los 2.0 m en La Línea y 1.60 a 1.65 m en las zonas de Ceuta Sur y Norte respectivamente.

6. Modelo de propagación del oleaje

6.1 Oleajes a desarrollar:

Los oleajes a desarrollar son los obtenidos en el desarrollo del apartado 4.2 Régimen Extremal del oleaje, y reflejados en la tabla:

Tabla 6.1. Resultados obtenidos del análisis del régimen extremal (anterior tabla 4.20).

Zonas	La Línea (Cádiz)			Ceuta Sur			Ceuta Norte		
	Sector	Periodo	Altura	Sector	Periodo	Altura	Sector	Periodo	Altura
Oleajes	E	9,47 sg	5,72 m	ENE	9,21 sg	3,54 m	ENE	11,67 sg	7,27 m
	ESE	9,77 sg	6,03 m	E	12,38 sg	7,27 m	E	12,38 sg	7,27 m
				ESE	10,80 sg	4,81 m			

Por tanto, son un total de siete (7) estados de oleaje los que hay que desarrollar desde condiciones de mar profundo hasta las zonas de aterraje.

6.2. Descripción general del modelo de propagación utilizado:

El modelo que se va a utilizar es el OLUCA perteneciente al S.M.C. de la Dirección General de Costas. El modelo permite:

- Propagar oleajes monocromáticos o espectrales desde profundidades indefinidas hasta zonas de playa en la costa. Incluyendo deformación debido a la refracción, asomeramiento, difracción, disipación por rotura y pos-rotura.
- Caracterización de los oleajes de una zona litoral.
- Cálculo de los regímenes medios direccionales del oleaje en zonas costeras.
- Propagación de eventos de oleaje extraordinarios, los cuales permiten definir las alturas de olas de diseño para obras en el litoral.

6.2.1 Hipótesis del modelo parabólico

Las características básicas son:

1. Fluido

- No viscoso
- Incompresible
- Densidad constante

2. Flujo

- Irrotacional

- Estacionario

3. Dinámicas

- Presión constante en la superficie libre
- No se considera la acción del viento
- No se considera la acción de Coriolis

4. Contornos

- Fondo de pendiente suave:

El desarrollo matemático de las ecuaciones del modelo se hace con la hipótesis de que las variaciones del fondo en horizontal son pequeñas en comparación con la longitud de onda (mild slope)

Para el modelo lineal, Booij (1983) realizó una comparación entre un modelo numérico exacto y el de la ecuación de pendiente suave para ondas propagándose sobre una playa. Encontró que hasta pendientes del fondo de 1:3 el modelo de la pendiente suave es exacto y que para pendientes mayores predice adecuadamente las tendencias.

5. Propagación

- No linealidad débil:
Dependencia débil de la ecuación de dispersión con la amplitud de ola; modelo no lineal Stokes-Hedges.
- Aproximación parabólica:
Las ondas se propagan principalmente en una dirección (x). Con lo cual se desprecian términos $\left(\frac{\partial^2 (\)}{\partial x^2}\right)$. La solución es tanto más aproximada cuanto menor variación haya en la dirección x.
Esta aproximación parabólica implica varias ventajas y desventajas:

6.2.2 Ventajas y desventajas del modelo

Ventajas:

- (1) se ha mostrado como una ecuación de gobierno correcta para la propagación de ondas lineales sobre fondos de pendientes suaves en presencia de corrientes.
- (2) es una ecuación de tipo parabólico y, como tal, no necesita condiciones en todo el contorno, sino que basta con una condición inicial en el límite desde el que se va a propagar y en los contornos laterales. Además, es una herramienta muy útil para reducir el esfuerzo y el tiempo de computación pues pueden utilizarse esquemas implícitos de seis puntos como el de Crank-Nicholson y obtener soluciones rápidas y estables.

Desventajas:

- (1) Limitación del ángulo de propagación del oleaje a 60°, con respecto al eje principal, (x).
- (2) Se desprecia el efecto de las ondas reflejadas,

(3) Por tanto, las soluciones son tanto más aproximadas cuanto menor variación haya respecto a esa dirección principal. El segundo inconveniente no es tan importante en la práctica, pues en la propagación del oleaje hacia la costa interesan sobre todo los efectos de la refracción y dirección.

6.3. Resultados del modelo:

En el Apéndice 4 se adjuntan los resultados gráficos de salida obtenidos aplicando el modelo para cada una de las zonas de aterraje y de los sectores direccionales y oleajes asociados en cada caso.

En resumen, puede apreciarse que hay una minoración general de la altura de ola a medida que se acerca a la costa excepto en la zona Ceuta Sur donde tiene lugar un incremento debido probablemente a la morfología del fondo. Aunque se trata de la situación actual y no va a cambiar por la instalación del cable submarino, sí sería interesante tenerlo en cuenta y analizarlo con un estudio de detalle una vez se haya decidido definitivamente el punto de aterraje.

7. Sistema de corrientes derivadas de la acción de la marea y del oleaje.

7.1. Introducción:

En este apartado se va a estudiar las corrientes derivadas en la denominada zona de rotura del oleaje. Se puede definir esta zona como aquella comprendida entre el comienzo de la acción del fondo del mar sobre la onda que representa cada ola hasta la rotura completa de ésta en la playa. Las corrientes que se producen en esta zona serán por tanto las ocasionadas por dos fenómenos que suceden al mismo tiempo:

1. Las corrientes derivadas por la propia propagación del oleaje hasta la costa y su posterior rotura. Se va a realizar en este caso aun análisis de las velocidades máximas para cada altura de ola en la profundidad de rotura asociada, punto en donde se produce el máximo valor de la velocidad longitudinal que se produce.
2. Las corrientes derivadas de la acción de las mareas, con un análisis de éstas. Este apartado supone un estudio pormenorizado de qué tipo de marea se producen, y se analiza detenidamente, así como las corrientes resultantes, en el apéndice nº4.

7.2. Corrientes derivadas de la acción del oleaje:

Debido a la falta de concreción en el emplazamiento de las zonas de aterraje, siendo recomendable identificarlas en un frente de costa entre 500 a 1.000 metros máximo como se ha comentado anteriormente, se realiza un estudio de las velocidades máximas de corrientes desde la zona de mar en condiciones de mar profundo hasta la zona del punto de rotura, según la altura de ola, estimando los valores máximos esperables a priori en este punto.

Para ello, se va a aplicar una teoría de ondas ampliamente aceptada, utilizada por la comunidad científica y fácil de aplicación para las características de los datos disponibles, y que facilita para diferentes alturas de ola, conocer la velocidad de la corrientes longitudinal desde el comienzo de la interacción entre la onda y el fondo del mar (a una profundidad de $L_0/2$, siendo L_0 la longitud de onda en mar profundo) hasta el punto de rotura del oleaje, obtenido este por el criterio de Mac Cowam. En dicho punto, se puede estimar también el valor de la corriente longitudinal paralela a la costa en esta aproximación a gran escala sobre cada zona de aterraje.

7.2.1. Modelo de onda aplicado:

Una de las teorías más simples es onda es la de Airy o teoría de la onda lineal o de pequeña amplitud, la cual data del año 1845, y que realiza las siguientes hipótesis simplificadoras:

- 1.La onda es regular y bidimensional (no evoluciona en el tiempo ni en el espacio).

2.El fluido es incompresible y los efectos de la viscosidad, tensión superficial y turbulencia son despreciables.

3. El fondo es profundo y de profundidad constante.

4.La amplitud de onda es pequeña con relación a la longitud de onda y al fondo.

Las ecuaciones de la onda de Airy se obtienen integrando ecuaciones de conservación de masa y del momento. Realizando una serie de simplificaciones, y para estimar la velocidad de la corriente a una profundidad dada, se obtiene la siguiente expresión:

$$U = \pi H/T(1/\sinh(kd))$$

U = Velocidad.

H = Altura de ola.

T = Periodo del oleaje.

d = Profundidad.

k = $2\pi/L$.

L = Longitud de onda.

Por tanto, con la metodología comentada, se puede obtener los resultados máximos de las corrientes generadas por los oleajes de diferentes alturas desde condiciones de mar profundo hasta el punto de rotura, aplicando como criterio de rotura el de Mac Cowan (la altura de una ola en rotura es 0,78 veces la profundidad en ese punto). Se puede observar como la velocidad de la corriente va aumentando desde valores casi despreciables en la transición de mar profundo a condiciones intermedias, hasta alcanzar su valor máximo coincidente con la zona del punto de rotura del oleaje. En dicho punto, y admitiendo que independientemente de la dirección del sector del oleaje, por efectos de la refracción, la dirección máxima con la normal a la costa del oleaje incidente no superará los 10° , se puede obtener también la corriente resultante longitudinal en rotura, multiplicando por el seno de dicho ángulo.

7.2.2 Resultados obtenidos:

En este contexto, se obtienen los siguientes resultados para diferentes alturas de ola en el entorno de la zona de aterraje de la Península y de Ceuta.

7.2.2.1 Entorno de zona de aterraje en la península:

En el apéndice 3 se puede consultar la tabla de resultados a partir de la cual se ha obtenido la siguiente gráfica:

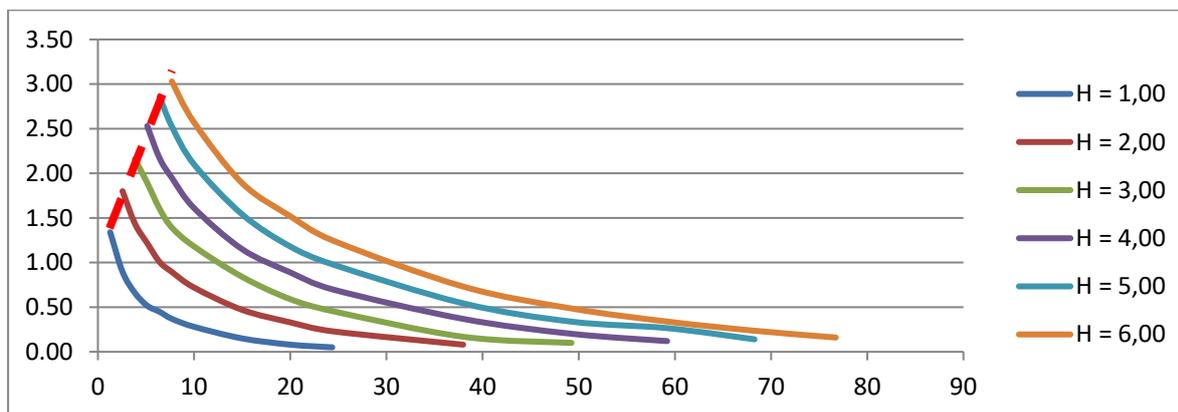


Fig. 7.1. Zona de aterraje peninsular en provincia de Cádiz. Relación entre velocidad de corriente (en ordenadas y m/s) y profundidad (en abscisas y metros) para diferentes alturas de olas (en metros). En rojo límite a partir del cual se produce rotura del oleaje.

El valor de la corriente máxima en el punto de rotura, y su componente longitudinal a la costa, serían:

Tabla 7.1. Zona de aterraje peninsular en provincia de Cádiz. Resultados máximos de velocidad de corriente en sentido normal a la costa (máximo) y paralelo a ésta (longitudinal).

Altura ola	Prof. rotura	Velocidad max.	Velocidad longitudinal
1,00 m	1,28 m	1,34 m/s	0,23 m/s
2,00 m	2,56 m	1,80 m/s	0,31 m/s
3,00 m	3,85 m	2,16 m/s	0,38 m/s
4,00 m	5,13 m	2,53 m/s	0,44 m/s
5,00 m	6,41 m	2,86 m/s	0,50 m/s
6,00 m	7,69 m	3,03 m/s	0,53 m/s

7.2.2.2 Entorno de zona de aterraje Ceuta:

Del mismo que en el caso anterior, se adjunta la siguiente gráfica de los resultados obtenidos, con un resumen en tabla de los datos de cálculo en el apéndice 3. En este caso, como la expresión que relaciona el periodo del oleaje asociado a cada altura es el mismo para la zona de Ceuta Norte y Ceuta Sur, obtenido de la ROM dicha relación, sólo se tendría una tabla de resultados común para Ceuta:

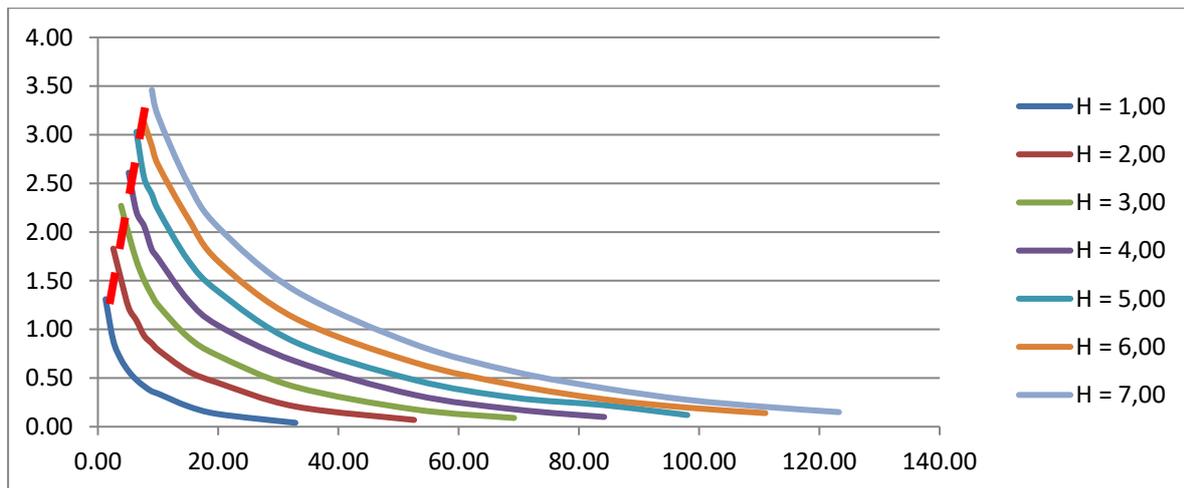


Fig. 7.2. Zona de aterraje en Ceuta. Relación entre velocidad de corriente (en ordenadas y m/sg) y profundidad (en abscisas y metros) para diferentes alturas de olas (en metros). En rojo límite a partir del cual se produce rotura del oleaje.

El valor de la corriente máxima en el punto de rotura, y su componente longitudinal a la costa, serían:

Tabla 7.2. Zona de aterraje en Ceuta. Resultados máximos de velocidad de corriente en sentido normal a la costa (máximo) y paralelo a ésta (longitudinal).

Altura ola	Prof. rotura	Velocidad max.	Velocidad longitudinal
1,00 m	1,28 m	1,31 m/s	0,23 m/s
2,00 m	2,56 m	1,83 m/s	0,32 m/s
3,00 m	3,85 m	2,27 m/s	0,39 m/s
4,00 m	5,13 m	2,61 m/s	0,45 m/s
5,00 m	6,41 m	3,03 m/s	0,53 m/s
6,00 m	7,69 m	3,12 m/s	0,54 m/s
7,00 m	8,97 m	3,46 m/s	0,60 m/s

7.3. Corrientes de la acción de las mareas:

Como se ha comentado con anterioridad, el estudio de las corrientes originado por las mareas supone un análisis preliminar más concreto y avanzado de la marea astronómica y del forzamiento atmosférico, estando definido con todo detalle en el apéndice nº4 de este documento.

8. Dinámica litoral y patrones de transporte sedimentario

8.1. Planteamiento General:

Savage (1962) propuso una ecuación para el cálculo del transporte longitudinal, que posteriormente fue adoptada por el *U.S. Army Corp of Engineers* en el "*Coastal Design Manual*" (1966) y que pasó a

ser conocida como la fórmula CERC. Posteriormente esta fórmula fue adaptada a los datos de campo disponibles e incluida en las versiones de 1977 y 1984 del “*Shore Protection Manual*” (SPM), actualizada online en el Coastal Engineering Manual (www.publications.usace.army.mil).

De acuerdo a esta formulación, el transporte de sedimento (en términos de peso sumergido (I_l) es proporcional a la componente longitudinal del flujo de energía del oleaje (P_l) de acuerdo con la expresión

$$I_l = K \cdot P_l \quad \text{en } N/s \quad [6.1]$$

De acuerdo con la teoría de Airy, el valor de P_l se define como

$$P_l = E_{br} \cdot C_{g,br} \cdot \sin \alpha_{br} \cdot \cos \alpha_{br} \quad \text{en } N/s \quad [6.2]$$

donde

- E_{br} es la energía del oleaje evaluada en la zona de rotura: $E_{br} = \rho \cdot g \cdot H_{br}^2 / 8$,
- α_{br} es el ángulo entre los frentes de oleaje y la batimetría en la zona de rotura y
- $C_{g,br}$ es la celeridad de grupo en la zona de rotura: $C_{g,br} = (g \cdot d_{br})^{1/2} = (g \cdot H_{br} / Y_{br})^{1/2}$

siendo α_{br} el índice de rotura, es decir, la relación entre la altura de ola¹ en rotura (H_{br}) y la profundidad en la zona de rotura (d_{br}), es decir, $Y_{br} = H_{br}/d_{br}$. De acuerdo a Thornton y Guza (1983) para oleaje irregular definido en términos de altura de ola significativa (H_s) puede considerarse $Y_{br} = 0,60$, mientras que si se trabaja con alturas de ola media cuadráticas (H_{rms}) puede tomarse $Y_{br} = 0,42$. De este modo se tiene que

$$I_l = K \cdot P_l = K \cdot E_{br} \cdot C_{g,br} \cdot \sin \alpha_{br} \cdot \cos \alpha_{br} \quad [6.3]$$

Asumiendo la hipótesis de aguas poco profundas en la zona de rotura, esta expresión puede reescribirse como

$$I_l = K \cdot \frac{\rho \cdot g^{3/2}}{16 \cdot Y_{br}^{1/2}} \cdot H_{br}^{5/2} \cdot \sin(2 \cdot \alpha_{br}) \quad \text{en } Nw/s \quad [6.4]$$

¹ Las alturas de ola que se emplean en esta formulación son o bien la altura de ola significativa (H_s) o bien la altura de ola media cuadrática (H_{rms}).

Y por tanto

$$Q_l = K \cdot \frac{\rho \cdot g^{1/2}}{16 \cdot \gamma_{br}^{1/2} \cdot (\rho_s - \rho) \cdot (1-n)} \cdot H_{br}^{5/2} \cdot \text{sen}(2 \cdot \alpha_{br}) \text{ en m}^3/\text{s} \quad [6.5]$$

que es la expresión mediante la cual se presenta habitualmente la ya conocida como fórmula del CERC. A partir del análisis de diferentes mediciones in situ, el “*Shore Protection Manual*” estableció un valor $K_s = 0,39$ (en el caso que se utilicen las alturas de ola significantes), que equivaldría a $K_{rms} = 0,78$ (si se emplean las alturas de ola medias cuadráticas).

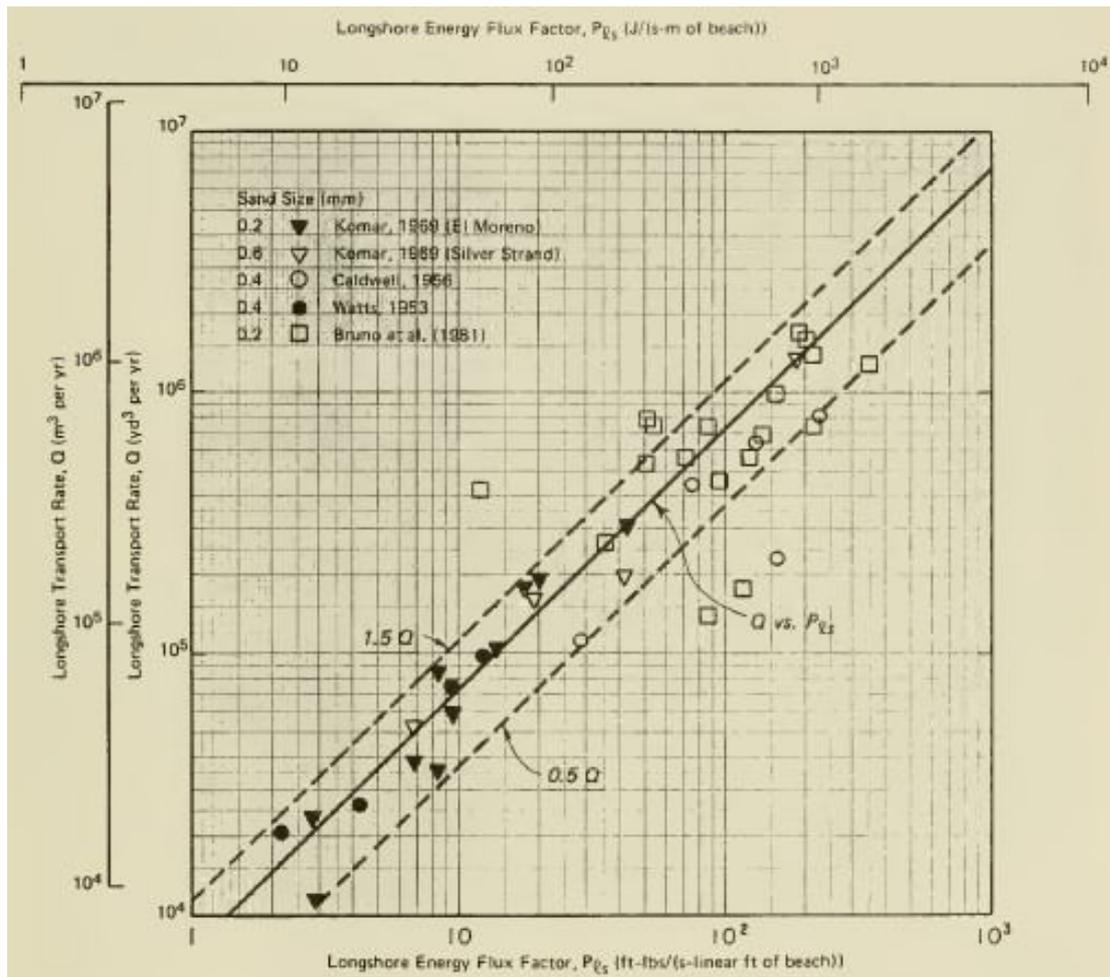


Fig. 8.1. Relación entre I_l y P_l a partir de datos de campo fuente: *Shore Protection Manual*, 1^o versión (1984), Department of the Army, US Army Corps of Engineers).

Para una correcta aplicación de esta formulación es necesario realizar un esquema de estudio de los sectores incidentes, en donde la suma de los sectores a un lado y otro de la normal a la costa determinara el valor bruto del TSL (suma de los valores absolutos a cada lado) o el valor neto (la resta en este caso), y en donde se determina el sentido anual del mismo (Ver figura 8.2).

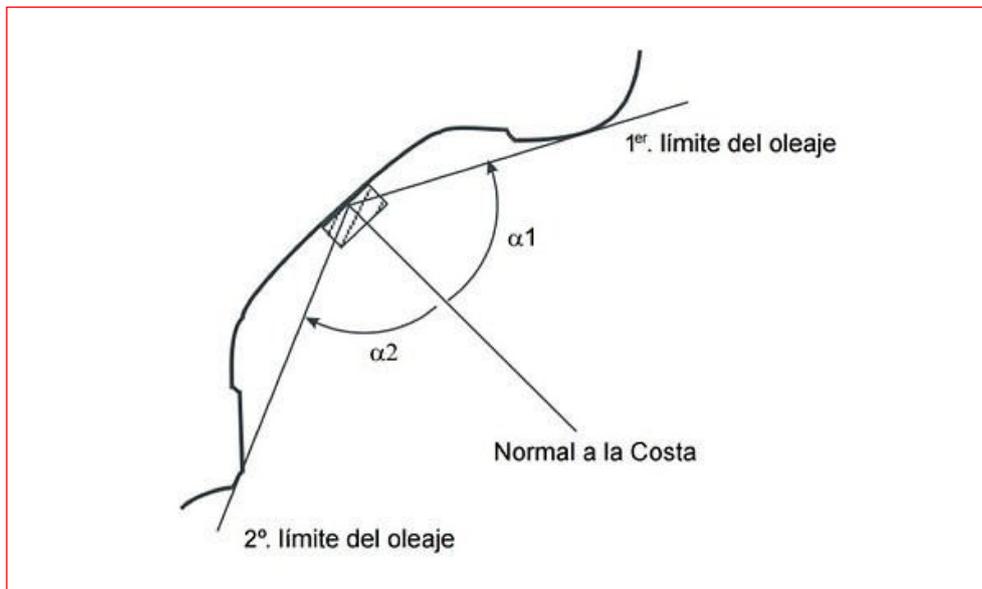


Fig. 8.2. Esquema general gráfico para el cálculo del TSL sobre un tramo de costa.

Partiendo de una idea similar a la formulación del CERC y basándose en un análisis dimensional y calibraciones con datos de laboratorio y de campo, Kamphuis (1991) propuso la siguiente expresión para el cálculo del transporte longitudinal,

$$Q_l = \frac{0.0013}{(1-n) \cdot (\rho_s - \rho_w)} \cdot \frac{\rho_w \cdot H_{s,br}^3}{T_p} \cdot \tan^{0.75} \beta_{br} \cdot \left(\frac{H_{s,br}}{L_o}\right)^{-1.25} \cdot \left(\frac{H_{s,br}}{D_{50}}\right)^{0.25} \cdot \sin^{0.6}(2 \alpha_{br}) \text{ en } m^3/s \text{ [6.6]}$$

donde T_p es el período pico del oleaje y el resto de parámetros los mismos que se emplean en la fórmula del CERC.

Por consiguiente, esta expresión tiene en cuenta simultáneamente la pendiente de la playa y el tamaño medio del sedimento, que como se ha visto anteriormente, son dos de los parámetros que influyen en el valor del transporte de sedimentos, por lo que sus resultados deberían ser más realistas que las anteriores fórmulas.

Se va a aplicar en este caso la formulación del CERC con un coeficiente de reducción $K_c = 0,30$ según los estudios realizados por el CEDEX (De la Peña, Arcilla, 1991) para adaptar esta expresión a la zona del Mar de Alborán, y la formulación de Kamphuis, utilizando el Tutor de Ingenierías de Costas (TIC) del programa Sistema de Modelado Costero (SMC) versión 2.5 para la aplicación de ambas expresiones, presentando los resultados obtenidos para cada sector y cada segmento de altura de ola en una tabla EXCEL, según esquema de cálculo de la incidencia de cada sector de $22,50^\circ$ sobre la playa.

8.2. Playa El Burgo – La Hacienda (zona de aterraje en la península):

La alineación considerada de la costa es N11,25°E, y por tanto, la dirección normal o perpendicular a la misma es E11,25°S.

Los límites sectoriales de oleajes que inciden sobre el tramo de estudio de la costa son:

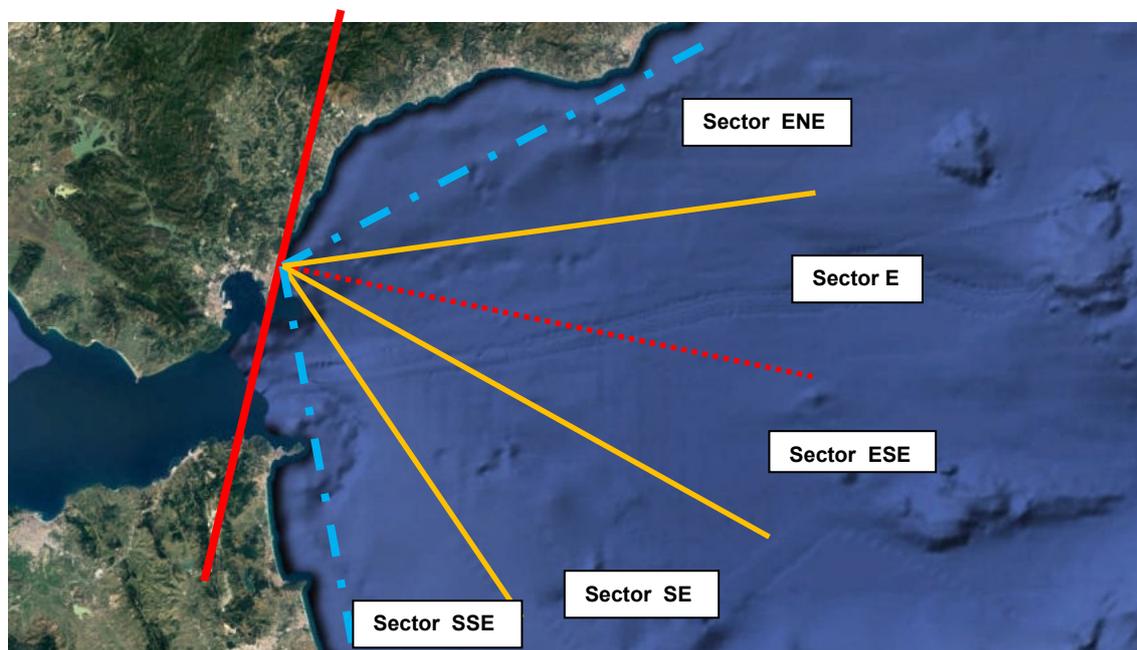


Fig. 8.3. Esquema de sectores de oleaje para el TSL.

- Alineación de la costa (Dirección N11,25°E)
- - - Perpendicular a alineación de la costa (E11,25°S)
- - - Límites sectoriales de oleajes incidentes sobre tramo de estudio
Límite norte = E33,75°N.
Límite sur = E56,25°S.
- Límites sectores direccionales

$$TSL_{P \rightarrow L} \text{ de poniente a levante} = \Sigma [(Sector SSE)+(Sector SE) +(Sector ESE)]$$

$$TSL_{L \rightarrow P} \text{ de levante a poniente} = \Sigma [(Sector E)+(Sector ENE)]$$

$$TSL_{Bruto} = TSL_{P \rightarrow L} + TSL_{L \rightarrow P}.$$

$$TSL_{Neto} = TSL_{P \rightarrow L} - TSL_{L \rightarrow P}.$$

Para la obtención del porcentaje de presencia de cada escalón de oleaje para cada sector (tomado cada 0,50 metros), se toma la distribución conjunta de dirección – altura de ola significativa correspondiente al régimen medio del punto SIMAR 6072028, tomando los datos en los que representa la presencia en % de cada oleaje respecto al total de estados del mar reflejados, incluidos las calmas. Se señalan en dicha tabla 8.1. los sectores que inciden con TSL sobre la costa y además su sentido direccional sobre la misma:

Tabla 8.1. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

Tabla Altura Significante (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	37.450												37.450
N 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNE 22.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NE 45.0	.250	.064	.009	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	.326
ENE 67.5	3.374	1.254	.128	.027	-	-	-	-	-	-	-	-	4.783
E 90.0	14.779	15.845	6.994	2.734	1.309	.551	.365	.180	.082	.052	.003	-	42.894
ESE 112.5	2.177	.627	.308	.192	.091	.015	.009	.018	.027	.012	-	-	3.477
SE 135.0	.822	.149	.021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.993
SSE 157.5	.853	.088	.006	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	.950
S 180.0	1.894	.335	.037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.265
SSW 202.5	6.053	.673	.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.732
SW 225.0	.131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.131
WSW 247.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W 270.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WNW 292.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NW 315.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNW 337.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	37.450	30.331	19.035	7.508	2.959	1.401	.566	.374	.198	.110	.064	.003	100 %

TSL_{P→L} de poniente a levante = Color verde.

TSL_{L→P} de levante a poniente = Color rojo.

Los valores del periodo de pico para cada tramo de altura de oleaje se toman de la 8.2:

Tabla 8.2. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

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	0.028	43.746	16.366	5.752	1.286	0.194	0.012	0.006	-	0.031	0.034	67.453
1.0	-	3.869	10.236	4.721	0.329	0.074	-	-	-	-	-	19.229
1.5	-	0.028	3.128	4.097	0.304	0.015	0.012	-	-	-	-	7.585
2.0	-	-	0.341	2.291	0.351	0.006	-	-	-	-	-	2.990
2.5	-	-	0.003	0.904	0.507	-	-	-	-	-	-	1.415
3.0	-	-	-	0.209	0.357	0.006	-	-	-	-	-	0.572
3.5	-	-	-	0.031	0.329	0.018	-	-	-	-	-	0.378
4.0	-	-	-	-	0.154	0.046	-	-	-	-	-	0.200
4.5	-	-	-	-	0.046	0.065	-	-	-	-	-	0.111
5.0	-	-	-	-	0.006	0.058	-	-	-	-	-	0.065
> 5.0	-	-	-	-	-	0.003	-	-	-	-	-	0.003
Total	0.028	47.642	30.074	18.005	3.669	0.486	0.025	0.006	-	0.031	0.034	100 %

Los resultados de la tabla anterior se pueden directamente introducir en la aplicación de cálculo del TSL del TIC (ver figuras 8.4 y 8.5):

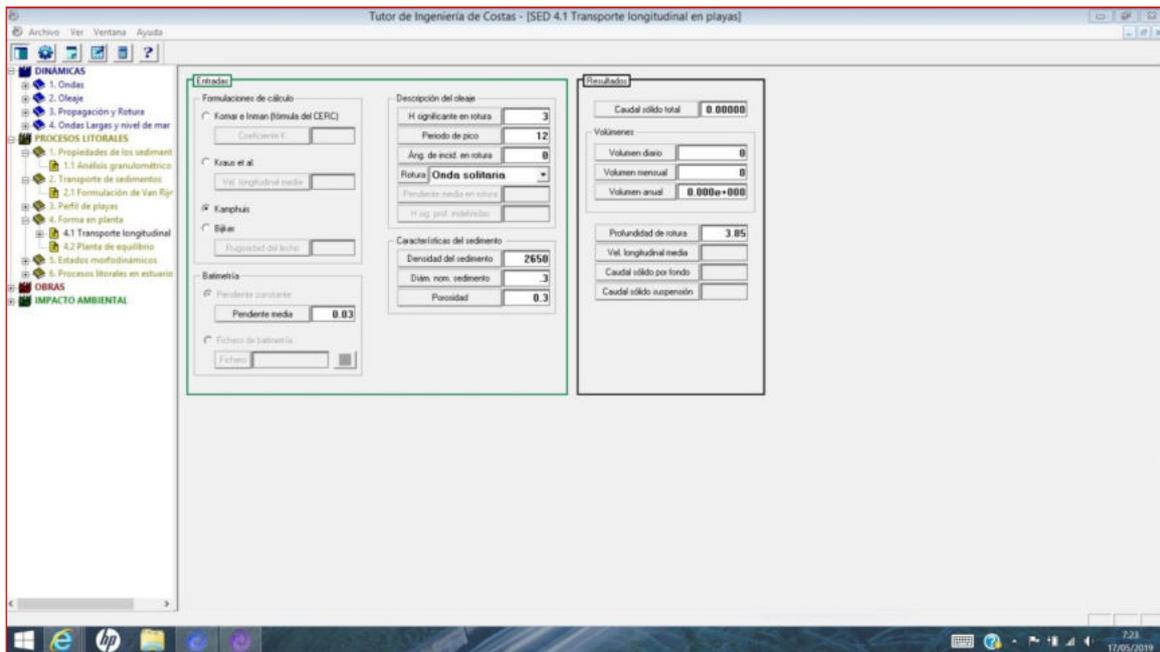


Fig. 8.4. Captura de pantalla del TIC del programa SMC.

En esta aplicación, en la pestaña de entradas, se dispone de las dos opciones a aplicar, ya sea la formulación del CERC o la de Kamphuis, presentándose ambas en este documento:

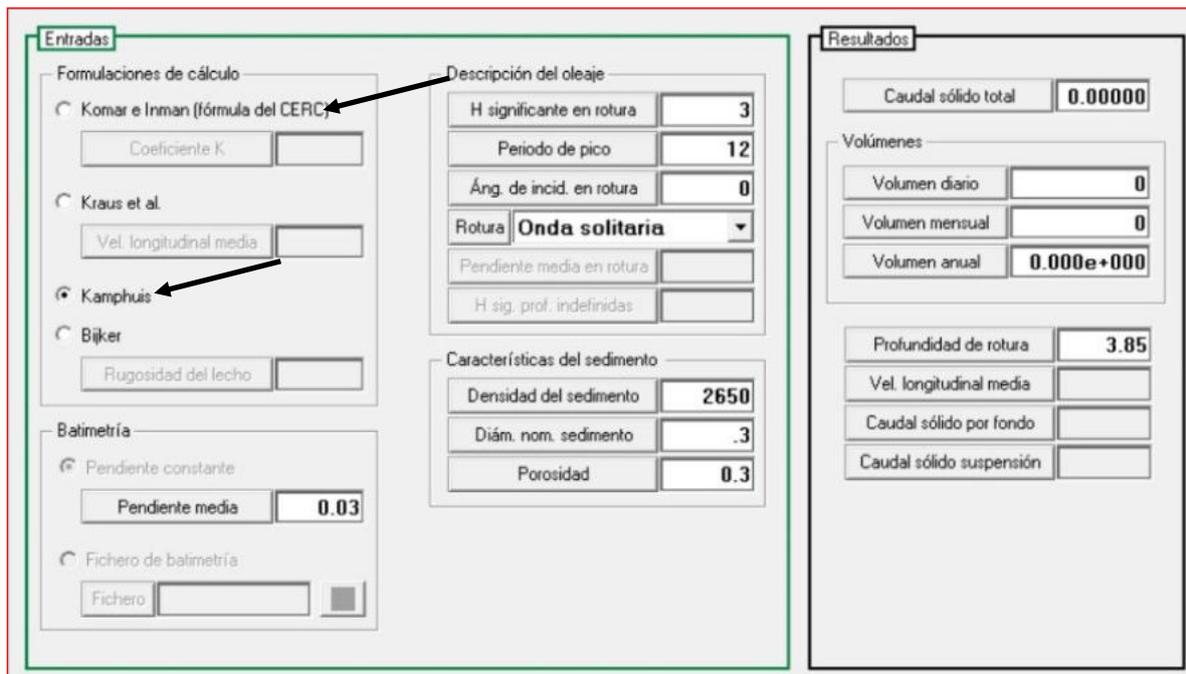


Fig. 8.5. Captura de pantalla del TIC del programa SMC.

En las tablas 8.3 y 8.4 se adjuntan los resultados obtenidos para cada sector direccional según su franja de altura de ola y tanto por ciento de presencia obtenidos de la tabla anterior, aplicando cada una de las dos formulaciones:

Formulación del CERC:

Tabla 8.3. Datos obtenidos con la formulación del CERC

Hs (m) (T asociado seg)	TSL _{L→P} (m ³ /año)		TSL _{P→L} (m ³ /año)		
	ENE	E	ESE	SE	SSE
0,5 (T=4,50)	11.502,30	20.876,07	3.075,12	2.802,28	2.907,96
1,0 (T=5,75)	23.832,95	124.748,47	4.936,40	2.760,03	1.672,48
1,5 (T=7,25)	6.733,75	152.402,75	6.711,47	1.104,75	315,64
2,0 (T=8,00)	2.895,10	121.435,66	8.528,03	---	321,67
2,5 (T=8,75)	---	101.061,08	7.025,63	---	---
3,0 (T=9,50)	---	67.015,54	1.824,37	---	---
3,5 (T= 10,00)	---	64.973,83	1.602,09	---	---
4,0 (T=10,75)	---	44.790,97	4.479,09	---	---
4,5 (T=11,25)	---	27.306,63	8.991,20	---	---
5,0 (T=11,75)	---	22.498,89	5.192,05	---	---
>5,0 (T=12)	---	1.638,88	---	---	---
TOTAL	44.964,10	747.748,77	52.365,45	6.667,06	5.217,75
	Total TSL _{L→P} = 792.712,87		Total TSL _{P→L} = 64.250,26		
Coef Red Kc = 0,30	Total TSL_{L→P} = 237.813,86		Total TSL_{P→L} = 19.275,07		

Por tanto, en este caso, se tendría:

$$\text{TSL}_{\text{Bruto}} = 257.088,93 \text{ m}^3/\text{año.}$$

$$\text{TSL}_{\text{Neto}} = 218.538,79 \text{ m}^3/\text{año (de levante a poniente).}$$

Formulación de Kamphuis:

Tabla 8.4. Datos obtenidos con la formulación de Kamphuis

Hs (m)	TSL _{L→P} (m ³)		TSL _{P→L} (m ³)		
	ENE	E	ESE	SE	SSE
0,5 (T=4,50 sg)	2.339,86	6.041,65	889,95	570,05	591,55
1,0 (T=5,75 sg)	5.016,50	37.360,92	1.478,40	596,05	352,03
1,5 (T=7,25 sg)	1.631,46	52.536,82	2.313,60	267,66	76,47
2,0 (T=8,00 sg)	709,16	42.321,36	2.972,09	---	78,79
2,5 (T=8,75 sg)	---	35.752,65	2.485,47	---	---
3,0 (T=9,50 sg)	---	24.515,91	667,40	---	---
3,5 (T= 10,00 sg)	---	23.872,58	588,63	---	---
4,0 (T=10,75 sg)	---	17.138,50	1.713,85	---	---
4,5 (T=11,25 sg)	---	10.578,75	3.483,24	---	---
5,0 (T=11,75 sg)	---	8.840,31	2.040,07	---	---
H>5,0 (5,5, T=12)	---	636,91	---	---	---
TOTAL	9.696,98	259.596,36	18.632,70	1.433,76	1.020,05
	Total TSL_{L→P} = 269.293,34		Total TSL_{P→L} = 21.086,51		

Por tanto, en este caso, se tendría:

$$\text{TSL}_{\text{Bruto}} = 290.379,85 \text{ m}^3/\text{año.}$$

$TSL_{\text{Neto}} = 248.206,83 \text{ m}^3/\text{año}$ (de levante a poniente).

Son valores parecidos. Se insiste en que estos valores reflejan la capacidad máxima de transporte, no siendo en todo caso valores excesivos, y dejando como principal característica la existencia de un balance sedimentario de sentido levante a poniente.

8.3. Playa Calamocarro y Punta Blanca (zona de aterraje Cauta Norte):

La alineación considerada de la costa es $E33,75^\circ S$, y por tanto, la dirección normal o perpendicular a la misma es $N33,75^\circ E$. Los límites sectoriales de oleajes que inciden sobre el tramo de estudio de la costa se puede apreciar en la figura 8.6:

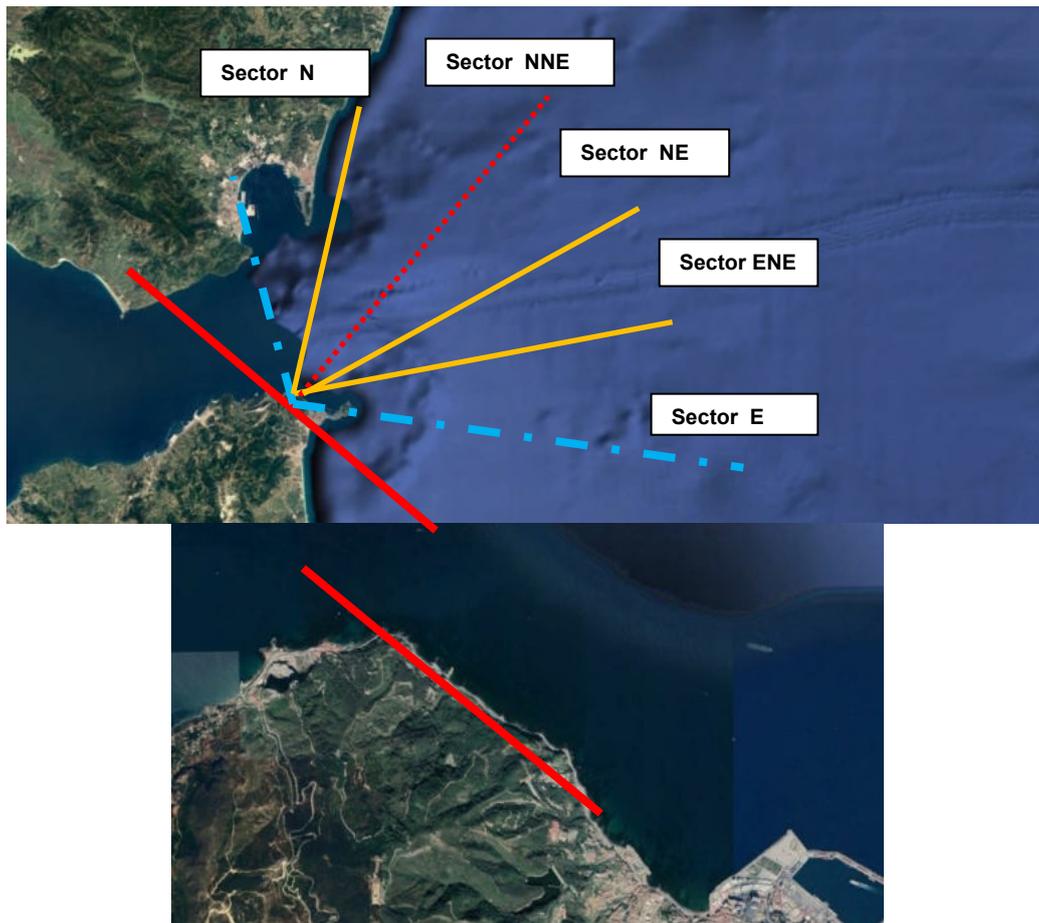


Fig. 8.6. Esquema de sectores de oleaje para el TSL. Detalle de alineación de la costa.

- Alineación de la costa (Dirección $E33,75^\circ S$)
- ⋯ Perpendicular a alineación de la costa ($N33,75^\circ E$)
- - - Límites sectoriales de oleajes incidentes sobre tramo de estudio
Límite norte = $N11,25^\circ W$.
Límite sur = $E11,25^\circ S$.
- Límites sectores direccionales

$$TSL_{P \rightarrow L} \text{ de poniente a levante} = \Sigma [(Sector N)+(Sector NNE)]$$

$TSL_{L \rightarrow P}$ de levante a poniente = $\Sigma [(Sector NE)+(Sector ENE)+(Sector E)]$

$TSL_{Bruto} = TSL_{P \rightarrow L} + TSL_{L \rightarrow P}$.

$TSL_{Neto} = TSL_{P \rightarrow L} - TSL_{L \rightarrow P}$.

Se va a proceder de manera similar al punto anterior, pero esta vez tomando los datos del punto SIMAR 6070010, como punto característico del tramo de costa de Ceuta Norte. Se señalan en dicha tabla los sectores que inciden con TSL sobre la costa y además su sentido direccional sobre la misma:

Tabla 8.5. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

Tabla Altura Significante (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0		
CALMAS	12.027												12.027	
N 0.0		1.002	.076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.078
NNE 22.5		1.206	.113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.318
NE 45.0		2.728	.743	.100	.027	.009	-	-	-	-	-	-	-	3.608
ENE 67.5		11.932	11.743	3.103	.834	.335	.201	.107	.040	.052	.018	.003	-	28.367
E 90.0		4.056	6.598	4.077	2.058	.892	.378	.195	.107	.064	.030	-	-	18.454
ESE 112.5		.021	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.024
SE 135.0		.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.006
SSE 157.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S 180.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSW 202.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW 225.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WSW 247.5		.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.009
W 270.0		2.512	.018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.530
WNW 292.5		23.819	4.247	.128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.194
NW 315.0		2.701	.466	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.170
NNW 337.5		1.075	.140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.215
Total	12.027	51.066	24.147	7.411	2.920	1.236	.578	.301	.146	.116	.049	.003	-	100 %

$TSL_{P \rightarrow L}$ de poniente a levante = Color rojo.

$TSL_{L \rightarrow P}$ de levante a poniente = Color verde.

Los valores del periodo de pico para cada tramo de altura de oleaje se toman de la tabla 8.6:

Tabla 8.6. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/es-es>

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	-	25.614	19.064	7.857	4.643	3.723	1.800	0.286	0.082	0.003	-	63.072
1.0	-	2.891	13.428	6.373	0.950	0.378	0.134	0.006	-	-	-	24.161
1.5	-	0.003	2.498	4.451	0.399	0.061	0.003	-	-	-	-	7.415
2.0	-	-	0.158	2.257	0.481	0.015	0.009	-	-	-	-	2.921
2.5	-	-	0.006	0.713	0.518	-	-	-	-	-	-	1.237
3.0	-	-	-	0.122	0.448	0.009	-	-	-	-	-	0.579
3.5	-	-	-	0.012	0.262	0.027	-	-	-	-	-	0.302
4.0	-	-	-	-	0.088	0.058	-	-	-	-	-	0.146
4.5	-	-	-	-	0.030	0.085	-	-	-	-	-	0.116
5.0	-	-	-	-	0.003	0.046	-	-	-	-	-	0.049
> 5.0	-	-	-	-	-	0.003	-	-	-	-	-	0.003
Total	-	28.508	35.155	21.785	7.823	4.405	1.947	0.292	0.082	0.003	-	100 %

Aplicando los resultados obtenidos del uso de la tabla de cálculo del TIC, como anteriormente se ha expuesto, se tienen los resultados presentados en la tabla 8.7:

Formulación del CERC:

Tabla 8.7. Datos obtenidos con la formulación del CERC

Hs (m) (T asociado)	TSL _{p→L} (m ³)		TSL _{L→p} (m ³)		
	N	NNE	NE	ENE	E
0,5 (T=4,50 sg)	3.415,91	1.703,53	3.853,43	40.677,38	13.827,30
1,0 (T=5,75 sg)	1.444,42	889,65	5.849,67	223.182,17	125.398,61
1,5 (T=7,00 sg)	---	---	2.167,37	162.357,49	213.319,85
2,0 (T=8,00 sg)	---	---	1.199,25	89.426,52	220.671,21
2,5 (T=8,00 sg)	---	---	683,24	61.397,94	163.483,48
3,0 (T=10,00 sg)	---	---	---	59.523,22	119.939,20
3,5 (T= 10,00 sg)	---	---	---	45.983,74	83.802,15
4,0 (T=10,50 sg)	---	---	---	23.924,72	63.998,64
4,5 (T=12,00 sg)	---	---	---	42.280,41	52.037,43
5,0 (T=12,00 sg)	---	---	---	18.875,93	31.459,89
H>5,0 (5,5, T=12)	---	---	---	3.956,66	---
TOTAL	4.860,33	2.593,18	13.752,97	771.586,18	1.087.937,76
	Total TSL _{p→L} = 7.453,51		Total TSL _{L→p} = 1.873.276,91		
Coef Red Kc = 0,30	Total TSL_{p→L} = 2.236,05		Total TSL_{L→p} = 561.983,07		

Por tanto, en este caso, se tendría:

TSL_{Bruto} = 564.219,12 m³/año.
TSL_{Neto} = 559.747,02 m³/año (de levante a poniente).

Formulación de Kamphuis:

Tabla 8.8. Datos obtenidos con la formulación de Kamphuis

Hs (m)	TSL _{P→L} (m ³)		TSL _{L→P} (m ³)		
	ENE	E	ESE	SE	SSE
0,5 (T=4,50 sg)	694,88	493,01	1.115,20	8.274,84	2.812,83
1,0 (T=5,75 sg)	304,03	266,44	1.751,91	46.976,69	26.394,63
1,5 (T=7,00 sg)	---	---	712,48	37.522,87	49.300,91
2,0 (T=8,00 sg)	---	---	417,95	21.905,34	54.054,19
2,5 (T=8,00 sg)	---	---	217,66	13.748,60	36.608,21
3,0 (T=10,00 sg)	---	---	---	16.601,03	31.219,85
3,5 (T= 10,00 sg)	---	---	---	12.028,54	21.921,18
4,0 (T=10,50 sg)	---	---	---	6.319,02	16.903,39
4,5 (T=12,00 sg)	---	---	---	12.702,54	15.633,91
5,0 (T=12,00 sg)	---	---	---	5.428,39	9.054,99
H>5,0 (5,5, T=12)	---	---	---	1.094,72	---
TOTAL	998,91	759,45	4.215,20	182.602,58	263.904,09
	Total TSL_{P→L} = 1.758,36		Total TSL_{L→P} = 450.721,87		

Por tanto, en este caso, se tendría:

$$\text{TSL}_{\text{Bruto}} = 452.480,23 \text{ m}^3/\text{año.}$$

$$\text{TSL}_{\text{Neto}} = 448.963,51 \text{ m}^3/\text{año (de levante a poniente).}$$

Son valores muy parecidos. El balance es claramente en sentido hacia poniente, con una capacidad máxima más elevada que en el tramo anterior, sin apenas influencia o aportación de transporte de poniente a levante.

8.4. Playa zona El Taraje (zona de aterraje Ceuta Sur):

La alineación considerada de la costa es N11,25°E, y por tanto, la dirección normal o perpendicular a la misma es E11,25°S.

Los límites sectoriales de oleajes que inciden sobre el tramo de estudio de la costa pueden apreciarse en la figura 8.7:

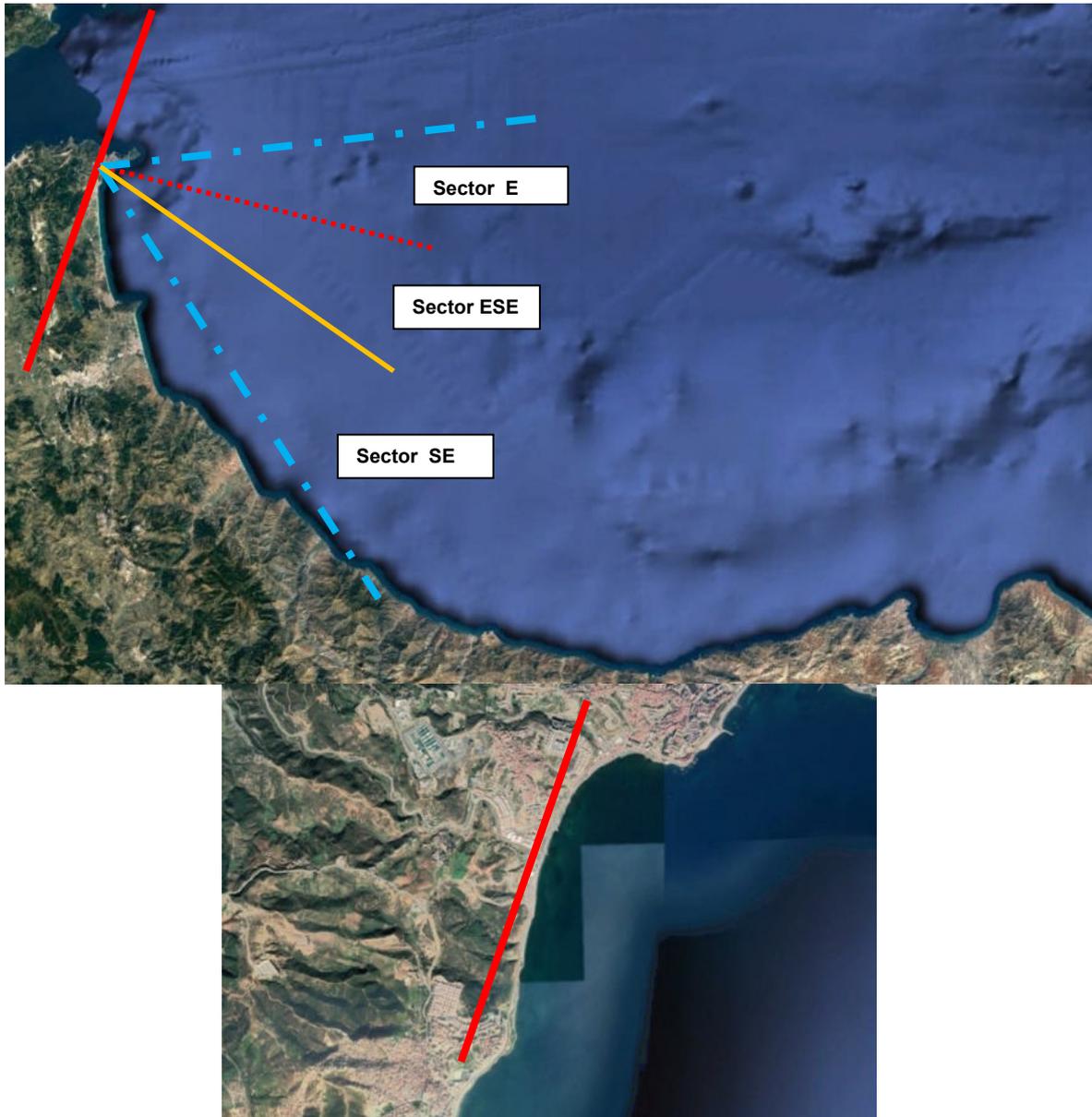


Fig. 8.7. Esquema de sectores de oleaje para el TSL. Detalle de alineación de la costa.

- Alineación de la costa (Dirección N11,25°E)
- ⋯ Perpendicular a alineación de la costa (E11,25°S)
- - - Límites sectoriales de oleajes incidentes sobre tramo de estudio
Límite norte = E11,25°N.
Límite sur = E67,25°S.
- Límites sectores direccionales

$$TSL_{N \rightarrow S} \text{ de norte a sur} = \text{Sector E}$$

$$TSL_{S \rightarrow N} \text{ de sur a norte} = \Sigma [(\text{Sector ESE}) + (\text{Sector SE})]$$

$$TSL_{\text{Bruto}} = TSL_{S \rightarrow N} + TSL_{N \rightarrow S}.$$

$$TSL_{\text{Neto}} = TSL_{N \rightarrow S} - TSL_{S \rightarrow N}.$$

Se procede a realizar los mismos cálculos que en los tramos anteriores, pero con los datos de oleaje del punto SIMAR 6270010 en este caso. Se señalan en dicha tabla los sectores que inciden con TSL sobre la costa y además su sentido direccional sobre la misma:

Tabla 8.9. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

Tabla Altura Significante (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	46.374												46.374
N 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNE 22.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NE 45.0	-	.286	.027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.314
ENE 67.5	-	2.765	.612	.070	.018	-	-	-	.003	-	-	-	3.468
E 90.0	17.047	16.052	6.832	2.932	1.528	.652	.344	.198	.131	.030	.003	-	45.750
ESE 112.5	-	.990	.365	.186	.064	.015	.006	.006	-	-	-	-	1.632
SE 135.0	-	.387	.070	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	.460
SSE 157.5	-	.259	.049	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	.317
S 180.0	1.069	.265	.015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.349
SSW 202.5	-	.326	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.329
SW 225.0	-	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.009
WSW 247.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W 270.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WNW 292.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NW 315.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNW 337.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	46.374	23.137	17.443	7.115	3.014	1.544	.658	.350	.201	.131	.030	.003	100 %

TSL_{N→S} de norte a sur = Color rojo.

TSL_{S→N} de sur a norte = Color verde.

Los valores del periodo de pico para cada tramo de altura de oleaje se toman de la tabla 8.10:

Tabla 8.10. Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

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	0.125	28.099	26.870	9.334	2.723	0.571	0.119	0.035	0.003	-	-	67.879
1.0	-	2.441	10.396	5.142	0.318	0.080	-	-	-	-	-	18.376
1.5	-	-	3.006	4.119	0.343	0.016	0.013	-	-	-	-	7.496
2.0	-	-	0.366	2.422	0.382	0.006	-	-	-	-	-	3.176
2.5	-	-	0.006	1.119	0.497	0.003	-	-	-	-	-	1.626
3.0	-	-	-	0.276	0.401	0.016	-	-	-	-	-	0.693
3.5	-	-	-	0.051	0.289	0.029	-	-	-	-	-	0.369
4.0	-	-	-	-	0.151	0.061	-	-	-	-	-	0.212
4.5	-	-	-	-	0.042	0.096	-	-	-	-	-	0.138
5.0	-	-	-	-	0.006	0.026	-	-	-	-	-	0.032
> 5.0	-	-	-	-	-	0.003	-	-	-	-	-	0.003
Total	0.125	30.540	40.643	22.463	5.151	0.908	0.132	0.035	0.003	-	-	100 %

Aplicando los resultados obtenidos del uso de la tabla de cálculo del TIC, como anteriormente se ha expuesto, se tienen los resultados resumidos en la tabla 8.11:

Formulación del CERC:

Tabla 8.11. Datos obtenidos con la formulación del CERC

Hs (m) (T asociado)	TSL _{N→S} (m ³)		TSL _{S→N} (m ³)	
	E	ESE	SE	SE
0,5 (T=4,50 sg)	24.079,73	1.398,42	1.319,32	
1,0 (T=5,75 sg)	126.378,19	2.873,66	1.330,38	
1,5 (T=7,50 sg)	149.620,80	4.073,40	158,59	
2,0 (T=7,75 sg)	129.523,88	2.827,26	---	
2,5 (T=8,50 sg)	117.366,59	1.152,15	---	
3,0 (T=9,00 sg)	78.511,98	722,50	---	
3,5 (T= 10,00 sg)	61.235,61	1.068,06	---	
4,0 (T=11,00 sg)	49.471,70	---	---	
4,5 (T=11,50 sg)	43.799,49	---	---	
5,0 (T=12,00 sg)	13.031,15	---	---	
H>5,0 (5,5, T=12)	1.638,88	---	---	
TOTAL	794.658,00	14.115,45	2.808,29	
	Total TSL _{N→S} = 794.658,00	Total TSL _{S→N} = 16.923,74		
Coef Red Kc = 0,30	Total TSL_{N→S} = 238.397,40	Total TSL_{S→N} = 5.077,12		

Por tanto, en este caso, se tendría:

TSL_{Bruto} = 243.474,52 m³/año.

TSL_{Neto} = 233.320,28 m³/año (de norte a sur).

Formulación de Kamphuis:

Tabla 8.12. Datos obtenidos con la formulación de Kamphuis

Hs (m) (T asociado)	TSL _{N→S} (m ³)		TSL _{S→N} (m ³)	
	E	ESE	SE	SE
0,5 (T=4,50 sg)	6.968,81	404,71	268,38	
1,0 (T=5,75 sg)	37.849,01	860,63	280,02	
1,5 (T=7,50 sg)	48.676,63	1.352,21	36,27	
2,0 (T=7,75 sg)	45.386,33	990,69	---	
2,5 (T=8,50 sg)	40.473,74	397,20	---	
3,0 (T=9,00 sg)	27.094,02	249,33	---	
3,5 (T= 10,00 sg)	22.789,14	397,48	---	
4,0 (T=11,00 sg)	19.765,12	---	---	
4,5 (T=11,50 sg)	17.961,55	---	---	
5,0 (T=12,00 sg)	5.331,55	---	---	
H>5,0 (5,5, T=12)	645,11	---	---	
TOTAL	272.941,01	4.652,25	584,67	
	Total TSL_{N→S} = 272.941,01	Total TSL_{S→N} = 5.236,92		

Por tanto, en este caso, se tendría:

TSL_{Bruto} = 278.177,93 m³/año.

TSL_{Neto} = 267.704,09 m³/año (de norte a sur).

El balance es claramente en sentido de norte a sur, sin apenas influencia del aporte del transporte en sentido contrario.

9. Profundidad de cierre

9.1. Playas de La Hacienda – El Burgo (península).

La zonificación de las diferentes partes o tramos del perfil de playa viene determinada con el concepto de profundidad activa, que es la profundidad hasta la que existen fenómenos importantes de transporte de sedimentos paralelos a la costa (d_i), es decir, una corriente de arena lateral que se mueve paralela a la costa, y que determina de manera fundamental habitualmente la evolución de las formas en planta de una playa, y por tanto, su estabilidad o no.

Por otro lado, la profundidad denominada de cierre es aquella a partir de la cual no hay ningún tipo de transporte, bien sea paralelo o perpendicular a la costa (d_s). Es la que determina hasta donde llegan las arenas que se mueven en las variaciones estacionales de los denominados perfiles de invierno y verano. Muchos autores consideran que el tramo existente entre la profundidad activa y la de cierre se denomina “shoal zone”, y en dicha zona solo actúan fenómenos de transporte perpendiculares a la costa.

Para calcular dichas profundidades se utiliza el concepto de H_{s12} , que es la altura de ola significativa que solamente es superada o excedida sólo doce horas al año en régimen medio

$$p(H < H_{s12}) = 1 - 12 \text{ horas} / (24 \text{ horas} \times 365 \text{ días}) = 0,9986$$

Este valor se puede obtener del capítulo 4 de Caracterización del Oleaje, consultando el régimen medio del punto SIMAR 6072028 que representa este tramo de playa es:

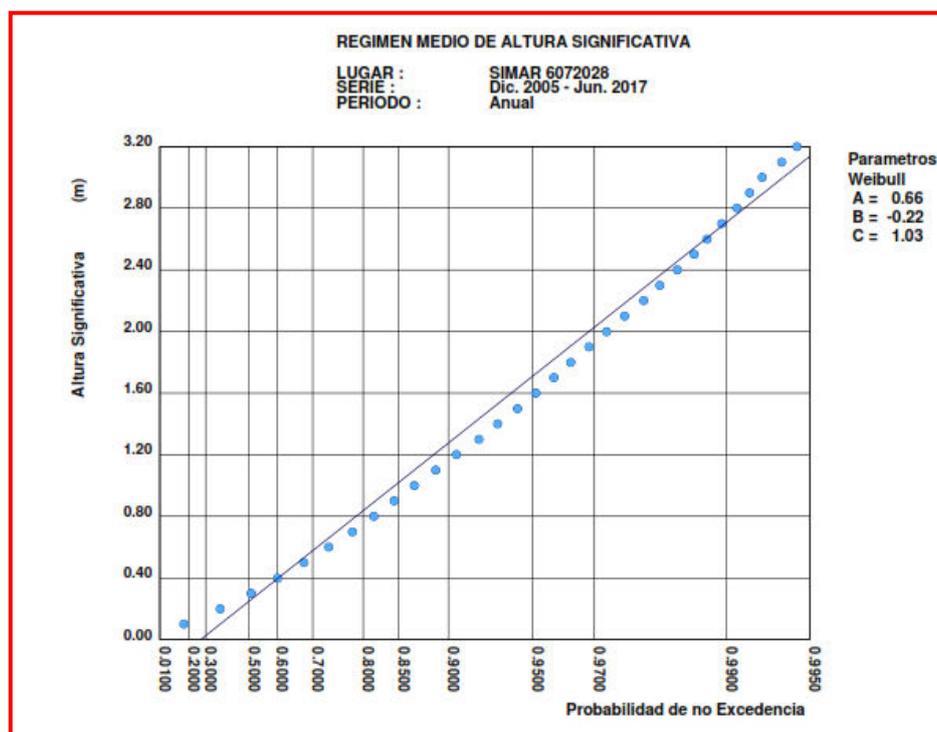


Fig. 9.1. Representación del régimen medio del punto SIMAR 6072028

Como se puede comprobar, el valor de probabilidad de no excedencia correspondiente a $p = 0,9986$ se sale de la gráfica, pero puede obtenerse aplicando los parámetros de Weibull sobre la función de distribución del mismo nombre:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-B}{A}\right)^C\right)$$

En este caso, para $F_e(x) = 0,9986$, el valor de x sería 3,20, y por tanto, $H_{s12} = 3,88$ metros.

Según los estudios y ensayos de campo de Hallermeier y Birkemeier (1978 y 1985), se plantea el siguiente modelo de zonificación de perfil de playa (ver figura 9.2):

· H_{12} Altura de ola significativa o promedio del tercio de olas más altas, excedida doce horas al año en régimen medio.

· d_l Profundidad litoral, es decir, aquella donde existe transporte de sedimentos en sentido longitudinal o longshore y transversal, onshore - offshore.

· d_s Profundidad shoal o de asomeramiento, es decir, aquella hasta donde se puede cuantificar el transporte transversal.

· d_{off} Profundidad offshore, donde no existe actividad por efecto ondulatorio, zona neutra, próxima al punto de Cornaglia.

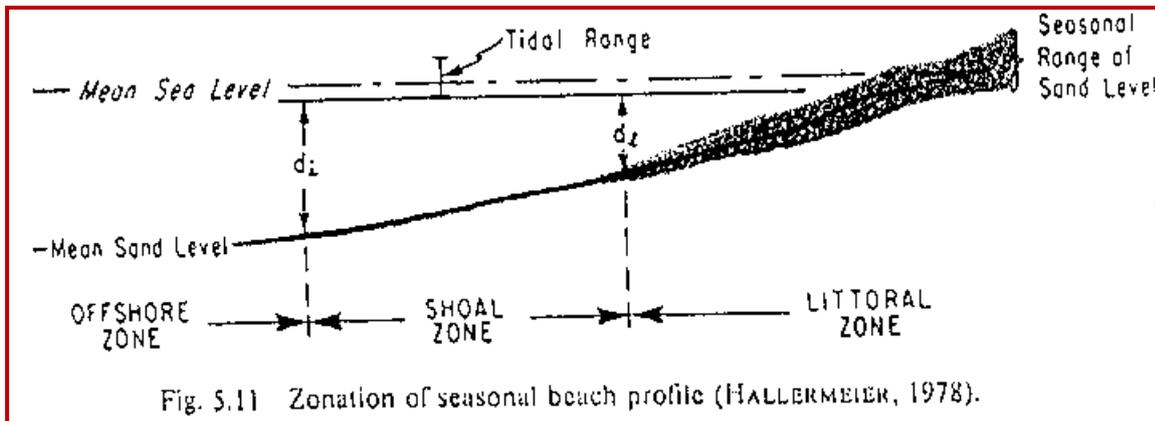


Fig. 9.2. Zonificación del Perfil de Playa.

La clasificación habitual fue realizada por Hallermeier, 1978 y 1985, si bien, la formulación sencilla y aplicable será la de Birkemeier, 1985, que define:

$$d_l = 2.28 H_{12} - 68,90 \cdot \frac{H_{s12}^2}{g \cdot T_z^2} \quad [9.1]$$

siendo,

d_l Profundidad litoral en metros

H_{s12} Altura de ola significativa excedida doce horas en régimen medio en metros

g Aceleración de la gravedad, m/s^2

T_z Período del oleaje correlacionado con H_{12} , s

Empleando datos de campo, Birkemeier corrige la fórmula de Hallermeier, obteniendo:

$$d_l = 1,75 \cdot H_{12} - 57,90 \cdot \frac{H_{s12}^2}{g \cdot T_z^2} \quad [9.2]$$

Corrigiendo para un espectro Jonswap, en lugar de Pierson Moskowitz, y como fórmula simplificada se obtiene:

$$d_l = 1.75 \cdot H_{s12}; d_s = 2 \cdot d_l = 3.50 \cdot H_{s12} \quad [9.3]$$

Por tanto, se obtienen las siguientes profundidades en este caso:

$$d_l = 2.28H_{s12} - 68.90 \cdot H_{s12}^2/gT^2 \rightarrow \text{que se puede simplificar a la expresión} \rightarrow$$

$$d_l = 1.75H_{s12} = 1.75 \cdot 3.88 = 6.79 \text{ m.}$$

A su vez, la profundidad de cierre se calcula en base a la de fondos activos con la expresión:

$$d_s = 3.50 \cdot H_{s12} = 3.50 \cdot 3.88 = 13.58 \text{ m.}$$

En definitiva, estos resultados quieren decir, entre otras cuestiones, que los cambios morfodinámicos en la zona de rompiente se van a producir en mayor medida hasta la batimétrica en torno a la -6,50 a -7,00 metros principalmente, y en menor medida hasta la batimétrica -13,50 aproximadamente. A partir de dicha profundidad no son previsibles modificaciones en el fondo marino.

9.2. Playas El Tarajal – Miramar (Ceuta sur).

Se procede del mismo modo que en el apartado correspondiente a la playa anterior. En este caso, el régimen medio corresponde al punto SIMAR 6070006:

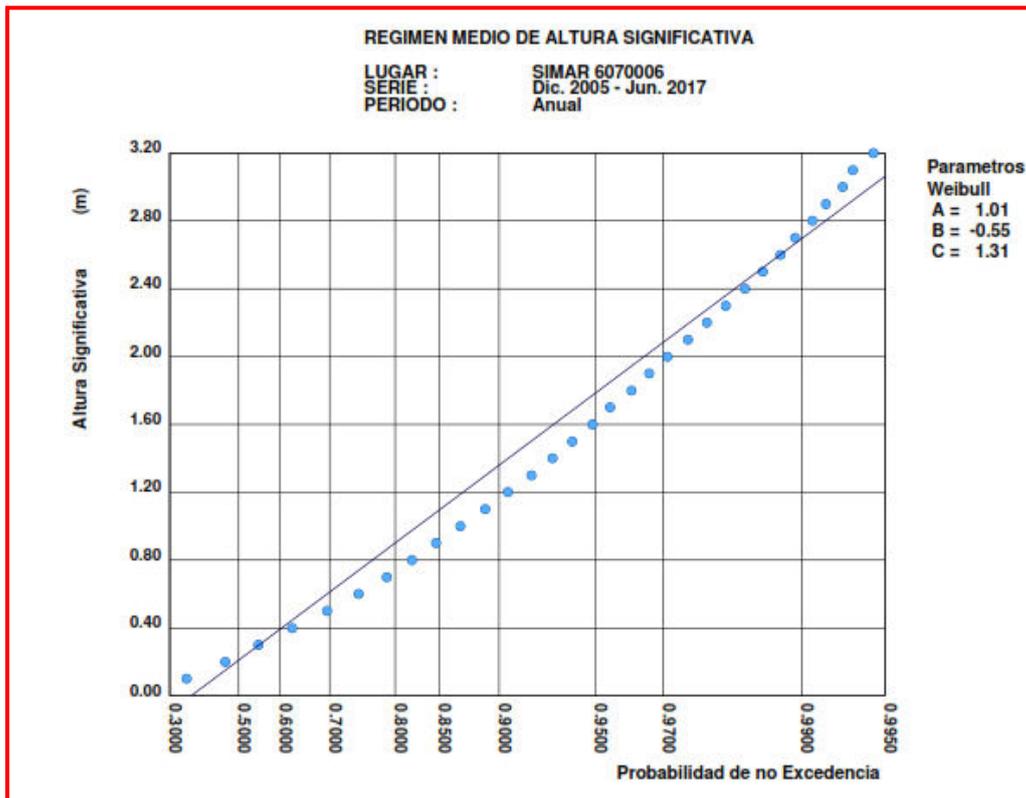


Fig. 9.3. Representación del régimen medio del punto SIMAR 6070006

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - B}{A}\right)^C\right)$$

En este caso, para $F_e(x) = 0,9986$, el valor de x sería 3.70, y por tanto, $H_{s12} = 3.70$ metros.

Por tanto, se obtienen las siguientes profundidades en este caso:

$$d_l = 2,28H_{s12} - 68,90 \cdot H_{s12}^2/gT^2 \rightarrow \text{que se puede simplificar a la expresión} \rightarrow$$

$$d_l = 1,75H_{s12} = 1,75 \cdot 3,70 = 6.47 \text{ m.}$$

A su vez, la profundidad de cierre se calcula en base a la de fondos activos con la expresión:

$$d_s = 3,50H_{s12} = 3,50 \cdot 3,70 = 12.95 \text{ m.}$$

Por tanto, y al igual que en el caso anterior, los cambios morfodinámicos en la zona de rompiente se van a producir en mayor medida hasta la batimétrica en torno a la -6,50 metros principalmente.

9.3. Playas Punta Blanca - Calamocarro (Ceuta norte).

Se procede del mismo modo que en los apartados correspondientes a las playas anteriores. En este caso, el régimen medio corresponde al punto SIMAR 6070010:

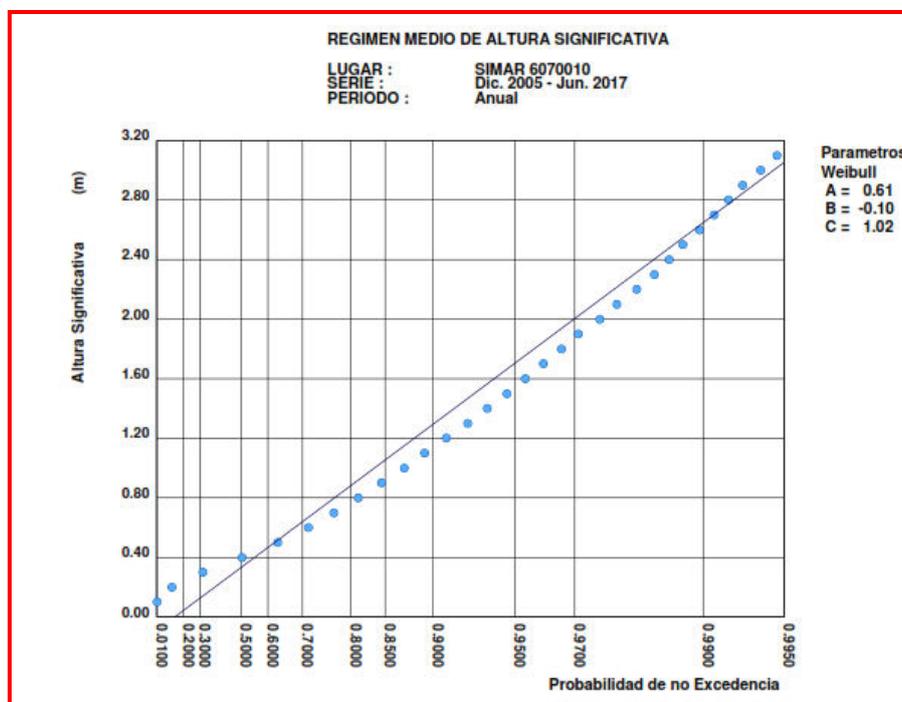


Fig. 9.4. Representación del régimen medio del punto SIMAR 6070006

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - B}{A}\right)^C\right)$$

En este caso, para $F_e(x) = 0,9986$, el valor de x sería 3,76, y por tanto, $H_{s12} = 3,76$ metros.

Por tanto, se obtienen las siguientes profundidades en este caso:

$$d_i = 2,28H_{s12} - 68,90 \cdot H_{s12}^2/gT^2 \rightarrow \text{que se puede simplificar a la expresión} \rightarrow$$

$$d_i = 1,75H_{s12} = 1,75 \cdot 3,76 = 6,58 \text{ m.}$$

A su vez, la profundidad de cierre se calcula en base a la de fondos activos con la expresión:

$$d_s = 3,50H_{s12} = 3,50 \cdot 3,76 = 13,16 \text{ m.}$$

En definitiva, estos resultados quieren decir, al igual que en las otras dos zonas, que los cambios morfodinámicos en la zona de rompiente se van a producir en mayor medida hasta la batimétrica en torno a la -6.50 metros principalmente.

9.4 Resumen de los datos obtenidos de Zonificación de perfil:

Se presenta un resumen de los datos de zonificación del perfil de playa en la tabla 9.1:

Tabla 9.1. Resumen de las profundidades de zonificación de playa.

Zona	Profundidad activa	Profundidad de cierre
Provincia de Cádiz	6,79 m	13,58 m
Ceuta Norte	6,47 m	12,95 m
Ceuta Sur	6,58 m	13,16 m

10. Estimación de la operatividad según el régimen medio del oleaje en las zonas de aterraje y en mar profundo.

Según la propuesta general de posible “pasillo” de diseño del trazado en estudio, se adjunta la estimación de no excedencia de diferentes oleajes a diferentes alturas en cada zona de trabajo, bien sea zona de aterraje o mar profundo. Dichas tablas pueden servir de guía para evaluar los días posibles de trabajo según las condiciones técnicas que se estiman adecuadas y del lado de la seguridad para la obra a ejecutar, pero no una certeza en el día a día, sólo tendencias a lo largo del año. En el siguiente esquema se señala el pasillo de diseño y las boyas representativas del oleaje en color rojo (zona aterraje) o amarillo (mar profundidad indefinida):

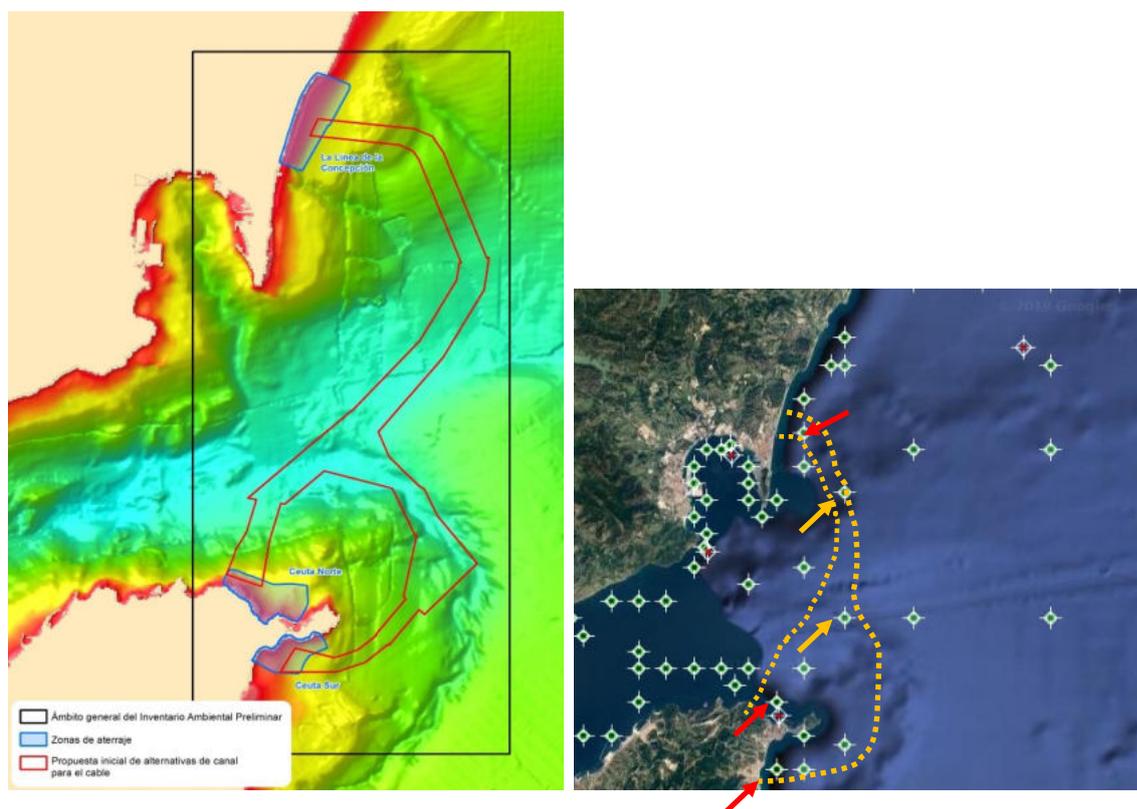


Fig. 10.1. Área de estudio y puntos SIMAR estudiados en cercanía de la costa (rojo) y en alta mar (amarillo).

10.1 Estimación días de no excedencia de oleaje medio en las zonas de aterraje

10.1.1. Playas El Burgo – La Hacienda (La Línea, Cádiz)

Se puede estudiar esta estimación con el régimen medio en este caso característico del punto SIMAR 6072028, a partir de los resultados de la tabla 8.2

Pasando los datos de la columna de la derecha (% de ocurrencia de un estado de mar) a días al año, siendo los 365 días el 100% de dicha tabla, se tendrían los siguientes resultados:

Tabla 10.1 Estimación según un régimen medio de ocurrencia de un oleaje al cabo del año

Hs (m)	% ocurrencia	Días ocurrencia	Días no ocurrencia
Hs<0,5	67,45	246,2	118,7
1,0	19,22	70,1	294,8
1,5	7,58	27,6	337,3
2,0	2,99	10,1	354,0
2,5	1,41	5,1	359,8
3,0	0,57	2,0	362,9
3,5	0,37	1,3	363,6
4,0	0,20	0,7	364,2
4,5	0,111	0,4	364,5
5,0	0,065	0,2	364,8
Hs>5,0	0,003	0,1	364,9

10.1.2. Playas Punta Blanca - Calamocarro (Ceuta Norte):

Se puede estudiar esta estimación con el régimen medio en este caso característico del punto SIMAR 6072010, según la tabla 8.6, al igual que en el caso anterior.

Tabla 10.2 Estimación según un régimen medio de ocurrencia de un oleaje al cabo del año

Hs (m)	% ocurrencia	Días ocurrencia	Días no ocurrencia
Hs<0,5	63,07	230,2	134,7
1,0	24,16	88,1	276,8
1,5	7,41	27,0	337,9
2,0	2,92	10,6	354,3
2,5	1,23	4,5	360,4
3,0	0,57	2,1	362,8
3,5	0,30	1,1	363,8
4,0	0,14	0,5	364,4
4,5	0,116	0,4	364,5
5,0	0,049	0,2	364,8
Hs>5,0	0,003	0,1	364,9

10.1.3. Playa El Taraje (Ceuta Sur):

Se puede estudiar esta estimación con el régimen medio en este caso característico del punto SIMAR 6072006, según la tabla 8.10. Pasando los datos de la columna de la derecha (% de ocurrencia de un estado de mar) a días al año, siendo los 365 días el 100%, de dicha tabla, se tendrían los siguientes resultados:

Tabla 10.3 Estimación según un régimen medio de ocurrencia de un oleaje al cabo del año

Hs (m)	% ocurrencia	Días ocurrencia	Días no ocurrencia
Hs<0,5	63,87	233,1	131,8
1,0	18,37	67,0	297,9
1,5	7,49	27,3	337,6
2,0	3,17	11,5	353,4
2,5	1,62	5,9	359,0
3,0	0,69	2,5	362,4
3,5	0,36	1,3	363,6
4,0	0,21	0,7	364,2
4,5	0,138	0,5	364,4
5,0	0,032	0,1	364,9
Hs>5,0	0,003	0,0	365,0

10.2 Estimación días de no excedencia de oleaje medio en zonas de mar profundidad indefinida

10.2.1. Zona mar profundidad indefinida norte:

Se puede estudiar esta estimación con el régimen medio en este caso característico del punto SIMAR 2006009:

Tabla 10.4 Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

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	0.006	27.529	8.437	1.620	0.221	0.044	-	-	-	-	-	37.857
1.0	-	23.617	13.402	4.218	0.356	0.060	-	-	-	-	-	41.653
1.5	-	0.460	7.560	4.105	0.290	0.050	-	-	-	-	-	12.466
2.0	-	0.003	1.378	2.579	0.331	0.013	0.013	-	-	-	-	4.316
2.5	-	-	0.243	1.375	0.391	0.003	-	-	-	-	-	2.011
3.0	-	-	0.016	0.463	0.372	0.003	-	-	-	-	-	0.854
3.5	-	-	-	0.079	0.312	0.006	-	-	-	-	-	0.397
4.0	-	-	-	0.019	0.208	0.019	-	-	-	-	-	0.246
4.5	-	-	-	-	0.069	0.022	-	-	-	-	-	0.091
5.0	-	-	-	-	0.038	0.032	-	-	-	-	-	0.069
> 5.0	-	-	-	-	0.009	0.028	-	-	-	-	-	0.038
Total	0.006	51.609	31.035	14.458	2.598	0.281	0.013	-	-	-	-	100 %

Pasando los datos de % de ocurrencia de un estado de mar a días al año, siendo los 365 días el 100%, se tendría la tabla 10.5:

Tabla 10.5 Estimación según un régimen medio de ocurrencia de un oleaje al cabo del año

Hs (m)	% ocurrencia	Días ocurrencia	Días no ocurrencia
Hs<0,5	37,85	138,1	226,8
1,0	41,65	152,0	212,9
1,5	12,46	45,5	319,4
2,0	4,31	15,7	349,2
2,5	2,01	7,3	357,6
3,0	0,85	3,1	361,8
3,5	0,39	1,4	363,5
4,0	0,24	0,8	364,1
4,5	0,091	0,3	364,6
5,0	0,069	0,3	364,7
Hs>5,0	0,038	0,1	364,9

10.2.2. Zona mar profundidad indefinida sur:

Se puede estudiar esta estimación con el régimen medio en este caso característico del punto SIMAR 2006008:

Tabla 10.6 Datos obtenidos de web de Puertos del Estado, <http://www.puertos.es/>

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	0.003	21.735	7.023	1.088	0.142	0.031	-	-	-	-	-	30.022
1.0	-	22.329	14.762	3.909	0.314	0.028	-	-	-	-	-	41.344
1.5	-	0.862	12.746	4.120	0.264	0.044	-	-	-	-	-	18.036
2.0	-	-	2.714	2.956	0.355	0.016	0.013	-	-	-	-	6.054
2.5	-	-	0.248	1.802	0.396	0.003	-	-	-	-	-	2.450
3.0	-	-	0.019	0.704	0.374	0.003	-	-	-	-	-	1.101
3.5	-	-	0.003	0.148	0.327	0.009	-	-	-	-	-	0.487
4.0	-	-	-	0.035	0.223	0.022	-	-	-	-	-	0.280
4.5	-	-	-	0.006	0.088	0.009	-	-	-	-	-	0.104
5.0	-	-	-	-	0.041	0.041	-	-	-	-	-	0.082
> 5.0	-	-	-	-	0.009	0.031	-	-	-	-	-	0.041
Total	0.003	44.926	37.516	14.769	2.535	0.239	0.013	-	-	-	-	100 %

Al igual que hasta ahora:

Tabla 10.7 Estimación según un régimen medio de ocurrencia de un oleaje al cabo del año

Hs (m)	% ocurrencia	Días ocurrencia	Días no ocurrencia
Hs<0,5	30,02	109,5	255,4
1,0	41,34	150,9	214,0
1,5	18,03	65,8	299,1
2,0	6,05	22,0	342,9
2,5	2,45	8,9	356,0
3,0	1,10	4,0	360,9
3,5	0,48	1,7	363,2
4,0	0,28	1,0	363,9
4,5	0,104	0,4	364,6
5,0	0,082	0,3	364,7
Hs>5,0	0,041	0,2	364,8

10.3 Resumen

Es necesario señalar que los datos adjuntados y consultables corresponden con un régimen medio establecido a partir de la toma de datos de unos 12 años. Es suficientemente representativo de lo que supone un año medio, pero no son datos exactos y que impliquen que se tengan que cumplir cada año de manera similar.

Por otro lado, y como era de suponer, las condiciones del oleaje en mar abierto de profundidad indefinida implican una menor presencia de oleajes de baja altura o situaciones en calma y más presencia de situaciones de oleajes de temporales extremos respecto a las zonas de aterraje. Analizando con más detenimiento además los datos desglosados en el apéndice nº2, se puede observar como las zonas de aterraje de la península y de Ceuta Sur tiene un porcentaje de “calmas” (oleajes por debajo de 0,20 metros) bastantes altos a lo largo del año, en torno a un 35% - 40%. Pero en la zona de aterraje Norte, muy expuesta directamente a las corrientes de paso del Estrecho en cualquier condición de oleaje, este porcentaje disminuye a valores en torno al 11%, prácticamente similares a los que se producen en alta mar, que varían del 4% al 8% aproximadamente. En cualquier caso, en los meses de invierno y otoño tiende haber un porcentaje algo mayor que en los meses de primavera y verano, pero no debe ser determinante por la diferencia mínima que hay (entre un 2% al 5% como media). Además, cabe resaltar que los resultados obtenidos son una representación de la media obtenida en un periodo de estudio de unos 12 años. Si bien es un periodo suficientemente grande como para ser representativo, al corresponder a valores medios, realmente la probabilidad de cumplimiento de estos porcentajes de presencia es del 50%.

11. Estudio del perfil de erosión para un tramo intermedio característico de cada frente de costa

11.1 Objeto del apartado:

El objeto del presente apartado es doble, por un lado identificar un perfil medio característico de cada tramo de aterraje, mediante el denominado Perfil Medio de Dean. Por otro lado, una vez determinado el anterior perfil, estimar el Perfil de Erosión mediante el modelo de Vellinga, que determinará el perfil ante un evento de temporal.

11.2 Concepto general del Perfil Medio de Dean:

Se puede determinar un perfil medio de playa de cada tramo de aterraje. Para ello, se determinará el parámetro A de Dean para un perfil batimétrico de un tramo cualquier característico de cada tramo de aterraje, mediante el cual se puede determinar el Perfil Medio de Dean de dicho tramo. Este parámetro de Dean está directamente relacionado con el D_{50} de la granulometría en el tramo de estudio, que corresponde en este caso con el tramo de playa sumergida entre la orilla y la profundidad litoral o de fondos activos (d_i calculada en el apartado 9 del estudio, también denominada h^* en alguna bibliografía). Como indica el propio nombre, este perfil es un perfil medio de la playa ante los eventos de oleajes que se producen a lo largo del año en condiciones normales:

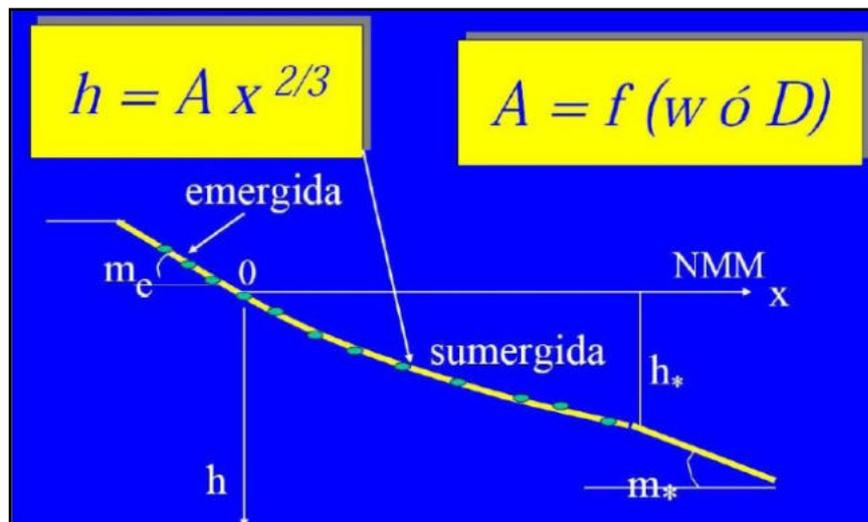


Figura 11.1. Esquema de modelo de Dean para Perfil de Equilibrio de una playa. Fuente: Apuntes de clases del Prof. Gregorio Gómez Pina

VALORES DEL PARÁMETRO A ($m^{1/3}$) DEL PERFIL DE DEAN										
D (mm)	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,1	0,063	0,0672	0,0714	0,0756	0,0798	0,084	0,0872	0,0904	0,0936	0,0968
0,2	0,100	0,103	0,106	0,109	0,112	0,115	0,117	0,119	0,121	0,123
0,3	0,125	0,127	0,129	0,131	0,133	0,135	0,137	0,139	0,141	0,143
0,4	0,145	0,1466	0,1482	0,1498	0,1514	0,153	0,1546	0,1562	0,1578	0,1594
0,5	0,161	0,1622	0,1634	0,1646	0,1658	0,167	0,1682	0,1694	0,1716	0,1718
0,6	0,173	0,1742	0,1754	0,1766	0,1778	0,179	0,1802	0,1814	0,1826	0,1838
0,7	0,185	0,1859	0,1868	0,1877	0,1886	0,1895	0,1904	0,1913	0,1922	0,1931
0,8	0,194	0,1948	0,1956	0,1964	0,1972	0,198	0,1988	0,1996	0,2004	0,2012
0,9	0,202	0,2028	0,2036	0,2044	0,2052	0,206	0,2068	0,2076	0,2084	0,2092
1,0	0,210	0,2108	0,2116	0,2124	0,2132	0,2140	0,2148	0,2156	0,2164	0,2172

Figura 11.2. Valores del parámetro A de Dean para $D_{50} < 1,09$ mm. Fuente: Apuntes Prof. Gómez-Pina

11.3 Concepto general del Perfil de Erosión de Vellinga:

Por otro lado, con el perfil medio ya determinado mediante el parámetro de Dean, y por tanto, una granulometría media característica media del tramo sumergido de la playa activa, se puede estimar el denominado Perfil de Erosión mediante el Perfil propuesto por Vellinga. Este perfil se calcula también a partir del parámetro asociada a la granulometría, pero añadiendo el valor de la H_{s12} o altura de ola solamente superada 12 horas del año, y representa el perfil que adopta la playa ante un fenómeno concreto de temporal, siendo por tanto un perfil mucho más erosivo que el perfil medio. En este caso, se determinará el perfil de Vellinga H_{s12} estimada en cada zona de aterraje (ver apartado 4 del estudio).

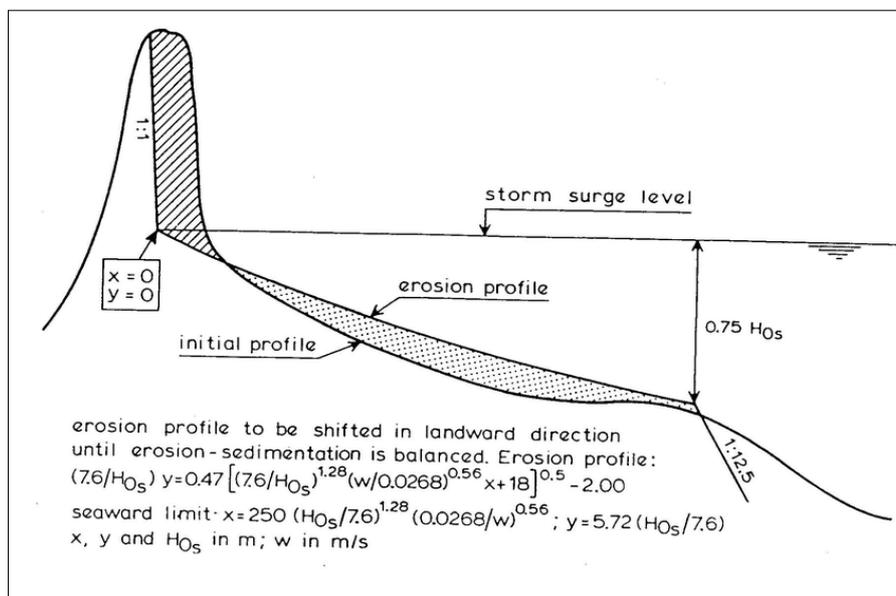


Figura 11.3. Esquema general y expresión del Perfil de Erosión de Vellinga (1983). Fuente: Manual on artificial beach nourishment (CUR)

En la anterior expresión, H_{0s} se corresponde con la altura de ola superada 12 horas al año antes comentada, y el valor de w es la velocidad de caída del grano, expresada en m/sg, que se puede estimar dependiendo del tamaño del D_{50} del mismo mediante las siguientes expresiones:

$$\omega = 1.10 \cdot 10^6 \cdot D^2, \quad D < 0.10 \text{ mm}$$

$$\omega = 273 \cdot D^{1.1}, \quad 0.10 < D < 1.00 \text{ mm}$$

$$\omega = 4.36 \cdot D^{0.50}, \quad D > 1 \text{ mm}$$

11.4 Perfil medio de Dean y de erosión de Vellinga para cada tramo de aterraje:

En total, para cada zona de aterraje se van a analizar tres tipos de perfiles:

Perfil medio de Dean, que caracteriza el perfil medio en condiciones normales, obtenido a partir del D_{50} medio de la playa sumergida estimado hasta ahora en cada tramo de aterraje.

- Perfil de erosión de Vellinga normal, que corresponde con el perfil de erosión estimado a partir de la altura de ola superada sólo 12 horas al año, y que se puede identificar con un perfil de erosión de temporales normales.
- Perfil de erosión asociado a cada altura de ola extremal de cada zona de aterraje, suponiendo que ésta se propaga con la misma altura hasta el pie de playa sumergido (lo cual, además de ser una estimación del lado de la seguridad, es bastante real en estos casos de oleajes muy frontales a la costa y con una capacidad energética que no se pierde hasta llegar precisamente a las cercanías de la costa a partir de la profundidad de fondos activos)

Estos perfiles se calcularán con la herramienta TIC del módulo SMC ya antes comentados en otros apartados del documento. Para cada tramo de aterraje, por tanto, se van a estimar un perfil medio, un perfil de erosión en condiciones de temporales normales, y un perfil de erosión para cada sector de oleaje extremal desarrollado en cada tramo (tabla 11.1).

Tabla 11.1 Sectores y valores (H y T) de oleaje extremal considerados en cada zona

Zonas	Provincia de Cádiz			Ceuta Sur			Ceuta Norte		
	Sector	Periodo	Altura	Sector	Periodo	Altura	Sector	Periodo	Altura
Oleajes	E	9,47 sg	5,72 m	ENE	9,21 s	3,54 m	ENE	11,67 s	7,39 m
	ESE	9,77 sg	6,03 m	E	12,38 s	7,27 m	E	12,38 s	7,27 m
				ESE	10,80 s	4,81 m			

Tramo de aterraje Peninsular en La Línea (provincia de Cádiz):

El emplazamiento del perfil medio sería:



Figura 11.4. Emplazamiento del perfil medio de zona aterraje peninsular.

Coordenadas UTM WG84, Huso 30 (en metros):

X = 291482,21 E

Y = 4011163,41 N

D₅₀ = 0,30 mm.

Hs₁₂ = 3,88 m.

Se obtienen los siguientes perfiles:

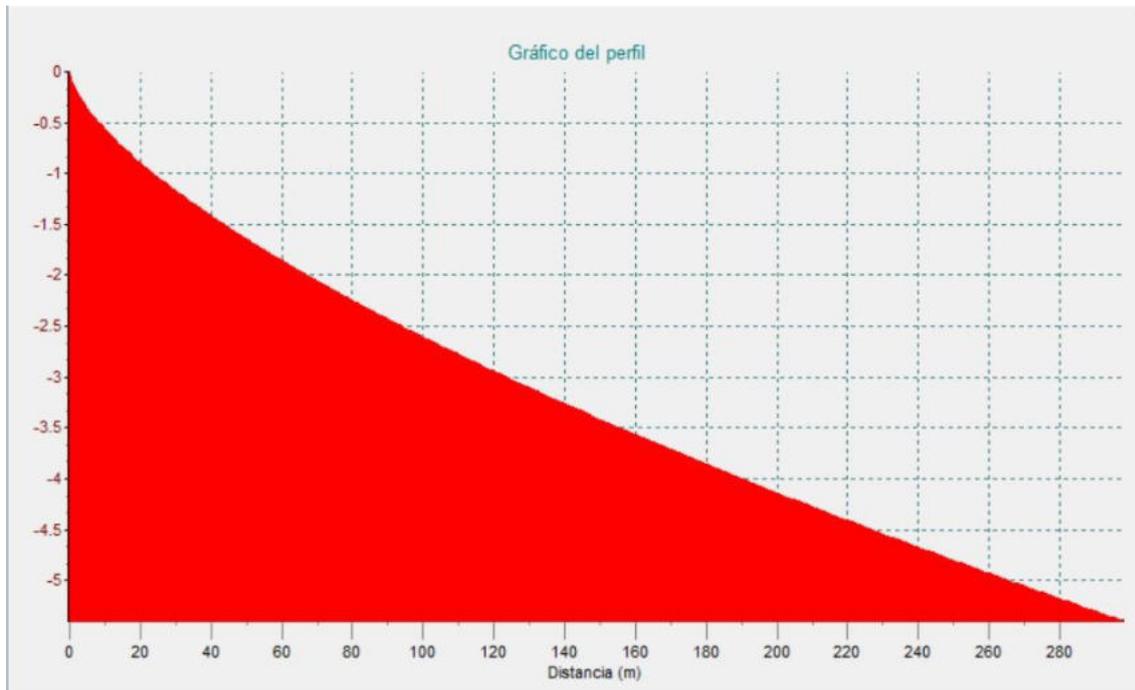


Figura 11.5. Perfil Medio de Dean.

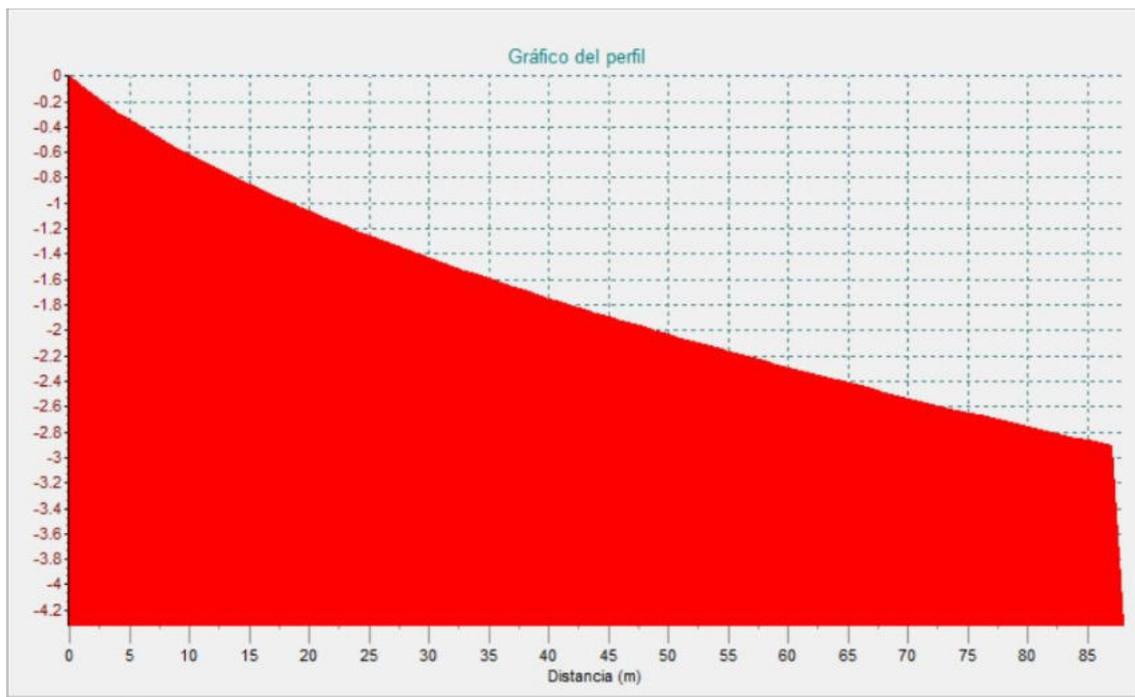


Figura 11.6. Perfil de Vellinga temporales normales.

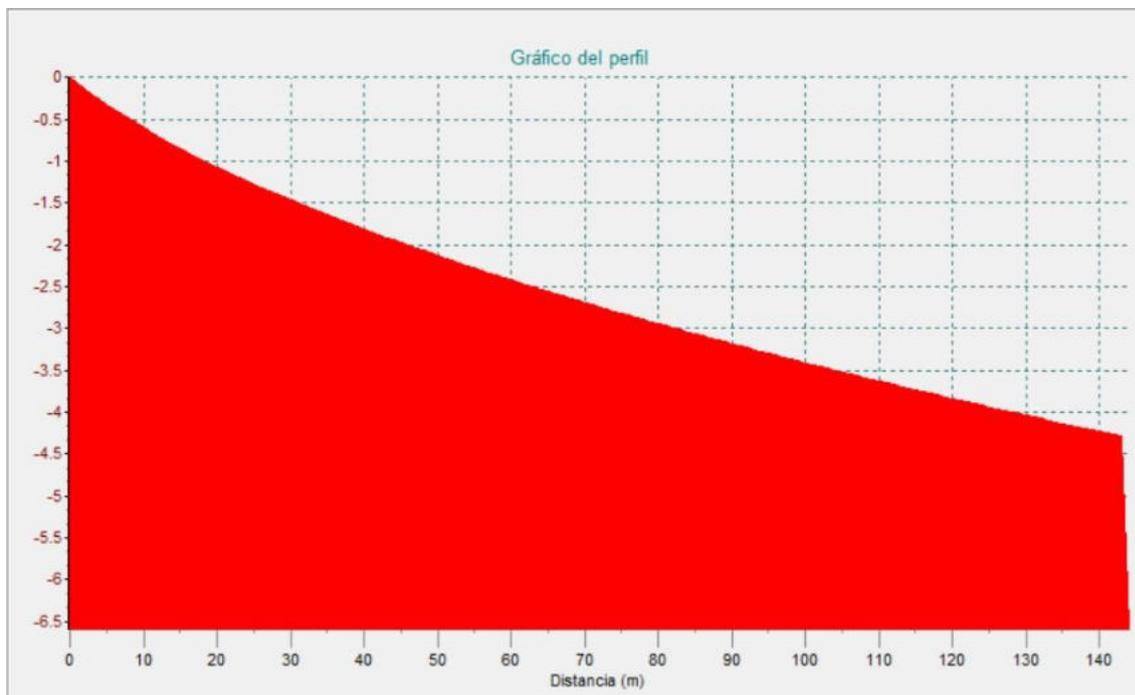


Figura 11.7. Perfil de Vellinga temporal de Este $H = 5,72$ m.

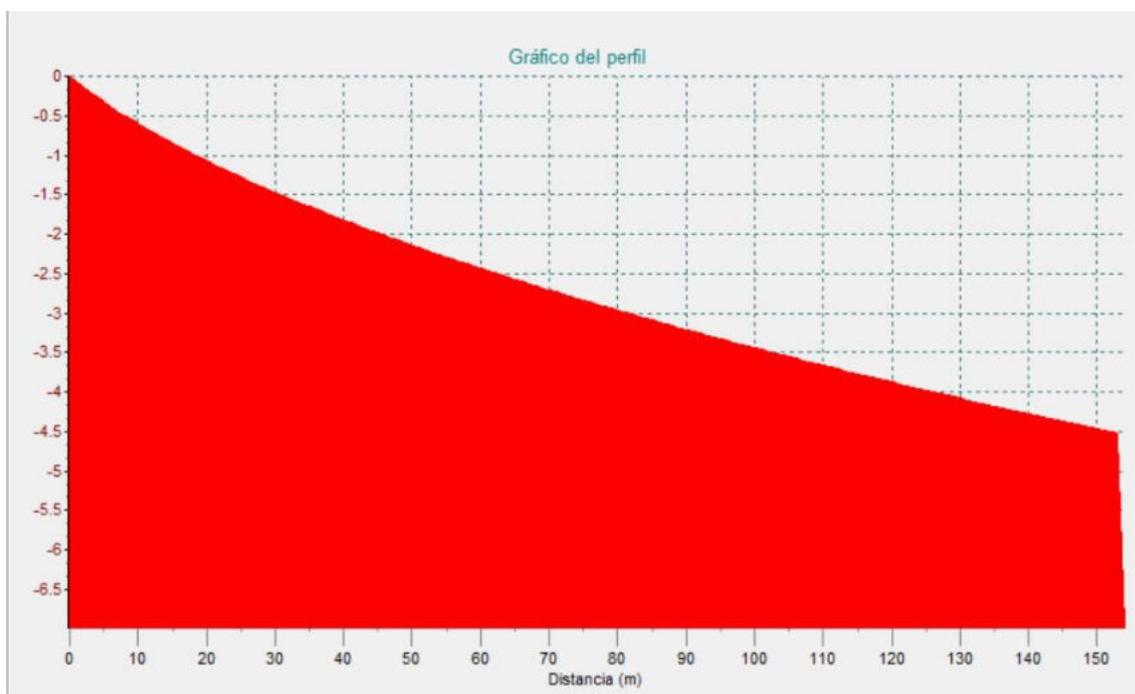


Figura 11.8. Perfil de Vellinga temporal de ESE $H = 6,03$ m

Tramo de aterraje Ceuta Norte (Playa de Calamocarro):

El emplazamiento del perfil medio sería:

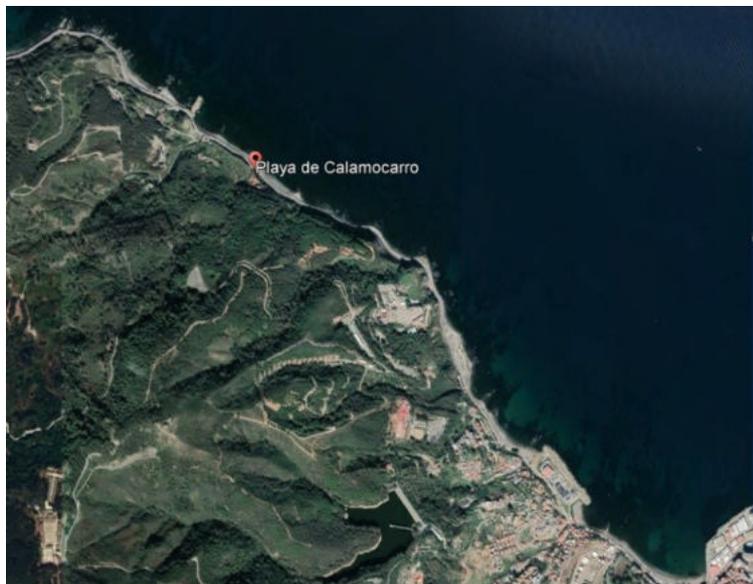


Figura 11.9. Emplazamiento del perfil medio de zona de aterraje Ceuta Norte.

Coordenadas UTM WG84, Huso 30 (en metros):

X = 287299,11 E

Y = 3976754,90 N

D₅₀ = 0,70 mm.

Hs12 = 3,76 m.

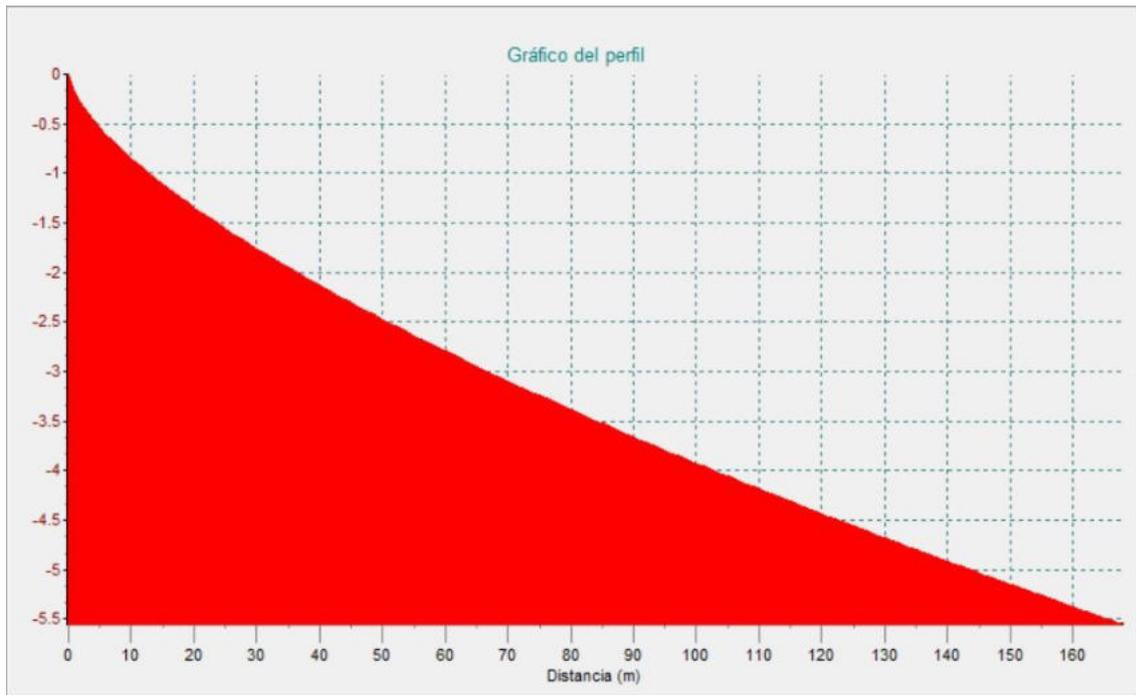


Figura 11.10. Perfil Medio de Dean.

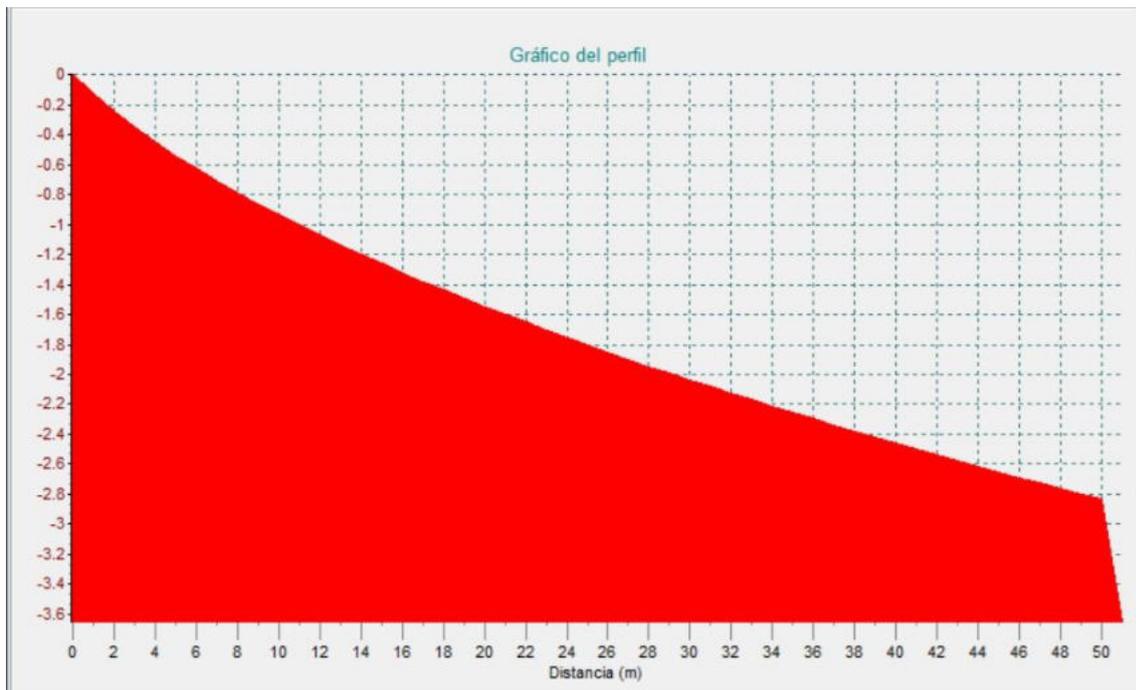


Figura 11.11 Perfil de Vellinga temporales normales.

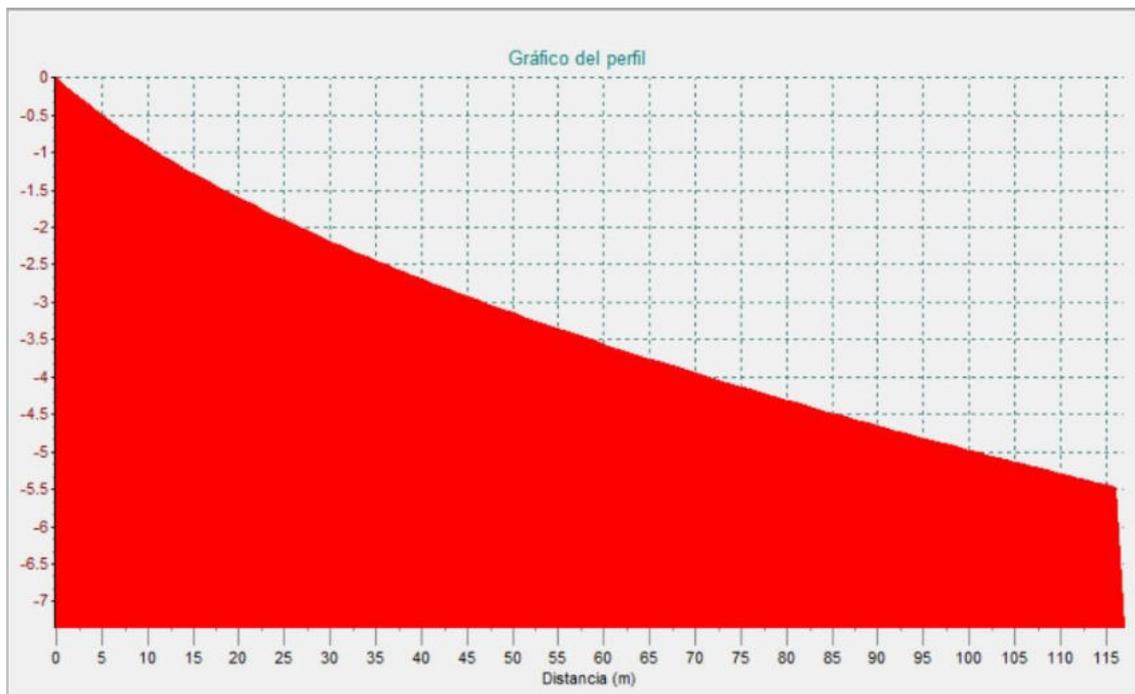


Figura 11.12. Perfil de Vellinga temporal de Este $H = 7,27$ m.

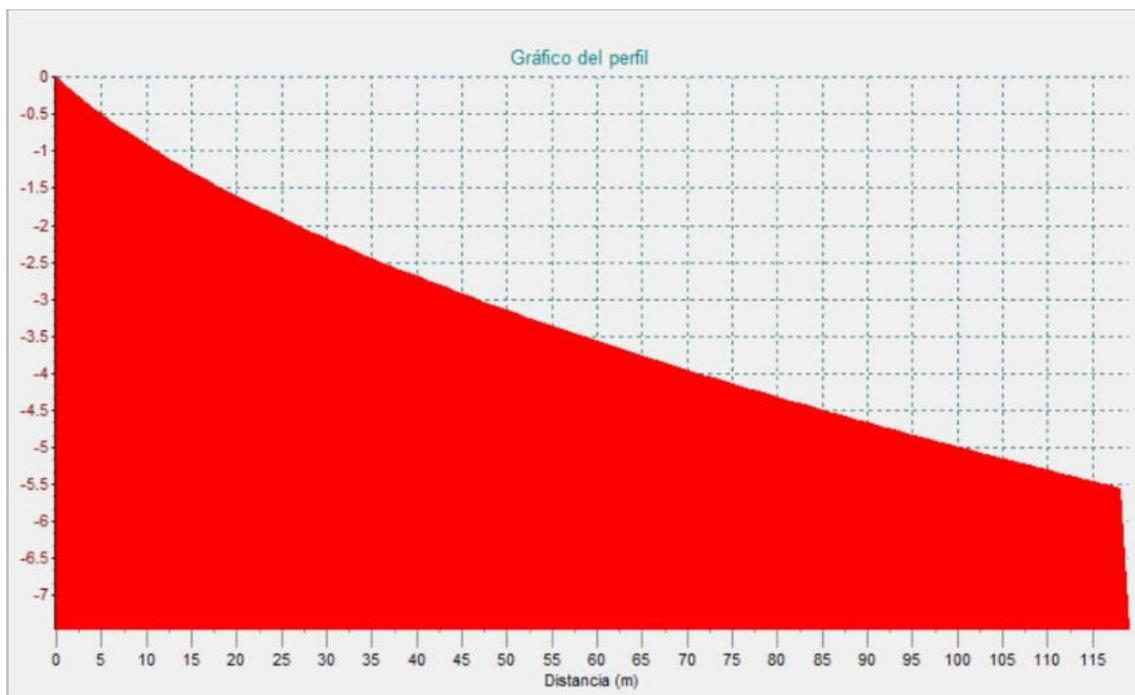


Figura 11.13. Perfil de Vellinga temporal de ENE $H = 7,39$ m.

Tramo de aterraje Ceuta Sur (Playa del Chorrillo):

El emplazamiento del perfil medio sería:



Figura 11.14. Emplazamiento del perfil medio de zona de aterraje Ceuta Sur.

Coordenadas UTM WG84, Huso 30 (en metros):

X = 290157,92 E Y = 3973394,52 N D₅₀ = 1,00 mm. Hs12 = 3,70 m.

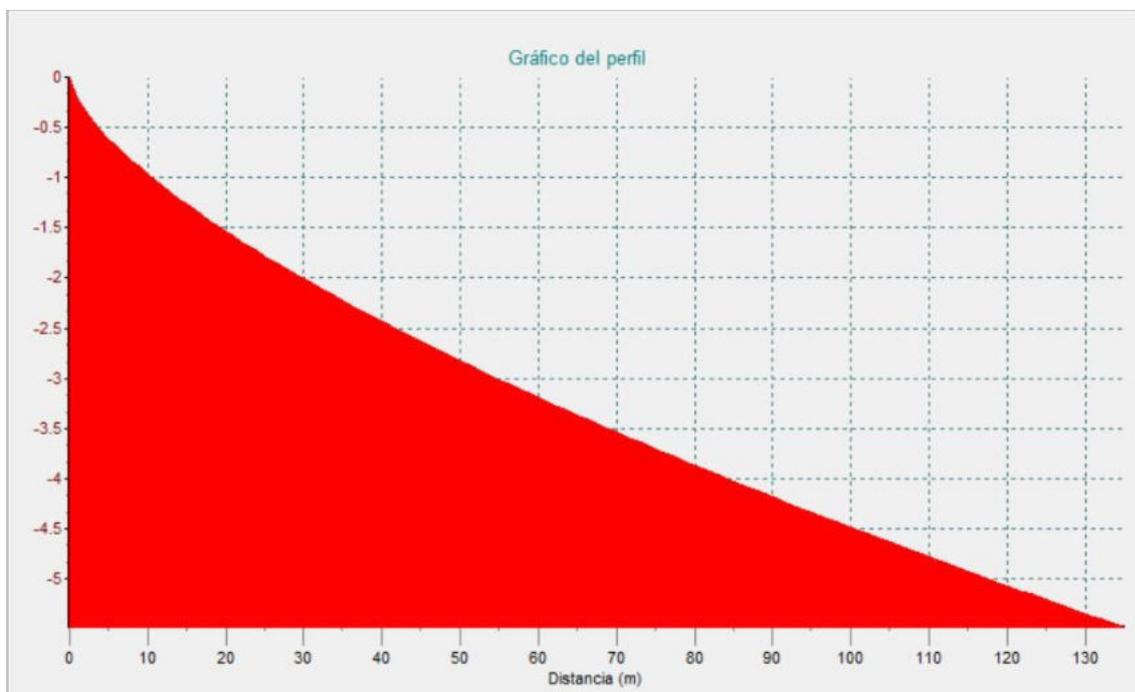


Figura 11.15. Perfil medio de Dean



Figura 11.16. Perfil de erosión de Vellinga en temporales normales.

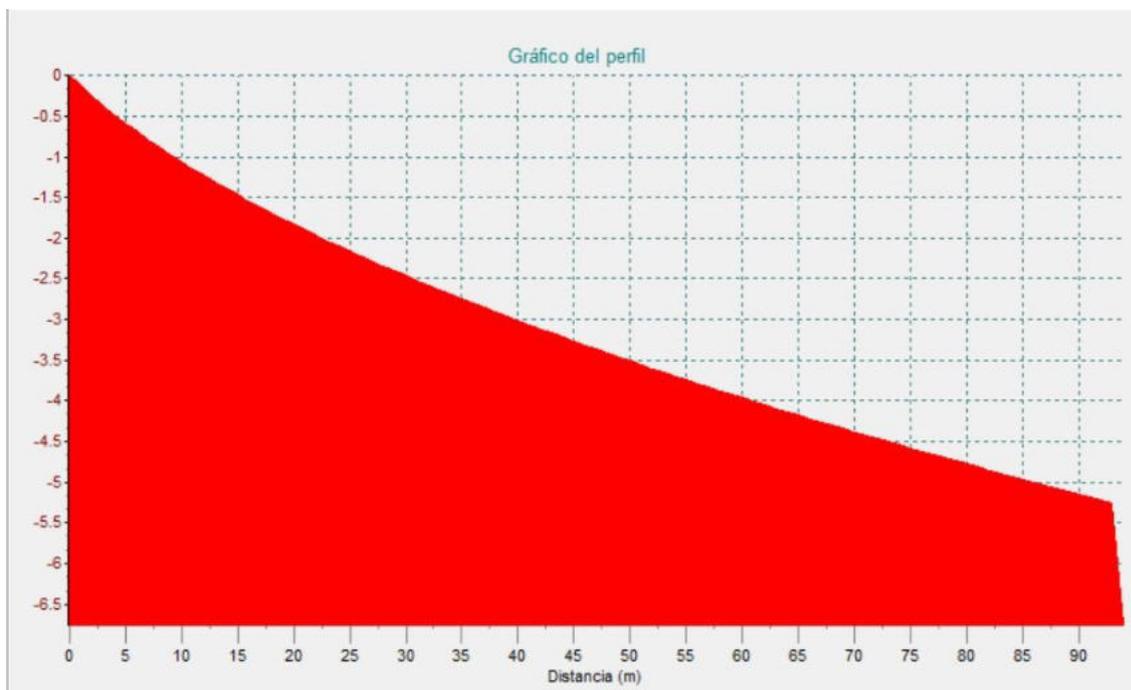


Figura 11.17. Perfil de erosión de Vellinga temporal de Este $H = 7,27$ m.

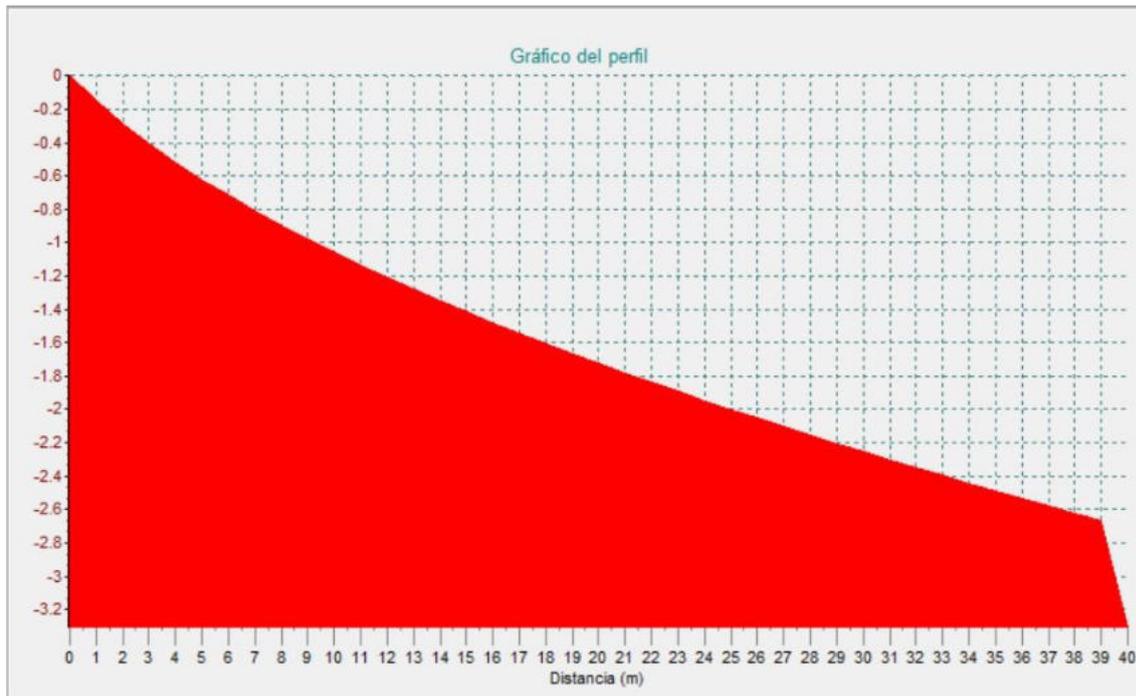


Figura 11.18. Perfil de erosión de Vellinga temporal de ENE $H = 3,54$ m.

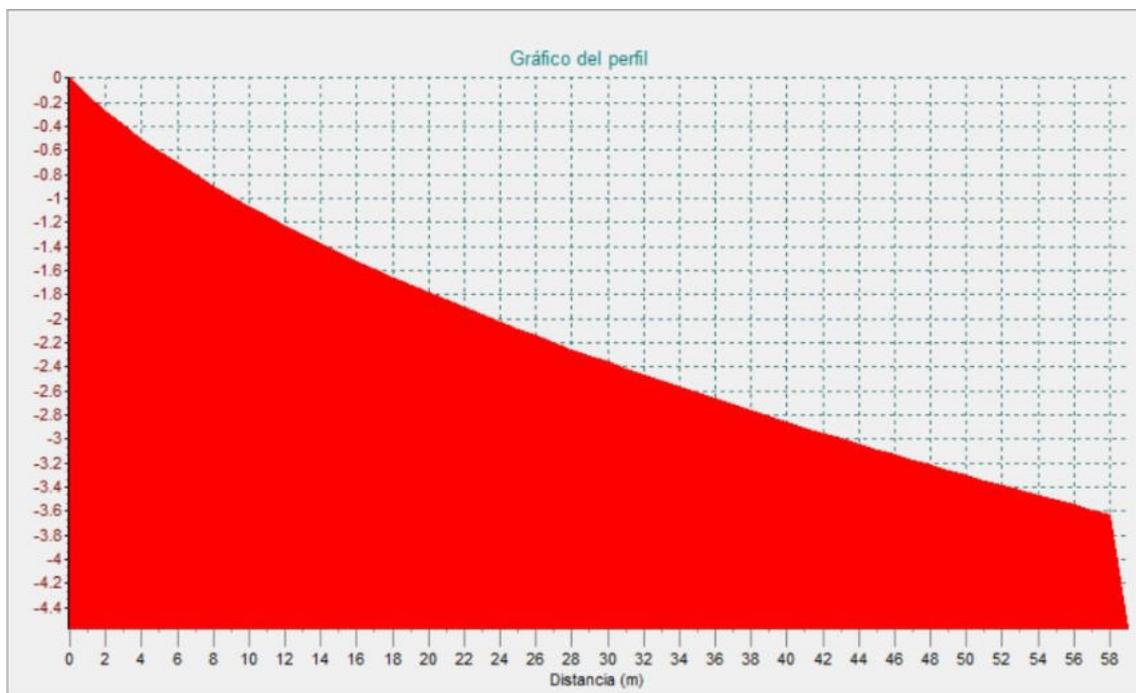


Figura 11.19. Perfil de erosión de Vellinga temporal de ESE $H = 4,81$ m.

11.5 Resumen

Se han comparado los distintos perfiles de erosión para diferentes temporales en las tres posibles zonas de aterraje del cable (La línea, Ceuta Norte y Ceuta Sur). En ningún caso, la potencia máxima de erosión para fondo arenoso supera el metro de espesor. De este modo, para soterramientos superiores a los dos metros se garantiza que no quede al descubierto.

12. Conclusiones sobre el posible Impacto Ambiental

Red Eléctrica Española está considerando un tendido de dos cables eléctricos entre Europa y África. El trazado propuesto cruza el Estrecho de Gibraltar enlazando la provincia de Cádiz con Ceuta. Para contemplar las posibles incidencias en el Medio Ambiente (y realizar, por tanto, el preceptivo Estudio de Impacto Ambiental), REE contacta con CEIMAR para llevar a cabo dicho estudio. Dentro de los distintos temas a tener en cuenta, el de clima marítimo y dinámica litoral se encarga al Grupo de Investigación de Ingeniería Costera de la Universidad de Cádiz.

Se han realizado estudios de clima marítimo en las tres áreas de aterraje propuestas: salida en la playa mediterránea de La Línea (al norte del puerto de la Atunara) y llegada a Ceuta por el Norte (playa de Calamocarro o zonas Aledañas) o Ceuta Sur (playa del Chorrillo). Siguiendo la ROM 0.0, dada la naturaleza e importancia de las obras y suponiendo una repercusión económica alta, se obtiene una Vida útil mínima de 50 años. Asimismo, dado lo improbable de que se produzcan daños a personas y el hecho de que no haya indicios de que se vaya a producir alarma social, se adopta un periodo de retorno de 225 años para cualquier tipo de cálculo de oleajes de temporal.

Con estas premisas, y calculando estadísticamente en base a los datos obtenidos de diferentes fuentes, se obtuvieron las alturas de ola significativa máximas a tener en cuenta en los consiguientes apartados. En todos los casos, la procedencia para la Hmax es del sector de Levante, variando entre los 6.0 m para La Línea y los 7.3 m para Ceuta (norte y sur).

En lo referente a la elevación del nivel del mar, para un periodo de retorno de 225 años, oscilaría entre los 2 metros de La Línea y el 1.65 m en Ceuta.

Los modelos de propagación de oleaje desde aguas profundas hasta la orilla no indican nada destacable, aparte de la disminución de la energía por rozamiento con el fondo, salvo en la zona de Ceuta Sur donde sería interesante un estudio de detalle una vez decidido definitivamente el punto de aterraje (aunque desde el punto de vista ambiental la obra no suponga impacto ni cambio alguno).

Se han calculado las corrientes debidas al oleaje incidente y se han representado para diferentes alturas de ola y profundidades (desde offshore hasta la orilla), siendo en la zona de rompientes donde se observan los mayores valores (de hasta 3 m/s en La Línea y 3.50 m/s en Ceuta para la Hs correspondiente al periodo teórico de retorno de 225 años). Estas corrientes casi perpendiculares a la orilla tienen sin embargo una componente paralela a la misma que no suele superar el 20% del valor máximo y que es causante del transporte longitudinal. Los valores teóricos de esta capacidad de transporte tampoco se ven afectados por la instalación del cable eléctrico.

La profundidad de cierre, es decir, aquella para la que se supone no hay movimiento alguno de arena alcanza los 13.5 m en La Línea y los 13.0 m en Ceuta. Asimismo, se han comparado los distintos perfiles de erosión para diferentes temporales en las tres posibles zonas de aterraje del cable (La línea, Ceuta Norte y Ceuta Sur). En ningún caso, la potencia máxima de erosión para fondo arenoso supera el metro de espesor.

Teniendo en cuenta lo anterior, los cables eléctricos a ubicar, con un diámetro no superior a los 25 cm, no suponen un obstáculo de facto para el transporte longitudinal. Igualmente, por su tamaño y su trazado perpendicular a la orilla tampoco representan una modificación de las condiciones de rotura del oleaje.

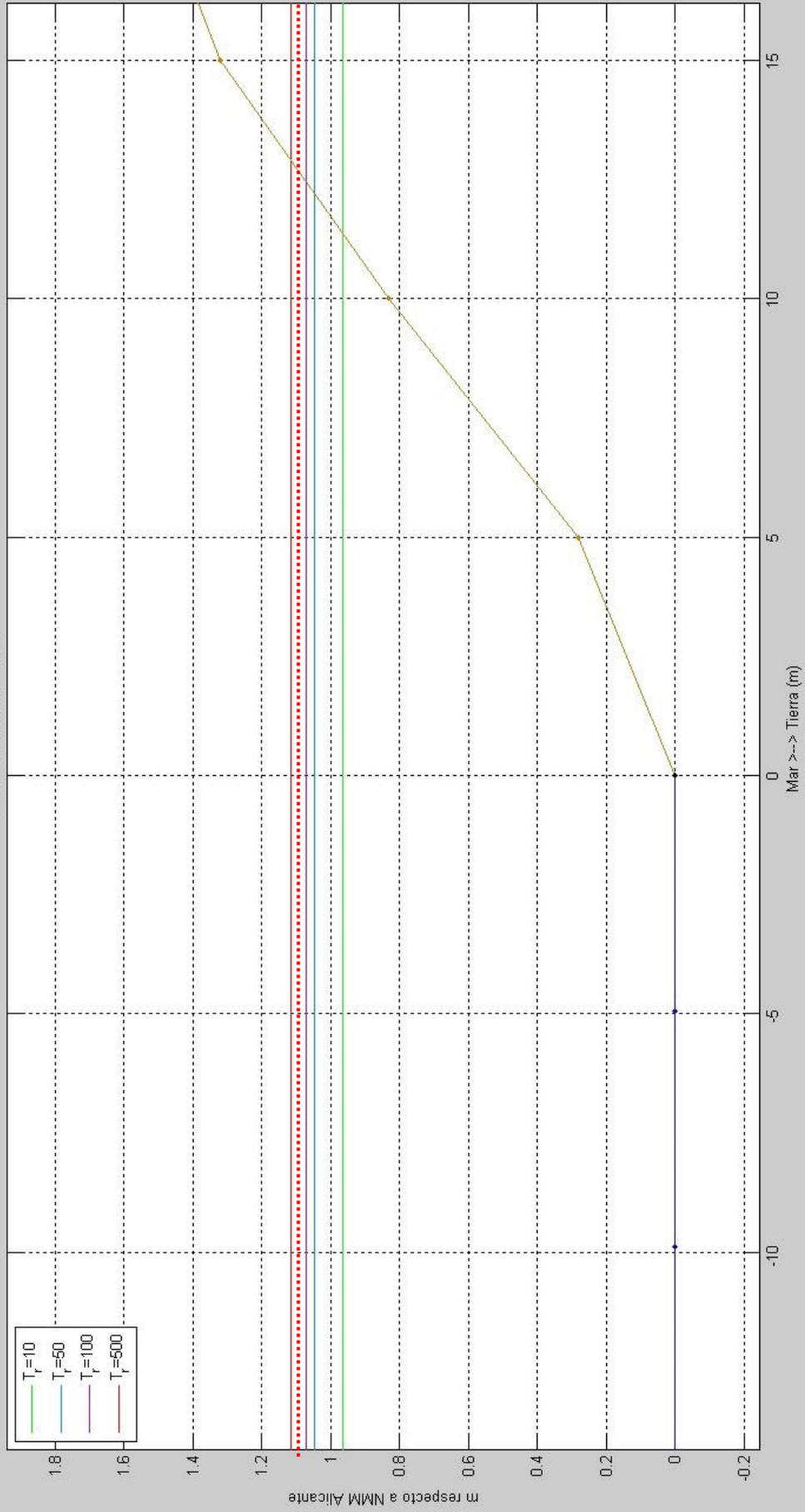
Finalmente y resumiendo, si la ubicación del cable se realizara mediante perforación horizontal dirigida (PHD) dejando un margen mínimo de 5 metros de arena por encima hasta más allá de la profundidad de cierre (entre los 13.0 y los 13.5 m con respecto al Cero Hidrográfico), puede garantizarse que el impacto medio ambiental desde el punto de vista de la dinámica litoral es despreciable.

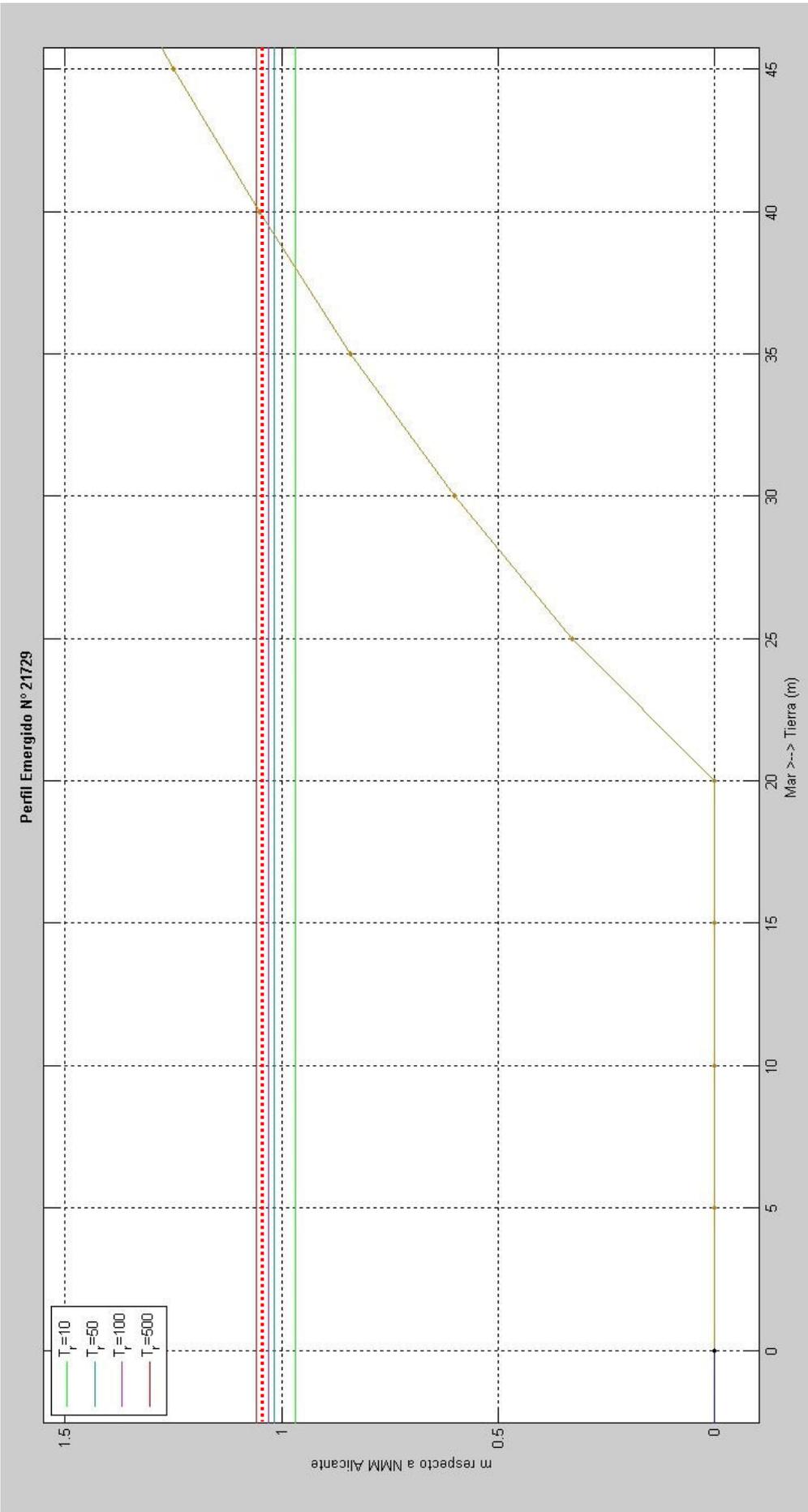
APENDICE 1: GRÁFICAS DE SALIDA DE ALCANCES DE LAS OSCILACIONES DEL NIVEL DEL MAR SEGÚN EL MODELO IOLE.

Nota: Valor correspondiente con Periodo de Retorno T = 225 años representado por alienación a trazos roja en todas las gráficas.

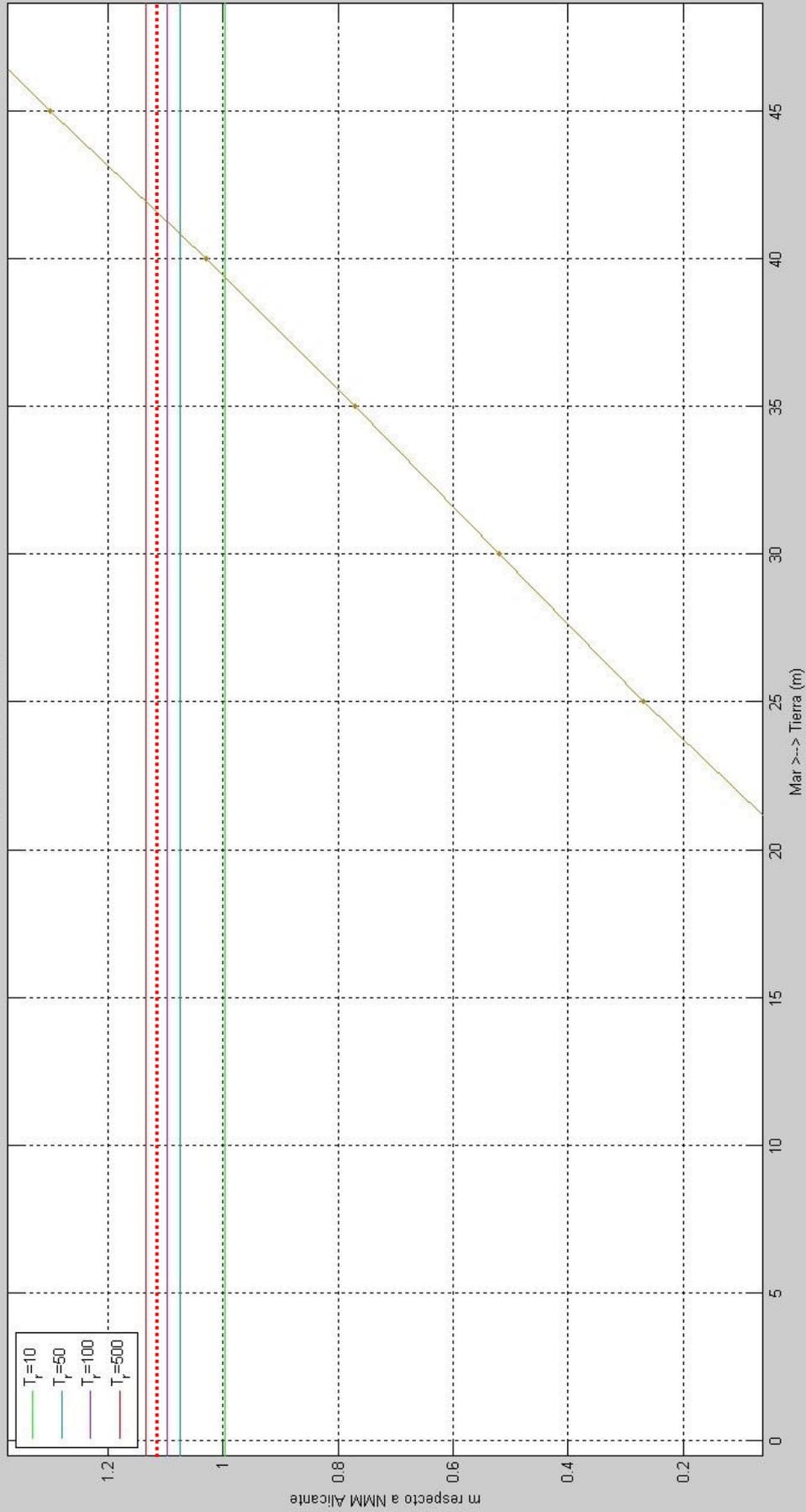
GRÁFICAS DE SALIDAS PARA LAS PLAYAS DE EL BURGO Y LA HACIENDA (DE SUR A NORTE)

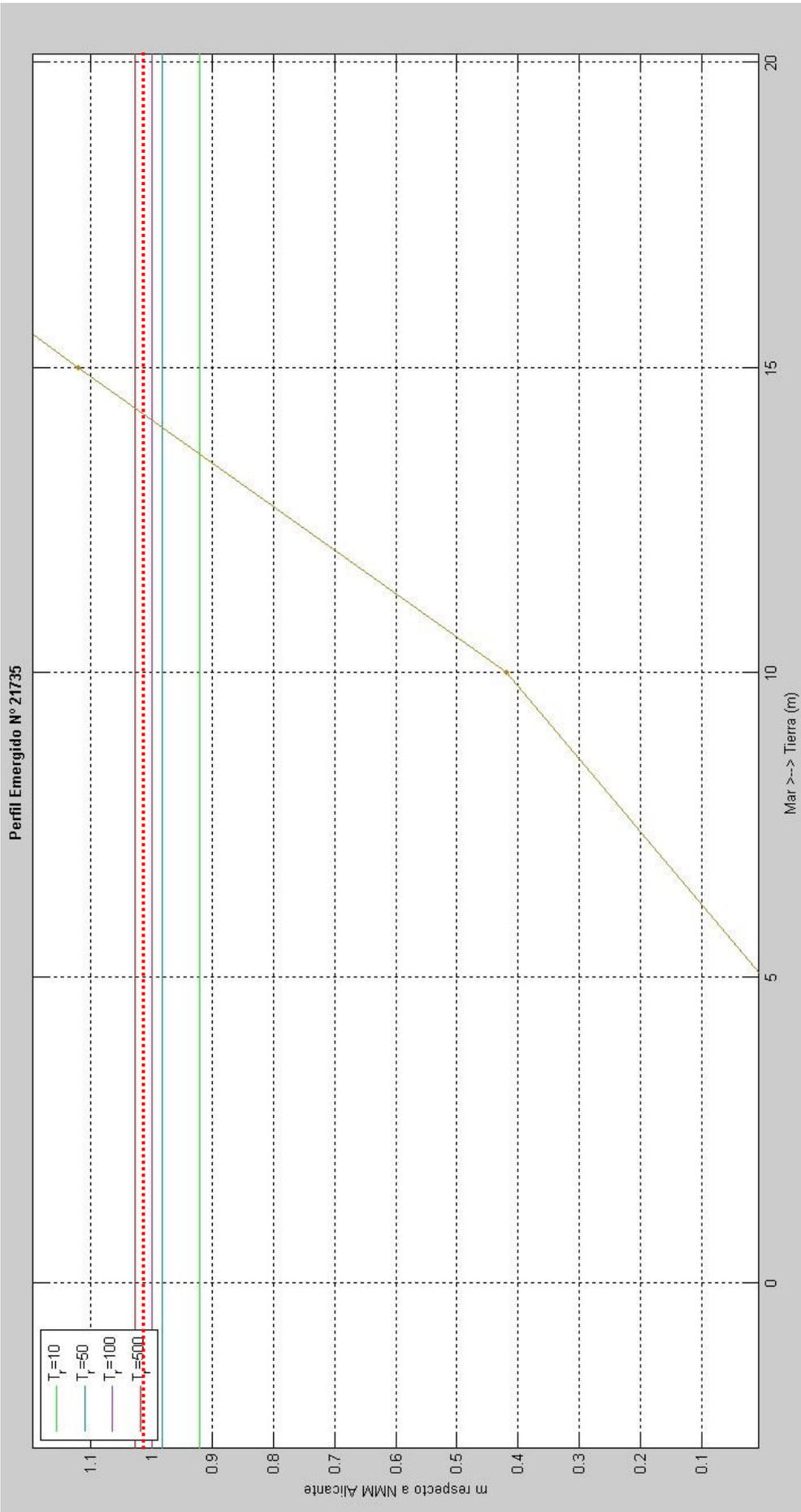
Perfil Emergido Nº 21726





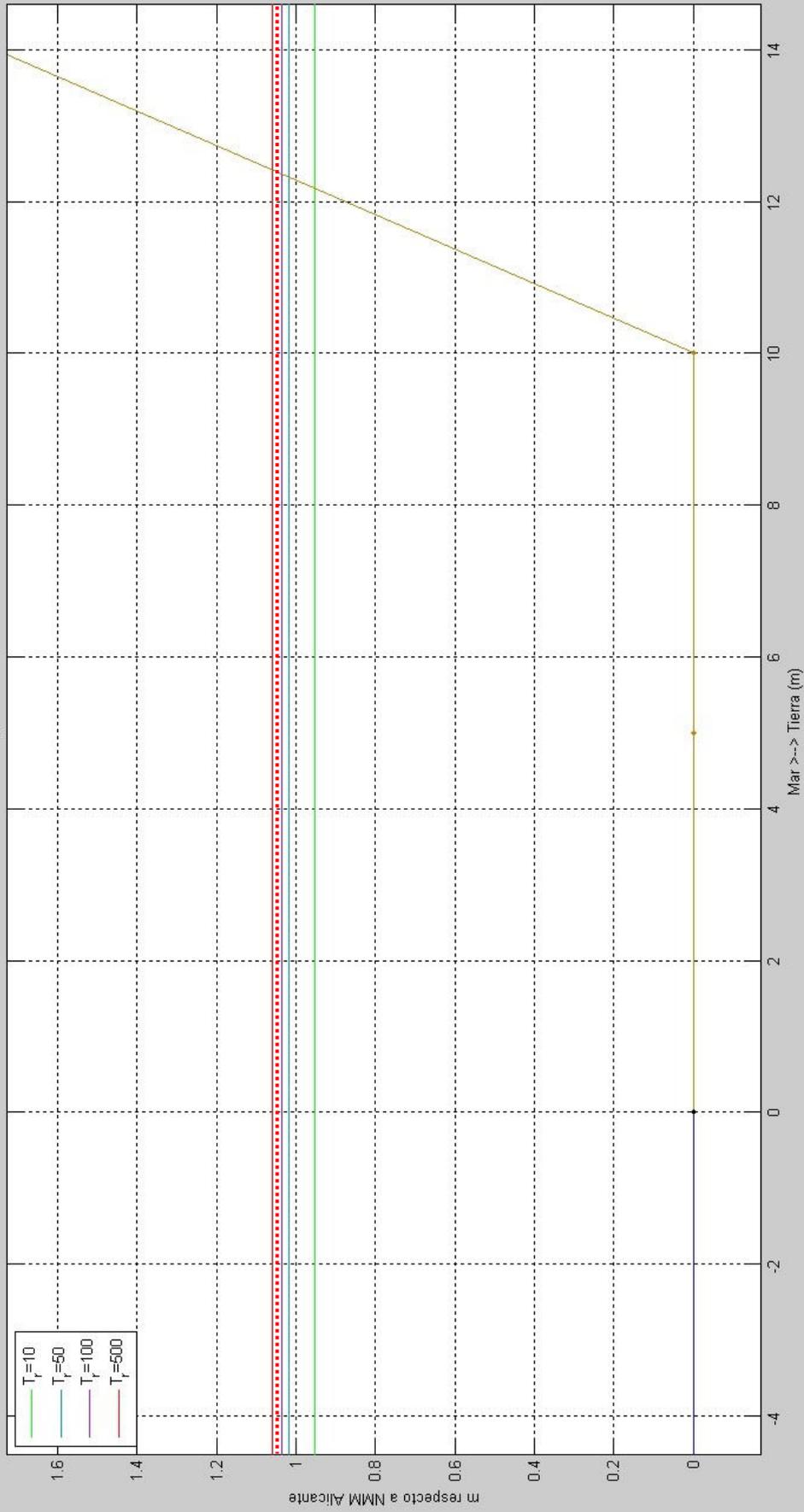
Perfil Emergido Nº 21732

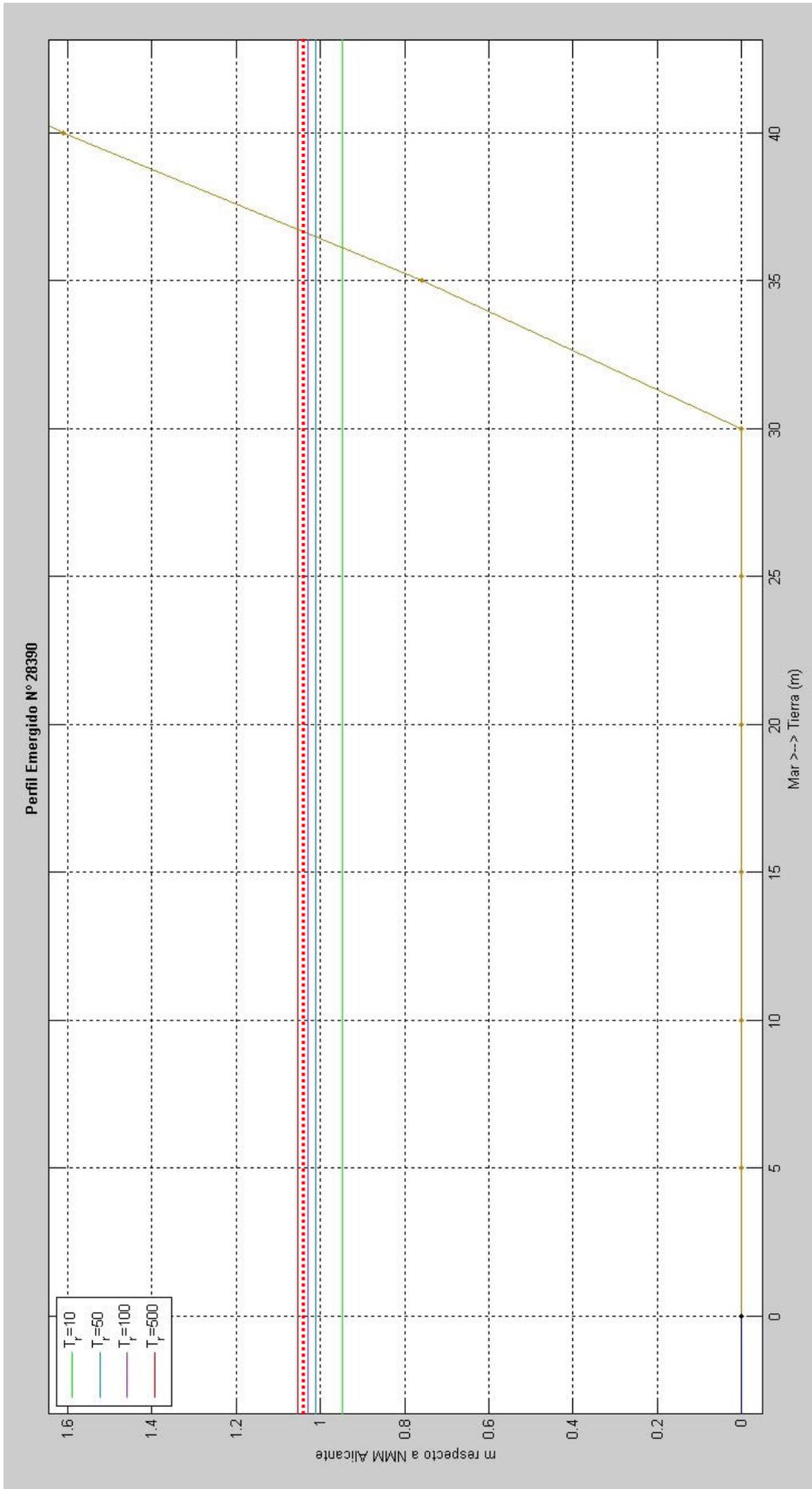


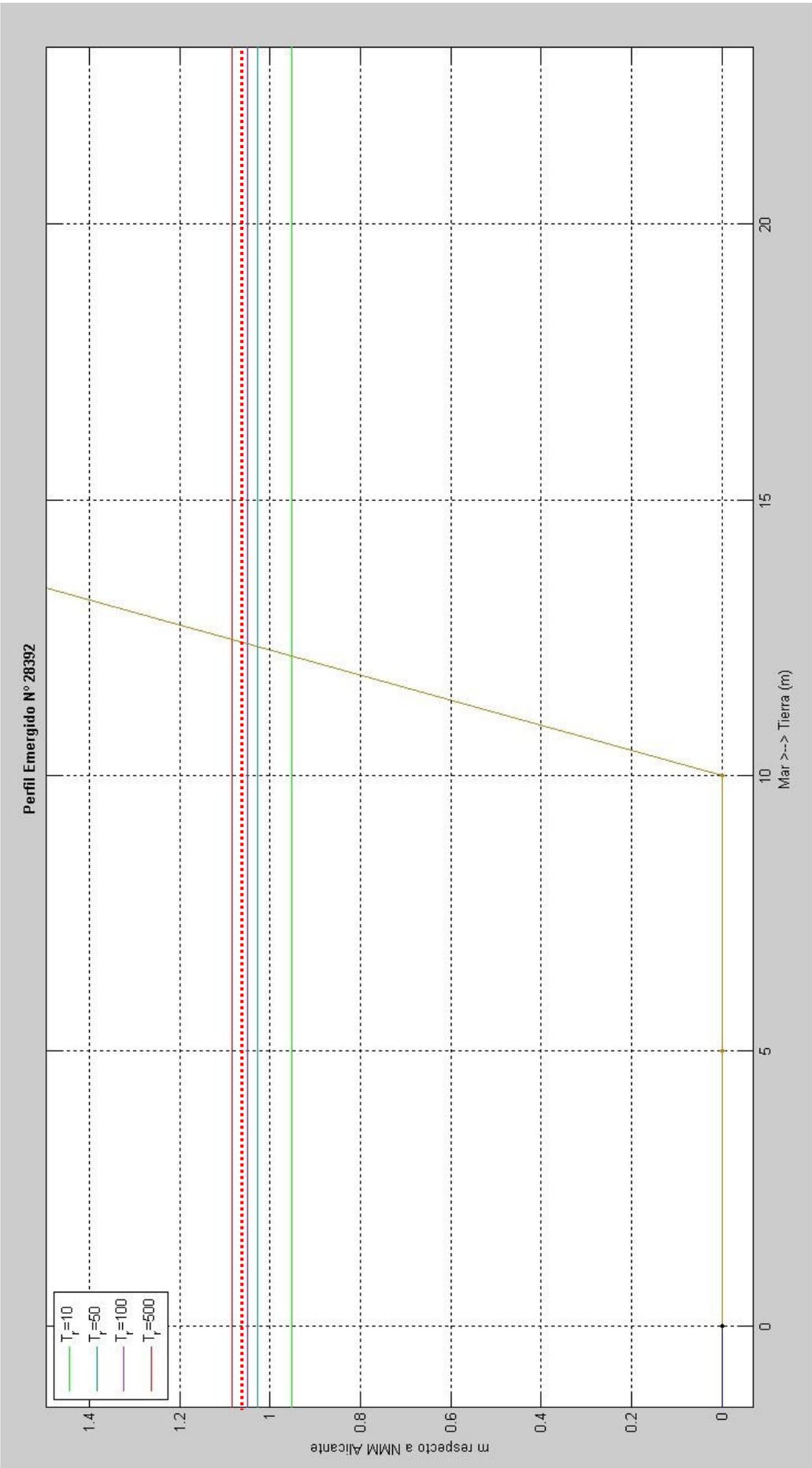


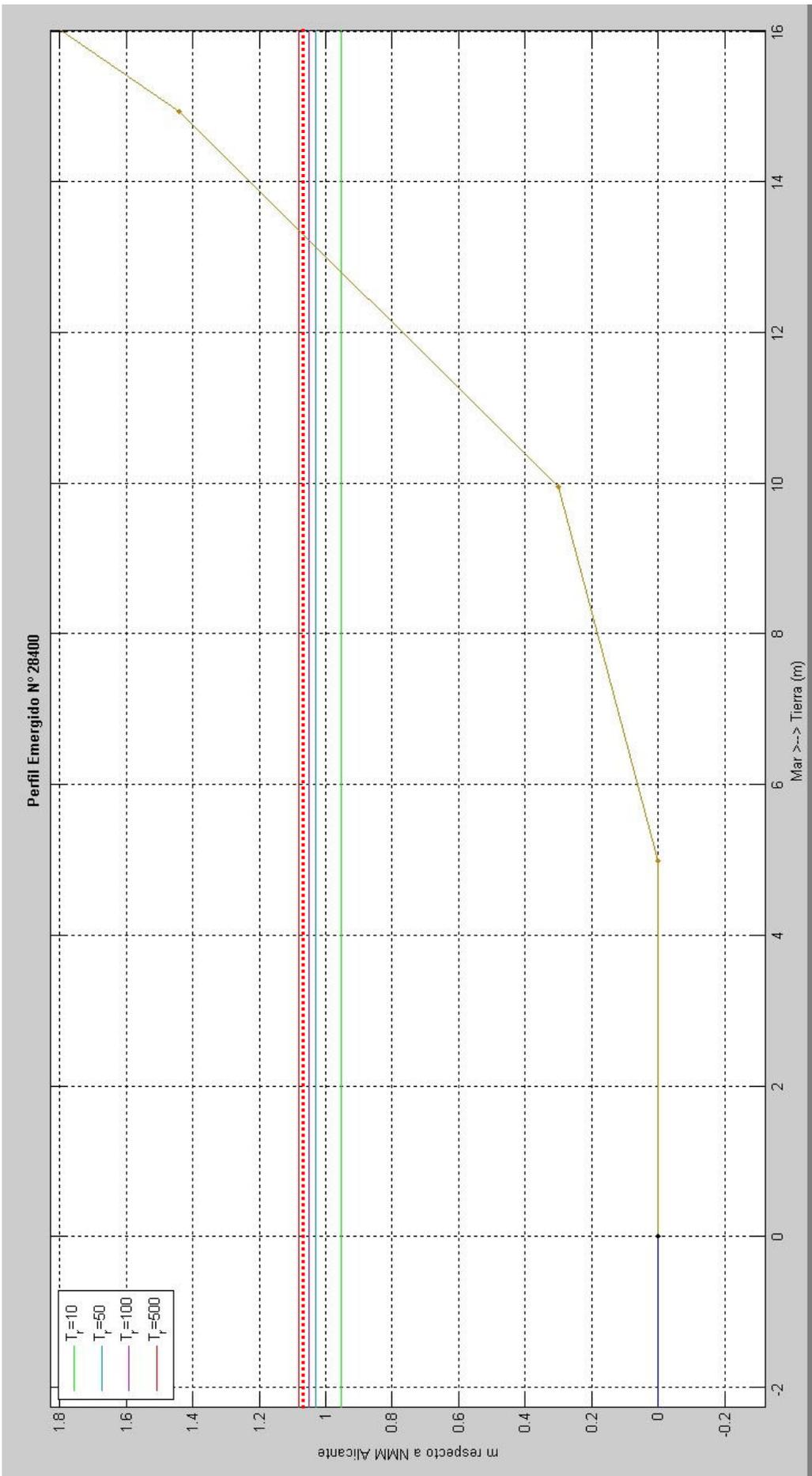
GRÁFICAS DE SALIDAS PARA LAS PLAYAS DE CALAMOCARRO Y PUNTA BLANCA (DE OESTE A ESTE)

Perfil Emergido N° 28388

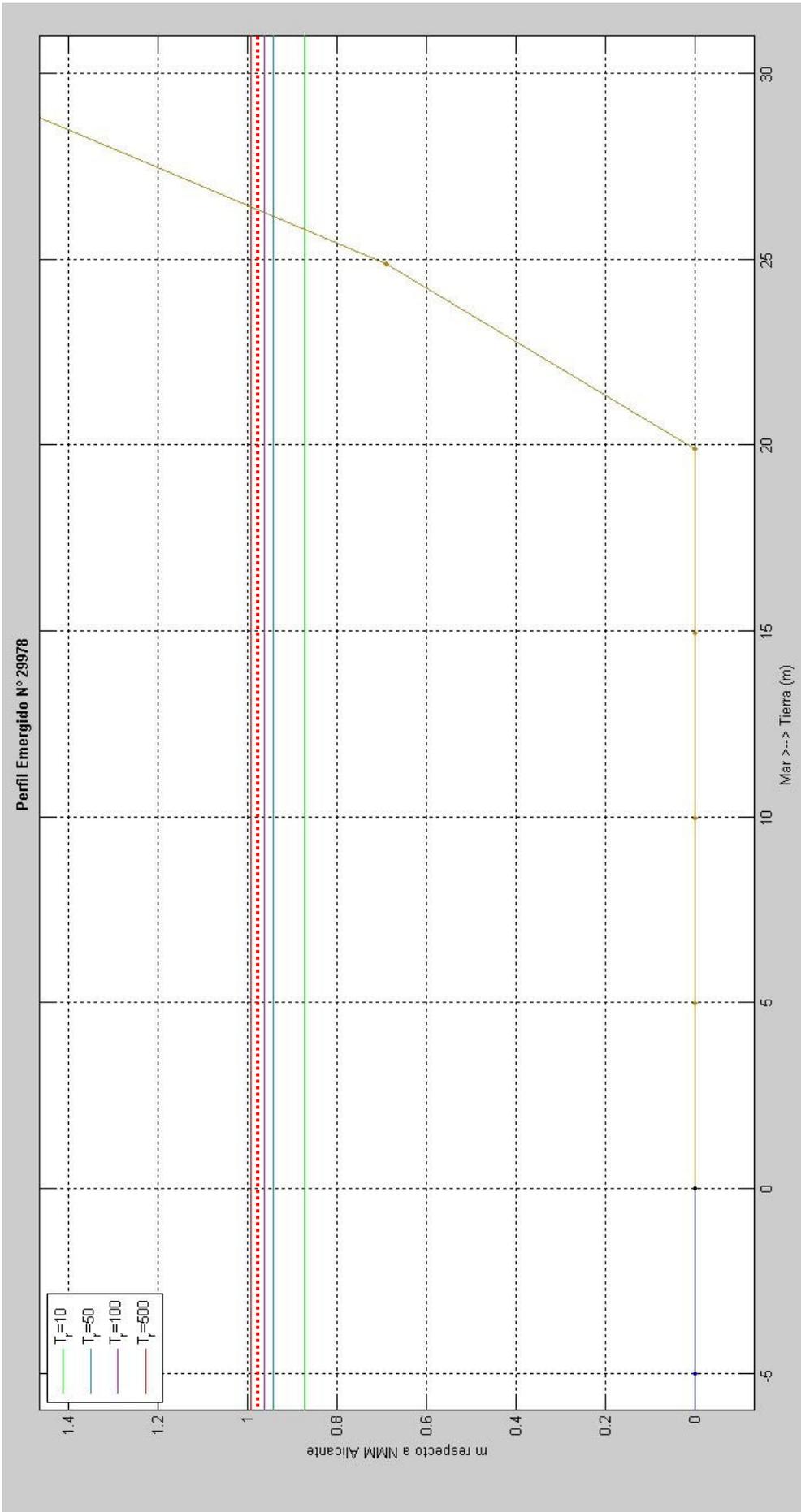


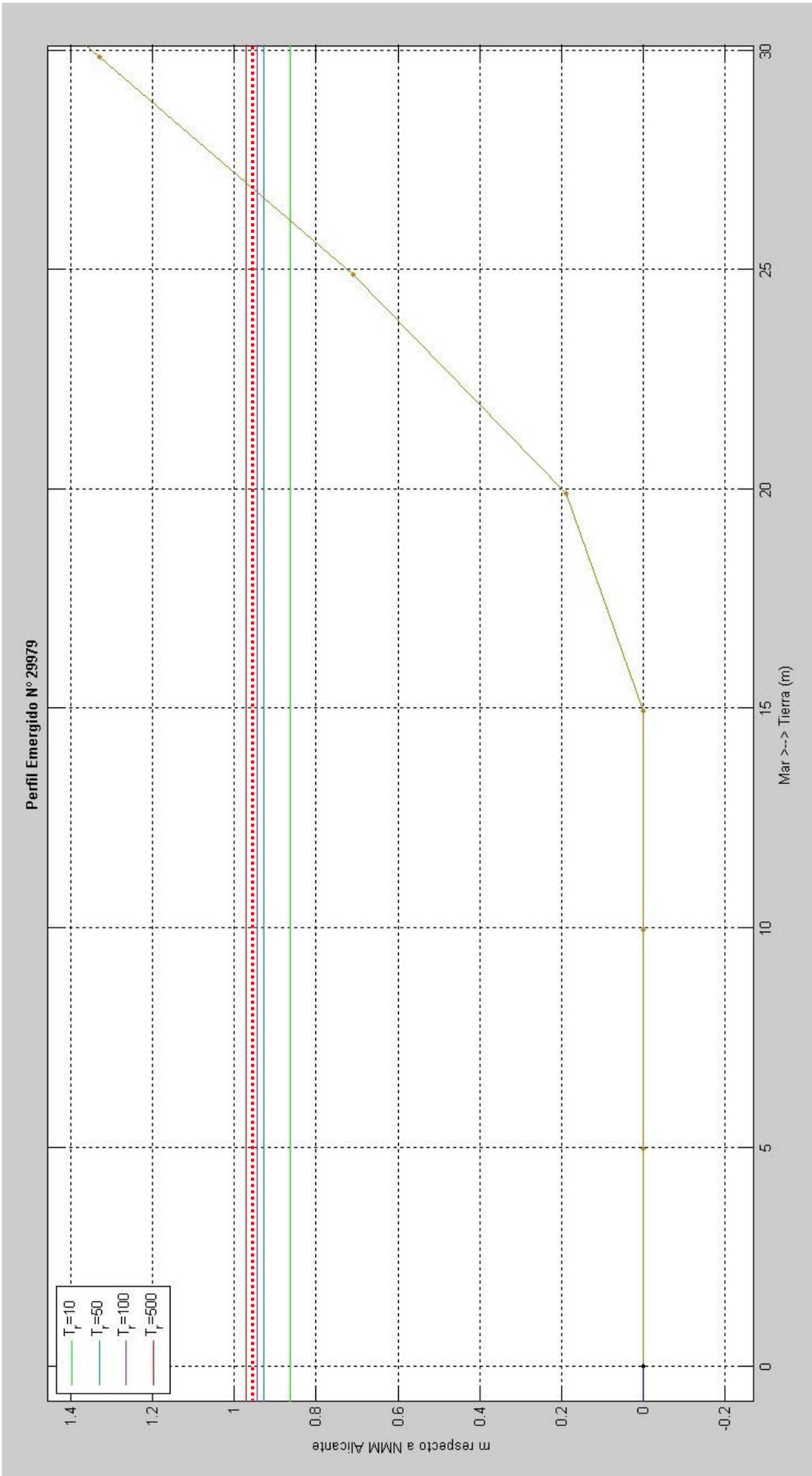






GRÁFICAS DE SALIDAS PARA LA PLAYA EL TARAJAL – EL CHORRILLO (DE SUR A NORTE):





APENDICE 2: PROPAGACIONES OBTENIDAS DE LOS TRAMOS DE ATERRAJE PROPUESTOS.

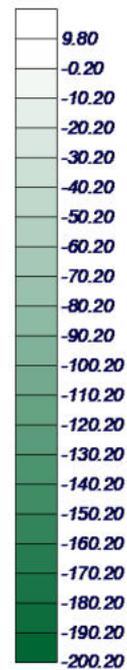
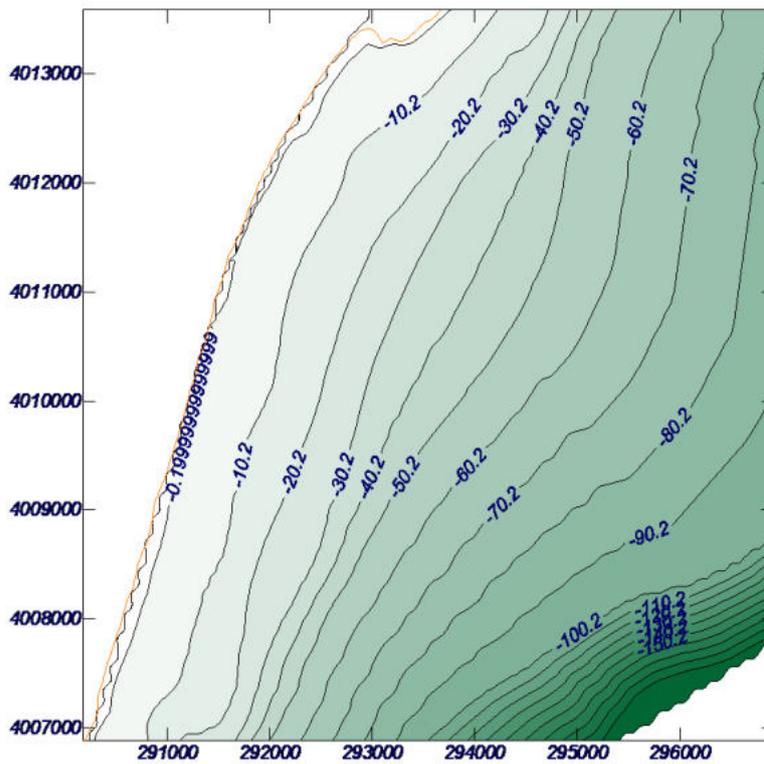
ZONA DE ATERRAJE PENINSULAR (PROVINCIA DE CÁDIZ)

Proyecto:

Gráfico: Topografía 2D

M2: MALLA CORRECTA

Gráfico de topografía



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: *Altura de ola*

Caso monocromático: M201

M2: MALLA CORRECTA
01: ESTE

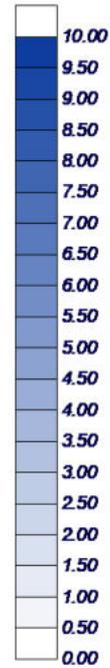
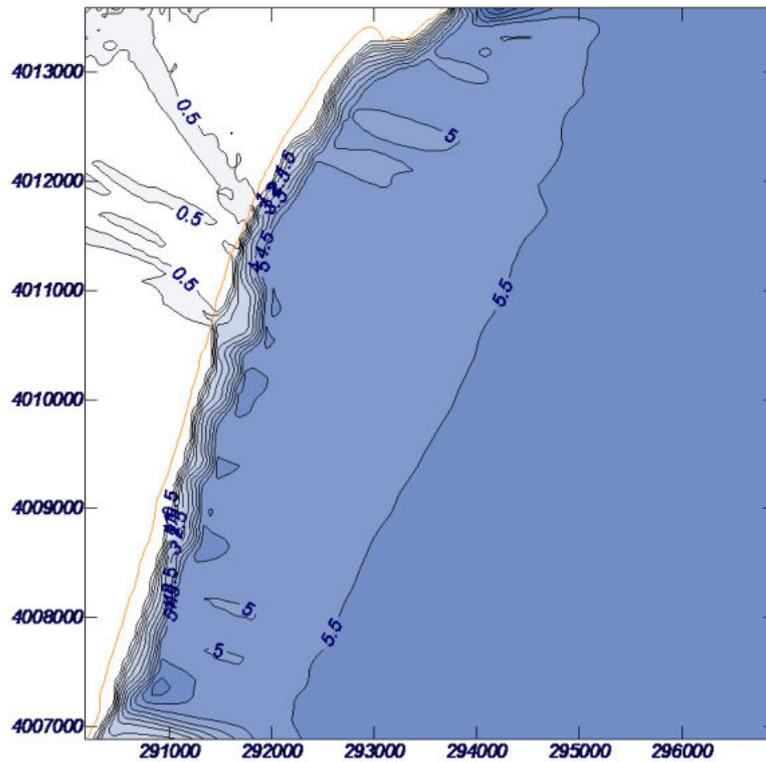
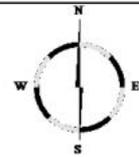
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.47 s
Altura H: 5.72 m
Dirección: 0 ° (E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Vectores

Caso monocromático: M201

M2: MALLA CORRECTA
01: ESTE

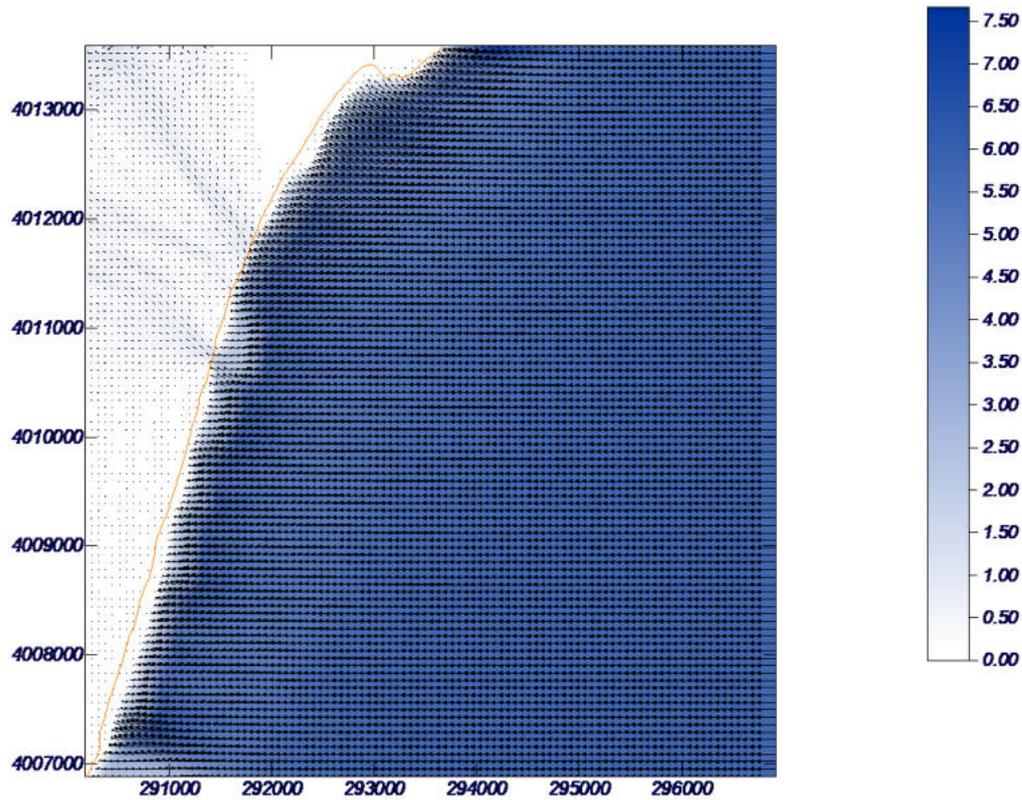
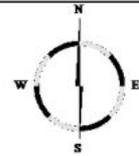
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.47 s
Altura H: 5.72 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



1 cm = 20.000 m

0 20

MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores

Caso monocromático: M201

M2: MALLA CORRECTA
01: ESTE

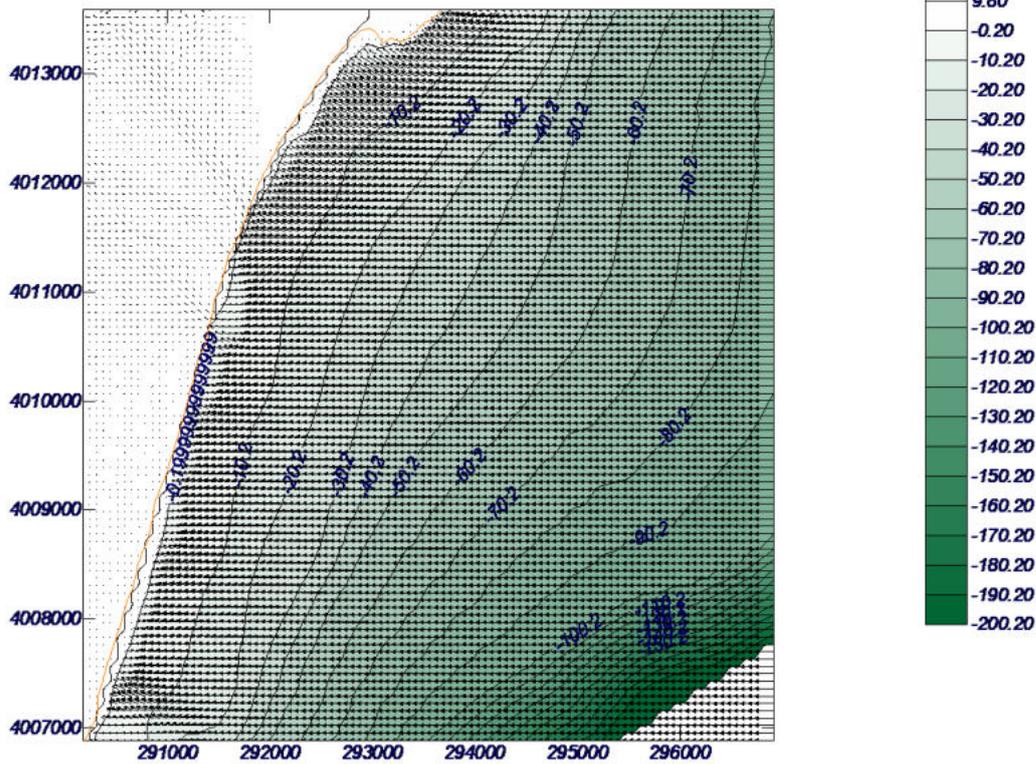
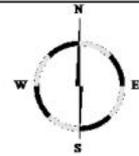
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.47 s
Altura H: 5.72 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



1 cm = 20.000 m

0 20

MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: *Altura de ola*

Caso monocromático: M202

M2: MALLA CORRECTA
02: ESE

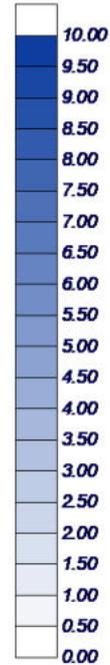
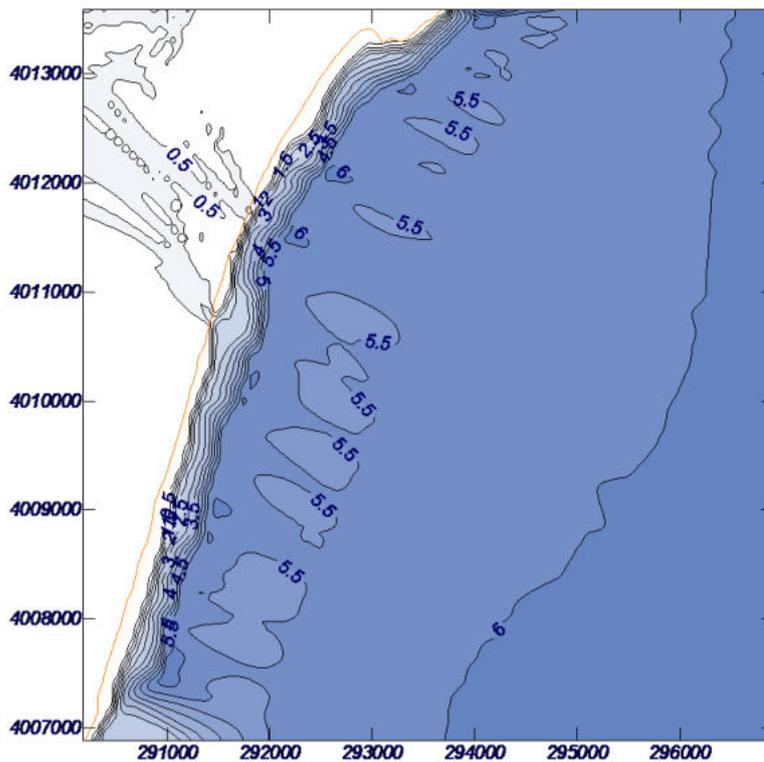
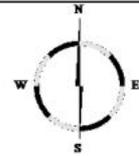
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.77 s
Altura H: 6.03 m
Dirección: -22.5° (S67.5E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Vectores

Caso monocromático: M201

M2: MALLA CORRECTA
01: ESTE

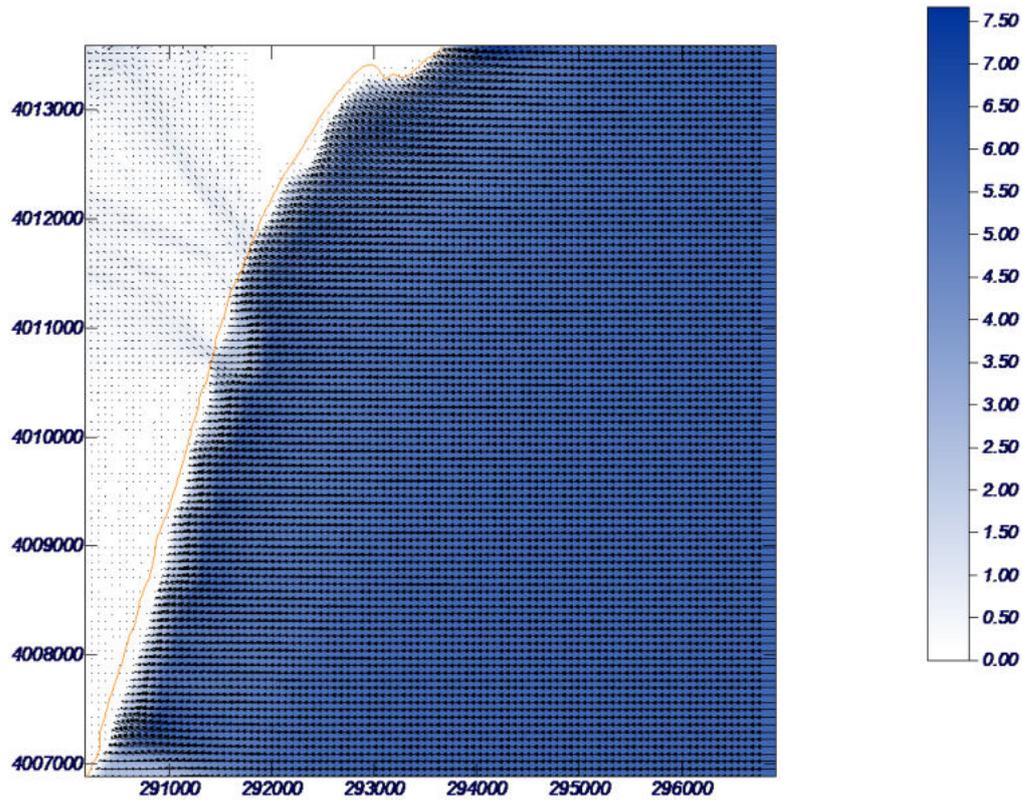
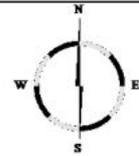
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.47 s
Altura H: 5.72 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



1 cm = 20.000 m

0 20

MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores

Caso monocromático: M202

M2: MALLA CORRECTA
02: ESE

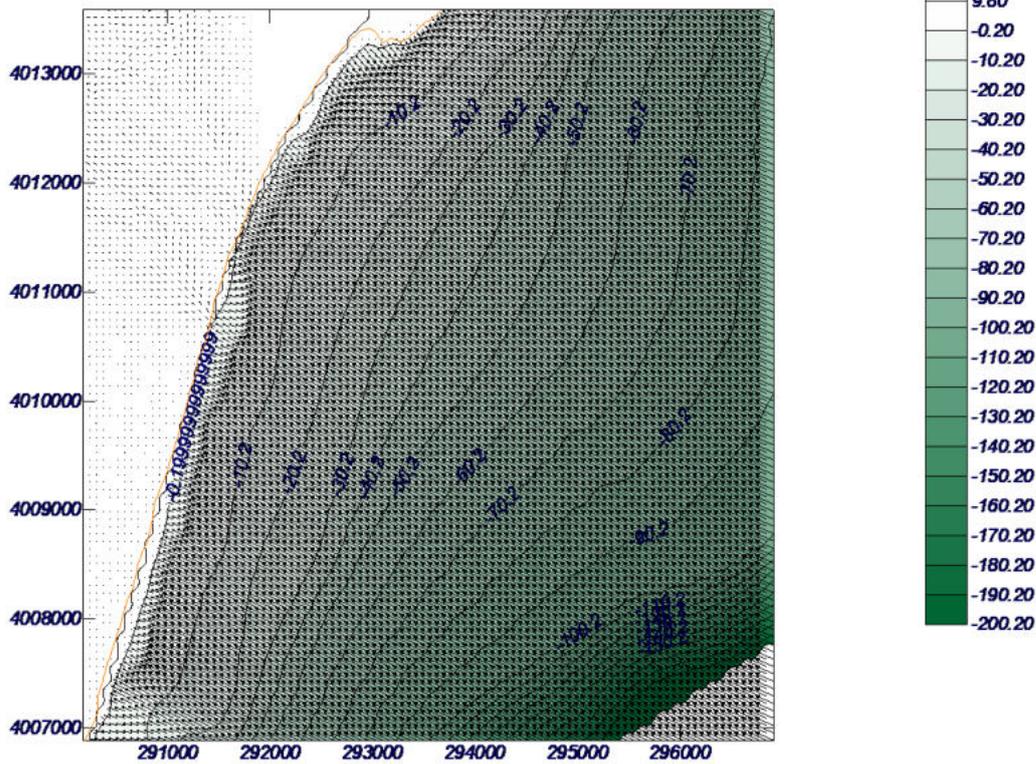
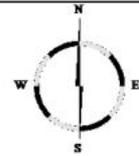
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.77 s
Altura H: 6.03 m
Dirección: -22.5° (S67.5E)
Marea NM: 0 m



1 cm = 20.000 m

0 20

MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



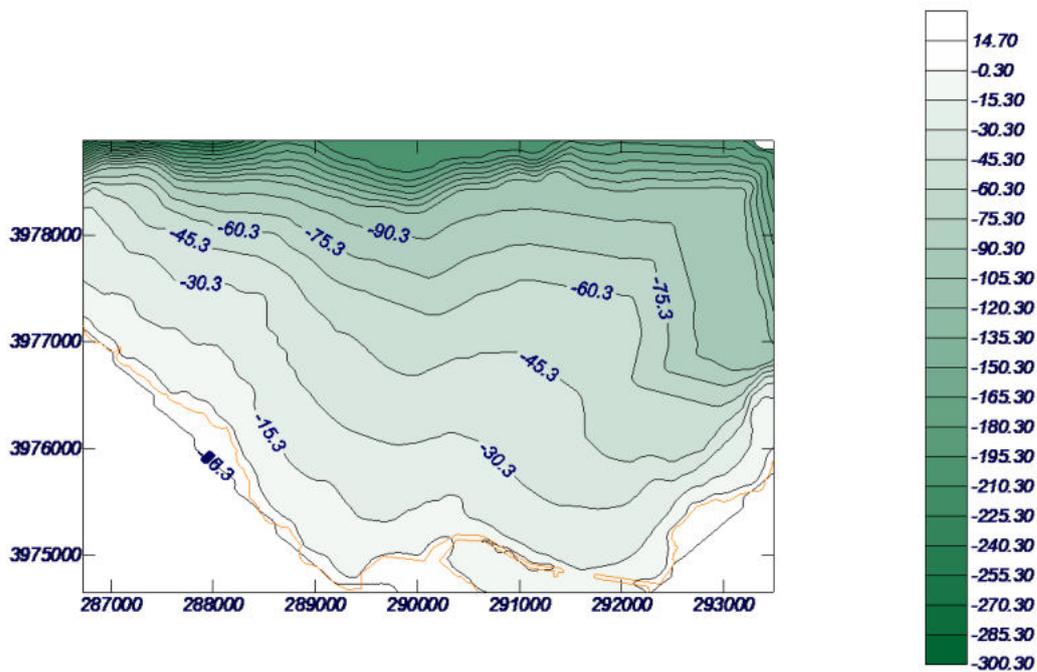
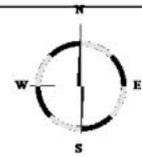
ZONA DE ATERRAJE CEUTA NORTE

Proyecto:

Gráfico: Topografía 2D

M1:

Gráfico de topografía



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: *Altura de ola*

Caso monocromático: M102

M1:
02: ENE

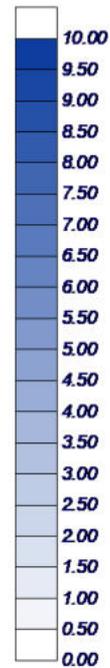
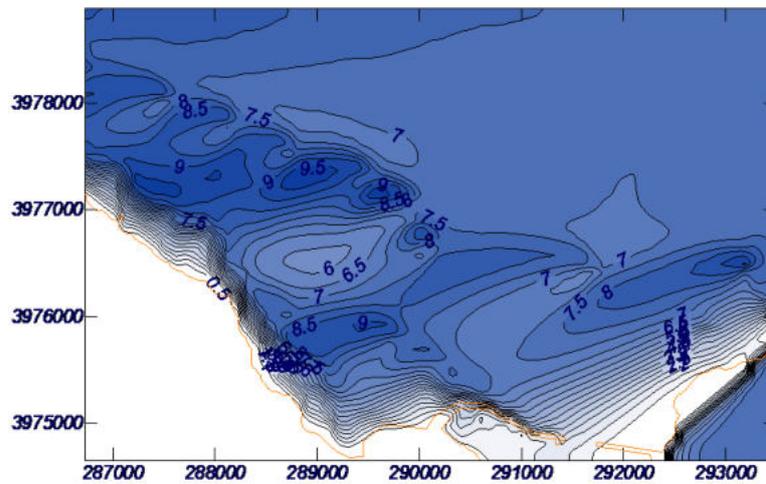
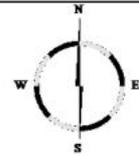
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 11.7 s
Altura H: 7.39 m
Dirección: 22.5 ° (N67.5E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Vectores

Caso monocromático: M102

M1:
02: ENE

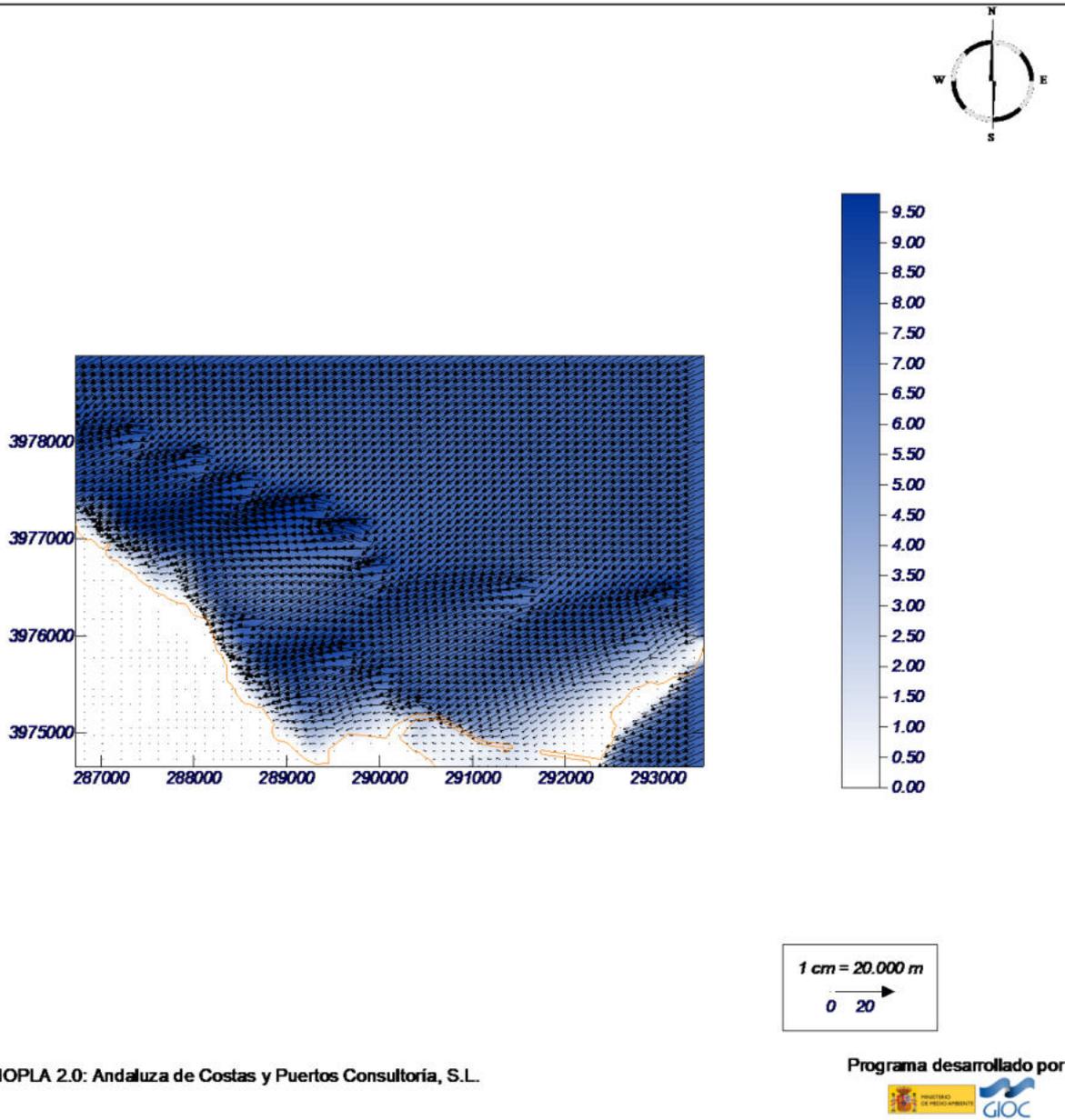
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 11.7 s
Altura H: 7.39 m
Dirección: 22.5 ° (N67.5E)
Marea NM: 0 m



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores

Caso monocromático: M102

M1:
02: ENE

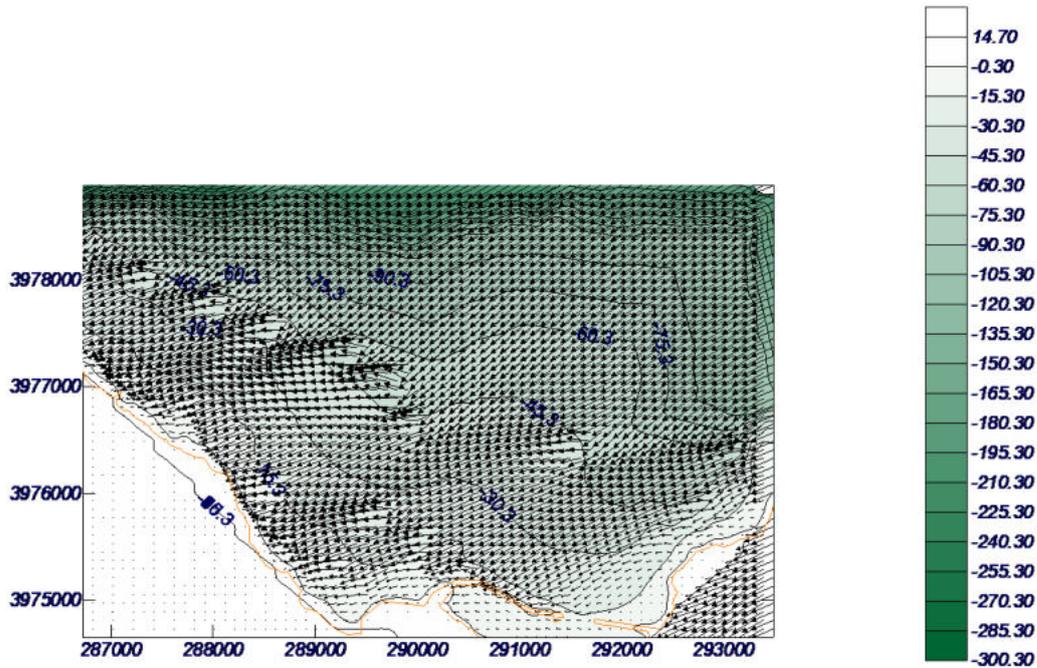
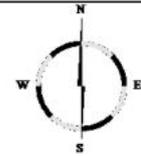
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 11.7 s
Altura H: 7.39 m
Dirección: 22.5 ° (N67.5E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: *Altura de ola*

Caso monocromático: M101

M1:
01: Este

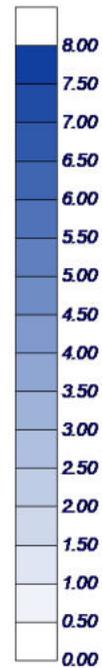
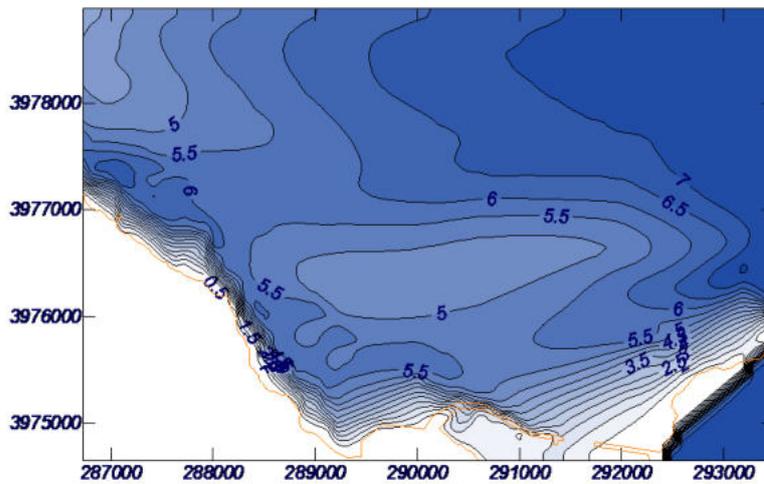
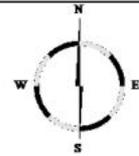
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 11.7 s
Altura H: 7.27 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Vectores

Caso monocromático: M101

M1:
01: Este

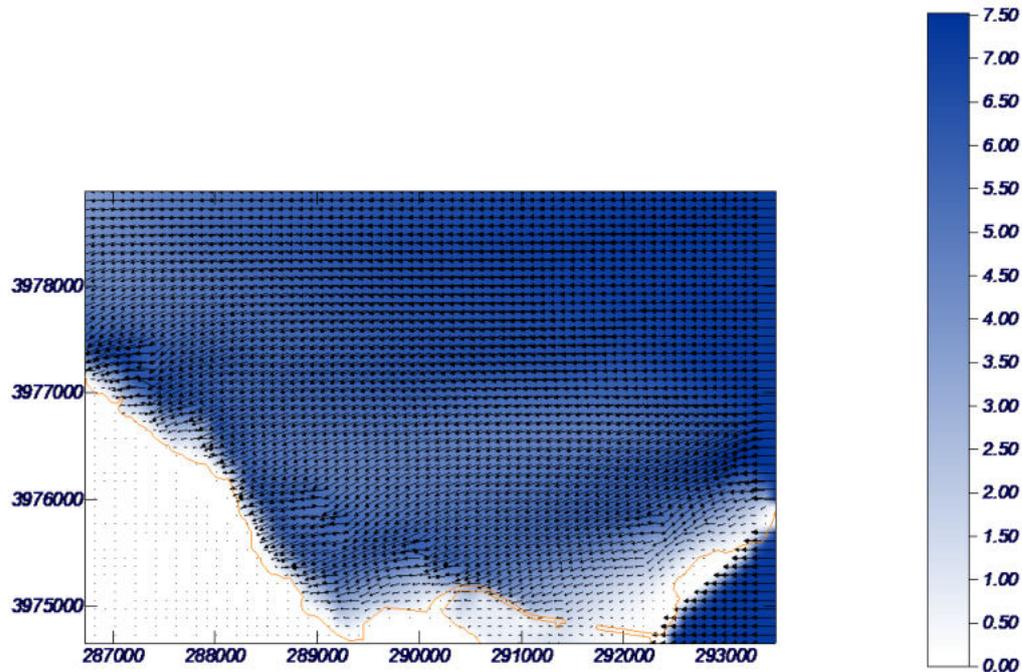
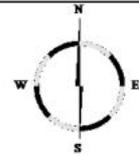
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 11.7 s
Altura H: 7.27 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



1 cm = 20.000 m
0 20

MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores

Caso monocromático: M101

M1:
01: Este

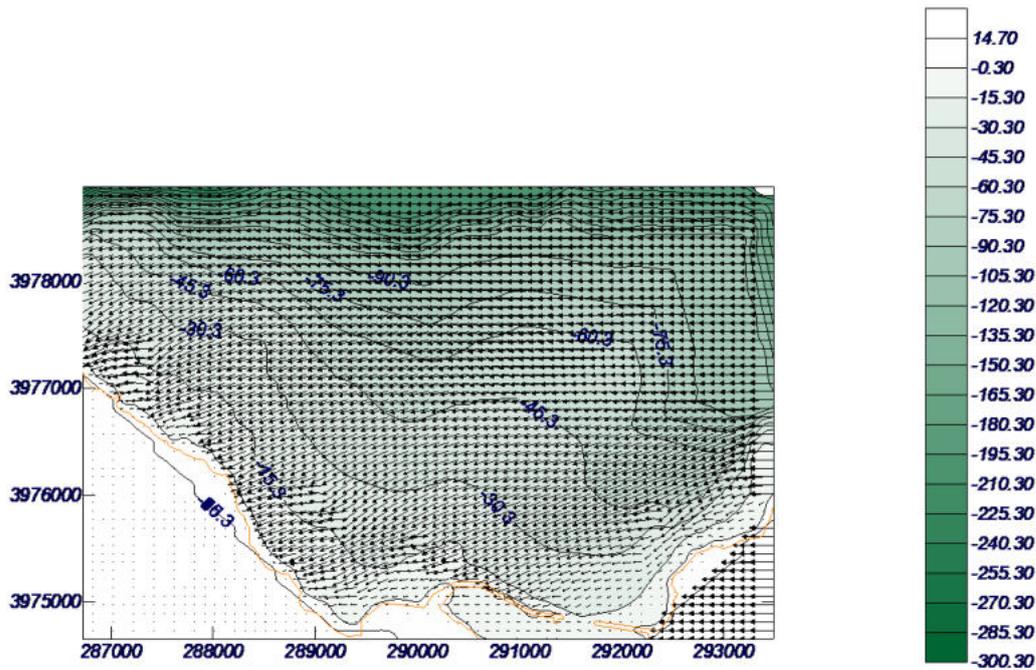
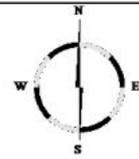
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 11.7 s
Altura H: 7.27 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



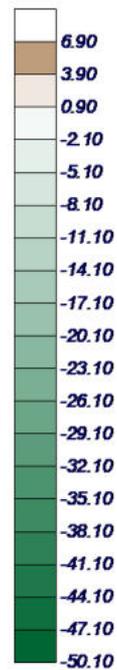
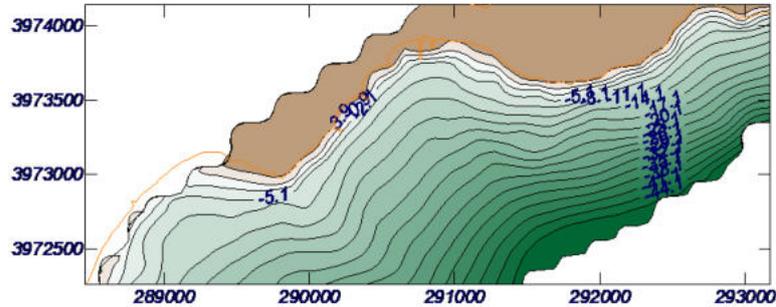
ZONA DE ATERRAJE CEUTA SUR

Proyecto:

Gráfico: Topografía 2D

M2:

Gráfico de topografía



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: *Altura de ola*

Caso monocromático: M201

M2:
01: ENE

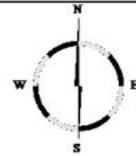
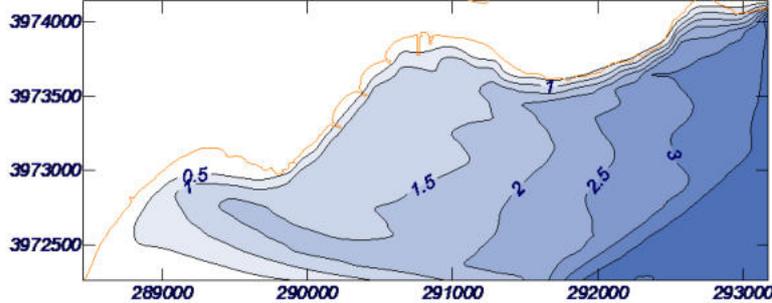
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.21 s
Altura H: 3.54 m
Dirección: 22.5 ° (N67.5E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Vectores

Caso monocromático: M201

M2:
01: ENE

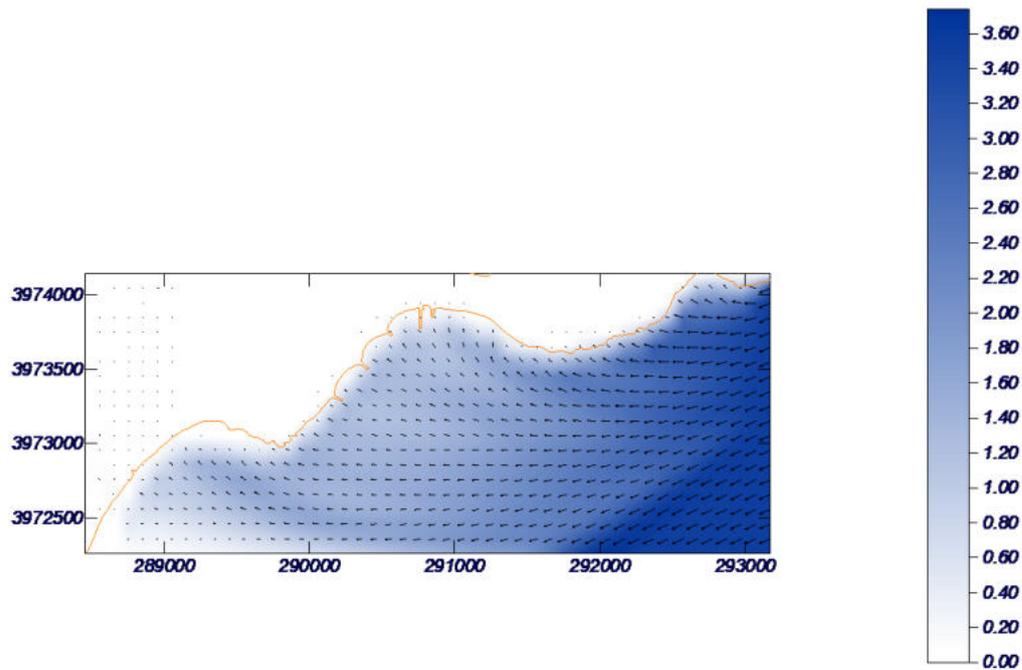
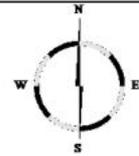
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.21 s
Altura H: 3.54 m
Dirección: 22.5 ° (N67.5E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores

Caso monocromático: M201

M2:
01: ENE

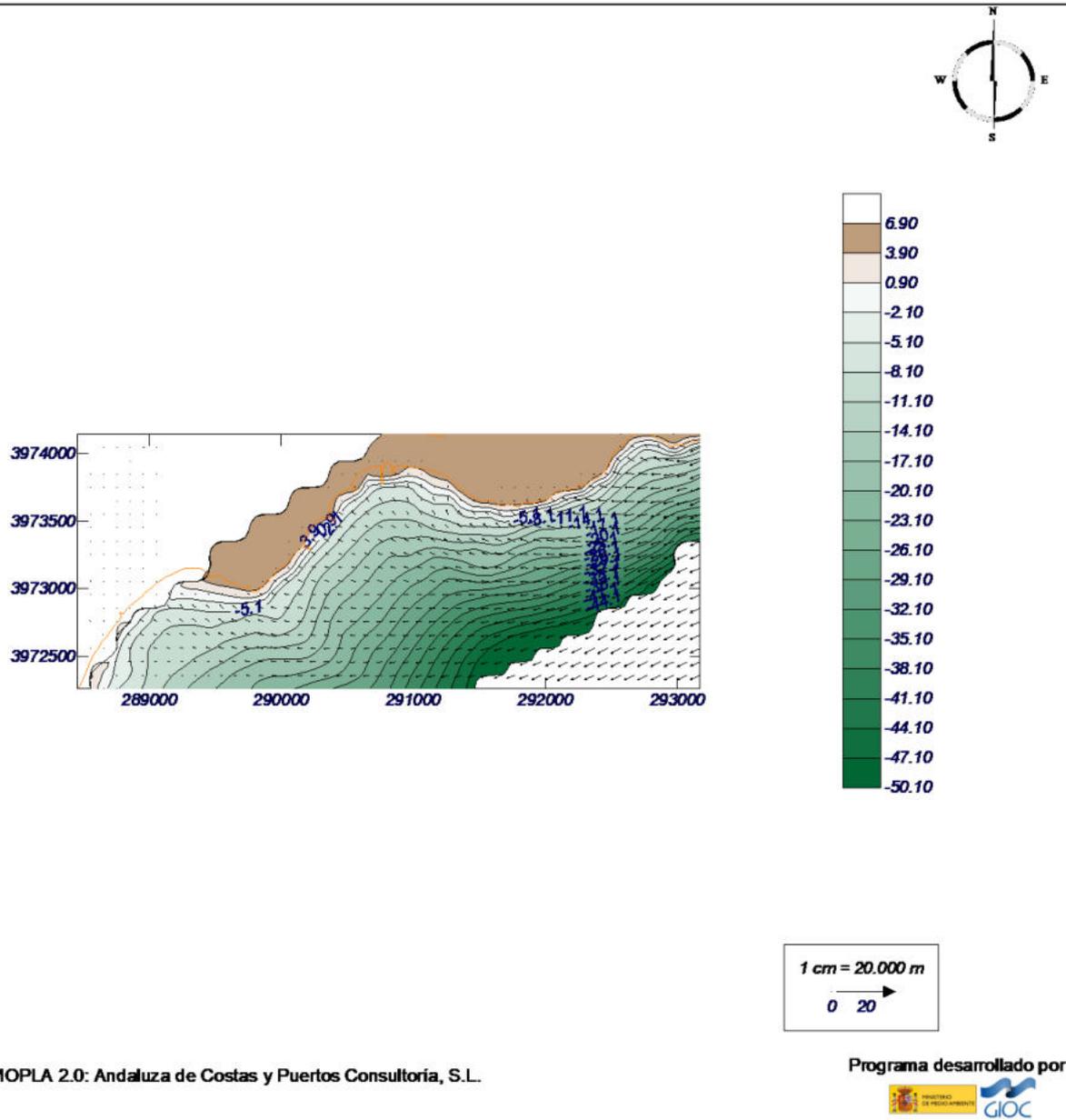
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 9.21 s
Altura H: 3.54 m
Dirección: 22.5 ° (N67.5E)
Marea NM: 0 m



Proyecto:

Gráfico: *Altura de ola*

Caso monocromático: M202

M2:
02: Este

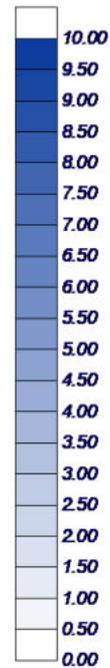
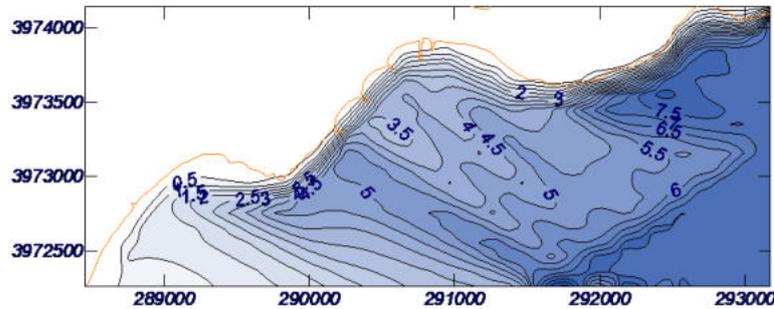
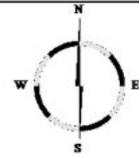
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 12.4 s
Altura H: 7.27 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Vectores

Caso monocromático: M202

M2:
02: Este

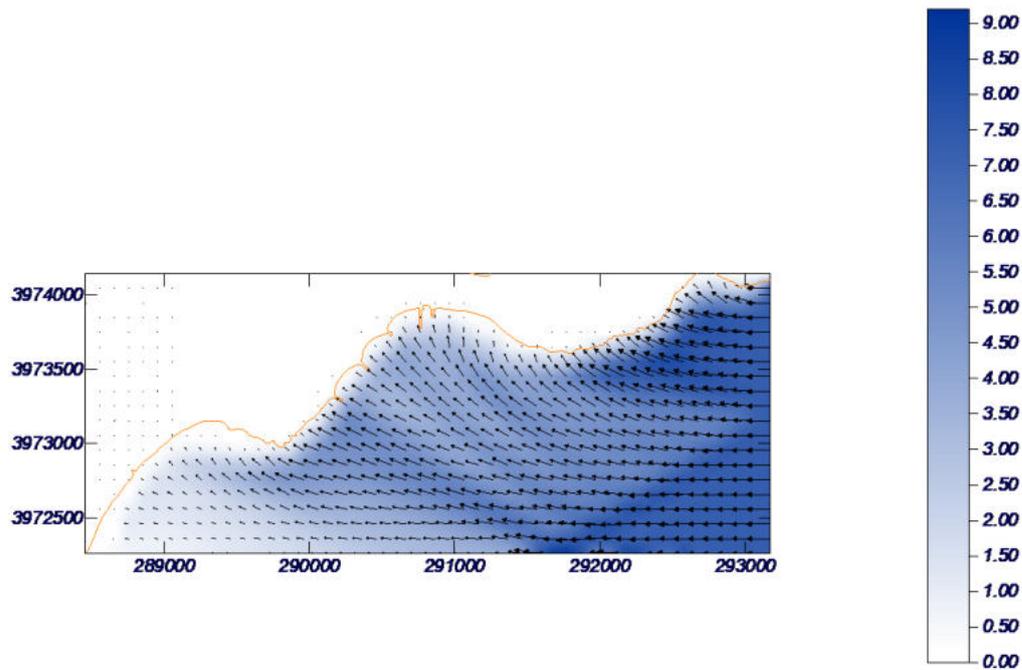
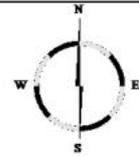
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 12.4 s
Altura H: 7.27 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



1 cm = 20.000 m

0 20

MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores

Caso monocromático: M202

M2:
02: Este

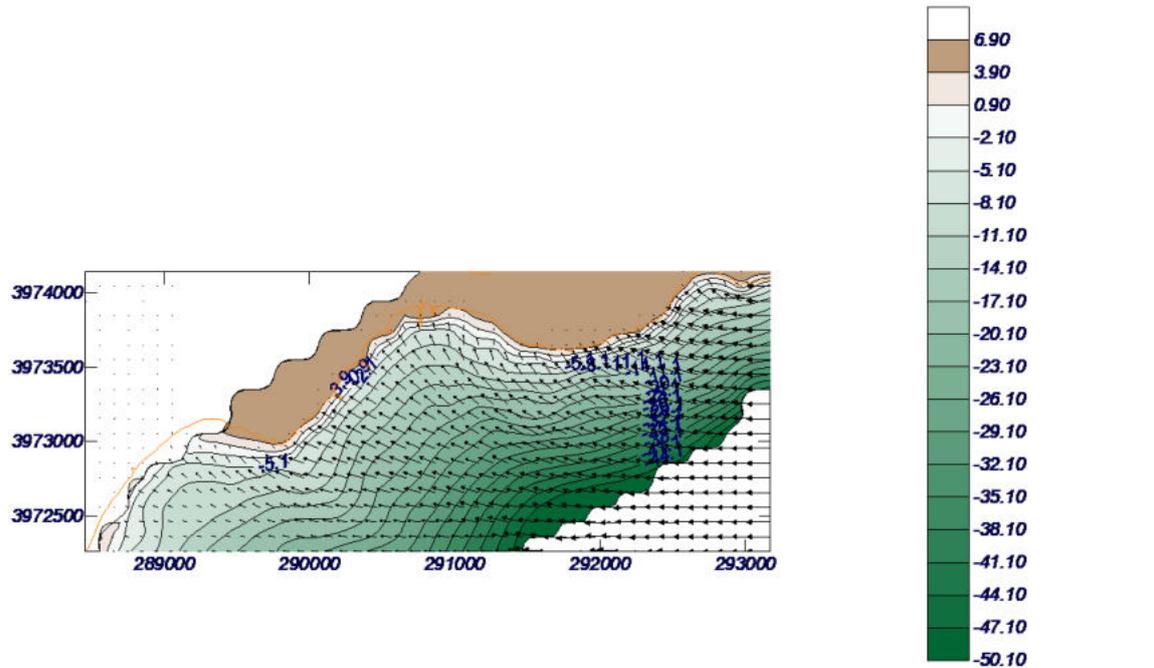
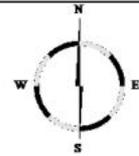
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 12.4 s
Altura H: 7.27 m
Dirección: 0° (E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: *Altura de ola*

Caso monocromático: M203

M2:
03: ESE

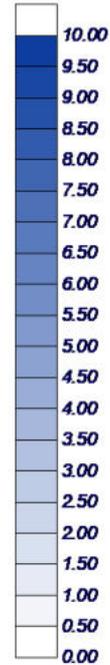
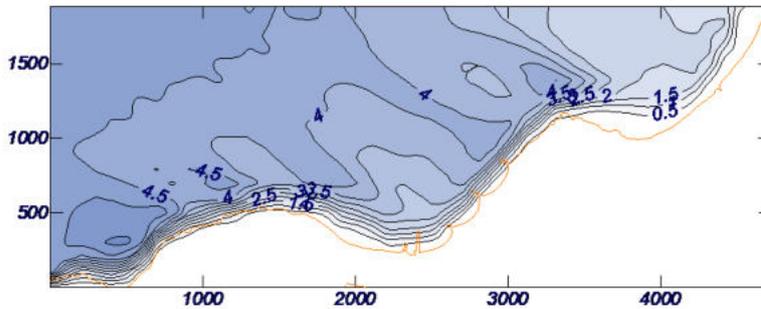
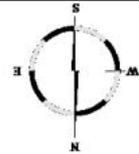
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 10.8 s
Altura H: 4.81 m
Dirección: -22.5° (S67.5E)
Marea NM: 0 m



MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Vectores

Caso monocromático: M203

M2:
03: ESE

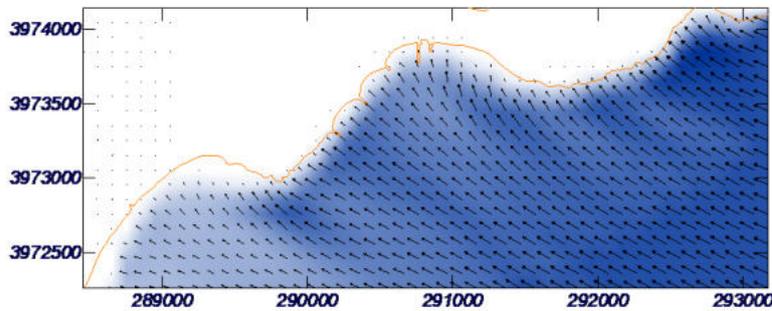
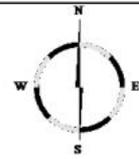
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 10.8 s
Altura H: 4.81 m
Dirección: -22.5 ° (S67.5E)
Marea NM: 0 m



1 cm = 20.000 m

0 20

MOPLA 2.0: Andaluza de Costas y Puertos Consultoría, S.L.

Programa desarrollado por



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores

Caso monocromático: M203

M2:
03: ESE

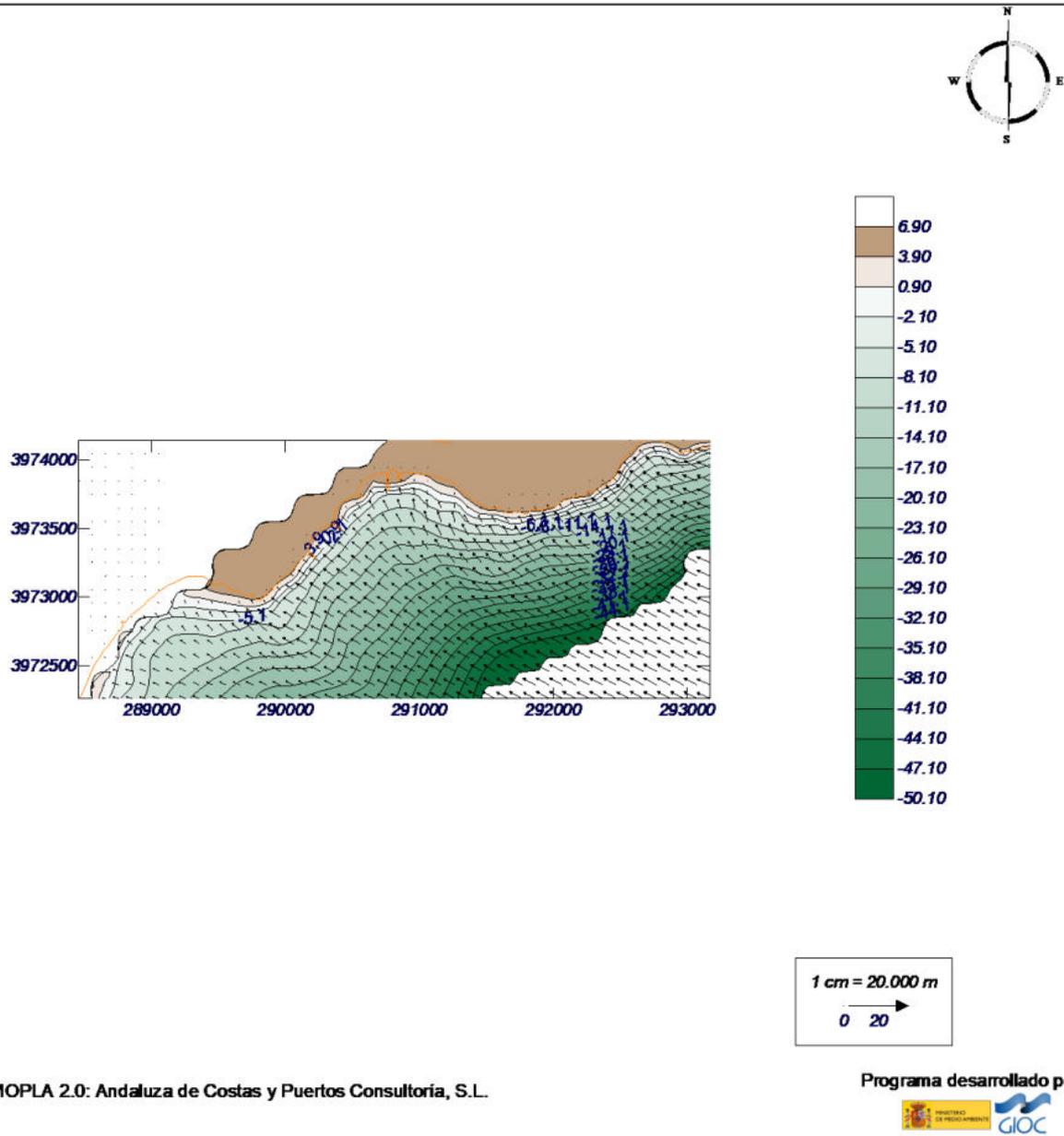
Características de la simulación

OLUCA-MC

COPLA-MC

MOPLA-MC

Periodo T: 10.8 s
Altura H: 4.81 m
Dirección: -22.5° (S67.5E)
Marea NM: 0 m



APENDICE 3: TABLA AUXILIAR DE RESULTADOS PARA OBTENCIÓN DE VALORES DE VELOCIDAD DE CORRIENTES.

ZONA ATERRAJE EN PENÍNSULA (PROVINCIA DE CÁDIZ):

Tabla auxiliar 1.

Península	H	T	L	L/2	Prof _{rot}	nH/T	d = L/2	d = 20	d = 15	d = 10	d = Prof _{rot}
U _{max} =πH/T(1/senh(kd))											
U _{max} == Velocidad max	1	5,59	48,75	24,37	1,28	0,56	0,05	0,08	0,15	0,28	1,34
d == Profundidad	2	6,98	75,96	37,98	2,56	0,90	0,08	0,33	0,47	0,72	1,80
H == Altura de ola	3	7,94	98,47	49,24	3,85	1,19	0,10	0,59	0,84	1,18	2,16
T == Periodo de ola	4	8,71	118,38	59,19	5,13	1,44	0,12	0,89	1,15	1,61	2,53
	5	9,36	136,55	68,27	6,41	1,68	0,14	1,18	1,54	2,10	2,86
	6	9,92	153,45	76,72	7,69	1,90	0,16	1,52	1,89	2,57	3,03

Tabla auxiliar 2.

	1,28	2,56	3,85	5,13	6,41	7,69	10,00	15,00	20,00	24,37	37,98	49,24	59,19	68,27	76,72	U _{max}
H = 1,00	1,34	0,90	0,66	0,52	0,45	0,37	0,28	0,15	0,08	0,05						0,23
H = 2,00		1,80	1,44	1,22	1,01	0,90	0,72	0,47	0,33	0,23	0,08					0,31
H = 3,00			2,16	1,89	1,60	1,39	1,18	0,84	0,59	0,46	0,17	0,10				0,38
H = 4,00				2,53	2,17	1,95	1,61	1,15	0,89	0,70	0,37	0,20	0,12			0,44
H = 5,00					2,86	2,52	2,10	1,54	1,18	0,98	0,54	0,34	0,27	0,14		0,50
H = 6,00						3,03	2,57	1,89	1,52	1,25	0,73	0,49	0,34	0,24	0,16	0,53

ZONA ATERRAJE EN CEUTA:

Tabla auxiliar 3.

Ceuta	H	T	L	L/2	Prof _{rot}	nH/T	d = L/2	d = 20	d = 15	d = 10	d = Prof _{rot}
U _{max} =πH/T(1/senh(kd))											
U _{max} == Velocidad max	1	6,49	65,71	32,85	1,28	0,48	0,04	0,13	0,21	0,34	1,31
d == Profundidad	2	8,21	105,15	52,58	2,56	0,77	0,07	0,45	0,57	0,79	1,83
H == Altura de ola	3	9,42	138,43	69,21	3,85	1,00	0,09	0,73	0,92	1,25	2,27
T == Periodo de ola	4	10,39	168,41	84,20	5,13	1,21	0,10	1,04	1,30	1,73	2,61
	5	11,21	196,04	98,02	6,41	1,40	0,12	1,39	1,71	2,23	3,03
	6	11,93	222,03	111,01	7,69	1,58	0,14	1,70	2,14	2,69	3,12
	7	12,57	246,49	123,24	8,97	1,75	0,15	2,05	2,50	3,19	3,46

Tabla auxiliar 4.

	1,28	2,56	3,85	5,13	6,41	7,69	8,97	10,00	15,00	20,00	32,85	52,58	69,21	84,20	98,02	111,01	123,24	U _{max}
H = 1,00	1,31	0,88	0,69	0,57	0,48	0,42	0,36	0,34	0,21	0,13	0,04							0,23
H = 2,00		1,83	1,51	1,22	1,09	0,93	0,86	0,79	0,57	0,45	0,21	0,07						0,32
H = 3,00			2,27	1,98	1,70	1,50	1,35	1,25	0,92	0,73	0,41	0,18	0,09					0,39
H = 4,00				2,61	2,21	2,06	1,82	1,73	1,30	1,04	0,67	0,33	0,18	0,10				0,45
H = 5,00					3,03	2,56	2,39	2,23	1,71	1,39	0,87	0,48	0,30	0,22	0,12			0,53
H = 6,00						3,12	2,88	2,69	2,14	1,70	1,11	0,66	0,43	0,28	0,20	0,14		0,54
H = 7,00						3,46	3,19	2,50	2,05	1,40	0,85	0,57	0,40	0,28	0,20	0,15	0,15	0,60

APÉNDICE 4: RÉGIMEN DE CORRIENTES Y NIVELES DEL MAR DEBIDOS A MAREA ASTRONÓMICA Y FORZAMIENTO ATMOSFÉRICO.

1. CONCEPTOS GENERALES

En este apartado se estudian las variaciones de nivel de mar y corrientes forzadas por la marea astronómica y el forzamiento atmosférico. No se contempla en este apartado las oscilaciones del nivel del mar ni la corriente inducida por el oleaje. En el caso de las oscilaciones forzadas por la atmósfera nos centraremos en aquellas de periodicidades mayores a las 24 horas.

Las series temporales de variables que se analizan han sido proporcionadas por el modelo SAMPA. Este modelo es una implementación regional del modelo de circulación global (MITgcm) del Instituto de Tecnología de Massachusetts (Marshall et al., 1997). El dominio espacial abarca el Golfo de Cádiz - Estrecho de Gibraltar - Mar de Alborán. La resolución horizontal es más dispersa cerca de los límites abiertos (8–10 km) y es más alta en el área del Estrecho (300–500 m). La resolución vertical se determina estableciendo 46 niveles z espaciados de manera desigual con una resolución máxima de 5 m cerca de la superficie y decayendo exponencialmente hacia el fondo marino.

En los límites abiertos, el modelo se fuerza por los campos de temperatura media diaria, salinidad y velocidad del modelo de circulación a gran escala de MyOcean Med (Oddo et al., 2009). Los forzamientos de mareas y meteorológicos se prescriben en los límites abiertos del modelo de mareas global descrito en Carrère y Lyard (2003) y el modelo HAMSOM de marea meteorológica (Álvarez-Fanjul et al., 2001). En la superficie, el modelo se fuerza a partir de valores cada tres horas de estrés por viento, agua dulce y flujos de superficie de calor proporcionados por la Agencia Meteorológica Española (AEMET) a través del Sistema de Pronóstico operacional basado en el modelo HIRLAM (Cats y Wolters, 1996). Más detalles se describen en Sánchez-Garrido et al. (2013) y Sammartino et al. (2014).

Las series temporales de simulaciones corresponden al año 2018, las cuales se inician a las 00:30 del día 1-1-2018 y finalizan a las 23:30 del día 31-12-2018. Se ha elegido este año porque es a partir de esta fecha cuando se pueden tener predicciones más fiables del modelo SAMPA, tras haber superado una serie de experiencia de validación experimental en los años previos, como las que se presentan en Lorente et al., (2014) y Soto-Navarro et al. (2016) utilizando los campos de corriente superficial medidos con el sistema de radares costeros que cubren la parte oriental del Estrecho de Gibraltar. Dichas series se han extraído en los puntos que se muestran en la figura 1, uno dentro de cada zona del ámbito del estudio de aguas someras: La Línea, Ceuta Norte y Ceuta Sur. Todos los puntos se localizan en una isóbata de 20 m.

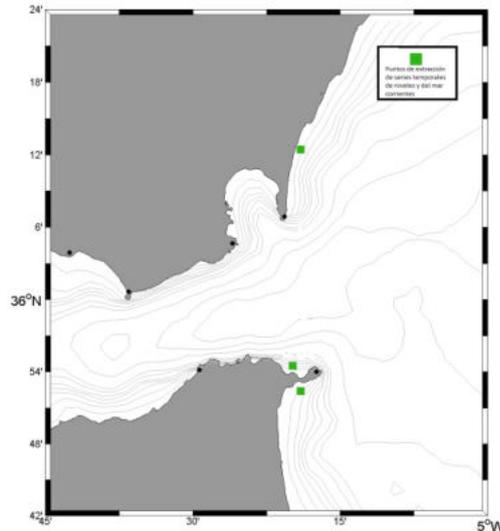


Figura 1. Posición de los puntos en donde se han extraído las series temporales de niveles del mar y corrientes simuladas por el modelo SAMPA.

2. NIVELES DEL MAR.

En la figura 2 se muestra la simulación del nivel del mar para todo el año 2018, de su observación se deduce que la variabilidad principal es la debida a la marea astronómica, la cual parece presentar carreras de marea que no superan el metro de amplitud. Aunque no tan fácil de apreciar se observa cierta variabilidad con periodicidades mayores a las de la marea y que probablemente esté forzada por la variabilidad atmosférica. En los siguientes sub-apartados analizaremos más en detalle estos diferentes componentes de variabilidad.

2.1. NIVELES DEL MAR DEBIDOS A LA MAREA ASTRONÓMICA.

La señal de marea astronómica presente en las series temporales se ha caracterizado a partir de la aplicación de un análisis armónico de ajuste por mínimos cuadrados en las frecuencias de las constituyentes de marea. Las constantes armónicas obtenidas para las principales constituyentes de marea se muestran en las tablas 1, 2 y 3.

TABLA 1. Amplitud de las principales constituyentes de marea en el punto de La Línea.

Componente	Amplitud (m)	Fase de Greenwich (grados)
O1	0.0263	206.94
K1	0.0147	293.87
N2	0.0556	36.66
M2	0.2514	50.68
S2	0.0923	78.15
K2	0.0249	75.48

TABLA 2. Amplitud de las principales constituyentes de marea en el punto de Ceuta Sur.

Componente	Amplitud (m)	Fase de Greenwich (grados)
O1	0.0328	191.78
K1	0.0206	273.15
N2	0.0588	44.44
M2	0.2606	60.98
S2	0.0927	87.71
K2	0.0235	87.54

TABLA 3. Amplitud de las principales constituyentes de marea en el punto de Ceuta Norte.

Constituyente	Amplitud (m)	Fase de Greenwich (grados)
O1	0.0160	190.60
K1	0.0060	209.87
N2	0.0619	40.63
M2	0.2674	52.45
S2	0.0988	80.76
K2	0.0277	75.87

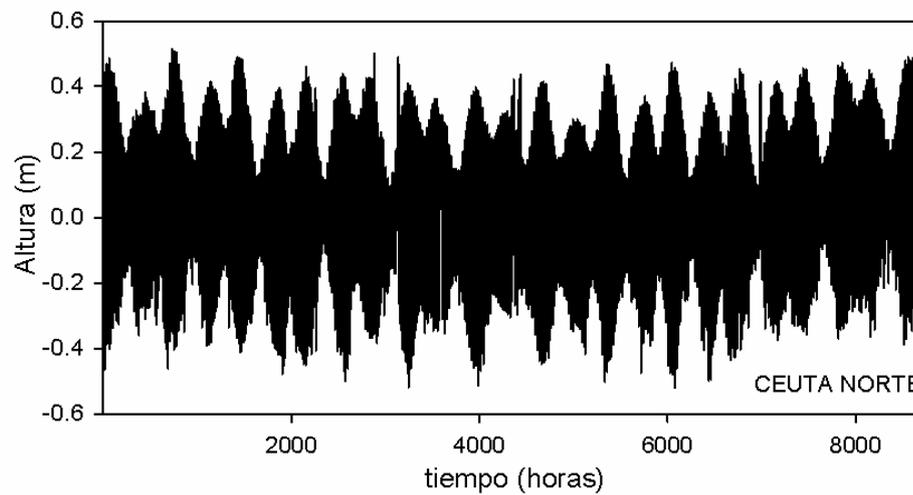
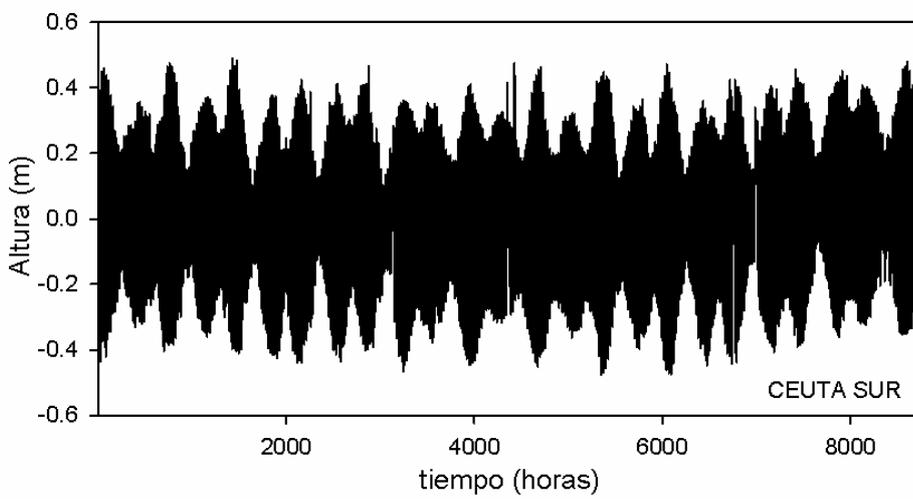
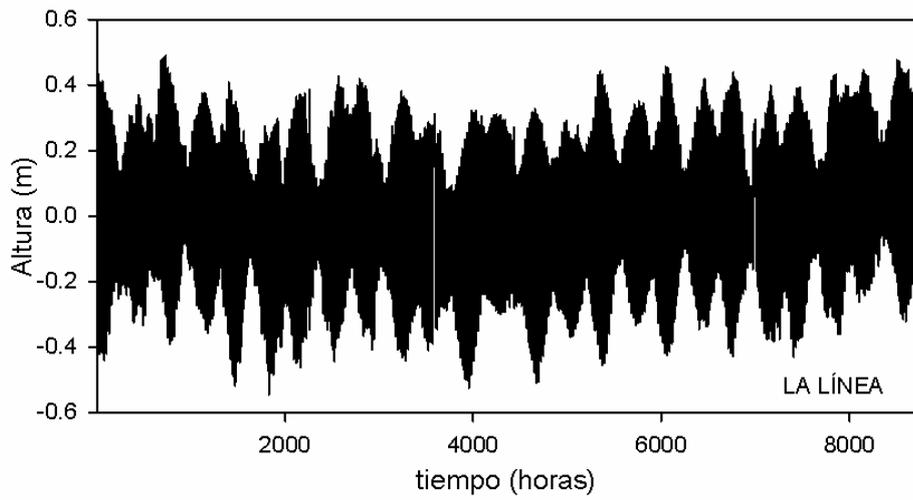


Figura 2. Series temporales de la altura del nivel del mar simuladas con el modelo SAMPA en los tres puntos de estudio a lo largo del año 2018. Los valores se refieren al nivel medio del mar en cada punto. Los registros se inician a las 00:30 del 1 de enero de 2018 y finalizan a las 23:30 del 21 de diciembre de 2018.

Como era de esperar, las constituyentes que presentan mayor amplitud son las semidiurnas M2, S2 y N2. Las fases de Greenwich indican que la marea llega primero a La Línea y después a Ceuta Norte con una diferencia de apenas 4 minutos, mientras que a Ceuta Sur llega unos 15 minutos más tarde. En cualquier caso, se concluye como ya se había sugerido después de la inspección visual de la figura 2, que las carreras de mareas que vamos a encontrar en las tres zonas es muy similar, con carreras de marea máxima que no superan el metro de amplitud.

2.2. MAREA METEOROLOGICA DEBIDA AL FORZAMIENTO ATMOSFÉRICO DE PERÍODOS MAYORES A 24 HORAS.

Las series de nivel del mar que caracterizan a esta marea meteorológica se han obtenido a partir de la sustracción a las series originales de la predicción de marea astronómica, que se ha realizado a partir de las constantes armónicas previamente determinadas. Dichas series se muestran en la figura 3.

La zona de La Línea es la que presentan una mayor amplitud de las oscilaciones del nivel del mar de origen meteorológico. No obstante, estas oscilaciones muestran desviaciones con respecto al nivel medio que no superan los 20 cm de amplitud. En las localizaciones de Ceuta Norte y Ceuta Sur estas desviaciones no superan los 10 cm de amplitud. Por otra parte, la amplitud de la marea astronómica, que se puede estimar groseramente sumando las amplitudes de las constituyentes de marea que se muestran en las tablas 1, 2 y 3, es de unos 40 cm. Por lo tanto, 10 o 20 cm de amplitud en la marea meteorológica supone una fracción significativa de la variabilidad del nivel del mar en las zonas estudiadas.

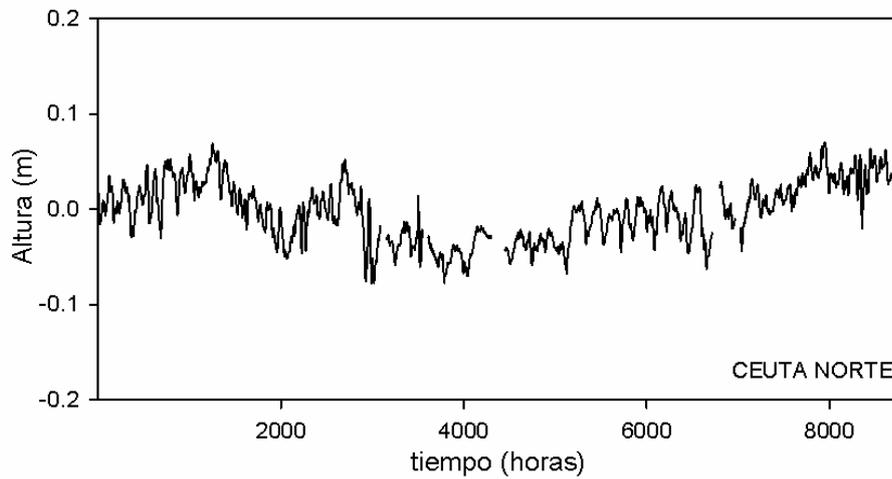
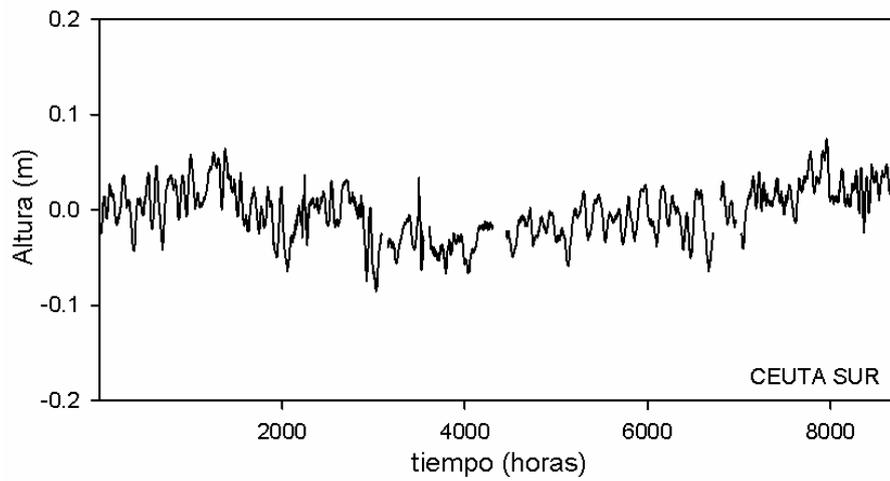
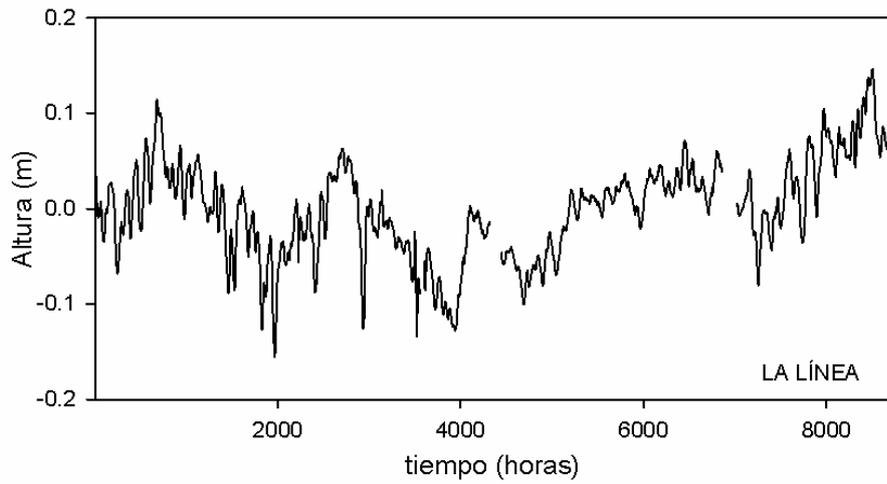


Figura 3. Nivel del mar asociado a la marea meteorológica de largo período en cada uno de los puntos de estudio. Los valores son referidos al nivel medio del mar en cada punto. Los registros se inician a las 00:30 del 1 de enero de 2018 y finalizan a las 23:30 del 21 de diciembre de 2018.

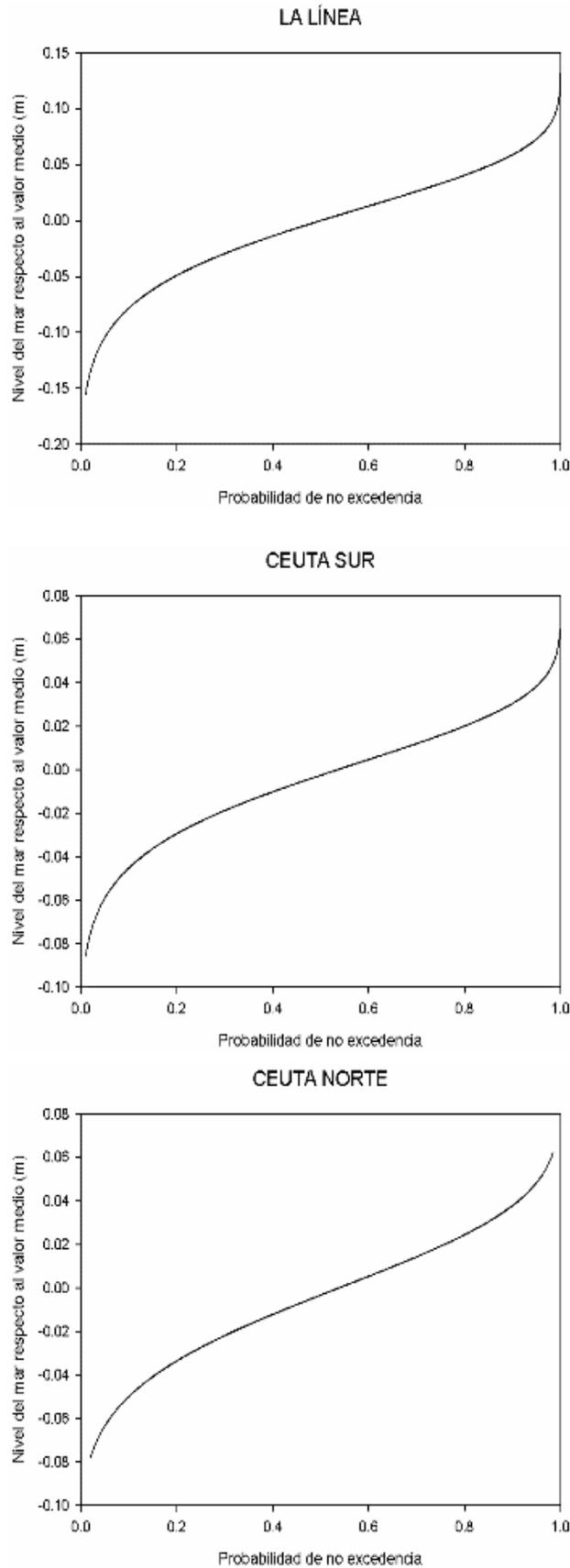


Figura 4. Regímenes medios de los niveles del mar asociados a la marea meteorológica en los tres puntos de estudio. Las curvas representan funciones Weibull de tres parámetros.

Finalmente, para tener una caracterización estadística de la frecuencia de presentación que pueden mostrar estas oscilaciones de origen meteorológico, se han calculado los regímenes medios de estas oscilaciones. Estos regímenes se presentan en la figura 4 para las tres localizaciones y permiten determinar en base al análisis estadístico del año estudiado la probabilidad de no excedencia de los niveles del mar debidos a la marea meteorológica. Nótese que estos niveles están referidos al valor medio del nivel del mar. Estos regímenes medios permiten deducir, por ejemplo, que en el 90 % del tiempo (probabilidad de 0.9) la marea meteorológica no superará los 5 cm sobre el nivel medio del mar en la zona de La Línea, mientras que en Ceuta Sur y Ceuta norte no superará los 3 cm y 3.5 cm respectivamente.

3. CORRIENTES.

Las series temporales de intensidad de la corriente simuladas por el modelo SAMPA en los tres puntos de estudio se muestra en la figura 5. Se puede ver que en las tres localizaciones la intensidad de la corriente no alcanza los 0.5 m/s. También se puede apreciar que ahora la señal de marea astronómica no resulta tan dominante como en el caso de los niveles del mar.

En la figura 6, se muestran las rosas de corriente en las tres localizaciones. De dichas rosas se puede deducir cual es la dirección predominante de las corrientes. De esta forma, en La Línea la dirección predominante es hacia el sureste, en Ceuta Norte, no está tan claro si es la dirección noroeste o la dirección sureste la que domina. Por otra parte, en Ceuta Sur la dirección dominantes es claramente la noreste.

En los siguientes sub-apartados estudiaremos con más detalle, al igual que con las series de nivel del mar, los diferentes componentes de esta variabilidad que presentan las corrientes.

3.1. CAMPO DE CORRIENTE MEDIA.

En la figura 7 se muestra el campo de corriente media (valor promedio a lo largo del año 2018) obtenido para la zona de estudio. El primer rasgo importante que hay que tener en cuenta es la reducción de intensidad de la corriente en las zonas someras en relación con los valores de intensidad que se obtienen a relativa poca distancia offshore. Especialmente llamativo es el contraste de corriente media que se desvela entre la zona de Ceuta Norte y la zona central del estrecho, en donde la variación en la intensidad de la corriente puede ser de casi 1 m/s.

En la zona de La Línea la dirección de la corriente media es hacia el suroeste, mientras que en Ceuta Norte es hacia el sureste. Por otra parte en Ceuta Sur la corriente media se dirige hacia el noreste. En general la intensidad de las corriente media en las tres zonas de estudio presenta intensidades bajas, unos 0.03 m/s en La Línea y en Ceuta Norte y unos 0.08 m/s en Ceuta Sur.

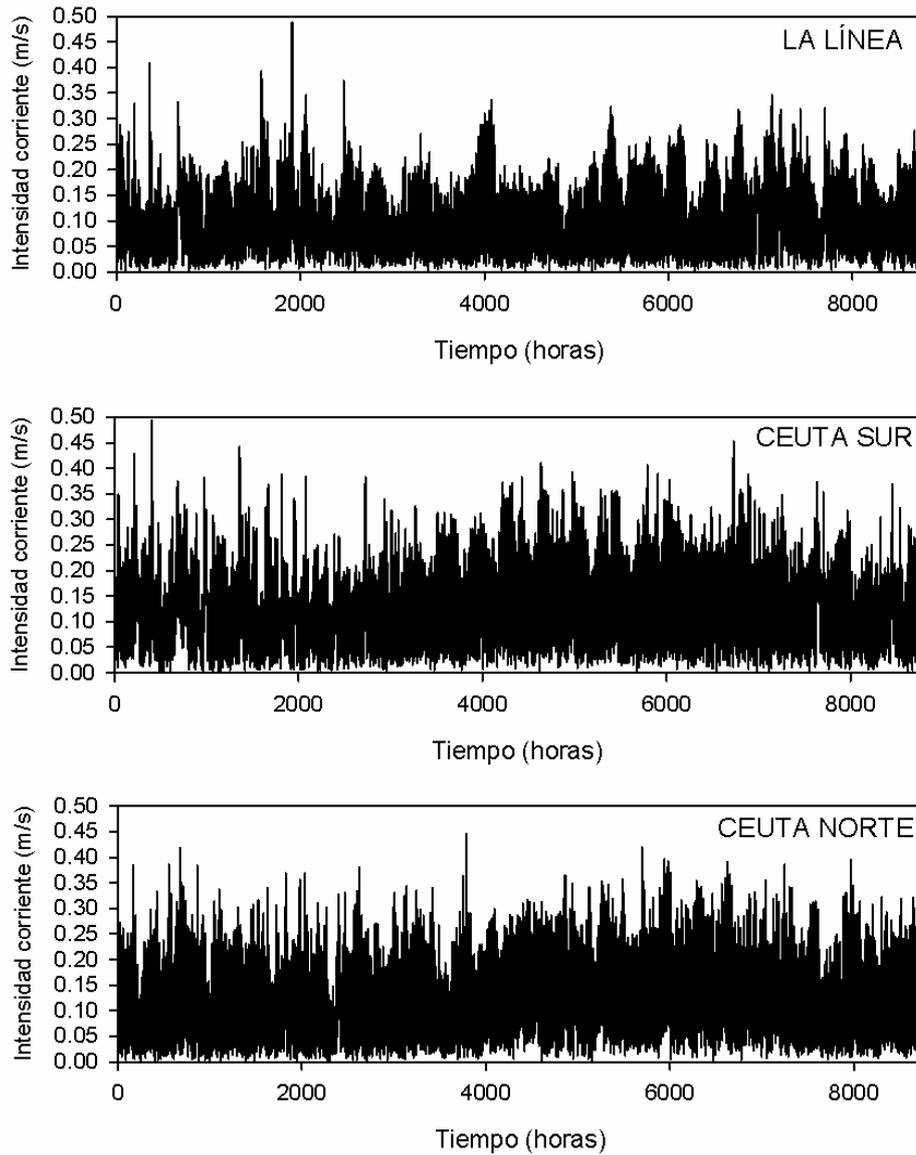


Figura 5. Intensidad de la corriente simulada con el modelo SAMPA en los tres puntos de estudio. Los registros se inician a las 00:30 del 1 de enero de 2018 y finalizan a las 23:30 del 21 de diciembre de 2018.

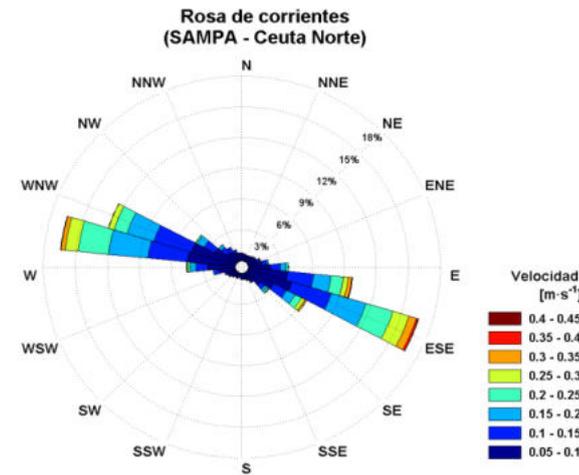
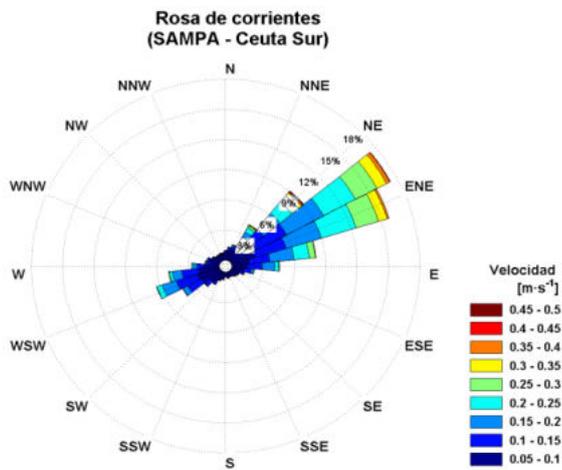
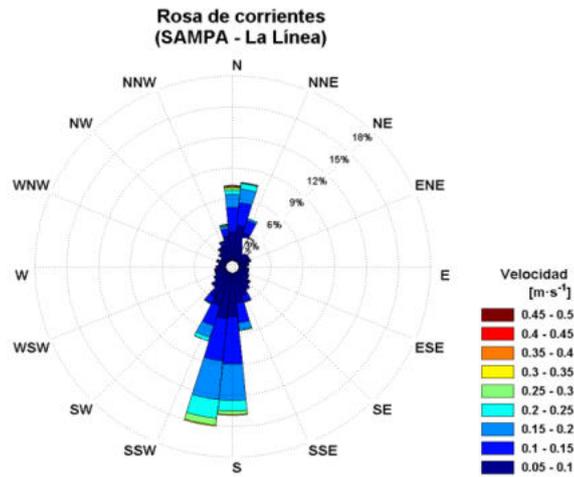


Figura 6. Rosas de corriente en cada uno de los puntos de estudio. El extremo más externo de cada bastón indica el sentido al que se dirige la corriente. La longitud de los segmentos en los que se divide cada bastón, indica el porcentaje de presentación del valor de velocidad de la corriente, indicado por el color de cada segmento.

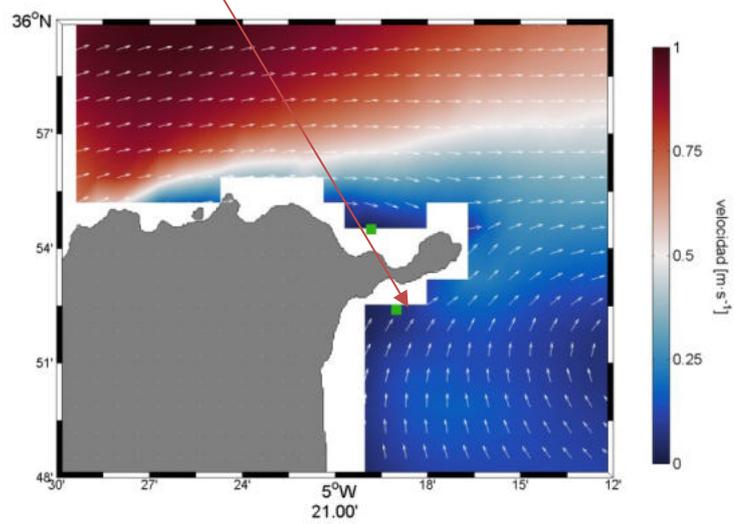
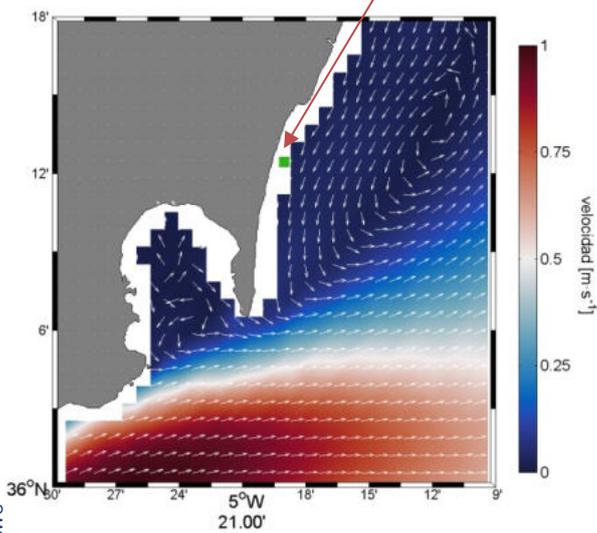
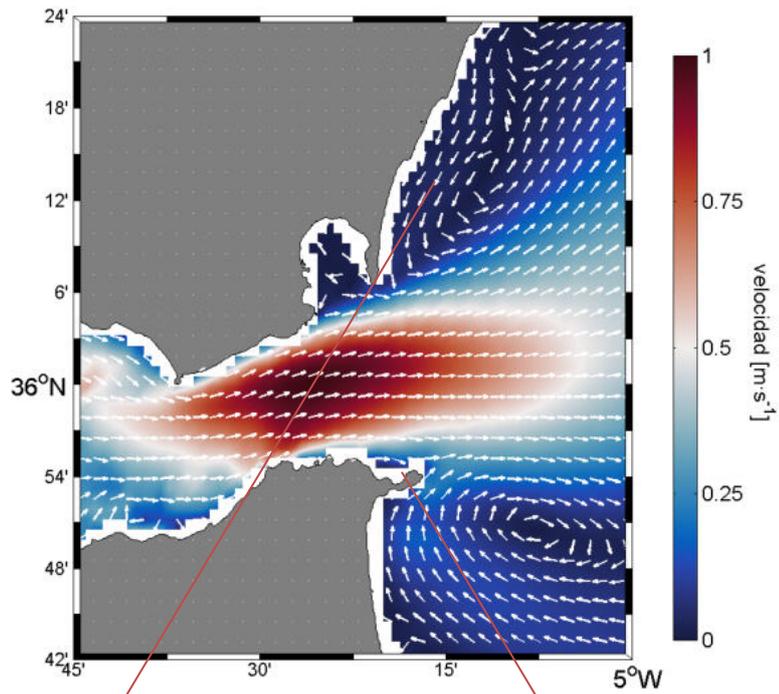


Figura 7. Campo de velocidad de la corriente media para el año 2018 en la zona de estudio. En los mapas inferiores se muestra una ampliación de la zona de La Línea, a la izquierda, y de Ceuta Norte y Ceuta Sur, a la derecha.

3.2. CORRIENTES DE MAREA.

Al igual que en el caso del análisis de las series temporales de nivel del mar, de cara a determinar la señal de marea astronómica en las oscilaciones de las corrientes se aplicó un análisis por ajuste de mínimos cuadrados a frecuencias de marea a cada una de las componentes horizontales de la velocidad de la corriente, componente 'U' en la dirección zonal y positiva hacia el este y componente 'V' en la dirección meridional y positiva hacia el norte. Los resultados de este análisis se muestran en las tablas 4, 5 y 6.

TABLA 4. Amplitudes de la corriente de marea en La Línea. La variabilidad debida a marea explica el 23.3 % para U y el 56.8 % para V de la varianza de la corriente.

CONTITUYENTE DE MAREA	AMPLITUD U (m/s)	AMPLITUD V (m/s)	AMPLITUD MÓDULO (m/s)
Corriente media	0.0032	-0.0289	0.0291
O1	0.0028	0.0181	0.0183
K1	0.0046	0.0276	0.0280
N2	0.0035	0.0247	0.0249
M2	0.0163	0.0916	0.0930
S2	0.0063	0.0372	0.0377
K2	0.0000	0.0127	0.0127

TABLA 5. Amplitudes de la corriente de marea en Ceuta Sur. La variabilidad debida a marea explica el 62.2 % para U y el 47.6 % para V de la varianza de la corriente.

CONTITUYENTE DE MAREA	AMPLITUD U (m/s)	AMPLITUD V (m/s)	AMPLITUD MÓDULO (m/s)
Corriente media	0.0660	0.0450	0.0799
O1	0.0397	0.0227	0.0457
K1	0.0452	0.0245	0.0514
N2	0.0142	0.0071	0.0159
M2	0.1038	0.0512	0.1157
S2	0.0337	0.0138	0.0364
K2	0.0126	0.0061	0.0140
MO3	0.0200	0.0000	0.0200
MK3	0.0208	0.0000	0.0208

TABLA 6. Amplitudes de la corriente de marea en Ceuta Norte. La variabilidad debida a marea explica el 39.9 % para U y el 29.4 % para V de la varianza de la corriente.

CONTITUYENTE DE MAREA	AMPLITUD U (m/s)	AMPLITUD V (m/s)	AMPLITUD MÓDULO (m/s)
Corriente media	0.0172	-0.0020	0.0173
O1	0.0308	0.0102	0.0324
K1	0.0442	0.0116	0.0457
N2	0.0178	0.0054	0.0186
M2	0.0275	0.0135	0.0306
S2	0.0328	0.0000	0.0328
MO3	0.0306	0.0000	0.0306
MK3	0.0333	0.0000	0.0333
M4	0.0539	0.0162	0.0563

Como puede verse en las tablas, la contribución de la marea astronómica en la explicación de la variabilidad de las corrientes no es tan importante como en el caso de los niveles del mar. Esta contribución en términos de porcentaje de explicación de la varianza de la señal total presenta su mayor valor en la localización de Ceuta Sur con un 62.2 %, seguida de La Línea con un 56.8 % y Ceuta Norte con un 39.9 %. Este resultado indica que entre un 40 % y 60% de la varianza de la corriente (dependiendo de la localización) se explica por un forzamiento diferente al de la marea.

En el caso de la corriente de marea, a diferencia de los niveles del mar, encontramos una gran heterogeneidad en cuanto a la importancia relativa que tienen las diferentes constituyentes de marea. En La Línea, la amplitud de las constituyentes semidiurnas (M2, S2 y K2) es mayor que las diurnas (O1 y K1) aunque ahora las diferencias no son tan grandes como las presentadas con los niveles del mar. Por otra parte, en Ceuta Sur, la importancia relativa de las constituyentes diurnas en relación a las semidiurnas se incrementa considerablemente. Finalmente, en Ceuta Norte, las constituyentes diurnas son incluso más importantes que las semidiurnas y además ganan una considerable importancia a otras componentes, las llamadas de aguas someras, como MO3, MK3 y M4 que en el caso de esta última llega a superar la amplitud de la M2.

En la figura 8, se presenta la predicción de intensidad de la corriente de marea obtenida a partir de las constantes armónicas determinadas en cada localización. Se puede observar que los picos de corriente no superan los 0.30 m/s en ninguna de las series temporales, aunque picos con valores de corriente mayores o iguales a 0.20 m/s son habituales a lo largo de todo el año.

3.3. CORRIENTES DEBIDAS AL FORZAMIENTO ATMOSFÉRICO.

La parte de la variabilidad temporal de las corrientes que podría estar relacionada con el forzamiento atmosférico se ha obtenido sustrayendo la predicción de la corriente de marea de las series de velocidad originales. En la figura 9 se muestran las series de intensidad de la corriente correspondientes en las tres localizaciones del estudio. Puede observarse que este tipo de variabilidad puede producir picos de corriente de más de 0.35 m/s de intensidad. La localización que ofrece los valores de intensidad más altos es Ceuta Sur seguida de Ceuta Norte, mientras que en La Línea encontramos los valores de intensidad más bajos, con picos de corriente que no superan los 0.20 m/s.

Si se tiene en cuenta la serie de componente zonal del viento (positiva hacia el este) en la parte oriental el Estrecho de Gibraltar que se presenta en la parte inferior de la figura, se podría decir que los picos de corriente comentados ocurren en momentos en los que también encontramos valores altos de la componente zonal del viento tanto en la dirección este (Levantes) como en la dirección oeste (Ponientes). También resulta evidente que los mayores picos de corriente tienden a ocurrir de forma más regular durante el otoño y el invierno, no superando por lo general los 0.20 m/s en durante la primavera y el verano.

En la figura 10 se muestran los regímenes medios para la intensidad de la corriente total simulada para las tres localizaciones. Estas curvas nos permiten justificar de forma estadística, la probabilidad de excedencia de un valor determinado de intensidad de la corriente, representado en el eje vertical del gráfico. A modo de ejemplo de aplicación de estas curvas, para una probabilidad de excedencia 0.9 (90 %) la intensidad de la corriente que no superará los 0.20 m/s en La Línea y en Ceuta Sur, mientras que en Ceuta Norte no superará los 0.15 m/s.

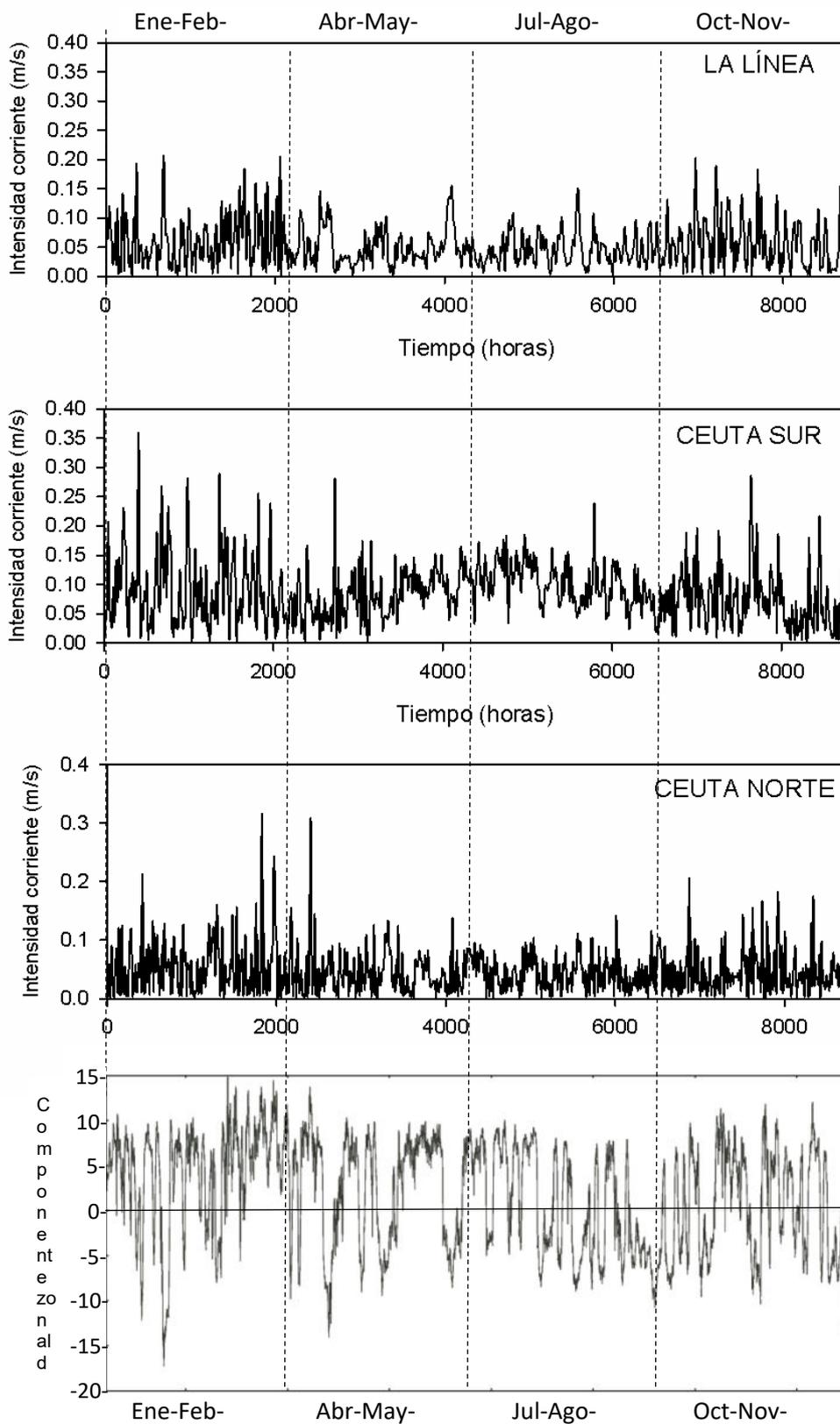


Figura 9. Series temporales de la intensidad de la corriente debida a la marea meteorológica de períodos mayores a las 24 horas a lo largo del año 2018. También se muestra en el gráfico del fondo la serie temporal correspondiente a la componente zonal del viento (positiva hacia el este) para el mismo año 2018 obtenida de la base de datos ERA interim. Los registros se inician a las 00:30 del 1 de enero de 2018 y finalizan a las 23:30 del 21 de diciembre de 2018.

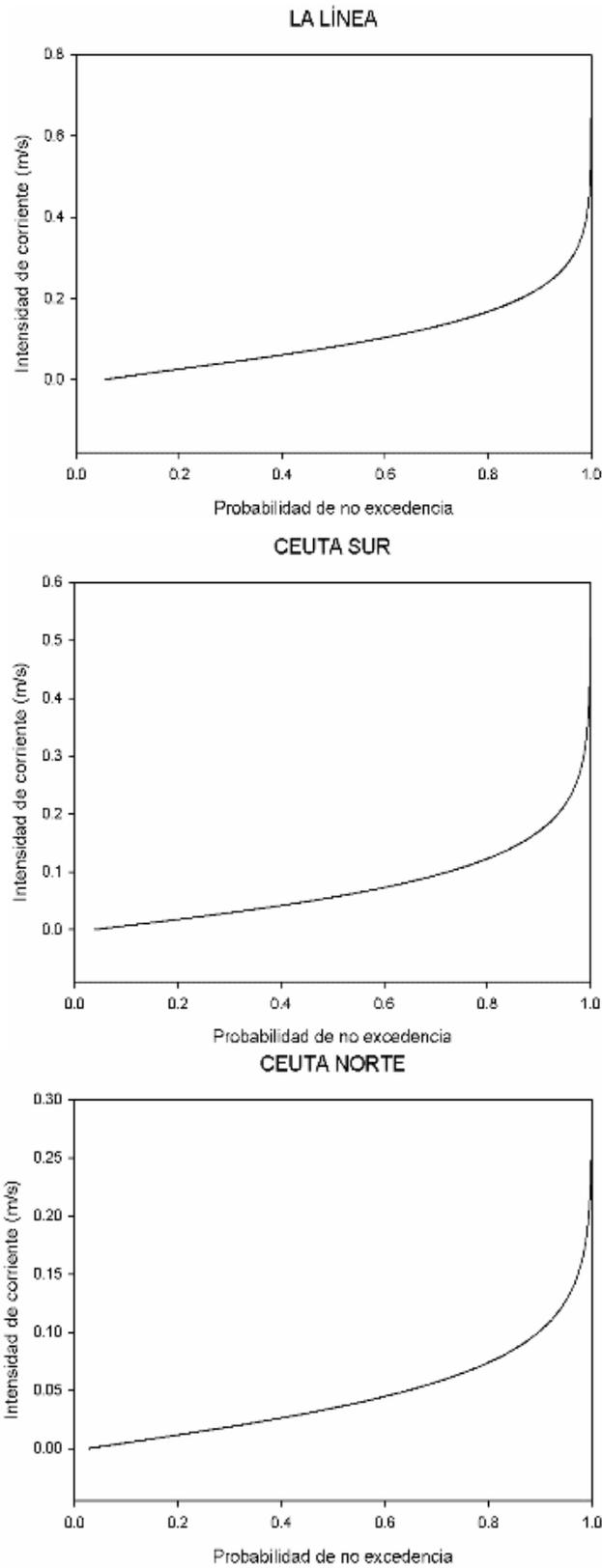


Figura 10. Regímenes medios para la intensidad de la corriente asociada a la marea meteorológica y marea astronómica en los tres puntos de estudio. Las curvas representan funciones Weibull de tres parámetros.

4 .REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alvarez-Fanjul, E., B. Pérez-Gómez, and I. Rodríguez-Sánchez-Arévalo (2001), Nivmar: A storm surge forecasting system for Spanish waters, *Sci. Mar.*, 65, 145–154.

Carrere, L., and F. Lyard (2003), Modelling the barotropic response of the global ocean to atmospheric wind and pressure forcing – comparisons with observations, *Geophys. Res. Lett.*, 30(6), 1–8.

Cats, G., and L. Wolters (1996), The Hirlam project, *International Journal of Computational Science and Engineering*, 3, 4–7.

Lorente, P., Soto-Navarro, J., Alvarez Fanjul, E., & Piedracoba, S. (2014). Accuracy assessment of high frequency radar current measurements in the Strait of Gibraltar. *Journal of Operational Oceanography*, 7(2), 59–73. <https://doi.org/10.1080/1755876X.2014.11020300>

Marshall, J., C. Hill, L. Perelman, and A. Adcroft (1997), Hydrostatic, quasi-hydrostatic, and nonhydrostatic ocean modeling, *J. Geophys. Res.*, 102(C3), 5733–5752.

Oddo, P., M. Adani, N. Pinardi, C. Fratianni, M. Tonani, and D. Pettenuzzo (2009), A nested atlantic-mediterranean sea general circulation model for operational forecasting, *Ocean Science*, 5, 461–473.

Sammartino, S., J. García-Lafuente, J. C. Sánchez-Garrido, F. J. De los Santos, E. Alvarez-Fanjul, C. Naranjo-Rosa, M. Bruno, and C. Calero-Quesada (2014), A numerical model analysis of the tidal flows in the Bay of Algeciras, Strait of Gibraltar, *Continental Shelf Research*, 72, 34–46, doi:10.1016/j.csr.2013.11.002.

Sánchez-Garrido, J. C., García Lafuente, J., Álvarez Fanjul, E., Sotillo, M. G., & de los Santos, F. J. (2013). What does cause the collapse of the Western Alboran Gyre? Results of an operational ocean model. *Progress in Oceanography*, 116, 142–153. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.07.002>

Soto-Navarro, J., Lorente, P., Álvarez-Fanjul, E., Sánchez-Garrido, J. C., & García-Lafuente, J. (2016). Surface circulation at the Strait of Gibraltar: A combined HF radar and high resolution model study. *J. Geophys. Res. Oceans*, 121, 2016–2034. <https://doi.org/10.1002/2016JC012335>

APENDICE 5: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA TRIMESTRAL SOBRE CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE MEDIO EN LOS DIFERENTES PUNTOS SIMAR ESTUDIADOS EN LAS ZONAS DE ATERRAJE Y EN ALTA MAR.

Resultados obtenidos de los informes de regímenes medios obtenibles en la web de Puertos del Estado <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

ZONA DE ATERRAJE PENINSULAR: PUNTO SIMAR 6072028

ESTACIÓN INVERNAL:

LUGAR : SIMAR 6072028

PERIODO : Dic. - Feb.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

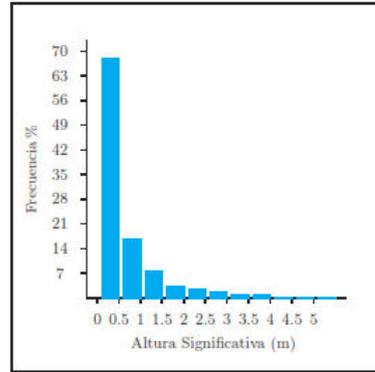
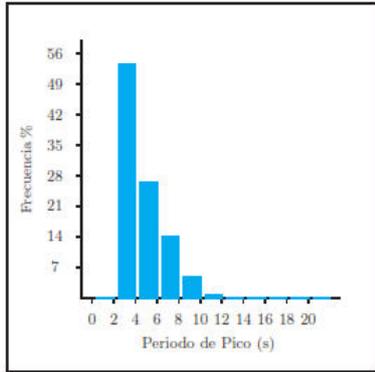
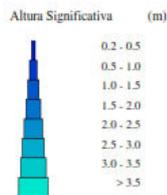
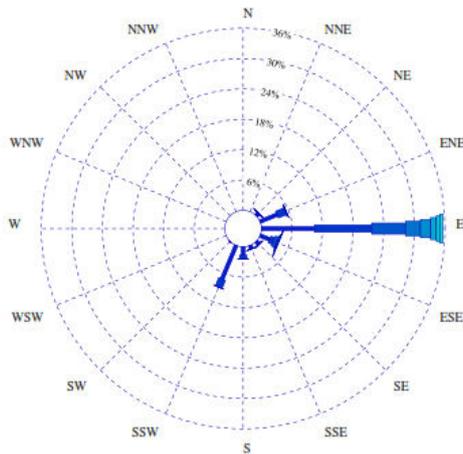


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	0.048	49.284	11.897	3.729	2.057	0.337	0.024	0.012	-	0.096	0.132	67.617
1.0	-	4.379	9.599	2.466	0.192	0.096	-	-	-	-	-	16.733
1.5	-	0.036	4.559	2.995	0.168	0.012	-	-	-	-	-	7.771
2.0	-	-	0.638	2.225	0.349	-	-	-	-	-	-	3.212
2.5	-	-	-	1.576	0.565	-	-	-	-	-	-	2.141
3.0	-	-	-	0.493	0.650	-	-	-	-	-	-	1.143
3.5	-	-	-	0.072	0.577	0.036	-	-	-	-	-	0.686
4.0	-	-	-	-	0.313	0.120	-	-	-	-	-	0.433
4.5	-	-	-	-	0.096	0.096	-	-	-	-	-	0.192
5.0	-	-	-	-	-	0.072	-	-	-	-	-	0.072
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	0.048	53.699	26.693	13.557	4.968	0.770	0.024	0.012	-	0.096	0.132	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 41.20%



ESTACIÓN PRIMAVERAL:

LUGAR : SIMAR 6072028

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

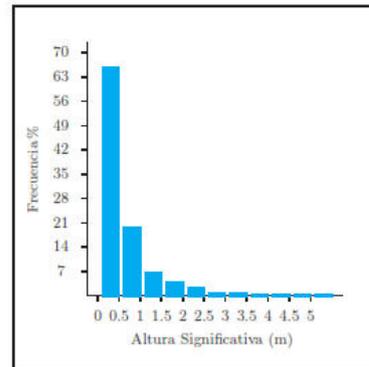
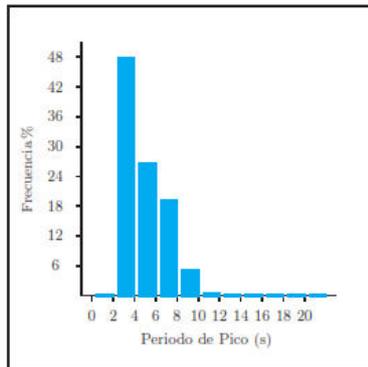
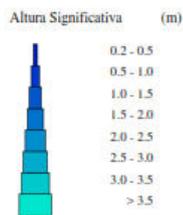
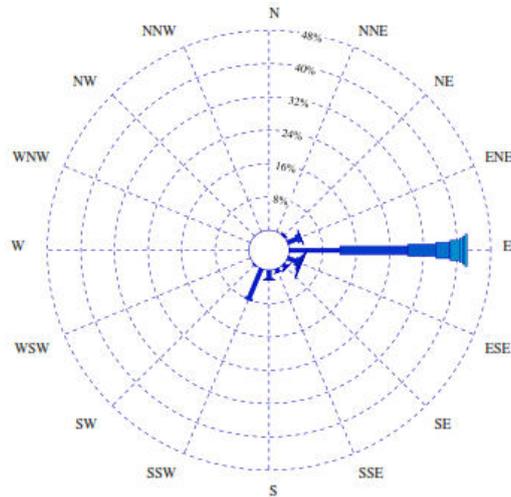


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	0.023	44.074	13.035	6.651	1.706	0.151	-	0.012	-	-	-	65.653
1.0	-	3.865	10.133	4.353	0.627	0.116	-	-	-	-	-	19.095
1.5	-	0.035	2.960	3.738	0.302	-	-	-	-	-	-	7.034
2.0	-	-	0.429	2.855	0.453	-	-	-	-	-	-	3.738
2.5	-	-	0.012	1.521	1.010	-	-	-	-	-	-	2.542
3.0	-	-	-	0.267	0.546	0.012	-	-	-	-	-	0.824
3.5	-	-	-	0.046	0.511	0.012	-	-	-	-	-	0.569
4.0	-	-	-	-	0.151	0.046	-	-	-	-	-	0.197
4.5	-	-	-	-	0.081	0.128	-	-	-	-	-	0.209
5.0	-	-	-	-	-	0.139	-	-	-	-	-	0.139
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	0.023	47.974	26.570	19.431	5.386	0.604	-	0.012	-	-	-	100 %

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 37.88%



ESTACIÓN VERANIEGA:

LUGAR : SIMAR 6072028

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

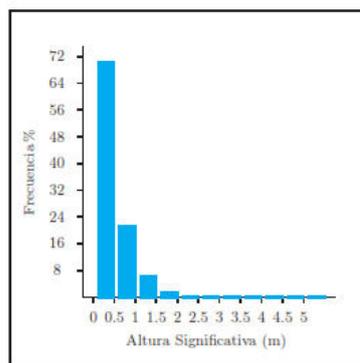
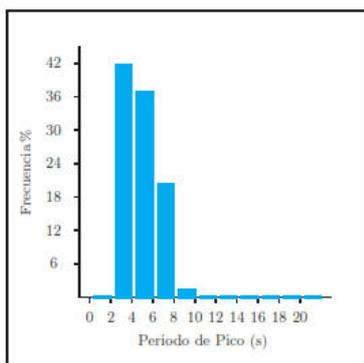
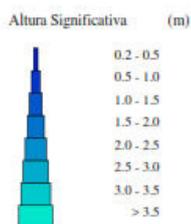
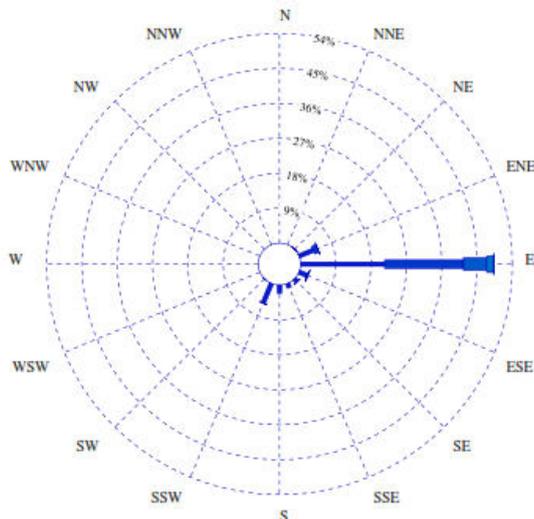


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	0.013	39.062	23.999	6.994	0.243	-	-	-	-	-	-	70.311
1.0	-	2.890	11.137	7.416	0.166	-	-	-	-	-	-	21.608
1.5	-	-	0.013	1.470	4.283	0.448	-	-	-	-	-	6.214
2.0	-	-	-	0.026	1.445	0.217	-	-	-	-	-	1.688
2.5	-	-	-	-	0.064	0.115	-	-	-	-	-	0.179
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	0.013	41.964	36.632	20.202	1.189	-	-	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 33.06%



ESTACIÓN OTOÑAL:

LUGAR : SIMAR 6072028

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

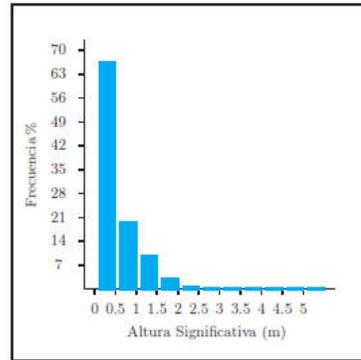
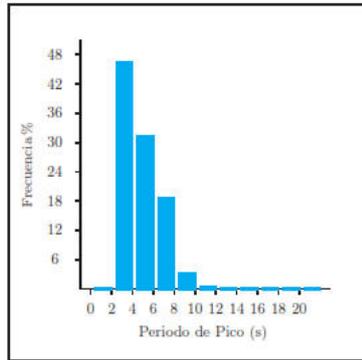
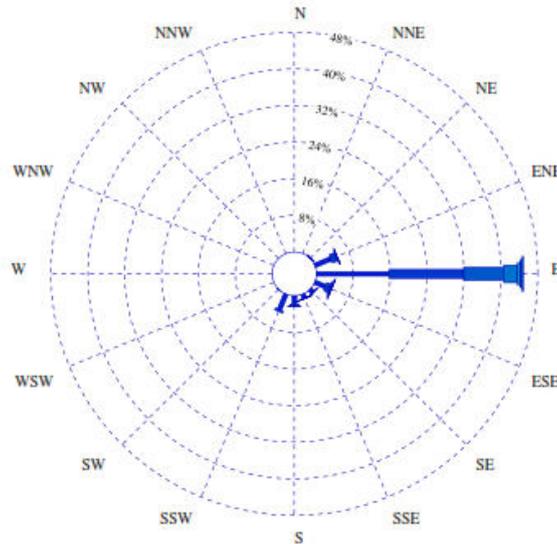


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

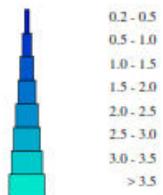
Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	0.026	42.169	17.156	5.667	1.043	0.283	0.026	-	-	0.026	-	66.396
1.0	-	4.315	10.124	4.830	0.309	0.077	-	-	-	-	-	19.655
1.5	-	0.026	3.452	5.487	0.309	0.052	0.052	-	-	-	-	9.377
2.0	-	-	0.245	2.589	0.374	0.026	-	-	-	-	-	3.233
2.5	-	-	-	0.348	0.283	-	-	-	-	-	-	0.631
3.0	-	-	-	0.052	0.193	0.013	-	-	-	-	-	0.258
3.5	-	-	-	-	0.193	0.026	-	-	-	-	-	0.219
4.0	-	-	-	-	0.142	0.013	-	-	-	-	-	0.155
4.5	-	-	-	-	-	0.026	-	-	-	-	-	0.026
5.0	-	-	-	-	0.026	0.013	-	-	-	-	-	0.039
> 5.0	-	-	-	-	-	0.013	-	-	-	-	-	0.013
Total	0.026	46.510	30.976	18.972	2.872	0.541	0.077	-	-	0.026	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 37.35%



Altura Significativa (m)



ZONA DE ATERRAJE CEUTA NORTE: PUNTO SIMAR 6070010

ESTACIÓN INVERNAL:

LUGAR : SIMAR 6070010

PERIODO : Dic. - Feb.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

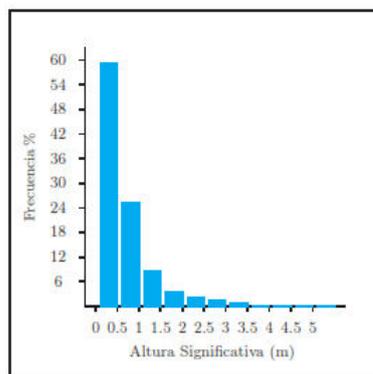
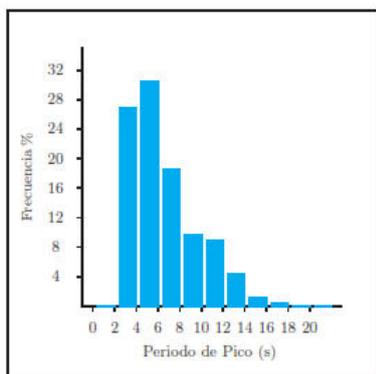


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

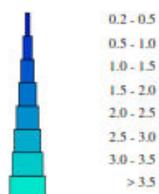
Hs (m)	Tp (s)										Total	
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0		> 20.0
≤ 0.5	-	23.833	11.732	5.812	5.169	7.551	4.073	0.965	0.298	0.012	-	59.445
1.0	-	3.085	14.245	4.895	1.739	0.786	0.333	0.024	-	-	-	25.107
1.5	-	-	3.954	3.668	0.357	0.119	-	-	-	-	-	8.099
2.0	-	-	0.262	2.287	0.417	0.012	-	-	-	-	-	2.978
2.5	-	-	-	1.501	0.607	-	-	-	-	-	-	2.108
3.0	-	-	-	0.310	0.786	0.012	-	-	-	-	-	1.108
3.5	-	-	-	0.036	0.429	0.071	-	-	-	-	-	0.536
4.0	-	-	-	-	0.214	0.095	-	-	-	-	-	0.310
4.5	-	-	-	-	0.083	0.131	-	-	-	-	-	0.214
5.0	-	-	-	-	-	0.095	-	-	-	-	-	0.095
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	26.918	30.193	18.509	9.802	8.873	4.407	0.989	0.298	0.012	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 11.07%



Altura Significativa (m)



ESTACIÓN PRIMAVERAL:

LUGAR : SIMAR 6070010

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

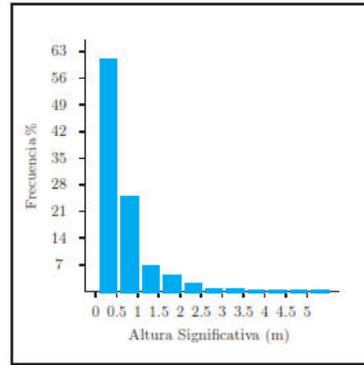
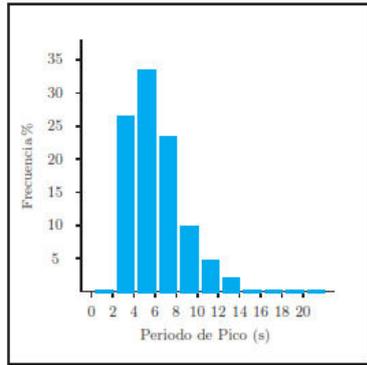
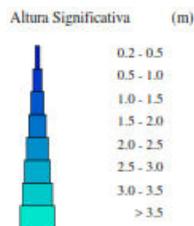
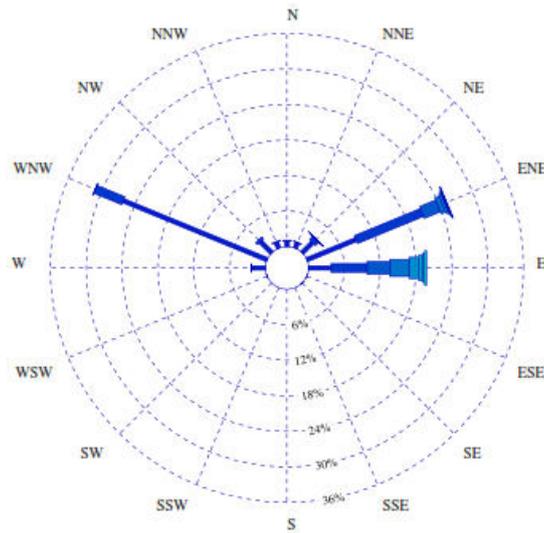


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	23.344	17.307	8.837	5.463	3.707	1.905	0.034	0.023	-	-	60.622
1.0	-	3.087	13.589	6.278	1.090	0.516	0.172	-	-	-	-	24.733
1.5	-	0.011	2.330	4.086	0.402	0.046	-	-	-	-	-	6.875
2.0	-	-	0.230	3.122	0.723	-	-	-	-	-	-	4.074
2.5	-	-	0.023	0.976	0.999	-	-	-	-	-	-	1.997
3.0	-	-	-	0.126	0.700	0.011	-	-	-	-	-	0.838
3.5	-	-	-	0.011	0.367	0.011	-	-	-	-	-	0.390
4.0	-	-	-	-	0.092	0.115	-	-	-	-	-	0.207
4.5	-	-	-	-	0.023	0.161	-	-	-	-	-	0.184
5.0	-	-	-	-	-	0.080	-	-	-	-	-	0.080
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	26.443	33.479	23.436	9.859	4.648	2.077	0.034	0.023	-	-	100 %

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 11.45 %



ESTACIÓN VERANIEGA:

LUGAR : SIMAR 6070010

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

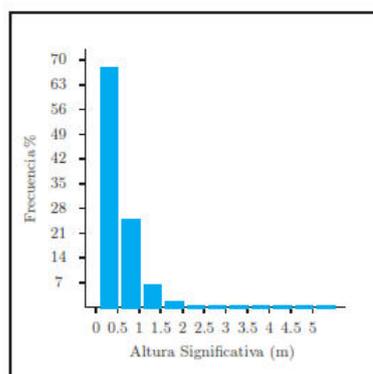
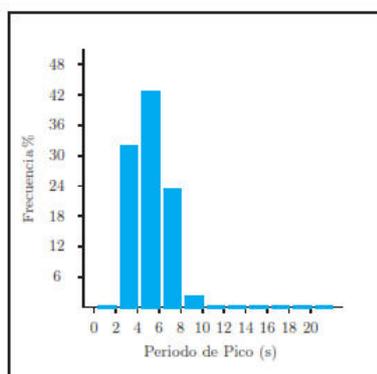
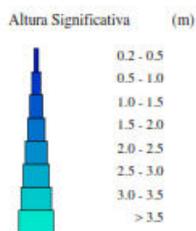
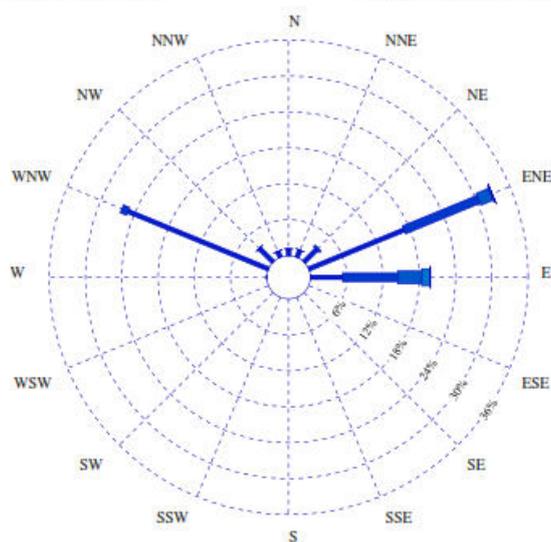


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	29.330	28.403	9.061	1.017	0.013	0.038	-	-	-	-	67.861
1.0	-	2.554	12.810	8.680	0.178	-	-	-	-	-	-	24.222
1.5	-	-	1.322	4.359	0.445	-	-	-	-	-	-	6.125
2.0	-	-	0.013	1.296	0.318	-	-	-	-	-	-	1.627
2.5	-	-	-	0.038	0.127	-	-	-	-	-	-	0.165
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	31.885	42.547	23.434	2.084	0.013	0.038	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 10.72 %



ESTACIÓN OTOÑAL:

LUGAR : SIMAR 6070010

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

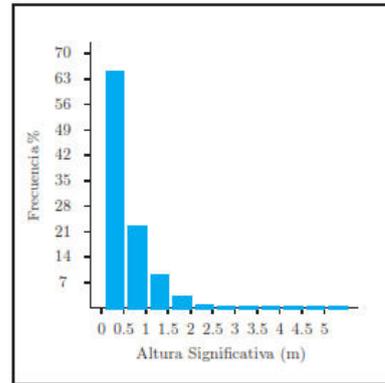
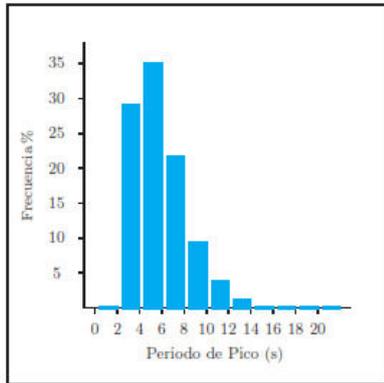
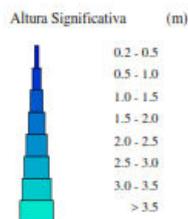
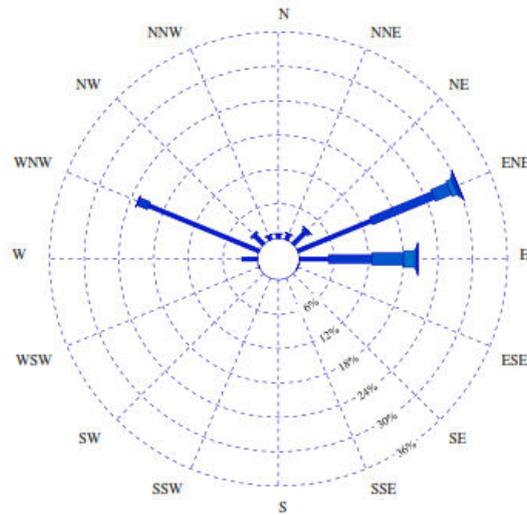


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	26.312	19.495	7.747	6.804	3.364	1.019	0.127	-	-	-	64.870
1.0	-	2.803	12.997	5.747	0.726	0.166	0.013	-	-	-	-	22.452
1.5	-	-	2.306	5.785	0.395	0.076	0.013	-	-	-	-	8.575
2.0	-	-	-	0.115	2.230	0.446	0.051	0.038	-	-	-	2.880
2.5	-	-	-	-	0.255	0.280	-	-	-	-	-	0.535
3.0	-	-	-	-	0.038	0.255	0.013	-	-	-	-	0.306
3.5	-	-	-	-	-	0.229	0.025	-	-	-	-	0.255
4.0	-	-	-	-	-	0.038	0.013	-	-	-	-	0.051
4.5	-	-	-	-	-	0.013	0.038	-	-	-	-	0.051
5.0	-	-	-	-	-	0.013	-	-	-	-	-	0.013
> 5.0	-	-	-	-	-	-	0.013	-	-	-	-	0.013
Total	-	29.116	34.913	21.802	9.200	3.759	1.083	0.127	-	-	-	100 %

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 15.00 %



ZONA DE ATERRAJE CEUTA SUR: PUNTO SIMAR 6070006

ESTACIÓN INVERNAL:

LUGAR : SIMAR 6070006

PERIODO : Dic. - Feb.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

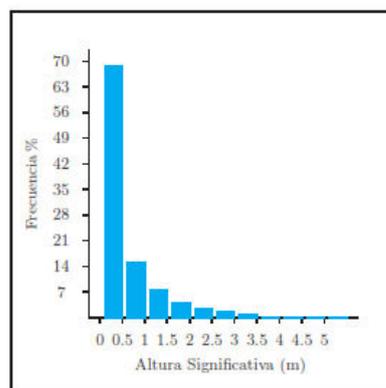
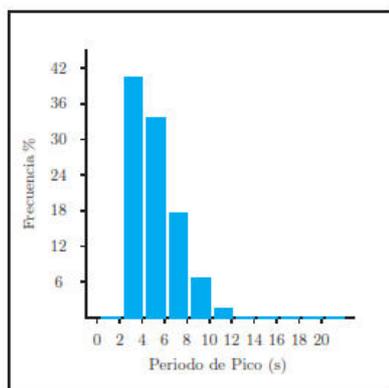
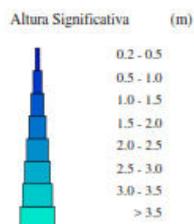
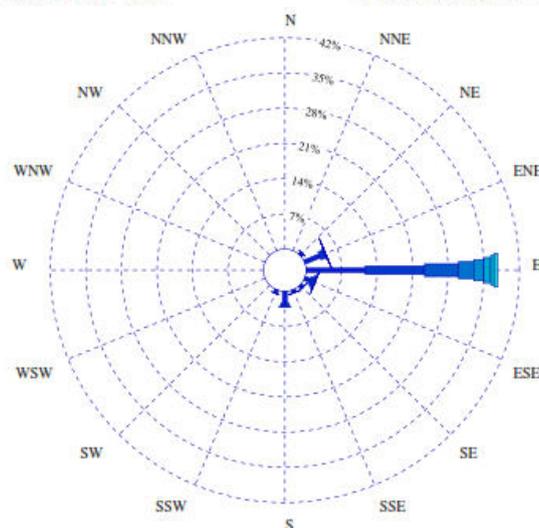


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	0.114	37.872	19.012	6.764	3.686	1.013	0.190	0.076	-	-	-	68.727
1.0	-	2.559	9.588	2.571	0.190	0.139	-	-	-	-	-	15.047
1.5	-	-	4.231	3.344	0.215	0.013	-	-	-	-	-	7.802
2.0	-	-	0.646	2.356	0.367	-	-	-	-	-	-	3.369
2.5	-	-	-	1.634	0.583	-	-	-	-	-	-	2.217
3.0	-	-	-	0.697	0.684	0.038	-	-	-	-	-	1.419
3.5	-	-	-	0.114	0.519	0.063	-	-	-	-	-	0.697
4.0	-	-	-	-	0.291	0.076	-	-	-	-	-	0.367
4.5	-	-	-	-	0.101	0.190	-	-	-	-	-	0.291
5.0	-	-	-	-	0.013	0.051	-	-	-	-	-	0.063
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	0.114	40.431	33.477	17.479	6.650	1.583	0.190	0.076	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 49.84%



ESTACIÓN PRIMAVERAL:

LUGAR : SIMAR 6070006

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

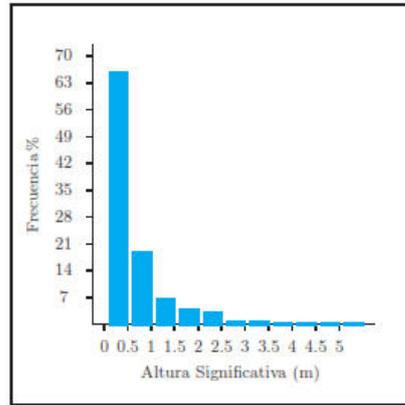
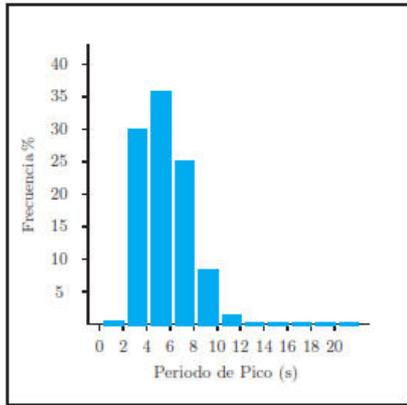
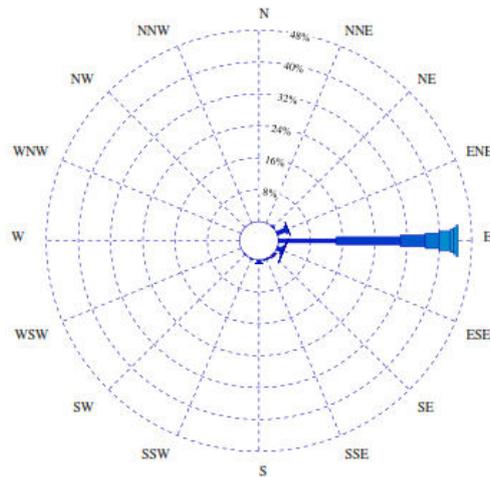


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

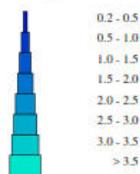
Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	0.233	27.206	22.064	10.971	4.504	0.601	0.123	0.037	0.012	-	-	65.750
1.0	-	2.663	10.382	4.798	0.540	0.123	-	-	-	-	-	18.505
1.5	-	-	2.540	3.976	0.319	-	-	-	-	-	-	6.835
2.0	-	-	0.479	2.700	0.540	-	-	-	-	-	-	3.718
2.5	-	-	0.012	2.098	0.908	-	-	-	-	-	-	3.019
3.0	-	-	-	0.356	0.626	0.012	-	-	-	-	-	0.994
3.5	-	-	-	0.074	0.466	0.025	-	-	-	-	-	0.564
4.0	-	-	-	-	0.196	0.135	-	-	-	-	-	0.331
4.5	-	-	-	-	0.061	0.172	-	-	-	-	-	0.233
5.0	-	-	-	-	-	0.049	-	-	-	-	-	0.049
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	0.233	29.869	35.477	24.972	8.161	1.117	0.123	0.037	0.012	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 48.41 %



Altura Significativa (m)



ESTACIÓN VERANIEGA:

LUGAR : SIMAR 6070006

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

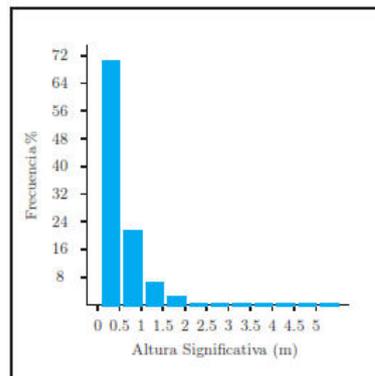
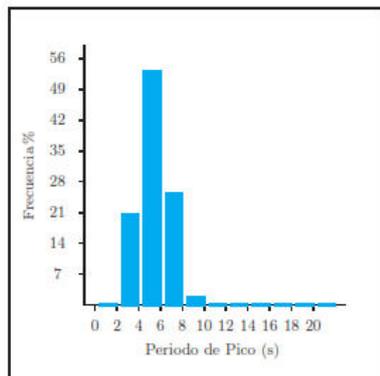
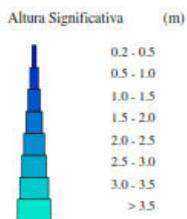
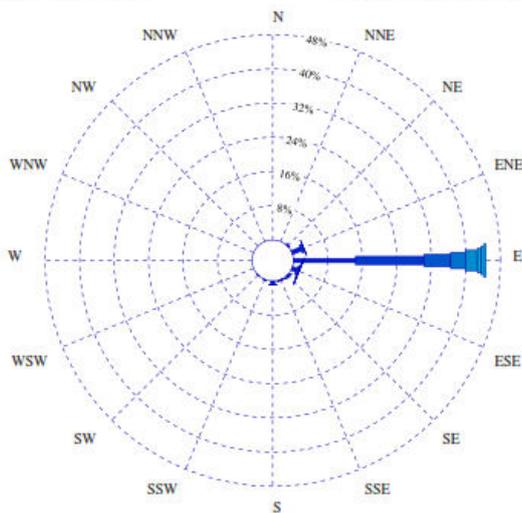


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	0.052	18.579	39.770	11.288	0.679	-	-	-	-	-	-	70.368
1.0	-	1.894	10.962	8.140	0.131	-	-	-	-	-	-	21.126
1.5	-	-	1.881	3.802	0.431	-	-	-	-	-	-	6.114
2.0	-	-	0.078	1.829	0.209	-	-	-	-	-	-	2.117
2.5	-	-	-	0.144	0.131	-	-	-	-	-	-	0.274
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	0.052	20.473	52.691	25.203	1.581	-	-	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 48.41%



ESTACIÓN OTOÑAL:

LUGAR : SIMAR 6070006

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Jun. 2017

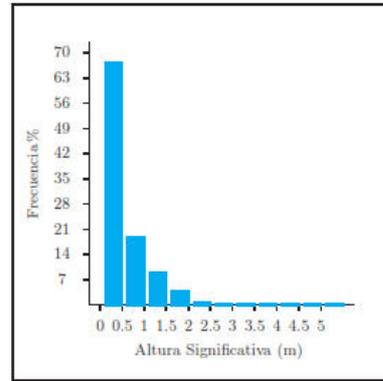
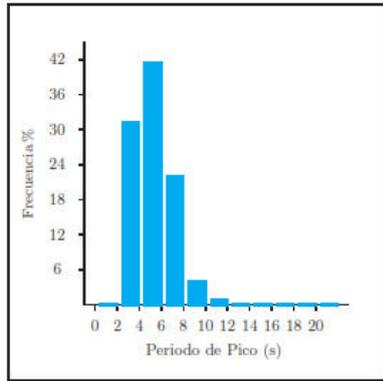
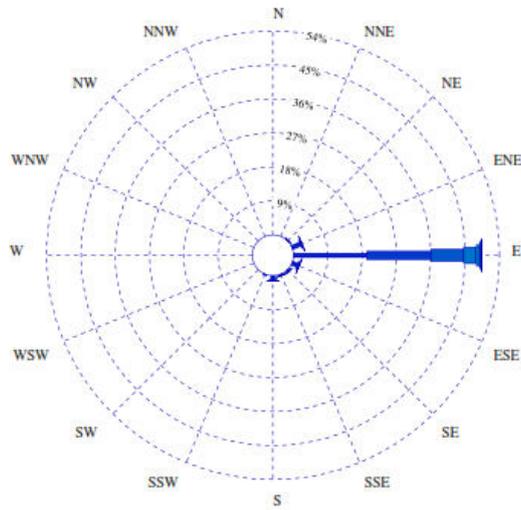


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

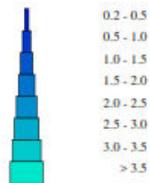
Hs (m)	Tp (s)										Total	
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0		> 20.0
≤ 0.5	0.094	28.497	27.200	8.264	1.859	0.655	0.160	0.027	-	-	-	66.756
1.0	-	2.634	10.685	5.162	0.401	0.053	-	-	-	-	-	18.936
1.5	-	-	3.370	5.416	0.415	0.053	0.053	-	-	-	-	9.307
2.0	-	-	0.241	2.795	0.401	0.027	-	-	-	-	-	3.463
2.5	-	-	0.013	0.508	0.334	0.013	-	-	-	-	-	0.869
3.0	-	-	-	0.027	0.267	0.013	-	-	-	-	-	0.308
3.5	-	-	-	0.013	0.147	0.027	-	-	-	-	-	0.187
4.0	-	-	-	-	0.107	0.027	-	-	-	-	-	0.134
4.5	-	-	-	-	-	0.013	-	-	-	-	-	0.013
5.0	-	-	-	-	0.013	-	-	-	-	-	-	0.013
> 5.0	-	-	-	-	-	0.013	-	-	-	-	-	0.013
Total	0.094	31.131	41.508	22.185	3.945	0.896	0.214	0.027	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 42.95%



Altura Significativa (m)



ZONA DE ALTA MAR NORTE: PUNTO SIMAR 2006009

ESTACIÓN INVERNAL:

LUGAR : SIMAR 2006009

PERIODO : Dic. - Feb.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Feb. 2017

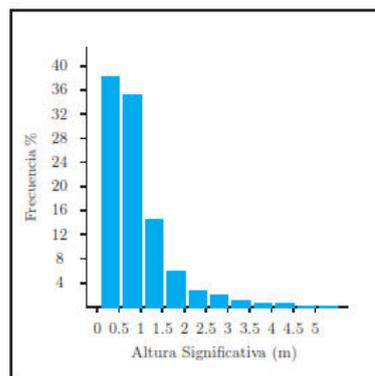
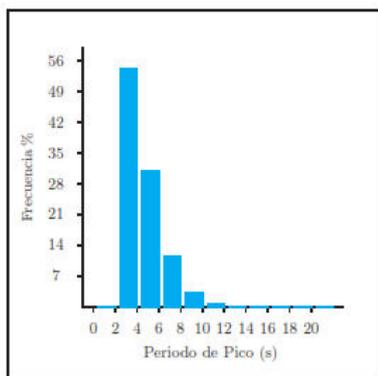
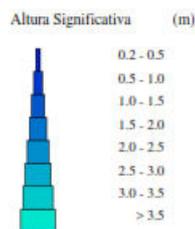
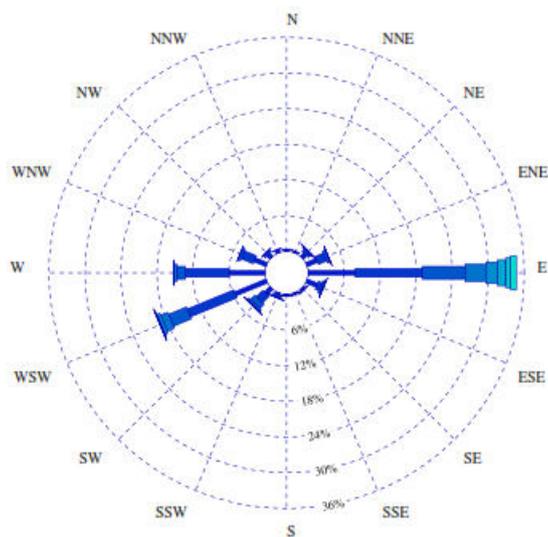


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	0.012	31.937	4.940	0.786	0.319	0.135	-	-	-	-	-	38.130
1.0	-	21.565	11.551	1.634	0.369	0.111	-	-	-	-	-	35.230
1.5	-	0.725	10.727	2.789	0.209	0.025	-	-	-	-	-	14.475
2.0	-	0.012	2.949	2.703	0.258	-	-	-	-	-	-	5.923
2.5	-	-	0.553	1.978	0.270	-	-	-	-	-	-	2.802
3.0	-	-	0.037	1.044	0.528	-	-	-	-	-	-	1.610
3.5	-	-	-	0.246	0.614	-	-	-	-	-	-	0.860
4.0	-	-	-	0.037	0.455	0.049	-	-	-	-	-	0.541
4.5	-	-	-	-	0.147	0.074	-	-	-	-	-	0.221
5.0	-	-	-	-	0.086	0.049	-	-	-	-	-	0.135
> 5.0	-	-	-	-	0.025	0.049	-	-	-	-	-	0.074
Total	0.012	54.239	30.757	11.219	3.281	0.492	-	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 8.65%



ESTACIÓN PRIMAVERAL:

LUGAR : SIMAR 2006009

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Feb. 2017

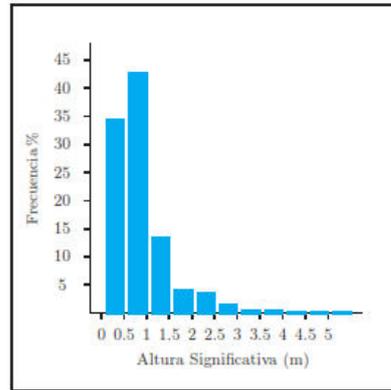
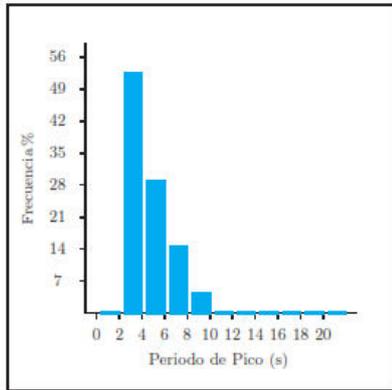
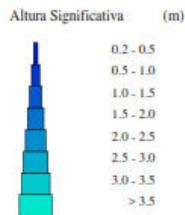
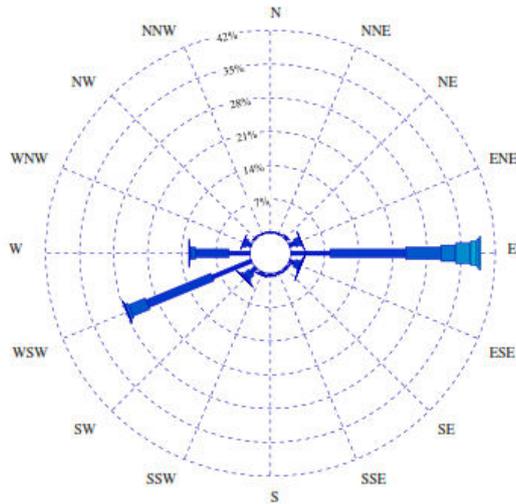


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	26.449	5.870	1.528	0.328	0.013	-	-	-	-	-	34.188
1.0	-	25.199	13.382	3.472	0.720	0.038	-	-	-	-	-	42.810
1.5	-	0.656	8.168	3.914	0.303	0.088	-	-	-	-	-	13.130
2.0	-	-	1.351	2.462	0.316	-	-	-	-	-	-	4.128
2.5	-	-	0.227	2.424	0.795	-	-	-	-	-	-	3.447
3.0	-	-	0.013	0.606	0.770	-	-	-	-	-	-	1.389
3.5	-	-	-	0.050	0.404	0.013	-	-	-	-	-	0.467
4.0	-	-	-	0.038	0.202	0.013	-	-	-	-	-	0.252
4.5	-	-	-	-	0.050	-	-	-	-	-	-	0.050
5.0	-	-	-	-	0.050	-	-	-	-	-	-	0.101
> 5.0	-	-	-	-	-	0.038	-	-	-	-	-	0.038
Total	-	52.304	29.011	14.493	3.939	0.252	-	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 6.75 %



ESTACIÓN VERANIEGA:

LUGAR : SIMAR 2006009

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Feb. 2017

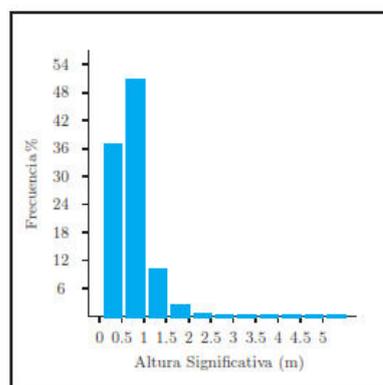
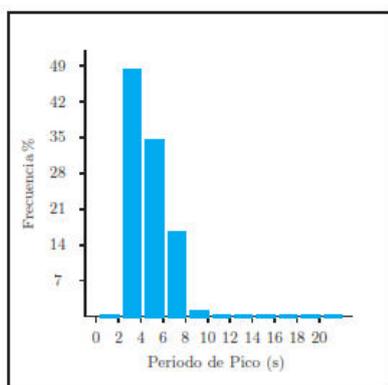
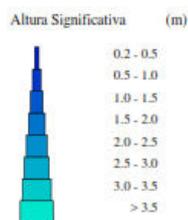
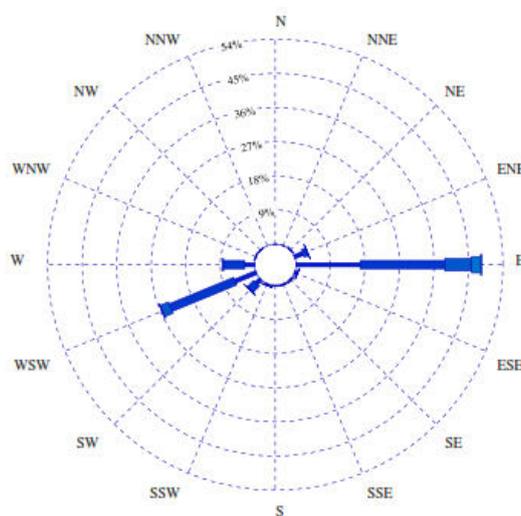


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	20.731	13.685	2.115	-	-	-	-	-	-	-	-	36.532
1.0	-	27.141	15.686	7.773	0.102	-	-	-	-	-	-	-	50.701
1.5	-	0.166	4.855	4.574	0.395	-	-	-	-	-	-	-	9.990
2.0	-	-	0.140	1.873	0.344	-	-	-	-	-	-	-	2.357
2.5	-	-	-	0.229	0.191	-	-	-	-	-	-	-	0.420
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	48.038	34.365	16.565	1.032	-	-	-	-	-	-	-	100 %

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 5.77 %



ESTACIÓN OTOÑAL:

LUGAR : SIMAR 2006009

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Feb. 2017

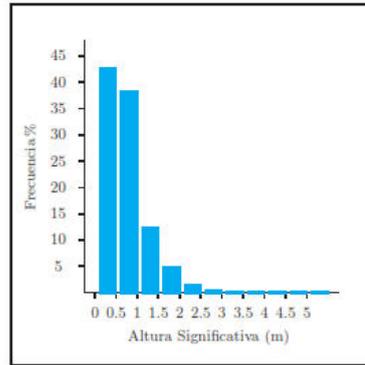
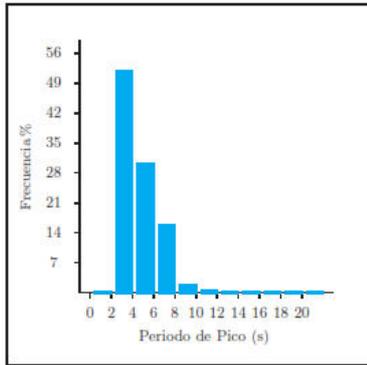
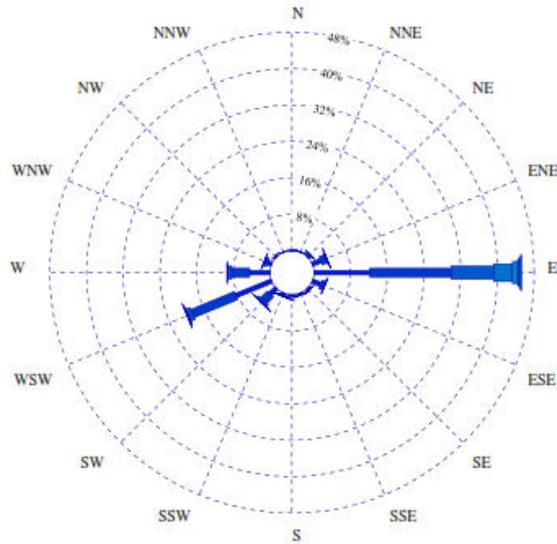


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

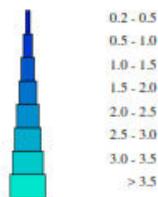
Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
< 0.5	0.013	30.863	9.409	2.087	0.230	0.026	-	-	-	-	-	42.627
1.0	-	20.609	13.057	4.096	0.230	0.090	-	-	-	-	-	38.082
1.5	-	0.282	6.362	5.197	0.256	0.090	-	-	-	-	-	12.186
2.0	-	-	1.011	3.277	0.410	0.051	0.051	-	-	-	-	4.800
2.5	-	-	0.179	0.832	0.307	0.013	-	-	-	-	-	1.331
3.0	-	-	0.013	0.179	0.179	0.013	-	-	-	-	-	0.384
3.5	-	-	-	0.013	0.218	0.013	-	-	-	-	-	0.243
4.0	-	-	-	-	0.166	0.013	-	-	-	-	-	0.179
4.5	-	-	-	-	0.077	0.013	-	-	-	-	-	0.090
5.0	-	-	-	-	0.013	0.026	-	-	-	-	-	0.038
> 5.0	-	-	-	-	0.013	0.026	-	-	-	-	-	0.038
Total	0.013	51.754	30.031	15.681	2.099	0.371	0.051	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 8.98 %



Altura Significativa (m)



ZONA DE ALTA MAR SUR: PUNTO SIMAR 2006008

ESTACIÓN INVERNAL:

LUGAR : SIMAR 2006008

PERIODO : Dic. - Feb.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Feb. 2017

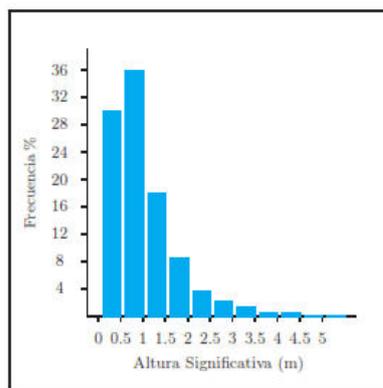
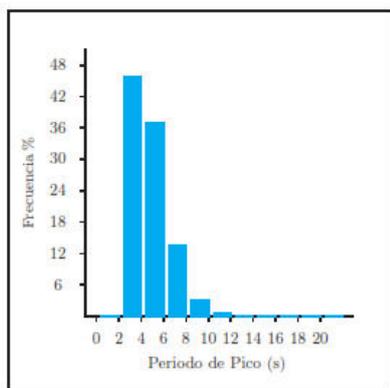
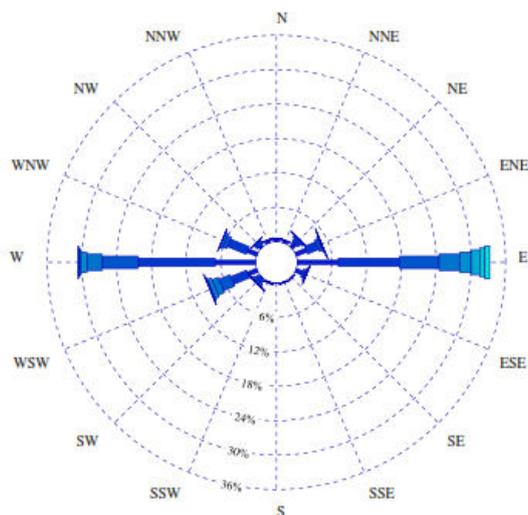


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

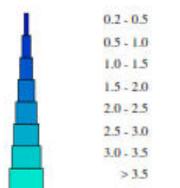
Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	0.012	24.334	4.395	0.626	0.246	0.086	-	-	-	-	-	29.699
1.0	-	20.724	13.297	1.621	0.270	0.086	-	-	-	-	-	35.998
1.5	-	0.945	13.653	2.983	0.221	0.025	-	-	-	-	-	17.827
2.0	-	-	4.960	3.266	0.233	0.012	-	-	-	-	-	8.471
2.5	-	-	0.540	2.848	0.356	-	-	-	-	-	-	3.745
3.0	-	-	0.049	1.584	0.454	-	-	-	-	-	-	2.087
3.5	-	-	-	0.381	0.675	0.012	-	-	-	-	-	1.068
4.0	-	-	-	0.086	0.417	0.049	-	-	-	-	-	0.552
4.5	-	-	-	0.025	0.221	0.037	-	-	-	-	-	0.282
5.0	-	-	-	-	0.098	0.086	-	-	-	-	-	0.184
> 5.0	-	-	-	-	0.025	0.061	-	-	-	-	-	0.086
Total	0.012	46.004	36.894	13.419	3.217	0.454	-	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 6.63%



Altura Significativa (m)



ESTACIÓN PRIMAVERAL:

LUGAR : SIMAR 2006008

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Feb. 2017

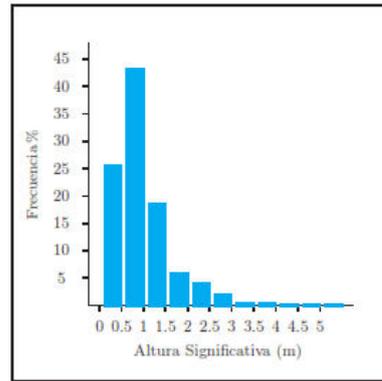
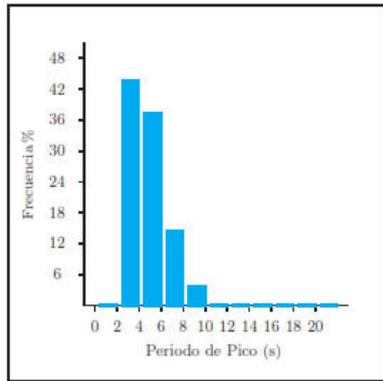
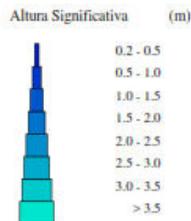
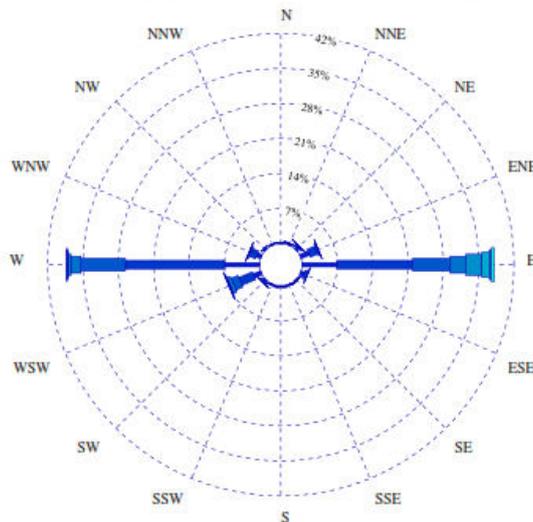


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	19.636	4.874	0.955	0.163	0.013	-	-	-	-	-	25.641
1.0	-	23.555	15.603	3.053	0.704	0.013	-	-	-	-	-	42.927
1.5	-	0.653	13.656	3.982	0.276	0.075	-	-	-	-	-	18.643
2.0	-	-	3.028	2.701	0.327	-	-	-	-	-	-	6.055
2.5	-	-	0.364	2.802	0.729	-	-	-	-	-	-	3.894
3.0	-	-	0.013	0.892	0.842	-	-	-	-	-	-	1.746
3.5	-	-	0.013	0.163	0.352	0.013	-	-	-	-	-	0.540
4.0	-	-	-	0.050	0.302	0.013	-	-	-	-	-	0.364
4.5	-	-	-	-	0.050	-	-	-	-	-	-	0.050
5.0	-	-	-	-	0.050	0.050	-	-	-	-	-	0.101
> 5.0	-	-	-	-	-	0.038	-	-	-	-	-	0.038
Total	-	43.844	37.550	14.598	3.794	0.214	-	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 4.69%



ESTACIÓN VERANIEGA:

LUGAR : SIMAR 2006008

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Feb. 2017

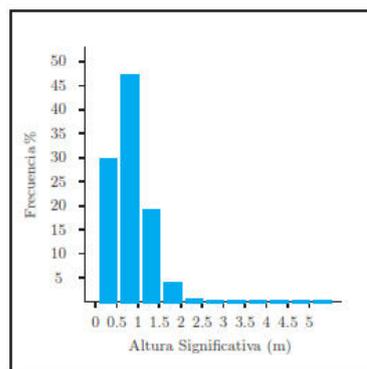
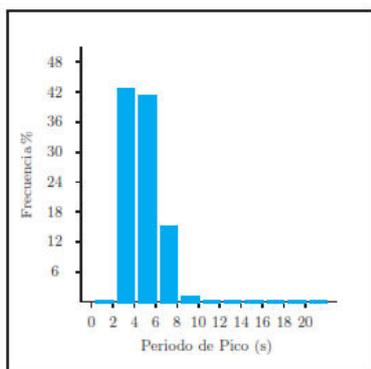
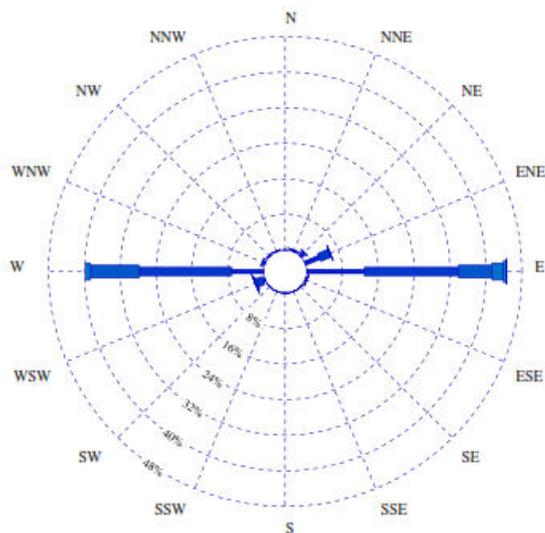


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

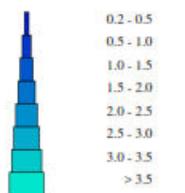
Hs (m)	Tp (s)										Total	
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0		> 20.0
≤ 0.5	-	17.769	10.990	1.247	-	-	-	-	-	-	-	30.005
1.0	-	23.569	16.052	7.085	0.089	-	-	-	-	-	-	46.795
1.5	-	1.221	12.783	4.503	0.356	-	-	-	-	-	-	18.863
2.0	-	-	1.336	2.048	0.369	-	-	-	-	-	-	3.752
2.5	-	-	-	0.369	0.191	-	-	-	-	-	-	0.560
3.0	-	-	-	0.013	0.013	-	-	-	-	-	-	0.025
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	42.559	41.160	15.263	1.018	-	-	-	-	-	-	100 %

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 3.55 %



Altura Significativa (m)



ESTACIÓN OTOÑAL:

LUGAR : SIMAR 2006008

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Dic. 2005 - Feb. 2017

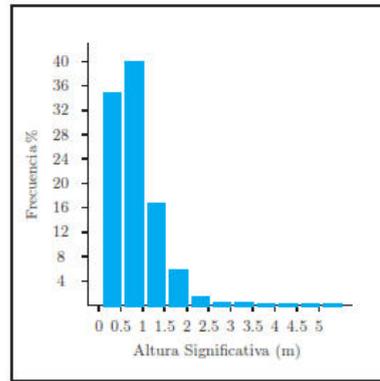
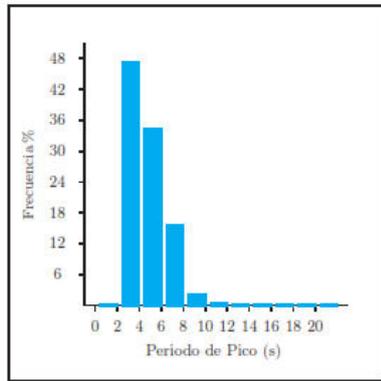
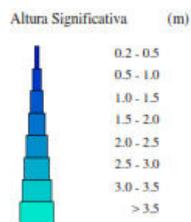
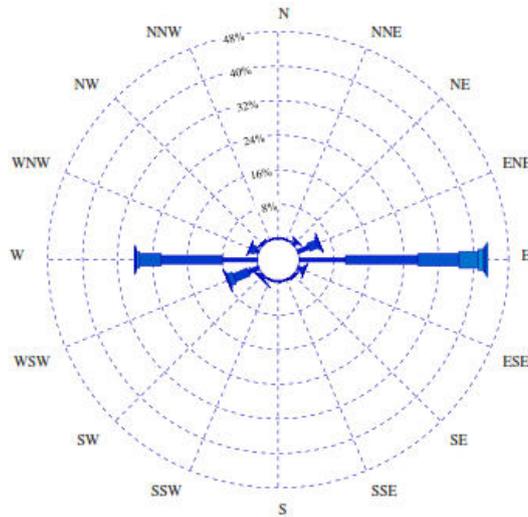


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	25.147	7.957	1.545	0.153	0.026	-	-	-	-	-	34.828
1.0	-	21.507	14.138	3.972	0.192	0.013	-	-	-	-	-	39.821
1.5	-	0.626	10.843	5.057	0.204	0.077	-	-	-	-	-	16.807
2.0	-	-	1.443	3.806	0.498	0.051	0.051	-	-	-	-	5.849
2.5	-	-	0.077	1.137	0.307	0.013	-	-	-	-	-	1.533
3.0	-	-	0.013	0.294	0.179	0.013	-	-	-	-	-	0.498
3.5	-	-	-	0.038	0.268	0.013	-	-	-	-	-	0.319
4.0	-	-	-	-	0.166	0.026	-	-	-	-	-	0.192
4.5	-	-	-	-	0.077	-	-	-	-	-	-	0.077
5.0	-	-	-	-	0.013	0.026	-	-	-	-	-	0.038
> 5.0	-	-	-	-	0.013	0.026	-	-	-	-	-	0.038
Total	-	47.280	34.470	15.849	2.069	0.281	0.051	-	-	-	-	100%

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 6.66 %



red eléctrica

PROYECTO DE EJECUCIÓN

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO- TERRESTRE EN CÁDIZ

DEL NUEVO ENLACE ELÉCTRICO SUBMARINO DOBLE CIRCUITO, ENTRE LA SUBESTACIÓN DE ALGECIRAS (CÁDIZ) Y LA SUBESTACIÓN DE VIRGEN DE ÁFRICA (CEUTA) A 132kV

DOCUMENTO 2

CÁLCULOS

DOCUMENTO Nº2

CÁLCULOS

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CABLE SUBMARINO	4
2.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN PERMANENTE	4
2.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR	35
2.3. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA METÁLICA	36
2.4. CÁLCULO DE IMPEDANCIAS.....	37
3. CABLE SUBTERRÁNEO	38
3.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN PERMANENTE	38
3.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR	55
3.3. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA METÁLICA	56
3.4. CÁLCULO DE IMPEDANCIAS.....	58
4. TENSIÓN INDUCIDA EN LAS PANTALLAS METÁLICAS.....	60

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene los cálculos eléctricos correspondientes a la conexión eléctrica a 132 kV en doble circuito entre la Península (S.E. Algeciras) y Ceuta (S.E. Virgen de África).

Los cálculos se realizan para los dos tipos de cables existentes en la conexión; cable tripolar con pantalla de plomo y armadura metálica para el tramo submarino y cable unipolar con pantalla de hilos de cobre para el tramo subterráneo.

Los cálculos realizados son los siguientes:

- Intensidad máxima admisible en régimen permanente
- Intensidad máxima admisible en cortocircuito
- Cálculo de Impedancias
- Tensión inducida en las pantallas metálicas

2. CABLE SUBMARINO

Generalidades

- Tipo de cable Tripolar
- Tipo de conductor onshore/offshore.....aluminio/cobre tipo cuerda compacta redonda
- Sección del conductor 500 mm² en aluminio y 300 mm² en cobre
- Aislamiento XLPE
- Pantalla metálica aleación de plomo
- Tipo de conexión de las pantallas metálicas Both Ends
- Temperatura ambiente..... 25 °C
- Resistividad térmica del terreno.....1 K.m/W
- Características del tubo de la perforación dirigida

Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Tipo tubo	Resistividad térmica (K·m/W)
500	409,2	PE100 SDR11 (PN16) según ET204	3,5

2.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN PERMANENTE

Se ha realizado el cálculo en 3 puntos representativos del tramo submarino correspondientes al tramo de perforación horizontal dirigida (PHD) situado en la transición costa-mar, que es donde la perforación tiene mayor profundidad de enterramiento, en la zona nearshore o poco profunda y en la zona offshore o profunda del tramo submarino.

En los cálculos se comprueba que los circuitos 1 y 2 de la línea Algeciras – Virgen de África pueden transmitir una capacidad de transporte de más 80 MVA (350 A) en cualquiera de los tramos estudiados, ya que las temperaturas que alcanzan los conductores de los cables son inferiores a los 90°C máximos permitidos.

El cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen permanente se ha realizado aplicando la norma IEC 60287 (equivalente a la norma UNE 21144).

La intensidad máxima admisible se obtiene aplicando la fórmula general siguiente:



$$I = \left[\frac{\Theta_c - \Theta_a - W_d \cdot \left[\frac{T_1}{2} + n \cdot (T_2 + T_3 + T_4) \right]}{R \cdot T_1 + n \cdot R \cdot (1 + \lambda_1) \cdot T_2 + n \cdot R \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot (T_3 + T_4)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Siendo:

- I Intensidad del conductor A
- θ_c Temperatura del conductor < 90 °C
- θ_a Temperatura ambiente..... 25°C
- W_d Pérdidas dieléctricas por unidad de longitud del aislamiento W/m
- T_1 Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla K.m/W
- T_2 Resistencia térmica entre la pantalla y armadura..... K.m/W
- T_3 Resistencia térmica por unidad de longitud de la cubierta exterior..... K.m/W
- T_4 Resistencia térmica por unidad de longitud entre la superficie del cable y el medio ambiente K.m/W
- n Nº de conductores de igual sección en el cable tripolar 3
- R Resistencia del conductor en corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio..... Ω/m
- λ_1 Factor de pérdidas en la pantalla metálica
- λ_2 Factor de pérdidas en la armadura metálica

Se ha calculado la capacidad de transporte para los siguientes casos:

1. Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de aluminio 3 x 500 mm² para zona nearshore o poco profunda enterrado en el lecho marino, con una separación entre circuitos mayor de 10 metros.

2. Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de cobre 3 x 300 mm² para zona offshore o profunda enterrado en el lecho marino, con una separación entre circuitos mayor de 10 metros.



3. Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de aluminio 3 x 500 mm² en perforación horizontal dirigida (PHD) a 20 metros de profundidad y separación entre circuitos de 15 metros (punto más desfavorable de la PHD de salida de Ceuta).

Caso	Descripción del caso	Tipo de conexión de pantallas	Tipo de canalización	Prof. (m)	CdT (MVA)
1	Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de aluminio 3 x 500 mm ² para zona nearshore o poco profunda enterrado 1 metro en el lecho marino, con una separación entre circuitos mayor de 10 metros.	Both Ends	Zanja simple circuito	> 1 m	126,09
2	Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de cobre 3 x 300 mm ² para zona offshore o profunda enterrado 1 metro en el lecho marino, con una separación entre circuitos mayor de 10 metros.	Both Ends	Zanja simple circuito	> 1 m	123,75
3	Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de aluminio 3 x 500 mm ² en perforación horizontal dirigida (PHD) a 20 metros de profundidad y separación entre circuitos de 15 metros	Both Ends	Zanja simple circuito	20 m	85,4

La intensidad máxima admisible en régimen permanente del tramo submarino del enlace Península-Ceuta a 132 kV de doble circuito es de 373,7 A (85,4 MVA), limitado por el tramo de perforación horizontal dirigida de transición costa-mar en el lado de Ceuta.

Los cálculos de cada caso se muestran a continuación:



CASO 1: Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de aluminio 3 x 500 mm² para zona nearshore o poco profunda enterrado en el lecho marino

Las resistencias térmicas de los cables T₁ y T₃ calculadas de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.1 son:

Layer:	Diam, under layer, D _i mm	Thickness of layer, t _i mm	Thermal resistivity, ρ _T K.m/W	T1 K.m/W	T3 K.m/W
Al-conductor	0,0				
Filling	27,2	0,0	0,0	0,000	
Tape	27,2	0,5	6,0	0,034	
Tape	28,2	0,0	6,0	0,000	
Inner screen	28,2	1,5	3,5	0,056	
Insulation	31,2	17,0	3,5	0,411	
Outer screen	65,2	1,5	3,5	0,025	
Tape	68,2	0,8	6,0	0,022	
Lead sheath	69,8	2,3			
Extruded sheath, sc	74,4	2,5	2,5		
Fillers	79,4	0,0	6,0		
Fillers	79,4	0,0	6,0		
Fibre optic cable	79,4	0,0			
Laying up					
Binder	171,2	0,15	6,0		
Binder	171,5	0,10	6,0		
Tape	171,7	0,2	6,0		
Armour, flat	172,1	3,0			
Bitumen	178,1	0,0			
Polypropylene yarn	178,1	2,0	6,0		0,021
Bitumen	182,1	0,0			
Polypropylene yarn	182,1	2,0	6,0		0,021
Total:				0,549	0,042

Las resistencias térmicas entre la pantalla metálica y la armadura T_2 calculadas de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.1.2 son:

$$T_2 = \frac{\rho_T}{6\pi} \cdot G$$

where G is a geometric factor

Thickness of material between sheath and armour:	t_2	2,95	mm
External diameter of the sheath:	D_s	74,4	mm
Thermal resistivity of the bedding:	ρ_T	3,03	K.m/W
$X = \frac{t_2}{D_s}$	X	0,0397	
Sheaths touching:		no	
$0 < X \leq 0.03 \quad G = 2\pi \cdot (0.00022619 + 2.11429 \cdot X - 20.4762 \cdot X^2)$ $0.03 < X \leq 0.15 \quad G = 2\pi \cdot (0.0142108 + 1.17533 \cdot X - 4.49737 \cdot X^2 + 10.6352 \cdot X^3)$			
	G		
Equal thickness of material between sheaths and between sheaths and armour:		yes	
$0 < X \leq 0.03 \quad G = 2\pi \cdot (0.000202380 + 2.03214 \cdot X - 21.6667 \cdot X^2)$ $0.03 < X \leq 0.15 \quad G = 2\pi \cdot (0.0126529 + 1.101 \cdot X - 4.56104 \cdot X^2 + 11.5093 \cdot X^3)$			
	G	0,313	
Thermal resistance between sheath and armour:	T_2	0,050	K.m/W

Layer:	Diam, under layer, D_i	Thickness of layer, t_i	Thermal resistivity, ρ_T	$t_i \times \rho_T$
Extruded sheath, sc	74,4	2,5	2,5	6,25
Binder	171,2	0,15	6,0	0,90
Binder	171,5	0,1	6,0	0,60
Tape	171,7	0,2	6,0	1,2
		2,95	3,03	8,95



La resistencia térmica externa de los cables enterrados T_4 se calcula de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.2, teniendo en cuenta:

- Nº circuitos: 2
- Resistividad térmica del lecho marino: 0,8 K.m/W
- Separación mínima entre circuitos: 10 m

$T_4 = \frac{\rho_T}{2\pi} \cdot \left\{ \ln(u + \sqrt{u^2 - 1}) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left[1 + \left(\frac{2L}{s_1} \right)^2 \right] \right\} \quad u = \frac{2L}{D_e}$	
Thermal resistivity of the soil:	ρ_T 0,8 K.m/W
Distance from the surface of the ground to the cable axis:	L 1593,1 mm
External diameter of the cable:	D_e 186,1 mm
Axial separation between two adjacent cables:	s_1 10000 mm
	u 17,1
External thermal resistance:	T_4 0,456 K.m/W

La resistencia en corriente alterna para cables con aislamiento XLPE de hilos de conductor redondos se calcula de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.1:

Input:		Maximum current	Given current	
Conductor cross-section:	A	500		mm ²
Conductor material (Al/Cu):		Al		
Conductor diameter:	d _c	27,2		mm
Distance between conductor axis:	s	79,4		mm
D.C. resistance of conductor at 20 °C:	R ₀	0,0605		Ω/km
Constant mass temperature coefficient at 20 °C:	α ₂₀	0,00403		1/K
Factor used in calculating x _s :	k _s	1		
Factor used in calculating x _p :	k _p	1		
Frequency:	f	50		Hz
Conductor temperature:	Θ	90	49,25	°C

Results:				
A.C. resistance of conductor:	R	0,07913	0,06941	Ω/km
D.C. resistance of conductor:	R'	0,07757	0,06763	Ω/km
Skin effect factor:	y _s	0,014	0,018	
Proximity effect factor:	y _p	0,007	0,009	

Calculations:

D.C. resistance of conductor: $R' = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\Theta - 20)]$	R'	0,07757	0,06763	Ω/km
Skin effect factor:				
$0 < x \leq 2.8$ $y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0.8 \cdot x_s^4}$	y_s	0,014	0,018	
$2.8 < x \leq 3.8$ $y_s = -0.136 - 0.0177 \cdot x + 0.0563 \cdot x^2$				
$x > 3.8$ $y_s = 0.354 \cdot x - 0.733$				
$x_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-4} \cdot k_s$	x_s	1,273	1,363	
Proximity effect factor:				
$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0.8 \cdot x_p^4} \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 \cdot \left[0.312 \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 + \frac{1.18}{\frac{x_p^4}{192 + 0.8 \cdot x_p^4} + 0.27} \right]$	y_p	0,007	0,009	
$x_p^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-4} \cdot k_p$	x_p	1,273	1,363	
A.C. resistance of conductor: $R = R' \cdot (1 + y_s + y_p)$	R	0,07913	0,06941	Ω/km

El cálculo de las pérdidas dieléctricas (W_d) y la capacitancia de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.2 para la tensión nominal (132 kV) y la máxima tensión de explotación (145 kV) es:

Input:		Maximum voltage	Operating voltage	
Diameter over conductor:	d_c	27,2		mm
Diameter over conductor screen:	$d_{c.sc}$	31,2		mm
Diameter over insulation:	d_{in}	65,2		mm
Diameter under metal screen:	$d_{in.sc}$	69,8		mm
Relative permittivity of insulation:	ϵ_r	2,5		
Frequency:	f	50		Hz
Loss factor of the insulation:	$\tan\delta$	0,001		
Voltage between conductors:	U	145	132	kV
Voltage to earth:	U_0	83,72	76,21	kV



Results:

Capacitance:	C	0,188	0,188	μF/km
Inductance:	L	0,188	0,188	mH/km
Dielectric loss:	W _d	0,41	0,344	W/m
Charging current:	I _c	4,96	4,51	A/km
Wave impedance:	Z	31,63	31,63	Ω
Wave velocity:	v	167,8	167,8	m/μs

Calculations:

Capacitance:	$C = \frac{\epsilon_r}{18 \cdot \ln \frac{d_{in}}{d_{c.sc}}}$	C	0,188	0,188	μF/km
Inductance between conductor and sheath/screen:	$L = 0.2 \cdot \ln \frac{d_{in.sc}}{d_c}$	L	0,188	0,188	mH/km
Dielectric loss:	$W_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \tan \delta \cdot 10^{-3}$	W _d	0,41	0,34	W/m
Charging current:	$I_c = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U_0 \cdot 10^{-3}$	I _c	4,96	4,51	A/km
Wave impedance:	$Z = \sqrt{\frac{L \cdot 10^3}{C}}$	Z	31,63	31,63	Ω
Wave velocity:	$v = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C \cdot 10^{-3}}}$	v	167,8	167,8	m/μs



El valor del factor de pérdidas en la pantalla metálica λ_1 y en la armadura λ_2 de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.4.2.3. es:

Metallic screen/sheath:		Maximum current	Given current	
Distance between conductor axis:	s	79,4		mm
A.C. resistance of conductor at operating temp.:	R	0,079133	0,069412	Ω/km
Frequency:	f	50		
Resistance of metallic screen/sheath at operating temp.:	R_s	0,503932	0,451005	Ω/km
Mean diameter of metallic screen/sheath:	d_s	72,1	72,1	mm
Reactance of lead sheath:	X	0,049612	0,049612	Ω/km
Loss factor for metallic screen/sheath:				
$\lambda_1 = \frac{R_s}{R} \cdot \frac{1.5}{1 + \left(\frac{R_s}{X}\right)^2} \quad X = 4 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-4} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot s}{d_s}\right) \quad (\Omega/\text{km})$				
Loss factor for metallic screen/sheath:	λ_1	0,0917	0,1165	

Armour:				
Frequency:	f	50		Hz
Diameter of phase:	d_{phase}	79,4		mm
Distance between the axis of a conductor and the cable centre:	c	45,84		mm
A.C. resistance of armour at operating temp.:	R_A	0,171536	0,153019	Ω/km
Mean diameter of armour:	d_A	175,1	175,1	mm
Loss factor for armour:				
$\lambda_2 = 1.23 \cdot \frac{R_A}{R} \cdot \left(\frac{2 \cdot c}{d_A}\right)^2 \cdot \frac{1}{\left(\frac{2.77 \cdot R_A \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot f}\right)^2 + 1}$				
Corrected:	λ_2	0,222352	0,263586	
Corrected loss factor for armour for SL type cables:				
$\lambda_2 = \lambda_2 \cdot \left(1 - \frac{R}{R_s} \cdot \lambda_1\right)$				
	λ_2	0,2202	0,2604	

Obteniéndose una capacidad de transporte máxima para el caso 1 considerando el conductor a 90°C de 551.5 A, que es mayor que la capacidad nominal requerida por el enlace de 350 A (80 MVA):

		Maximum current	Given current	
Conductor temperature:	Θ_c	90	49,2	°C
Ambient temperature:	Θ_a	25	25	°C
Alternating current resistance per unit length of the conductor at maximum operating temperature:	R	0,07913	0,06941	Ω/km
Dielectric loss per unit length for the insulation surrounding the conductor:	W_d	0,34	0,34	W/m
Thermal resistance per unit length between one conductor and the sheath:	T_1	0,549	0,549	K.m/W
Thermal resistance per unit length of the bedding between sheath and armour:	T_2	0,050	0,050	K.m/W
Thermal resistance per unit length of the external serving of the cable:	T_3	0,042	0,042	K.m/W
Thermal resistance per unit length between the cable surface and the surrounding medium:	T_4	0,456	0,456	K.m/W
Number of load-carrying conductors in the cable (conductors of equal size and carrying the same load):	n	3	3	
Ratio of losses in the metal sheath to total losses in all conductors in that cable:	λ_1	0,092	0,117	
Ratio of losses in the armouring to total losses in all conductors in that cable:	λ_2	0,220	0,260	
Current flowing in one conductor:	I	551,5	350,0	A

CASO 2: Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de cobre 3 x 300 mm² para zona offshore o profunda enterrado en el lecho marino

Las resistencias térmicas de los cables T₁ y T₃ calculadas de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.1 son:

Layer:	Diam, under layer, D _i mm	Thickness of layer, t _i mm	Thermal resistivity, ρ _T K.m/W	T1 K.m/W	T3 K.m/W
Cu-conductor	0,0	10,3			
Filling	20,5	0,0	0,0	0,000	
Inner screen	20,5	1,8	3,5	0,090	
Insulation	24,1	18,0	3,5	0,509	
Outer screen	60,1	1,5	3,5	0,027	
Tape	63,1	0,8	6,0	0,024	
Lead sheath	64,7	2,3			
Extruded sheath, sc	69,3	2,5	2,5		
Fillers	74,3	0,0	6,0		
Fillers	74,3	0,0	6,0		
Fibre optic cable	74,3	0,0			
Laying up					
Binder	160,2	0,15	6,0		
Binder	160,5	0,10	6,0		
Tape	160,7	0,2	6,0		
Armour, flat	161,1	3,0			
Bitumen	167,1	0,0			
Tape	167,1	0,4	6,0		0,004
Armour, flat	167,8	3,0			
Bitumen	173,8	0,0			
Polypropylene yarn	173,8	2,0	6,0		0,022
Bitumen	177,8	0,0			
Polypropylene yarn	177,8	2,0	6,0		0,021
Total:				0,650	0,047

Las resistencias térmicas entre la pantalla metálica y la armadura T_2 calculadas de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.1.2 son:

$$T_2 = \frac{\rho_T}{6\pi} \cdot G$$

where G is a geometric factor

Thickness of material between sheath and armour:	t_2	2,95	mm
External diameter of the sheath:	D_s	69,3	mm
Thermal resistivity of the bedding:	ρ_T	3,03	K.m/W
$X = \frac{t_2}{D_s}$	X	0,043	
Sheaths touching:		no	
$0 < X \leq 0.03 \quad G = 2\pi \cdot (0.00022619 + 2.11429 \cdot X - 20.4762 \cdot X^2)$ $0.03 < X \leq 0.15 \quad G = 2\pi \cdot (0.0142108 + 1.17533 \cdot X - 4.49737 \cdot X^2 + 10.6352 \cdot X^3)$			
	G		
Equal thickness of material between sheaths and between sheaths and armour:		yes	
$0 < X \leq 0.03 \quad G = 2\pi \cdot (0.000202380 + 2.03214 \cdot X - 21.6667 \cdot X^2)$ $0.03 < X \leq 0.15 \quad G = 2\pi \cdot (0.0126529 + 1.101 \cdot X - 4.56104 \cdot X^2 + 11.5093 \cdot X^3)$			
	G	0,3276	
Thermal resistance between sheath and armour:	T_2	0,053	K.m/W

Layer:	Diam, under layer, D	Thickness of layer, t_i	Thermal resistivity, ρ_T	$t_i \times \rho_T$
Extruded sheath, sc	69,3	2,5	2,5	6,25
Binder	160,2	0,15	6,0	0,90
Binder	160,5	0,1	6,0	0,60
Tape	160,7	0,2	6,0	1,2
		2,95	3,03	8,95



La resistencia térmica externa de los cables enterrados T_4 se calcula de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.2, teniendo en cuenta:

- Nº circuitos: 2
- Resistividad térmica del lecho marino: 0,8 K.m/W
- Separación mínima entre circuitos: 10 m

$T_4 = \frac{\rho_T}{2\pi} \cdot \left\{ \ln(u + \sqrt{u^2 - 1}) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left[1 + \left(\frac{2L}{s_1} \right)^2 \right] \right\} \quad u = \frac{2L}{D_e}$	
Thermal resistivity of the soil:	ρ_T 0,8 K.m/W
Distance from the surface of the ground to the cable axis:	L 1590,9 mm
External diameter of the cable:	D_e 181,8 mm
Axial separation between two adjacent cables:	s_1 10000 mm
	u 17,502
External thermal resistance:	T_4 0,45873 K.m/W

La resistencia en corriente alterna para cables con aislamiento XLPE de hilos de conductor redondos se calcula de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.1:

Input:		Maximum current	Given current	
Conductor cross-section:	A	300		mm ²
Conductor material (Al/Cu):		Cu		
Conductor diameter:	d _c	20,5		mm
Distance between conductor axis:	s	74,3		mm
D.C. resistance of conductor at 20 °C:	R ₀	0,0601		Ω/km
Constant mass temperature coefficient at 20 °C:	α ₂₀	0,00393		1/K
Factor used in calculating x _s :	k _s	1		
Factor used in calculating x _p :	k _p	1		
Frequency:	f	50		Hz
Conductor temperature:	Θ	90	49,91	°C

Results:				
A.C. resistance of conductor:	R	0,0780	0,0687	Ω/km
D.C. resistance of conductor:	R'	0,0766	0,0672	Ω/km
Skin effect factor:	y _s	0,0138	0,0180	
Proximity effect factor:	y _p	0,0044	0,0056	

Calculations:

D.C. resistance of conductor: $R' = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\Theta - 20)]$	R'	0,0766	0,0672	Ω/km
Skin effect factor:				
$0 < x \leq 2.8$ $y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0.8 \cdot x_s^4}$	y_s	0,0138	0,0180	
$2.8 < x \leq 3.8$ $y_s = -0.136 - 0.0177 \cdot x + 0.0563 \cdot x^2$				
$x > 3.8$ $y_s = 0.354 \cdot x - 0.733$				
$x_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-4} \cdot k_s$	x_s	1,2805	1,3678	
Proximity effect factor:				
$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0.8 \cdot x_p^4} \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 \cdot \left[0.312 \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 + \frac{1.18}{\frac{x_p^4}{192 + 0.8 \cdot x_p^4} + 0.27} \right]$	y_p	0,0044	0,0056	
$x_p^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-4} \cdot k_p$	x_p	1,2805	1,3678	
A.C. resistance of conductor: $R = R' \cdot (1 + y_s + y_p)$	R	0,0780	0,0687	Ω/km

El cálculo de las pérdidas dieléctricas (W_d) y la capacitancia de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.2 para la tensión nominal (132 kV) y la máxima tensión de explotación (145 kV) es:

Input:		Maximum voltage	Operating voltage	
Diameter over conductor:	d_c	20,5		mm
Diameter over conductor screen:	$d_{c.sc}$	24,1		mm
Diameter over insulation:	d_{in}	60,1		mm
Diameter under metal screen:	$d_{in.sc}$	64,7		mm
Relative permittivity of insulation:	ϵ_r	2,5		
Frequency:	f	50		Hz
Loss factor of the insulation:	$\tan\delta$	0,001		
Voltage between conductors:	U	145	132	kV
Voltage to earth:	U_0	83,72	76,21	kV



Results:

Capacitance:	C	0,1520	0,1520	μF/km
Inductance:	L	0,2299	0,2299	mH/km
Dielectric loss:	W_d	0,33	0,277	W/m
Charging current:	I_c	4,00	3,64	A/km
Wave impedance:	Z	38,89	38,89	Ω
Wave velocity:	v	169,2	169,2	m/μs

Calculations:

Capacitance:	$C = \frac{\epsilon_r}{18 \cdot \ln \frac{d_{in}}{d_{c.sc}}}$	C	0,1520	0,1520	μF/km
Inductance between conductor and sheath/screen:	$L = 0.2 \cdot \ln \frac{d_{in.sc}}{d_c}$	L	0,2299	0,2299	mH/km
Dielectric loss:	$W_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \tan \delta \cdot 10^{-3}$	W_d	0,33	0,28	W/m
Charging current:	$I_c = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U_0 \cdot 10^{-3}$	I_c	4,00	3,64	A/km
Wave impedance:	$Z = \sqrt{\frac{L \cdot 10^3}{C}}$	Z	38,89	38,89	Ω
Wave velocity:	$v = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C \cdot 10^{-3}}}$	v	169,2	169,2	m/μs

El valor del factor de pérdidas en la pantalla metálica λ_1 y en la armadura λ_2 de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.4.2.3. es:

Metallic screen/sheath:		Maximum current	Given current	
Distance between conductor axis:	s	74,3		mm
A.C. resistance of conductor at operating temp.:	R	0,078033	0,06875	Ω/km
Frequency:	f	50		
Resistance of metallic screen/sheath at operating temp.:	R_s	0,539355	0,485072	Ω/km
Mean diameter of metallic screen/sheath:	d_s	67,0	67,0	mm
Reactance of lead sheath:	X	0,05005	0,05005	Ω/km
Loss factor for metallic screen/sheath:				
$\lambda_1 = \frac{R_s}{R} \cdot \frac{1,5}{1 + \left(\frac{R_s}{X}\right)^2} \quad X = 4 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-4} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot s}{d_s}\right) \quad (\Omega/\text{km})$				
Loss factor for metallic screen/sheath:	λ_1	0,0885	0,1115	

Armour:				
Frequency:	f	50		Hz
Diameter of phase:	d_{phase}	74,3		mm
Distance between the axis of a conductor and the cable centre:	c	42,90		mm
A.C. resistance of armour at operating temp.:	R_A	0,091603	0,082136	Ω/km
Mean diameter of armour:	d_A	167,5516	167,5516	mm
Loss factor for armour:				
$\lambda_2 = 1,23 \cdot \frac{R_A}{R} \cdot \left(\frac{2 \cdot c}{d_A}\right)^2 \cdot \frac{1}{\left(\frac{2,77 \cdot R_A \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot f}\right)^2 + 1}$				
Corrected:	λ_2	0,229116	0,252736	
Corrected loss factor for armour for SL type cables:				
$\lambda_2 = \lambda_2 \cdot \left(1 - \frac{R}{R_s} \cdot \lambda_1\right)$				
	λ_2	0,2272	0,2501	

Obteniéndose una capacidad de transporte máxima para el caso 2 considerando el conductor a 90°C de 541.3 A, que es mayor que la capacidad nominal requerida por el enlace de 350 A (80 MVA):

		Maximum current	Given current	
Conductor temperature:	Θ_c	90	49,9	°C
Ambient temperature:	Θ_a	25	25	°C
Alternating current resistance per unit length of the conductor at maximum operating temperature:	R	0,078	0,069	Ω/km
Dielectric loss per unit length for the insulation surrounding the conductor:	W_d	0,28	0,28	W/m
Thermal resistance per unit length between one conductor and the sheath:	T_1	0,650	0,650	K.m/W
Thermal resistance per unit length of the bedding between sheath and armour:	T_2	0,053	0,053	K.m/W
Thermal resistance per unit length of the external serving of the cable:	T_3	0,047	0,047	K.m/W
Thermal resistance per unit length between the cable surface and the surrounding medium:	T_4	0,459	0,459	K.m/W
Number of load-carrying conductors in the cable (conductors of equal size and carrying the same load):	n	3	3	
Ratio of losses in the metal sheath to total losses in all conductors in that cable:	λ_1	0,089	0,111	
Ratio of losses in the armouring to total losses in all conductors in that cable:	λ_2	0,227	0,250	
Current flowing in one conductor:	I	541,3	350,0	A

CASO 3: Cable tripolar de aislamiento XLPE 76/132 kV de aluminio 3 x 500 mm² en perforación horizontal dirigida a 20 metros de profundidad

Para este caso, se ha realizado el cálculo en dos supuestos, con el tubo de la PHD inundado de agua (caso 3.a) y con el tubo relleno de aire (caso 3.b), con objeto de obtener la capacidad de transporte en la hipótesis más limitante.

Las resistencias térmicas de los cables T₁ y T₃ para ambos casos calculadas de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.1 son:

Layer:	Diam, under layer, D _i mm	Thickness of layer, t _i mm	Thermal resistivity, ρ _T K.m/W	T1 K.m/W	T3 K.m/W
Al-conductor	0,0				
Filling	27,2	0,0	0,0	0,000	
Tape	27,2	0,5	6,0	0,034	
Tape	28,2	0,0	6,0	0,000	
Inner screen	28,2	1,5	3,5	0,056	
Insulation	31,2	17,0	3,5	0,411	
Outer screen	65,2	1,5	3,5	0,025	
Tape	68,2	0,8	6,0	0,022	
Lead sheath	69,8	2,3			
Extruded sheath, sc	74,4	2,5	2,5		
Fillers	79,4	0,0	6,0		
Fillers	79,4	0,0	6,0		
Fibre optic cable	79,4	0,0			
Laying up					
Binder	171,2	0,15	6,0		
Binder	171,5	0,10	6,0		
Tape	171,7	0,2	6,0		
Armour, flat	172,1	3,0			
Bitumen	178,1	0,0			
Polypropylene yarn	178,1	2,0	6,0		0,021
Bitumen	182,1	0,0			
Polypropylene yarn	182,1	2,0	6,0		0,021
Total:				0,549	0,042

Las resistencias térmicas entre la pantalla metálica y la armadura T_2 para ambos casos calculadas de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.1.2 son:

$$T_2 = \frac{\rho_T}{6\pi} \cdot G$$

where G is a geometric factor

Thickness of material between sheath and armour:	t_2	2,95	mm
External diameter of the sheath:	D_s	74,4	mm
Thermal resistivity of the bedding:	ρ_T	3,03	K.m/W
$X = \frac{t_2}{D_s}$	X	0,040	
Sheaths touching:		no	
$0 < X \leq 0.03 \quad G = 2\pi \cdot (0.00022619 + 2.11429 \cdot X - 20.4762 \cdot X^2)$ $0.03 < X \leq 0.15 \quad G = 2\pi \cdot (0.0142108 + 1.17533 \cdot X - 4.49737 \cdot X^2 + 10.6352 \cdot X^3)$			
	G		
Equal thickness of material between sheaths and between sheaths and armour:		yes	
$0 < X \leq 0.03 \quad G = 2\pi \cdot (0.000202380 + 2.03214 \cdot X - 21.6667 \cdot X^2)$ $0.03 < X \leq 0.15 \quad G = 2\pi \cdot (0.0126529 + 1.101 \cdot X - 4.56104 \cdot X^2 + 11.5093 \cdot X^3)$			
	G	0,313	
Thermal resistance between sheath and armour:	T_2	0,050	K.m/W

Layer:	Diam, under layer, D _i	Thickness of layer, t _i	Thermal resistivity, ρ _T	t _i x ρ _T
Extruded sheath, sc	74,4	2,5	2,5	6,25
Binder	171,2	0,15	6,0	0,90
Binder	171,5	0,1	6,0	0,60
Tape	171,7	0,2	6,0	1,2
		2,95	3,03	8,95



La resistencia térmica externa de los cables enterrados T_4 se calcula de acuerdo a la norma IEC 60287-2-1 apartado 2.2, teniendo en cuenta:

- Nº circuitos: 2
- Resistividad térmica del terreno: 1 K.m/W
- Separación mínima entre circuitos: 15 m
- Profundidad máxima PHD: 20 m

Caso 3a: tubo inundado de agua

2.2.7.1 Thermal resistance between cable and duct (or pipe) T_4'			
$T_4' = \frac{U}{1 + 0.1 \cdot (V + Y \cdot \Theta_m) \cdot D_c}$		Maximum current	Given current
	U	0,10	
	V	0,03	
	Y	0,001	
External diameter of the cable:	D_c	186,1	mm
Mean temperature of air between cable and duct:	Θ_m	78,4	67,0 °C
Thermal resistance between cable and duct (or pipe)	T_4'	0,033	0,036 K.m/W
2.2.7.2 Thermal resistance of the duct (or pipe) itself T_4''			
$T_4'' = \frac{\rho_T}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{D_o}{D_d}\right)$			
Thermal resistivity of duct material:	ρ_T	3,5	K.m/W
Outside diameter of the duct:	D_o	500	mm
Inside diameter of the duct:	D_d	409,2	mm
Thermal resistance of the duct (or pipe) itself:	T_4''	0,112	K.m/W
2.2.7.3 External thermal resistivity of the duct (or pipe) T_4'''			
$T_4''' = \frac{\rho_c}{2\pi} \cdot \ln\left(u + \sqrt{u^2 - 1}\right) \quad u = \frac{2L}{D_c}$			
Distance from the surface of the ground to the cable axis:	L	20093,05	mm
Outside diameter of the duct:	D_o	500	mm
Thermal resistivity of the soil:	ρ_c	1,0	K.m/W
	u	80,4	
External thermal resistance of the duct (or pipe):	T_4'''	0,976	K.m/W
External thermal resistance: $T_4 = T_4' + T_4'' + T_4'''$	T_4	1,120	K.m/W

Caso 3b: tubo relleno de aire

2.2.7.1 Thermal resistance between cable and duct (or pipe) T_4'			
$T_4' = \frac{U}{1 + 0.1 \cdot (V + Y \cdot \Theta_m) \cdot D_e}$		Maximum current	Given current
External diameter of the cable:	D_e	186,1	mm
Mean temperature of air between cable and duct:	Θ_m	76,7	69,9 °C
Thermal resistance between cable and duct (or pipe)	T_4'	0,155	0,161 K.m/W
2.2.7.2 Thermal resistance of the duct (or pipe) itself T_4''			
$T_4'' = \frac{\rho_T}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{D_o}{D_d}\right)$			
Thermal resistivity of duct material:	ρ_T	3,5	K.m/W
Outside diameter of the duct:	D_o	500	mm
Inside diameter of the duct:	D_d	409,2	mm
Thermal resistance of the duct (or pipe) itself:	T_4''	0,112	K.m/W
2.2.7.3 External thermal resistivity of the duct (or pipe) T_4'''			
$T_4''' = \frac{\rho_c}{2\pi} \cdot \ln\left(u + \sqrt{u^2 - 1}\right) \quad u = \frac{2L}{D_e}$			
Distance from the surface of the ground to the cable axis:	L	20093,05	mm
Outside diameter of the duct:	D_o	500	mm
Thermal resistivity of the soil:	ρ_c	1,0	K.m/W
	u	80,4	
External thermal resistance of the duct (or pipe):	T_4'''	0,976	K.m/W
External thermal resistance: $T_4 = T_4' + T_4'' + T_4'''$	T_4	1,242	K.m/W

La resistencia en corriente alterna para cables con aislamiento XLPE de hilos de conductor redondos se calcula de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.1:

Caso 3a: tubo inundado de agua

Input:		Maximum current	Given current	
Conductor cross-section:	A	500		mm ²
Conductor material (Al/Cu):		Al		
Conductor diameter:	d _c	27,2		mm
Distance between conductor axis:	s	79,4		mm
D.C. resistance of conductor at 20 °C:	R ₀	0,0605		Ω/km
Constant mass temperature coefficient at 20 °C:	α ₂₀	0,00403		1/K
Factor used in calculating x _s :	k _s	1		
Factor used in calculating x _p :	k _p	1		
Frequency:	f	50		Hz
Conductor temperature:	Θ	90	76,10	°C

Results:				
A.C. resistance of conductor:	R	0,07913	0,07581	Ω/km
D.C. resistance of conductor:	R'	0,07757	0,07418	Ω/km
Skin effect factor:	y _s	0,01352	0,01477	
Proximity effect factor:	y _p	0,00666	0,00725	

Calculations:

D.C. resistance of conductor: $R' = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\Theta - 20)]$	R'	0,07757	0,07418	Ω/km
Skin effect factor:				
$0 < x \leq 2.8$ $y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0.8 \cdot x_s^4}$	y_s	0,014	0,015	
$2.8 < x \leq 3.8$ $y_s = -0.136 - 0.0177 \cdot x + 0.0563 \cdot x^2$				
$x > 3.8$ $y_s = 0.354 \cdot x - 0.733$				
$x_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-4} \cdot k_s$	x_s	1,273	1,302	
Proximity effect factor:				
$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0.8 \cdot x_p^4} \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 \cdot \left[0.312 \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 + \frac{1.18}{\frac{x_p^4}{192 + 0.8 \cdot x_p^4} + 0.27} \right]$	y_p	0,007	0,007	
$x_p^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-4} \cdot k_p$	x_p	1,273	1,302	
A.C. resistance of conductor: $R = R' \cdot (1 + y_s + y_p)$	R	0,07913	0,07581	Ω/km

Caso 3b: tubo relleno de aire

Input:		Maximum current	Given current	
Conductor cross-section:	A	500		mm^2
Conductor material (Al/Cu):		Al		
Conductor diameter:	d_c	27,2		mm
Distance between conductor axis:	s	79,4		mm
D.C. resistance of conductor at 20 °C:	R_0	0,0605		Ω/km
Constant mass temperature coefficient at 20 °C:	α_{20}	0,00403		1/K
Factor used in calculating x_s :	k_s	1		
Factor used in calculating x_p :	k_p	1		
Frequency:	f	50		Hz
Conductor temperature:	Θ	90	81,46	°C
Results:				
A.C. resistance of conductor:	R	0,07913	0,07709	Ω/km
D.C. resistance of conductor:	R'	0,07757	0,07549	Ω/km
Skin effect factor:	y_s	0,01352	0,01427	
Proximity effect factor:	y_p	0,00666	0,00701	

Calculations:

D.C. resistance of conductor: $R' = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\Theta - 20)]$	R'	0,07757	0,07549	Ω/km
Skin effect factor:				
$0 < x \leq 2.8$ $y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0.8 \cdot x_s^4}$	y_s	0,014	0,014	
$2.8 < x \leq 3.8$ $y_s = -0.136 - 0.0177 \cdot x + 0.0563 \cdot x^2$				
$x > 3.8$ $y_s = 0.354 \cdot x - 0.733$				
$x_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-4} \cdot k_s$	x_s	1,273	1,290	
Proximity effect factor:				
$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0.8 \cdot x_p^4} \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 \cdot \left[0.312 \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 + \frac{1.18}{\frac{x_p^4}{192 + 0.8 \cdot x_p^4} + 0.27} \right]$	y_p	0,007	0,007	
$x_p^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-4} \cdot k_p$	x_p	1,273	1,290	
A.C. resistance of conductor: $R = R' \cdot (1 + y_s + y_p)$	R	0,07913	0,07709	Ω/km

El cálculo de las pérdidas dieléctricas (W_d) y la capacitancia de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.2 para la tensión nominal (132 kV) y la máxima tensión de explotación (145 kV) para ambos casos es:

Input:		Maximum voltage	Operating voltage	
Diameter over conductor:	d_c	27,2		mm
Diameter over conductor screen:	$d_{c.sc}$	31,2		mm
Diameter over insulation:	d_{in}	65,2		mm
Diameter under metal screen:	$d_{in.sc}$	69,8		mm
Relative permittivity of insulation:	ϵ_r	2,5		
Frequency:	f	50		Hz
Loss factor of the insulation:	$\tan\delta$	0,001		
Voltage between conductors:	U	145	132	kV
Voltage to earth:	U_0	83,72	76,21	kV

Results:				
Capacitance:	C	0,188	0,188	$\mu\text{F}/\text{km}$
Inductance:	L	0,188	0,188	mH/km
Dielectric loss:	W_d	0,41	0,344	W/m
Charging current:	I_c	4,96	4,51	A/km
Wave impedance:	Z	31,63	31,63	Ω
Wave velocity:	v	167,8	167,8	$\text{m}/\mu\text{s}$

Calculations:				
Capacitance:	$C = \frac{\epsilon_r}{18 \cdot \ln \frac{d_{in}}{d_{c.sc}}}$	C	0,188	0,188 $\mu\text{F}/\text{km}$
Inductance between conductor and sheath/screen:	$L = 0,2 \cdot \ln \frac{d_{in.sc}}{d_c}$	L	0,188	0,188 mH/km
Dielectric loss:	$W_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \tan \delta \cdot 10^{-3}$	W_d	0,41	0,34 W/m
Charging current:	$I_c = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U_0 \cdot 10^{-3}$	I_c	4,96	4,51 A/km
Wave impedance:	$Z = \sqrt{\frac{L \cdot 10^3}{C}}$	Z	31,63	31,63 Ω
Wave velocity:	$v = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C \cdot 10^{-3}}}$	v	167,8	167,8 $\text{m}/\mu\text{s}$



El valor del factor de pérdidas en la pantalla metálica λ_1 y en la armadura λ_2 de acuerdo a la norma IEC 60287-1-1 apartado 2.4.2.3. es:

Caso 3a: tubo inundado de agua

Metallic screen/sheath:		Maximum current	Given current	
Distance between conductor axis:	s	79,4		mm
A.C. resistance of conductor at operating temp.:	R	0,079133	0,075811	Ω/km
Frequency:	f	50		
Resistance of metallic screen/sheath at operating temp.:	R_s	0,514744	0,494412	Ω/km
Mean diameter of metallic screen/sheath:	d_s	72,1	72,1	mm
Reactance of lead sheath:	X	0,049612	0,049612	Ω/km
Loss factor for metallic screen/sheath:				
$\lambda_1 = \frac{R_s}{R} \cdot \frac{1.5}{1 + \left(\frac{R_s}{X}\right)^2} \quad X = 4 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-4} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot s}{d_s}\right) \quad (\Omega/\text{km})$				
Loss factor for metallic screen/sheath:	λ_1	0,0898	0,0975	

Armour:				
Frequency:	f	50		Hz
Diameter of phase:	d_{phase}	79,4		mm
Distance between the axis of a conductor and the cable centre:	c	45,84		mm
A.C. resistance of armour at operating temp.:	R_A	0,176880	0,169438	Ω/km
Mean diameter of armour:	d_A	175,1	175,1	mm
Loss factor for armour:				
$\lambda_2 = 1.23 \cdot \frac{R_A}{R} \cdot \left(\frac{2 \cdot c}{d_A}\right)^2 \cdot \frac{1}{\left(\frac{2.77 \cdot R_A \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot f}\right)^2 + 1}$				
Corrected:	λ_2	0,219609	0,233201	
Corrected loss factor for armour for SL type cables:				
$\lambda_2 = \lambda_2 \cdot \left(1 - \frac{R}{R_s} \cdot \lambda_1\right)$				
	λ_2	0,2176	0,2309	

Caso 3b: tubo relleno de aire

Metallic screen/sheath:		Maximum current	Given current	
Distance between conductor axis:	s	79,4		mm
A.C. resistance of conductor at operating temp.:	R	0,079133	0,077092	Ω/km
Frequency:	f	50		
Resistance of metallic screen/sheath at operating temp.:	R _s	0,515663	0,503085	Ω/km
Mean diameter of metallic screen/sheath:	d _s	72,1	72,1	mm
Reactance of lead sheath:	X	0,049612	0,049612	Ω/km
Loss factor for metallic screen/sheath:				
$\lambda_1 = \frac{R_s}{R} \cdot \frac{1.5}{1 + \left(\frac{R_s}{X}\right)^2} \quad X = 4 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-4} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot s}{d_s}\right) \quad (\Omega/km)$				
Loss factor for metallic screen/sheath:	λ ₁	0,0896	0,0943	

Armour:				
Frequency:	f	50		Hz
Diameter of phase:	d _{phase}	79,4		mm
Distance between the axis of a conductor and the cable centre:	c	45,84		mm
A.C. resistance of armour at operating temp.:	R _A	0,177334	0,172718	Ω/km
Mean diameter of armour:	d _A	175,1	175,1	mm
Loss factor for armour:				
$\lambda_2 = 1.23 \cdot \frac{R_A}{R} \cdot \left(\frac{2 \cdot c}{d_A}\right)^2 \cdot \frac{1}{\left(\frac{2.77 \cdot R_A \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot f}\right)^2 + 1}$				
Corrected:	λ ₂	0,219374	0,22762	
Corrected loss factor for armour for SL type cables:				
$\lambda_2 = \lambda_2 \cdot \left(1 - \frac{R}{R_s} \cdot \lambda_1\right)$				
	λ ₂	0,2174	0,2254	

Obteniéndose una capacidad de transporte máxima para el caso 3 considerando el conductor a 90°C y el tubo de la perforación relleno de aire de 373.7 A, que es mayor que la capacidad nominal requerida por el enlace de 350 A (80 MVA):

Caso 3a: tubo inundado de agua

		Maximum current	Given current	
Conductor temperature:	Θ_c	90	76,1	°C
Ambient temperature:	Θ_a	25	25	°C
Alternating current resistance per unit length of the conductor at maximum operating temperature:	R	0,07913	0,07581	Ω/km
Dielectric loss per unit length for the insulation surrounding the conductor:	W_d	0,34	0,34	W/m
Thermal resistance per unit length between one conductor and the sheath:	T_1	0,549	0,549	K.m/W
Thermal resistance per unit length of the bedding between sheath and armour:	T_2	0,050	0,050	K.m/W
Thermal resistance per unit length of the external serving of the cable:	T_3	0,042	0,042	K.m/W
Thermal resistance per unit length between the cable surface and the surrounding medium:	T_4	1,120	1,123	K.m/W
Number of load-carrying conductors in the cable (conductors of equal size and carrying the same load):	n	3	3	
Ratio of losses in the metal sheath to total losses in all conductors in that cable:	λ_1	0,090	0,098	
Ratio of losses in the armouring to total losses in all conductors in that cable:	λ_2	0,218	0,231	
Current flowing in one conductor:	I	390,6	350,0	A

Caso 3b: tubo relleno de aire

		Maximum current	Given current
Conductor temperature:	θ_c	90	81,5 °C
Ambient temperature:	θ_a	25	25 °C
Alternating current resistance per unit length of the conductor at maximum operating temperature:	R	0,07913	0,07709 Ω/km
Dielectric loss per unit length for the insulation surrounding the conductor:	W_d	0,34	0,34 W/m
Thermal resistance per unit length between one conductor and the sheath:	T_1	0,549	0,549 K.m/W
Thermal resistance per unit length of the bedding between sheath and armour:	T_2	0,050	0,050 K.m/W
Thermal resistance per unit length of the external serving of the cable:	T_3	0,042	0,042 K.m/W
Thermal resistance per unit length between the cable surface and the surrounding medium:	T_4	1,242	1,248 K.m/W
Number of load-carrying conductors in the cable (conductors of equal size and carrying the same load):	n	3	3
Ratio of losses in the metal sheath to total losses in all conductors in that cable:	λ_1	0,090	0,094
Ratio of losses in the armouring to total losses in all conductors in that cable:	λ_2	0,217	0,225
Current flowing in one conductor:	I	373,7	350,0 A

2.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR

La corriente de cortocircuito admisible en el conductor se calcula según la norma UNE 21192, teniendo en cuenta la hipótesis adiabática y utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{ad}^2 t = K^2 S^2 \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Siendo:

I_{ad}	Corriente de cortocircuito admisible	A
t	Duración del cortocircuito	s
K	Constante de la naturaleza del metal de la pantalla	A s ^{1/2} /mm ²
S	Sección nominal de la pantalla	mm ²
θ_f	Temperatura final.....	°C
θ_i	Temperatura inicial	°C
β	Valor inverso del coeficiente de variación de la resistencia del metal del conductor a 0°C	K

Resultados			
S	mm ²	500	300
Material		Al	Cu
t	s	0,5	0,5
K	A s ^{1/2} /mm ²	148	226
θ_f	°C	250	250
θ_i	°C	90	90
β	K	228	234,5
I_{AD}	kA	66,81	60,7

La intensidad máxima admisible de cortocircuito en el conductor del cable submarino (60,7 kA) es superior a las corrientes de cortocircuito esperadas en las subestaciones extremas en el estado de desarrollo de la red de transporte previsto para el horizonte de Planificación (9,63 kA para las subestaciones de Algeciras y Virgen de África 132 kV).



2.3. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA METÁLICA

La corriente de cortocircuito admisible en el conductor se calcula según la norma UNE 21192, teniendo en cuenta la hipótesis adiabática y utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{ad}^2 t = K^2 S^2 \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Siendo:

I_{ad}	Corriente de cortocircuito admisible	A
t	Duración del cortocircuito	s
K	Constante de la naturaleza del metal de la pantalla	A s ^{1/2} /mm ²
S	Sección nominal de la pantalla	mm ²
θ_f	Temperatura final.....	°C
θ_i	Temperatura inicial	°C
β	Valor inverso del coeficiente de variación de la resistencia del metal del conductor a 0°C	K

Resultados		
S	mm ²	462
Material		Pb
t	s	0,5
K	A s ^{1/2} /mm ²	41
θ_f	°C	200
θ_i	°C	75
β	K	230
I_{AD}	kA	15,709

La intensidad máxima admisible de cortocircuito en la pantalla de plomo del cable submarino (15,71 kA) es superior a las corrientes de cortocircuito esperadas en las subestaciones extremas en el estado de desarrollo de la red de transporte previsto para el horizonte de Planificación (9,63 kA para las subestaciones de Algeciras y Virgen de África 132 kV).



2.4. CÁLCULO DE IMPEDANCIAS

Los resultados del cálculo de impedancias del tramo submarino para la condición de diseño de transferencia de potencia del enlace de 80 MVA se muestran a continuación.

Cable para zona nearshore o poco profunda tipo 145 kV 3x1x500 mm²AL + F.O:

IMPEDANCIAS DE SECUENCIA	UNIDAD	VALOR
Impedancia de secuencia directa $Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km	0,102 + j0,13
Impedancia de secuencia inversa $Z_- = Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km	0,102 + j0,13
Impedancia de secuencia homopolar $Z_0 = R_0 + jX_0$	Ω/km	0,33 + j0,09

Cable para zona offshore o profunda tipo 145 kV 3x1x300 mm² Cu+ F.O:

IMPEDANCIAS DE SECUENCIA	UNIDAD	VALOR
Impedancia de secuencia directa $Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km	0,09 + j0,14
Impedancia de secuencia inversa $Z_- = Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km	0,09 + j0,14
Impedancia de secuencia homopolar $Z_0 = R_0 + jX_0$	Ω/km	0,24 + j0,12

Siendo:

$R_{ac_90^\circ C}$	Resistencia del conductor en corriente alterna a 90°C	Ω/km
X	Reactancia del conductor.....	Ω/km
R_0	Resistencia de secuencia homopolar.....	Ω/km
X_0	Reactancia de secuencia homopolar	Ω/km



3. CABLE SUBTERRÁNEO

Generalidades

- Tipo de cable Unipolar
- Tipo de conductoraluminio tipo cuerda compacta redonda.
- Sección del conductor400/630 mm²
- Pantalla metálica hilos de cobre
- Sección de la pantalla metálica..... 135 mm²
- Tipo de conexión de las pantallas metálicas *Single Point y Cross Bonding*
- Configuración de los cables Tresbolillo
- Distancia entre ejes de los cables.....240 mm
- Temperatura del suelo25 °C
- Resistividad térmica del suelo..... 1 K.m/W
- Resistividad térmica del hormigón0,9 K.m/W

3.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN PERMANENTE

Se ha calculado la capacidad de transporte para los siguientes casos:

1. Zanja tipo normalizada para líneas subterráneas de doble circuito a una profundidad de 1,3 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135.
2. Zanja tipo normalizada para líneas subterráneas de simple circuito a una profundidad de 1,3 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135.
3. Zanja tipo normalizada para líneas subterráneas de doble circuito a una profundidad de 5 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135, para cruzamientos por debajo de infraestructuras existentes en el punto más desfavorable del trazado para esta tipología de zanja.
4. Zanja tipo normalizada para líneas subterráneas de simple circuito a una profundidad de 3 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135, para cruzamientos por debajo de infraestructuras existentes en el punto más desfavorable del trazado para esta tipología de zanja.



5. Sección tipo perforación horizontal dirigida para líneas subterráneas de doble circuito a una profundidad de 20 metros y separación entre ejes de circuitos de 5 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x630KAL+H135, para cruzamientos por debajo de infraestructuras existentes en el punto más desfavorable del trazado para esta tipología de sección (cruzamiento con carretera CA-34 y A-383).

Caso	Descripción del caso	Tipo de cable	Tipo de canalización	Prof. (m)	Intensidad (A)	CdT (MVA)
1	Zanja normalizada D/C a 1,3 m profundidad.	RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135	Zanja doble circuito	1,3	474,8	108,6
2	Zanja normalizada S/C a 1,3 m profundidad.	RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135	Zanja simple circuito	1,3	538,1	123,0
3	Zanja D/C a 5 m profundidad para cruzamientos por debajo de infraestructuras existentes.	RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135	Zanja doble circuito	5	387,2	88,5
4	Zanja S/C a 3 m profundidad para cruzamientos por debajo de infraestructuras existentes en el lado Ceuta.	RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135	Zanja simple circuito	3	490,8	112,3
5	PHD a 20 m profundidad y separación entre ejes de circuitos de 5 metros para cruzamiento por debajo de servicios existentes	RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x630KAL+H135	Perforación horizontal dirigida (PHD)	20	466,9	106,7

La sección más desfavorable se corresponde con la zanja para líneas subterráneas de doble circuito a una profundidad de hasta 5 metros para cruzamientos por debajo de infraestructuras existentes, alcanzándose una capacidad de transporte máxima del tramo subterráneo de 88,5 MVA (387,2 A).

El cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen permanente se ha realizado con la aplicación CYMCAP que realiza el cálculo aplicando la norma IEC 60287 (equivalente a la norma UNE 21144).

La intensidad máxima admisible se obtiene aplicando la fórmula general siguiente:



$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d(0.5T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{RT_1 + R(1 + \lambda_1)T_2 + R(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}}$$

Siendo:

I	Intensidad del conductor.....	A
$\Delta\theta$	Calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente.....	°C
W_d	Pérdidas dieléctricas por unidad de longitud del aislamiento	W/m
T_1	Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla	K.m/W
T_2	Resistencia térmica entre envolvente y armadura.....	K.m/W
T_3	Resistencia térmica por unidad de longitud de la cubierta exterior.....	K.m/W
T_4	Resistencia térmica por unidad de longitud entre la superficie del cable y el medio ambiente	K.m/W
R	Resistencia del conductor en corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio.....	Ω/m
λ_1	Factor de pérdidas en la pantalla metálica	
λ_2	Factor de pérdidas en la armadura metálica	

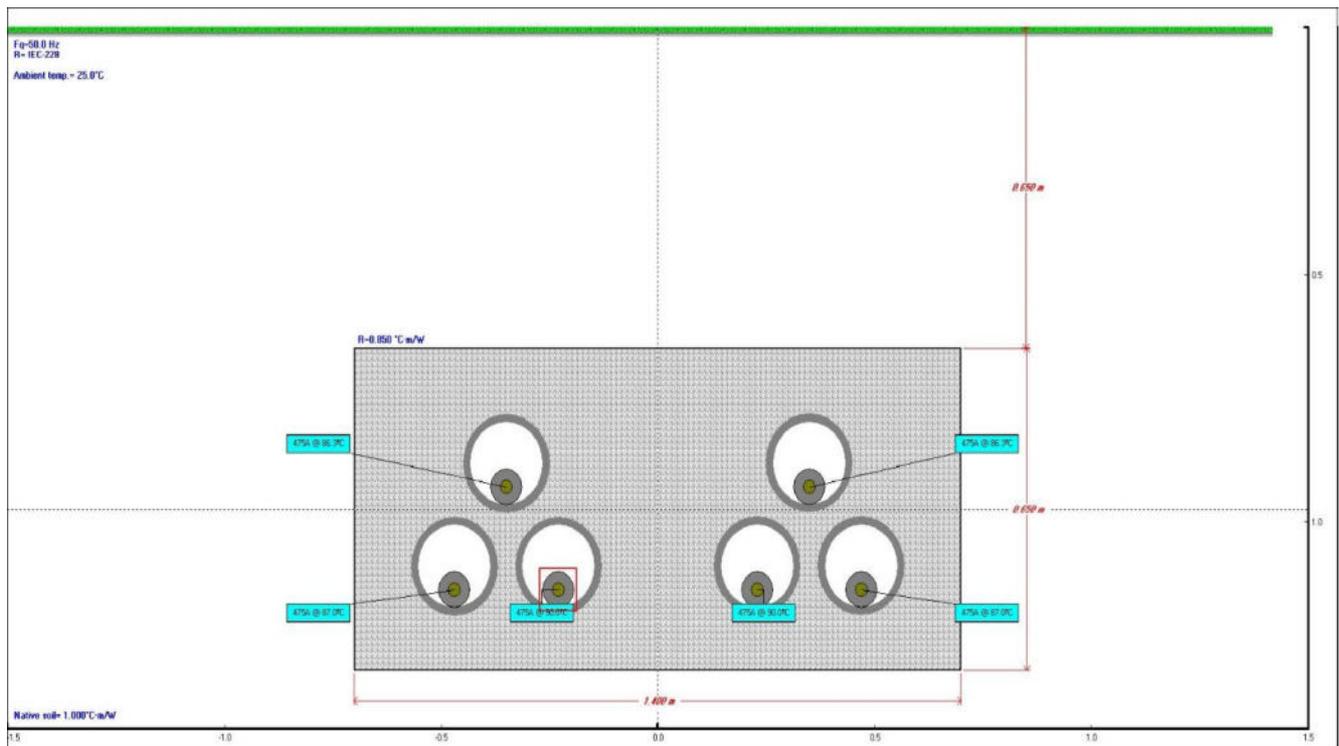
La intensidad máxima admisible en régimen permanente para el tramo de línea subterránea resulta ser de 387,2 A (88,5 MVA).

Los resultados más representativos obtenidos con la aplicación CYMCAP se muestran a continuación:



Caso 1. Zanja tipo normalizada para líneas subterráneas de doble circuito a una profundidad de 1,3 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135.

CYME INTERNATIONAL T&D		Study Summary	
CYMCAP Version	7.2 Revision 3		
Study:	Peninsula-Ceuta 132kV AI400		
Execution:	ZANJA DC TRESBOLILLO a 1,3 m		
Date:	04/03/2021 12:55:56		
General Simulation Data			
Steady State Option	Equally Loaded		
Consider Electrical interaction between circuits	No		
Induced currents in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits) :	0.0		
Conductor Resistances Computation Option:	IEC-228		
Installation Type:Ductbank			
Ambient Soil Temperature at Installation Depth	[°C]	25.0	
Native Soil Thermal Resistivity	[K.m/W]	1.0	
Thermal Resistivity of Duct Bank	[K.m/W]	0.9	
Depth of Center of Duct Bank	[m]	0.98	
Duct Bank Width	[m]	1.4	
Duct Bank Height	[m]	0.65	



Results Summary

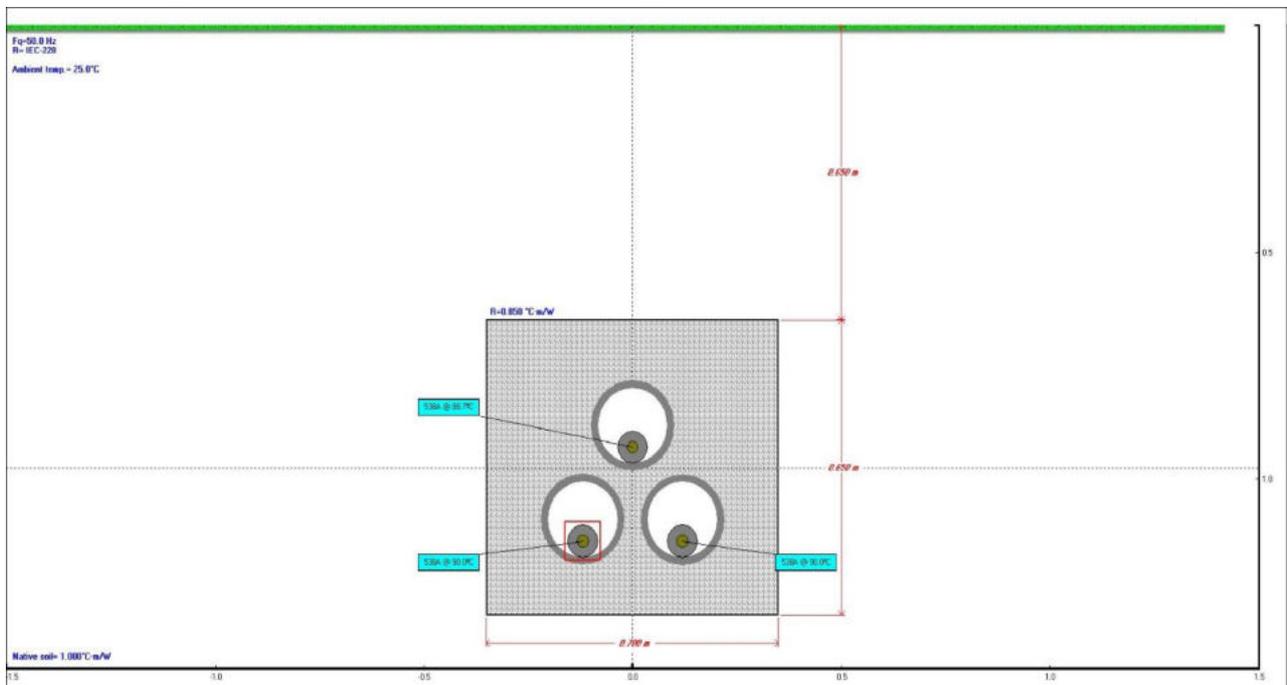
Cable No.	Cable ID	Circuit No.	Feeder ID	Cable Phase	Cable Frequency	Daily Load Factor	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Conductor temperature [°C]	Ampacity [A]
1	132	1		A	50.0	1.0	-0.47	1.14	87.0	474.8
2	132	1		B	50.0	1.0	-0.23	1.14	90.0	474.8
3	132	1		C	50.0	1.0	-0.35	0.93	86.3	474.8
4	132	2		A	50.0	1.0	0.23	1.14	90.0	474.8
5	132	2		B	50.0	1.0	0.47	1.14	87.0	474.8
6	132	2		C	50.0	1.0	0.35	0.93	86.3	474.8

Variable	Description	Unit	Cables					
Cable No.	Cable Index Number		1	2	3	4	5	6
General Input Data								
Cable ID	Cable Equipment ID		132	132	132	132	132	132
Circuit No.	Circuit No.		1	1	1	2	2	2
Phase	Cable Phase		A	B	C	A	B	C
Fq	Operating Frequency	[Hz]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
x	X coordinate	[m]	-0.47	-0.23	-0.35	0.23	0.47	0.35
y	Y coordinate	[m]	1.14	1.14	0.93	1.14	1.14	0.93
DLF	Daily Load Factor	[p.u.]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Bonding Type		1 Conductor Crossbonded Triangular					
Ampacity								
I	Steady State Ampacity	[A]	474.8	474.8	474.8	474.8	474.8	474.8
Temperatures								
θ_c	Conductor temperature	[°C]	87.0	90.0	86.3	90.0	87.0	86.3
θ_s	Sheath/Shield temperature	[°C]	74.4	77.3	73.8	77.3	74.4	73.8
θ_a	Armour temperature	[°C]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
θ_{surf}	Cable surface temperature	[°C]	73.1	76.0	72.5	76.0	73.1	72.5
θ_{duct}	Duct surface temperature	[°C]	62.7	65.6	62.1	65.6	62.7	62.1
Resistances								
R_o	DC Resistance of the conductor at 20°C	[Ω /km]	0,0778	0,0778	0,0778	0,0778	0,0778	0,0778
R	AC Resistance of the Conductor at Operating Temperature	[Ω /km]	0,09966	0,1006	0,09945	0,10059	0,09965	0,09945
ys	Skin Effect Factor		0,00837	0,00821	0,0084	0,00821	0,00837	0,0084
yp	Proximity Effect Factor		0,00033	0,00032	0,00033	0,00032	0,00033	0,00033
Losses								
W_c	Conductor Losses	[W/m]	22,46805	22,68	22,42242	22,67953	22,46679	22,42165
W_d	Dielectric Losses	[W/m]	0,29024	0,29024	0,29024	0,29024	0,29024	0,29024
W_s	Metallic Screen Losses	[W/m]	0,05545	0,05533	0,05547	0,05533	0,05545	0,05547
W_a	Armor/Pipe Losses	[W/m]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
W_t	Total Losses	[W/m]	22,81373	23,02557	22,76813	23,02509	22,81248	22,76736
λ_1	Screen Loss Factor		0,00247	0,00244	0,00247	0,00244	0,00247	0,00247
λ_2	Armor Loss Factor + Pipe Loss Factor		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermal resistances								
T1	Thermal resistance of insulation	[K.m/W]	0,55622	0,55622	0,55622	0,55622	0,55622	0,55622
T2	Thermal resistance of bedding/medium inside pipe-type	[K.m/W]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
T3	Thermal resistance of outer covering	[K.m/W]	0,05599	0,05599	0,05599	0,05599	0,05599	0,05599
T4	External thermal resistance	[K.m/W]	2,10798	2,21447	2,08539	2,2145	2,10807	2,08544
Others								
$\Delta\theta_{int}$	Temperature Rise at the Surface of the Cable Due to Other Surrounding Elements	[°C]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Induced Voltage (standing) on Concentric Wires	[V/km]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Induced current on Metallic Screen	[A]	18,7	18,6	18,7	18,6	18,7	18,7



Caso 2. Zanja tipo normalizada para líneas subterráneas de simple circuito a una profundidad de 1,3 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135.

 Study Summary	
CYMCAP Version	7.2 Revision 3
Study:	Peninsula-Ceuta 132kV AI400
Execution:	ZANJA SC TRESBOLILLO a 1,3 m
Date:	04/03/2021 12:57:46
General Simulation Data	
Steady State Option	Equally Loaded
Consider Electrical interaction between circuits	No
Induced currents in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits) :	0,0
Conductor Resistances Computation Option:	IEC-228
Installation Type:Ductbank	
Ambient Soil Temperature at Installation Depth	[°C] 25,0
Native Soil Thermal Resistivity	[K.m/W] 1,0
Thermal Resistivity of Duct Bank	[K.m/W] 0,9
Depth of Center of Duct Bank	[m] 0,98
Duct Bank Width	[m] 0,7
Duct Bank Height	[m] 0,65



Results Summary

Cable No.	Cable ID	Circuit No.	Feeder ID	Cable Phase	Cable Frequency	Daily Load Factor	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Conductor temperature [°C]	Ampacity [A]
1	132	1		A	50,0	1,0	-0,12	1,14	90,0	538,1
2	132	1		B	50,0	1,0	0,12	1,14	90,0	538,1
3	132	1		C	50,0	1,0	0,0	0,93	88,7	538,1

Variable	Description	Unit	Cables		
Cable No.	Cable Index Number		1	2	3
General Input Data					
Cable ID	Cable Equipment ID		132	132	132
Circuit No.	Circuit No.		1	1	1
Phase	Cable Phase		A	B	C
Fq	Operating Frequency	[Hz]	50,0	50,0	50,0
x	X coordinate	[m]	-0,12	0,12	0,0
y	Y coordinate	[m]	1,14	1,14	0,93
DLF	Daily Load Factor	[p.u.]	1,0	1,0	1,0
	Bonding Type		1 Conductor Crossbonded Triangular	1 Conductor Crossbonded Triangular	1 Conductor Crossbonded Triangular
Ampacity					
I	Steady State Ampacity	[A]	538,1	538,1	538,1
Temperatures					
θ_c	Conductor temperature	[°C]	90,0	90,0	88,7
θ_s	Sheath/Shield temperature	[°C]	73,7	73,7	72,5
θ_a	Armour temperature	[°C]	n/a	n/a	n/a
θ_{surf}	Cable surface temperature	[°C]	72,1	72,1	70,9
θ_{duct}	Duct surface temperature	[°C]	58,5	58,5	57,2
Resistances					
R_o	DC Resistance of the conductor at 20°C	[Ω /km]	0,0778	0,0778	0,0778
R	AC Resistance of the Conductor at Operating Temperature	[Ω /km]	0,10061	0,1006	0,1002
y_s	Skin Effect Factor		0,00821	0,00821	0,00828
y_p	Proximity Effect Factor		0,00032	0,00032	0,00033
Losses					
W_c	Conductor Losses	[W/m]	29,13427	29,13309	29,01749
W_d	Dielectric Losses	[W/m]	0,29024	0,29024	0,29024
W_s	Metallic Screen Losses	[W/m]	0,07125	0,07125	0,07131
W_a	Armor/Pipe Losses	[W/m]	0,0	0,0	0,0
W_t	Total Losses	[W/m]	29,49576	29,49458	29,37904
λ_1	Screen Loss Factor		0,00245	0,00245	0,00246
λ_2	Armour Loss Factor + Pipe Loss Factor		0,0	0,0	0,0
Thermal resistances					
T1	Thermal resistance of insulation	[K.m/W]	0,55622	0,55622	0,55622
T2	Thermal resistance of bedding/medium inside pipe-type	[K.m/W]	n/a	n/a	n/a
T3	Thermal resistance of outer covering	[K.m/W]	0,05599	0,05599	0,05599
T4	External thermal resistance	[K.m/W]	1,59562	1,59568	1,56107
Others					
$\Delta\theta_{int}$	Temperature Rise at the Surface of the Cable Due to Other Surrounding Elements	[°C]	0,0	0,0	0,0
	Induced Voltage (standing) on Concentric Wires	[V/km]	0,0	0,0	0,0
	Induced current on Metallic Screen	[A]	21,2	21,2	21,3

Caso 3. Zanja tipo normalizada para líneas subterráneas de doble circuito a una profundidad de 5 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135, para cruzamientos por debajo de infraestructuras existentes en el punto más desfavorable del trazado para esta tipología de zanja.



Study Summary

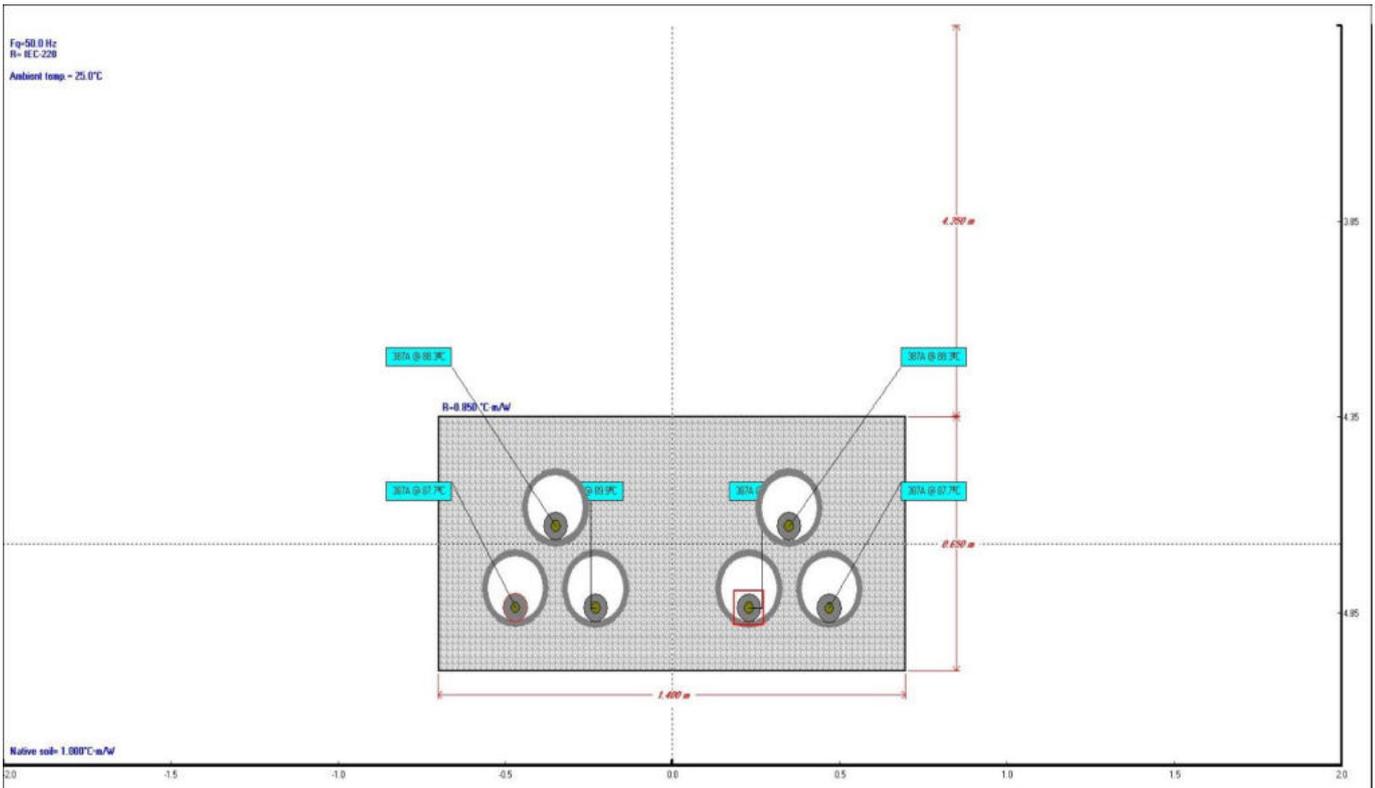
CYMCAP Version	7.3 Revision 2
Study:	Peninsula-Ceuta 132kV AI400
Execution:	ZANJA DC TRESBOLILLO a 5 m
Date:	20/12/2021 12:54:53

General Simulation Data

Steady State Option	Equally Loaded
Consider Electrical interaction between circuits	No
Induced currents in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits) :	0.0
Conductor Resistances Computation Option:	IEC-228

Installation Type:Ductbank

Ambient Soil Temperature at Installation Depth	[°C]	25.0
Native Soil Thermal Resistivity	[K.m/W]	1.0
Thermal Resistivity of Duct Bank	[K.m/W]	0.9
Depth of Center of Duct Bank	[m]	4.68
Duct Bank Width	[m]	1.4
Duct Bank Height	[m]	0.65



Results Summary

Cable No.	Cable ID	Circuit No.	Feeder ID	Cable Phase	Cable Frequency	Daily Load Factor	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Conductor temperature [°C]	Ampacity [A]
1	132	1		A	50.0	1.0	-0.47	4.84	87.7	387.2
2	132	1		B	50.0	1.0	-0.23	4.84	89.9	387.2
3	132	1		C	50.0	1.0	-0.35	4.63	88.3	387.2
4	132	2		A	50.0	1.0	0.23	4.84	89.9	387.2
5	132	2		B	50.0	1.0	0.47	4.84	87.7	387.2
6	132	2		C	50.0	1.0	0.35	4.63	88.3	387.2

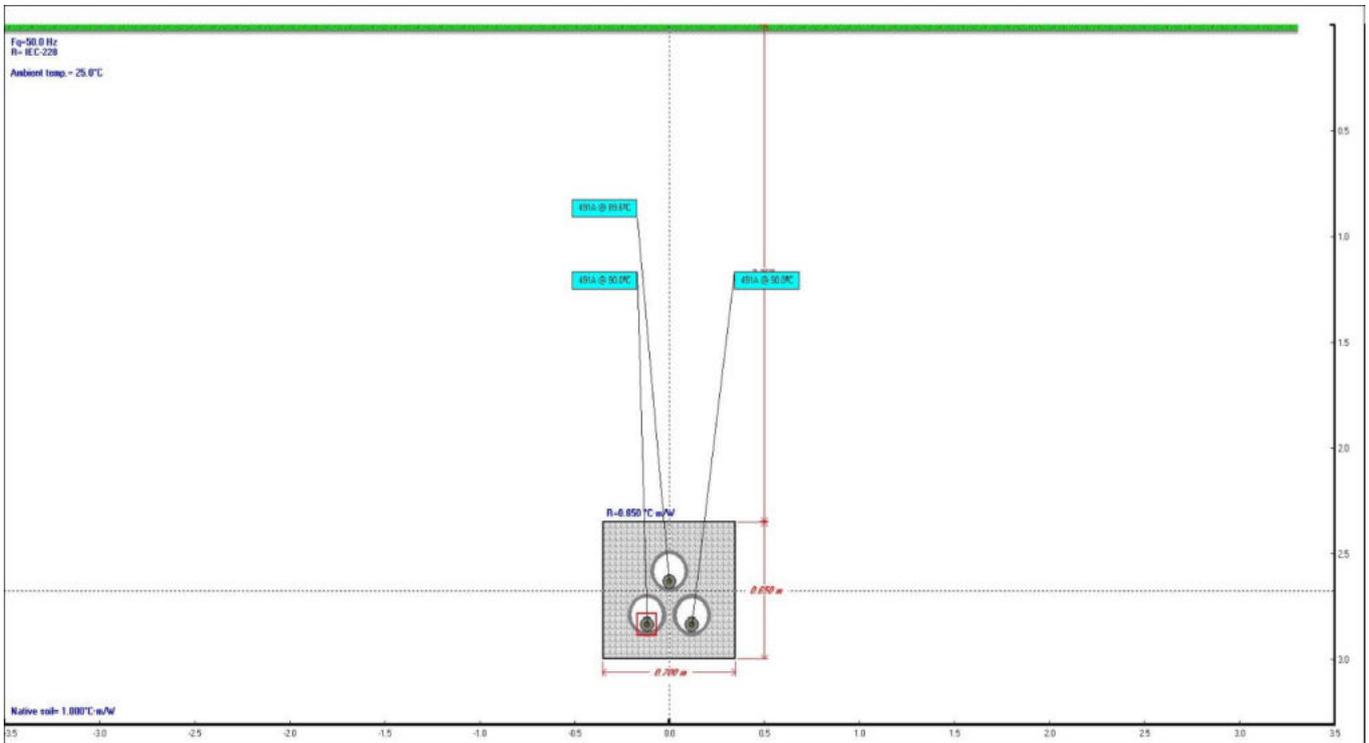
Variable	Description	Unit	Cables					
Cable No.	Cable Index Number		1	2	3	4	5	6
General Input Data								
Cable ID	Cable Equipment ID		132	132	132	132	132	132
Circuit No.	Circuit No.		1	1	1	2	2	2
Phase	Cable Phase		A	B	C	A	B	C
Fq	Operating Frequency	[Hz]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
x	X coordinate	[m]	-0.47	-0.23	-0.35	0.23	0.47	0.35
y	Y coordinate	[m]	4.84	4.84	4.63	4.84	4.84	4.63
DLF	Daily Load Factor	[p.u.]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Bonding Type		1 Conductor 1 Point Bonded Triangular					
Ampacity								
I	Steady State Ampacity	[A]	387.2	387.2	387.2	387.2	387.2	387.2
Temperatures								
θc	Conductor temperature	[°C]	87.7	89.9	88.3	89.9	87.7	88.3
θs	Sheath/Shield temperature	[°C]	79.3	81.4	79.9	81.4	79.3	79.9
θa	Armour temperature	[°C]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
θsurf	Cable surface temperature	[°C]	78.5	80.6	79.1	80.6	78.5	79.1
θduct	Duct surface temperature	[°C]	71.7	73.8	72.3	73.8	71.7	72.3
Resistances								
R ₀	DC Resistance of the conductor at 20°C	[Ω/km]	0.0778	0.0778	0.0778	0.0778	0.0778	0.0778
R	AC Resistance of the Conductor at Operating Temperature	[Ω/km]	0.09989	0.10057	0.10008	0.10057	0.09989	0.10008
ys	Skin Effect Factor		0.00833	0.00822	0.0083	0.00822	0.00833	0.0083
yp	Proximity Effect Factor		0.00033	0.00032	0.00033	0.00032	0.00033	0.00033
Losses								
Wc	Conductor Losses	[W/m]	14.97644	15.07846	15.00521	15.07858	14.97672	15.00552
Wd	Dielectric Losses	[W/m]	0.29024	0.29024	0.29024	0.29024	0.29024	0.29024
Ws	Metallic Screen Losses	[W/m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wa	Armor/Pipe Losses	[W/m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wt	Total Losses	[W/m]	15.26668	15.36871	15.29545	15.36883	15.26696	15.29576
λ _s	Screen Loss Factor		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
λ _a	Armor Loss Factor + Pipe Loss Factor		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Thermal resistances								
T1	Thermal resistance of insulation	[K.m/W]	0.55622	0.55622	0.55622	0.55622	0.55622	0.55622
T2	Thermal resistance of bedding/medium inside pipe-type	[K.m/W]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
T3	Thermal resistance of outer covering	[K.m/W]	0.05599	0.05599	0.05599	0.05599	0.05599	0.05599
T4	External thermal resistance	[K.m/W]	3.50178	3.61687	3.53423	3.61685	3.50172	3.53417
Others								
Δθ _{int}	Temperature Rise at the Surface of the Cable Due to Other Surrounding Elements	[°C]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Induced Voltage (standing) on Concentric Wires	[V/km]	54.78	42.64	50.05	42.64	54.78	50.05
	Induced current on Metallic Screen	[A]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Caso 4. Zanja tipo normalizada para líneas subterráneas de simple circuito a una profundidad de 3 metros para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL+H135, para cruzamientos por debajo de infraestructuras existentes en el punto más desfavorable del trazado para esta tipología de zanja.

CYME INTERNATIONAL T&D		Study Summary
CYMCAP Version	7.2 Revision 3	
Study:	Peninsula-Ceuta 132kV AI400	
Execution:	ZANJA SC TRESBOLILLO a 3 m	
Date:	04/03/2021 12:58:34	

General Simulation Data	
Steady State Option	Equally Loaded
Consider Electrical interaction between circuits	No
Induced currents in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits) :	0,0
Conductor Resistances Computation Option:	IEC-228

Installation Type:Ductbank		
Ambient Soil Temperature at Installation Depth	[°C]	25,0
Native Soil Thermal Resistivity	[K.m/W]	1,0
Thermal Resistivity of Duct Bank	[K.m/W]	0,9
Depth of Center of Duct Bank	[m]	2,68
Duct Bank Width	[m]	0,7
Duct Bank Height	[m]	0,65



Results Summary

Cable No.	Cable ID	Circuit No.	Feeder ID	Cable Phase	Cable Frequency	Daily Load Factor	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Conductor temperature [°C]	Ampacity [A]
1	132	1		A	50.0	1.0	-0.12	2.84	90.0	490.8
2	132	1		B	50.0	1.0	0.12	2.84	90.0	490.8
3	132	1		C	50.0	1.0	0.0	2.63	89.6	490.8

Variable	Description	Unit	Cables		
Cable No.	Cable Index Number		1	2	3
General Input Data					
Cable ID	Cable Equipment ID		132	132	132
Circuit No.	Circuit No.		1	1	1
Phase	Cable Phase		A	B	C
Fq	Operating Frequency	[Hz]	50.0	50.0	50.0
x	X coordinate	[m]	-0.12	0.12	0.0
y	Y coordinate	[m]	2.84	2.84	2.63
DLF	Daily Load Factor	[p.u.]	1.0	1.0	1.0
	Bonding Type		1 Conductor 1 Point Bonded Triangular	1 Conductor 1 Point Bonded Triangular	1 Conductor 1 Point Bonded Triangular
Ampacity					
I	Steady State Ampacity	[A]	490.8	490.8	490.8
Temperatures					
θ_c	Conductor temperature	[°C]	90.0	90.0	89.6
θ_s	Sheath/Shield temperature	[°C]	76.4	76.4	76.1
θ_a	Armour temperature	[°C]	n/a	n/a	n/a
θ_{surf}	Cable surface temperature	[°C]	75.1	75.1	74.7
θ_{duct}	Duct surface temperature	[°C]	64.0	63.9	63.6
Resistances					
R_o	DC Resistance of the conductor at 20°C	[Ω /km]	0.0778	0.0778	0.0778
R	AC Resistance of the Conductor at Operating Temperature	[Ω /km]	0.1006	0.1006	0.10047
y_s	Skin Effect Factor		0.00821	0.00821	0.00823
y_p	Proximity Effect Factor		0.00032	0.00032	0.00032
Losses					
W_c	Conductor Losses	[W/m]	24.2284	24.22774	24.19744
W_d	Dielectric Losses	[W/m]	0.29024	0.29024	0.29024
W_s	Metallic Screen Losses	[W/m]	0.0	0.0	0.0
W_a	Armor/Pipe Losses	[W/m]	0.0	0.0	0.0
W_t	Total Losses	[W/m]	24.51864	24.51798	24.48768
λ_1	Screen Loss Factor		0.0	0.0	0.0
λ_2	Armour Loss Factor + Pipe Loss Factor		0.0	0.0	0.0
Thermal resistances					
T1	Thermal resistance of insulation	[K.m/W]	0.55622	0.55622	0.55622
T2	Thermal resistance of bedding/medium inside pipe-type	[K.m/W]	n/a	n/a	n/a
T3	Thermal resistance of outer covering	[K.m/W]	0.05599	0.05599	0.05599
T4	External thermal resistance	[K.m/W]	2.04164	2.04169	2.02879
Others					
$\Delta\theta_{int}$	Temperature Rise at the Surface of the Cable Due to Other Surrounding Elements	[°C]	0.0	0.0	0.0
	Induced Voltage (standing) on Concentric Wires	[V/km]	61.91	61.91	61.91
	Induced current on Metallic Screen	[A]	0.0	0.0	0.0

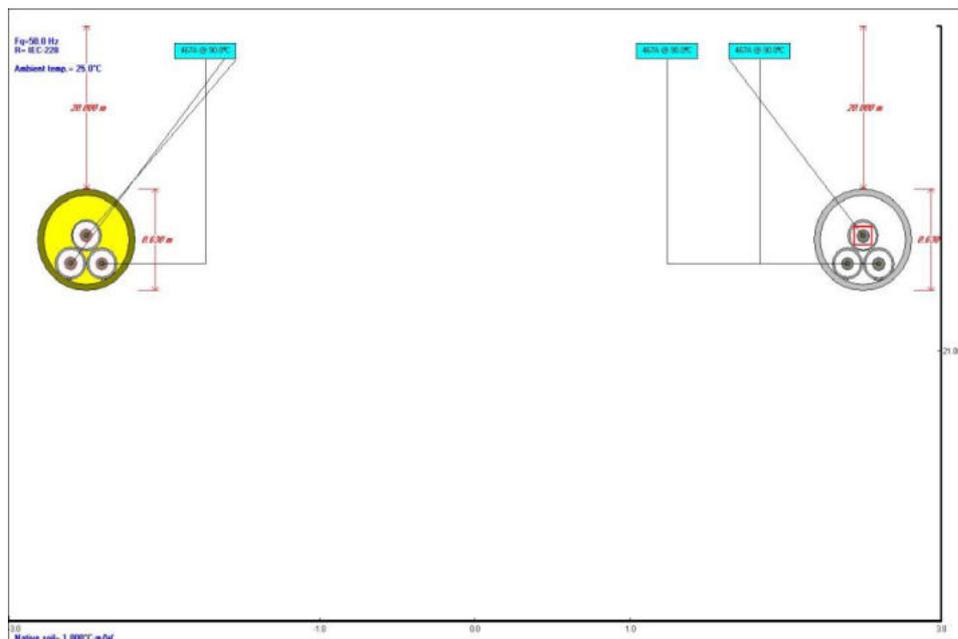


Caso 5. Perforación horizontal dirigida (PHD) para líneas subterráneas de doble circuito a una profundidad de 20 metros y separación entre ejes de circuitos de 5 metros, para cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x630KAL+H135 para cruzamientos por debajo de servicios existentes.

Study Summary	
CYMCAP Version	7.3 Revision 2
Study:	Peninsula-Ceuta 132kV AI400
Execution:	PHD DC 132 kV AI630 CON VAINA 20m prof. y 5m sep.
Date:	20/12/2021 13:08:36

General Simulation Data		
Steady State Option		Unequally Loaded
Consider Electrical interaction between circuits		No
Induced currents in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits) :		0.0
Conductor Resistances Computation Option:		IEC-228
Installation Type:Multiple Casings		
Casing Installation		Soil
Ambient Temperature	[°C]	25.0
Soil / Silt Thermal Resistivity	[K.m/W]	1.0

Layer Type	X [m]	Y [m]	Inside diameter [m]	Outside diameter [m]	Thermal Resistivity [K.m/W]
Single casing	-2.5	20.315	0.555	0.63	3.5
Single duct	2.4	20.462	0.176	0.2	3.5
Single duct	2.5	20.289	0.176	0.2	3.5
Single duct	2.6	20.462	0.176	0.2	3.5
Single duct	-2.6	20.462	0.176	0.2	3.5
Single duct	-2.5	20.289	0.176	0.2	3.5
Single duct	-2.4	20.462	0.176	0.2	3.5
Single casing	2.5	20.315	0.555	0.63	3.5



Results Summary

Cable No.	Cable ID	Circuit No.	Feeder ID	Cable Phase	Cable Frequency	Daily Load Factor	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Conductor temperature [°C]	Ampacity [A]
1	132_19	1		A	50.0	1.0	-2.6	20.46	90.0	466.9
2	132_19	1		B	50.0	1.0	-2.5	20.29	90.0	466.9
3	132_19	1		C	50.0	1.0	-2.4	20.46	90.0	466.9
4	132_19	2		A	50.0	1.0	2.5	20.29	90.0	467.1
5	132_19	2		B	50.0	1.0	2.6	20.46	90.0	467.1
6	132_19	2		C	50.0	1.0	2.4	20.46	90.0	467.1

Variable	Description	Unit	Cables					
Cable No.	Cable Index Number		1	2	3	4	5	6
General Input Data								
Cable ID	Cable Equipment ID		132_19	132_19	132_19	132_19	132_19	132_19
Circuit No.	Circuit No.		1	1	1	2	2	2
Phase	Cable Phase		A	B	C	A	B	C
Fq	Operating Frequency	[Hz]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
x	X coordinate	[m]	-2.6	-2.5	-2.4	2.5	2.6	2.4
y	Y coordinate	[m]	20.46	20.29	20.46	20.29	20.46	20.46
DLF	Daily Load Factor	[p.u.]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Bonding Type		1 Conductor Crossbonded Triangular					
Ampacity								
I	Steady State Ampacity	[A]	466.9	466.9	466.9	467.1	467.1	467.1
Temperatures								
θc	Conductor temperature	[°C]	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
θs	Sheath/Shield temperature	[°C]	84.0	84.0	84.0	84.1	84.0	84.0
θa	Armour temperature	[°C]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
θsurf	Cable surface temperature	[°C]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
θduct	Duct surface temperature	[°C]	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7
θcasing	Casing surface temperature	[°C]	71.1	71.1	71.1	71.2	71.1	71.1
Resistances								
R _c	DC Resistance of the conductor at 20°C	[Ω/km]	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469
R	AC Resistance of the Conductor at Operating Temperature	[Ω/km]	0.06156	0.06156	0.06156	0.06157	0.06156	0.06156
ys	Skin Effect Factor		0.02234	0.02234	0.02234	0.02233	0.02234	0.02234
yp	Proximity Effect Factor		0.00139	0.00139	0.00139	0.00139	0.00139	0.00139
Losses								
Wc	Conductor Losses	[W/m]	13.41726	13.41702	13.41676	13.43015	13.42947	13.42876
Wd	Dielectric Losses	[W/m]	0.40153	0.40153	0.40153	0.40153	0.40153	0.40153
Ws	Metallic Screen Losses	[W/m]	0.04703	0.04703	0.04703	0.04707	0.04707	0.04707
Wa	Armor/Pipe Losses	[W/m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wt	Total Losses	[W/m]	13.86581	13.86557	13.86531	13.87874	13.87806	13.87735
λ ₁	Screen Loss Factor		0.0035	0.00351	0.00351	0.0035	0.0035	0.00351
λ ₂	Armour Loss Factor + Pipe Loss Factor		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Thermal resistances								
T1	Thermal resistance of insulation	[K.m/W]	0.4392	0.4392	0.4392	0.4392	0.4392	0.4392
T2	Thermal resistance of bedding/medium inside pipe-type	[K.m/W]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
T3	Thermal resistance of outer covering	[K.m/W]	0.07633	0.07633	0.07633	0.07633	0.07633	0.07633
T4	External thermal resistance	[K.m/W]	2.792	2.79206	2.79212	2.79188	2.79204	2.79221
Others								
Δθ _{int}	Temperature Rise at the Surface of the Cable Due to Other Surrounding Elements	[°C]	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
	Induced Voltage (standing) on Concentric Wires	[V/km]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Induced current on Metallic Screen	[A]	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7

3.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR

La corriente de cortocircuito admisible en el conductor se calcula según la norma UNE 21192, teniendo en cuenta la hipótesis adiabática y utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{ad}^2 t = K^2 S^2 \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Siendo:

- I_{ad} Corriente de cortocircuito admisible A
 t Duración del cortocircuito s
 K Constante de la naturaleza del metal de la pantalla A s^{1/2}/mm²
 S Sección nominal de la pantalla mm²
 θ_f Temperatura final..... °C
 θ_i Temperatura inicial °C
 β Valor inverso del coeficiente de variación de la resistencia del metal del conductor a 0°C K

Resultados		
S	mm ²	400
Material		Al
t	s	0,5
K	A s ^{1/2} /mm ²	148,1
θ_f	°C	250
θ_i	°C	90
β	K	228,1
I_{ad}	kA	53,5

La intensidad máxima admisible de cortocircuito en el conductor del cable subterráneo (53,5 kA) es superior a las corrientes de cortocircuito esperadas en las subestaciones extremas en el estado de desarrollo de la red de transporte previsto para el horizonte de Planificación (9,63 kA para las subestaciones de Algeciras y Virgen de África 132 kV).



3.3. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA METÁLICA

La corriente de cortocircuito admisible en la pantalla metálica del cable subterráneo constituida por dos metales, hilos de cobre y lámina de aluminio, se calcula según el artículo “E5.3 Study of the behaviour of a n-metal cable screen subject to an adiabatic short-circuit. Jicable’15 - 9th International Conference on Insulated Power Cables”.



CÁLCULO DE LA INTENSIDAD ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO EN PANTALLAS DE CABLES AISLADOS CONSTITUIDAS POR VARIOS METALES SEGÚN ARTÍCULO E5.3 JICABLE'15

Página 1 de 2

1.- DATOS GENERALES

Número de materiales $n :=$

 Tiempo duración del cortocircuito $t :=$

2.- DATOS MATERIALES

	Material 1	Material 2
	<input type="text" value="Cobre"/> <input type="text" value="Aluminio"/> <input type="text" value="Plomo"/>	<input type="text" value="Cobre"/> <input type="text" value="Aluminio"/> <input type="text" value="Plomo"/>
Sección	$Sec_1 := 135 \cdot mm^2$	$Sec_2 := 48 \cdot mm^2$
Paso de hélice	$P_1 := 619 \cdot mm$	$P_2 := 10^{12} \cdot mm$
Diámetro medio	$d_1 := 81.5 \cdot mm$	$d_2 := (83 - 0.2) \cdot mm$
Temperatura inicial	$\theta_{i_1} := 80^\circ C$	$\theta_{i_2} := 80^\circ C$
Temperatura final máxima permitida	$\theta_{f_1} := 250^\circ C$	$\theta_{f_2} := 250^\circ C$
Inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura a 0 °C	$\beta_1 = 234.5 K$	$\beta_2 = 228 K$
Calor específico volumétrico a 20 °C	$\sigma_{c_1} = 3.45 \times 10^6 \cdot \frac{J}{K \cdot m^3}$	$\sigma_{c_2} = 2.5 \times 10^6 \cdot \frac{J}{K \cdot m^3}$
Resistividad eléctrica a 20°C	$\rho_{20_1} = 1.724 \times 10^{-8} \cdot \Omega \cdot m$	$\rho_{20_2} = 2.84 \times 10^{-8} \cdot \Omega \cdot m$

3.- COEFICIENTES DE LOS MATERIALES

$$Coef_K_j := \sqrt{\frac{\sigma_{c_j} \cdot (\beta_j + 20 \cdot K)}{\rho_{20_j}}}$$

$$Coef_K = \left(\frac{225.669}{147.753} \right) \cdot \frac{1}{\frac{s^2 \cdot A}{mm^2}}$$

$$Coef_G_j := \sqrt{1 + \left(\frac{\pi \cdot d_j}{P_j} \right)^2}$$

$$Coef_G = \left(\frac{1.082}{1.000} \right)$$

$$R_j := \frac{\left(\frac{\theta_{i_j} + \beta_j}{20K + \beta_j} \right) \cdot \rho_{20_j}}{Sec_j}$$

$$R_i = \left(\frac{0.1578}{0.7348} \right) \cdot \frac{\Omega}{km}$$

$$TEMP_j := \left(\frac{Coef_K_j \cdot Coef_G_j \cdot \rho_{20_j}}{20 \cdot K + \beta_j} \right)^2 \cdot \left[(\theta_{f_j} + \beta_j)^2 - (\theta_{i_j} + \beta_j)^2 \right]$$

$$TEMP = \left(\frac{37.1776}{38.2541} \right) \cdot \frac{kg^2 \cdot m^2}{s^5 \cdot A^2}$$



4.- INTENSIDAD ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO

$$I_{AD} := \sqrt{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \left(\text{Sec}_j \cdot \text{Coef_K}_j \cdot \text{Sec}_k \cdot \text{Coef_K}_k \cdot \ln \left(\frac{R_{f_j} \cdot \text{Coef_G}_j \cdot \text{Sec}_j \cdot \text{Coef_K}_j + R_{f_k} \cdot \text{Coef_G}_k \cdot \text{Sec}_k \cdot \text{Coef_K}_k}{R_{i_j} \cdot \text{Coef_G}_j \cdot \text{Sec}_j \cdot \text{Coef_K}_j + R_{i_k} \cdot \text{Coef_G}_k \cdot \text{Sec}_k \cdot \text{Coef_K}_k} \right) \right)}$$

$$I_{AD} = 34.91 \cdot \text{kA}$$

5.- TEMPERATURAS FINALES DE CADA MATERIAL

$$\theta_{ff} = \begin{pmatrix} 250.0 \\ 246.1 \end{pmatrix} \text{K}$$

6.- RESISTENCIAS INICIALES Y FINALES DE CADA MATERIAL

$$R_i = \begin{pmatrix} 0.1578 \\ 0.7348 \end{pmatrix} \cdot \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R_f = \begin{pmatrix} 0.2431 \\ 1.1310 \end{pmatrix} \cdot \frac{\Omega}{\text{km}}$$

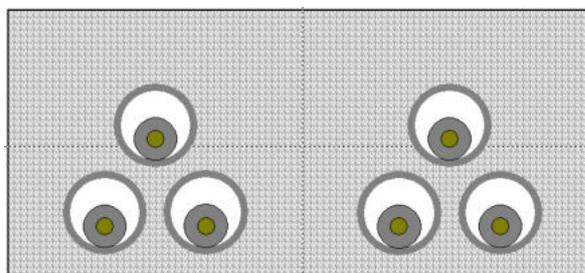
La intensidad máxima admisible de cortocircuito para el cable subterráneo en la pantalla de alambres de cobre de 135 mm² de sección (34,91 kA) es superior a las corrientes de cortocircuito esperadas en las subestaciones extremas en el estado de desarrollo de la red de transporte previsto para el horizonte de Planificación (9,63 kA para las subestaciones de Algeciras y Virgen de África 132 kV).



3.4. CÁLCULO DE IMPEDANCIAS

El cálculo de impedancias se ha realizado con la aplicación CYMCAP.

El cálculo se ha realizado para la configuración predominante del tramo subterráneo en zanja de doble circuito a 1,3 m de profundidad:



Se han calculado los siguientes valores de impedancias para el tramo subterráneo:

IMPEDANCIAS DE SECUENCIA	UNIDAD
Impedancia de secuencia directa $Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km
Impedancia de secuencia inversa $Z_- = Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km
Impedancia de secuencia homopolar $Z_0 = R_0 + jX_0$	Ω/km

Siendo:

$R_{ac_90^\circ C}$	Resistencia del conductor en corriente alterna a 90°C	Ω/km
X	Reactancia del conductor.....	Ω/km
R_0	Resistencia de secuencia homopolar.....	Ω/km
X_0	Reactancia de secuencia homopolar	Ω/km

Los resultados se presentan a continuación:



Cable Impedances & Admittances

CYMCAP Version	7.2 Revision 3
Study:	Peninsula-Ceuta 132kV AI400
Execution:	ZANJA DC TRESBOLILLO a 1,3 m
Date:	04/03/2021 12:55:56
Earth Resistivity:	100.0 [$\Omega \cdot m$]
Frequency:	50.0 [Hz]

Temperature														
		Circuit 1						Circuit 2						
		Conductor			Concentric neutral/Skid wires			Conductor			Concentric neutral/Skid wires			
Phase		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
Temperature		[°C]	87,0	90,0	86,3	74,4	77,3	73,8	90,0	87,0	86,3	77,3	74,4	73,8

Symmetrical Components [Ω/km]

Circuit	Z0	Z1	Z2	ZOM(1,2)
1	0.244158 + j 0.115438	0.100778 + j 0.20585	0.100778 + j 0.20585	0.014577 + j -0.027302
2	0.244256 + j 0.115468	0.100821 + j 0.20585	0.100821 + j 0.20585	0.014577 + j -0.027302

Y Primitive [$\mu S/km$]

Circuit No. 1			Circuit No. 2		
A	B	C	A	B	C
0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821

Y Circuit [$\mu S/km$]

Circuit No. 1			Circuit No. 2		
A	B	C	A	B	C
0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821

Y Sequence [$\mu S/km$]

Circuit No. 1			Circuit No. 2		
0	1	2	0	1	2
0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821	0.050018 + j 50.01821



4. TENSIÓN INDUCIDA EN LAS PANTALLAS METÁLICAS

Para el cálculo de las tensiones inducidas en los tramos subterráneos se ha considerado la situación más desfavorable: corriente de cortocircuito máxima y mayor longitud.

El sistema de conexionado de pantallas es el indicado en el plano J-0382-L0549L004. En el tramo submarino, la pantalla está puesta a tierra a través de la armadura de forma continuada y puesta a tierra directa en las cámaras de empalme de transición tierra-mar.

Las hipótesis de cálculo son:

- Doble circuito a 132 kV entre la subestación Algeciras (Península) y la subestación Virgen de África (Ceuta).
- Tramos subterráneos: cable RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x400KAL en los tramos de zanja y RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x630KAL en los tramos de perforación dirigida.
- El esquema de conexionado de las pantallas es el siguiente:
 - En la Península:
 - Tramo de single point a la salida de Algeciras, de 925 m
 - A continuación, tres tramos de crossbonding seccionado, con longitudes de secciones menores entre 876 y 953 m
 - En Ceuta:
 - Un tramo de single point en el tramo de Ceuta de 1.604 m
- Tramo submarino: cable tripolar de 300 mm² de sección en zona profunda y de 500 mm² en zona poco profunda, de aproximadamente 58 km.
- Valores de cortocircuito para un horizonte futuro en las subestaciones extremo de 132 kV:

	Icc Trifásica		Icc Monofásica	
	Modulo (kA)	Angulo	Modulo (kA)	Angulo
SE Algeciras	9,63	-88,18	4,65	-82,43
SE Virgen de África	5,8	-85,53	5,98	-86,92

- Valores de resistencia de puesta: se considera un valor típico de 5 ohm para las cámaras de empalme y de 1 ohm para las subestaciones extremo.



Se ha calculado las tensiones inducidas:

- Utilizando las fórmulas analíticas simplificadas, para el tramo de single point, en el lado de Ceuta
- Utilizando el software ATP, que permite modelar el detalle de todos los tramos de doble circuito, tanto subterráneos, como submarinos.

Tramo de Single Point (Ceuta)

- Para cortocircuito trifásico:

$$E = I_{cc} \cdot \left[2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot S}{d}\right) \right]$$

- Para cortocircuito monofásico:

$$E = I_{cc} \cdot \sqrt{R_s^2 + \left(2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot S_{fc}^2}{r \cdot d}\right) \right)^2}$$

Donde

- I_{cc} Intensidad de cortocircuito trifásico o monofásico, según corresponda (A)
 S Distancia entre fases (mm)
 S_{fc} Distancia entre la fase más alejada y el cable de tierra (m)
 d Diámetro medio de la pantalla metálica (mm)
 ω Pulsación de la corriente (s^{-1}) ($2\pi f$)
 R_s Resistencia del cable de tierra (ohm/m)
 r Radio medio geométrico del cable de tierra

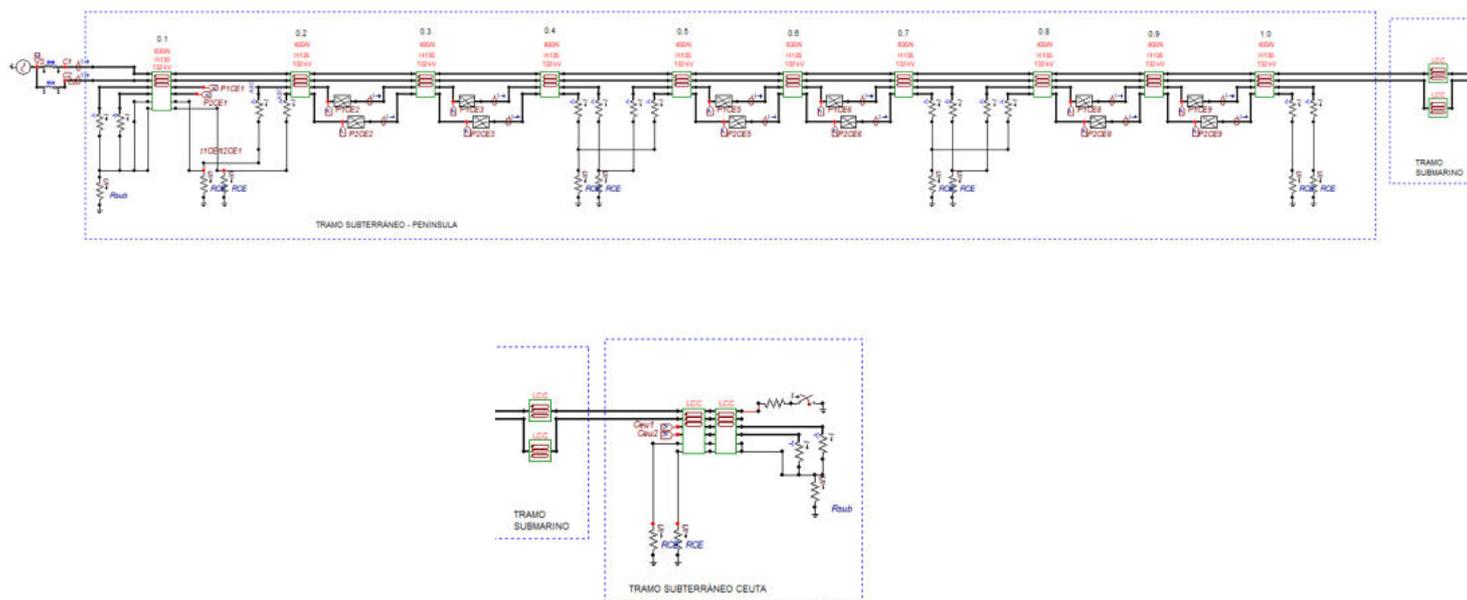
S (mm)	240
Sfc (mm)	350
d (mm)	67
Rs (ohm/m)	$1,24 \cdot 10^{-4}$
r (mm)	5,29 (Cu150 mm ²)
Icc	9,63 kA (trifásica)
	5,98 kA (monofásica)
Tensiones inducidas (V/m)	1,2 (falta trifásica)
	2,6 (falta monofásica)

Suponiendo una longitud de 1.604 m (considerando un único tramo de single point), los valores máximos de tensiones inducidas que podrían aparecer en el extremo abierto, en caso de falta, son del orden de 4 kV.



Simulaciones realizadas con el software ATP

El modelo completo de la instalación es el representado en la siguiente figura:



Modelo de la instalación en ATP

En el extremo de la Península, se ha modelado el tramo de single-point a la salida de Algeciras y los tramos de cross-bonding. El tramo subterráneo del lado Ceuta se representa como un único tramo de single point, con un empalme continuo sin seccionamiento de pantallas y con un cable de acompañamiento por cada circuito. La puesta a tierra en las cámaras de empalme se mantiene independiente para cada circuito a lo largo de todo el trazado, de acuerdo al diseño de la línea.

Se ha simulado el caso más desfavorable de una falta monofásica a tierra. En las siguientes gráficas se muestran los valores de corrientes inducidas en las pantallas, cuando la corriente que circula por la fase A del cable del circuito 1 es de $3,7 \text{ kA}^1$ (pico)

¹ El equivalente del circuito se modela para simular las corrientes de cortocircuito correspondientes a los datos facilitados, pero la longitud del cable submarino hace que la corriente de cortocircuito encontrada cuando se modela todo el conjunto no exceda el valor de $3,7 \text{ kA}$. Por ello, se muestran las figuras para dicho valor de corriente de $3,7 \text{ kA}$ y se extrapola el resultado para la I_{cc} máxima esperada.



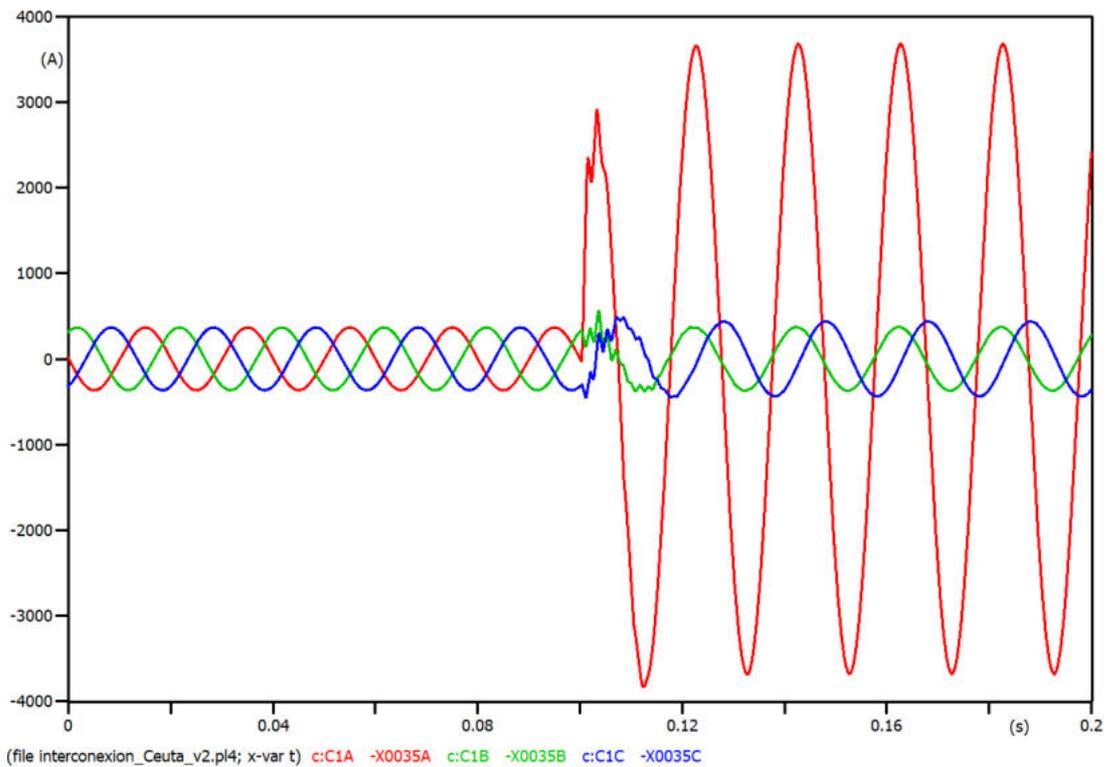


Figura 1. Falta en cable A del circuito 1

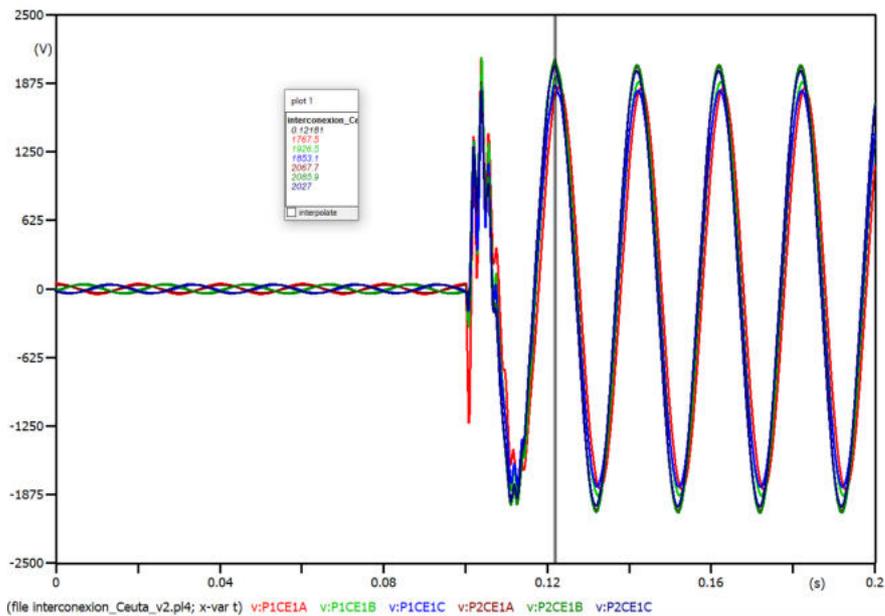


Figura 2. Tensiones inducidas en las pantallas de los cables, en la cámara de empalme CEP1.1 (tramo single point)

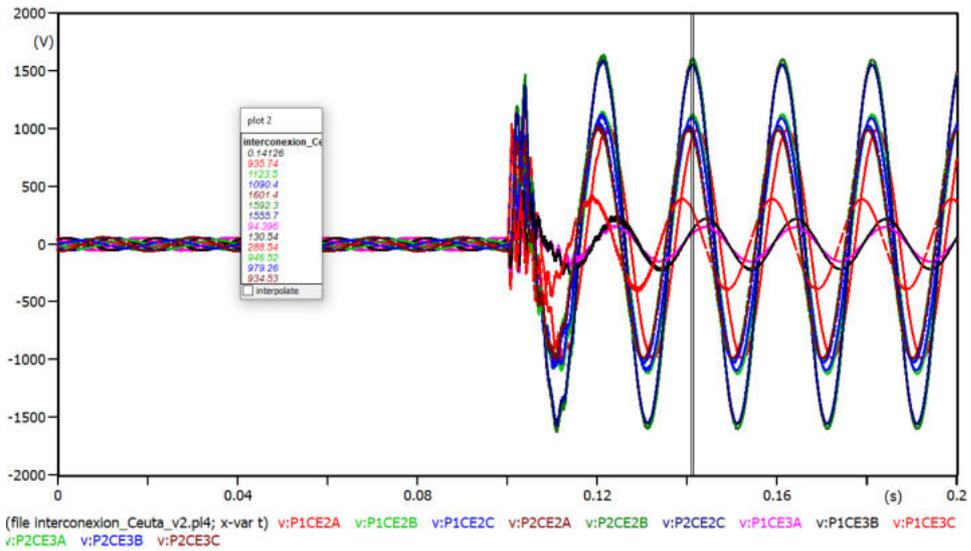


Figura 3. Tensiones inducidas en las pantallas de los cables, en cámaras de empalme CEP1.2 y CEP1.3 (primer tramo de cross-bonding)

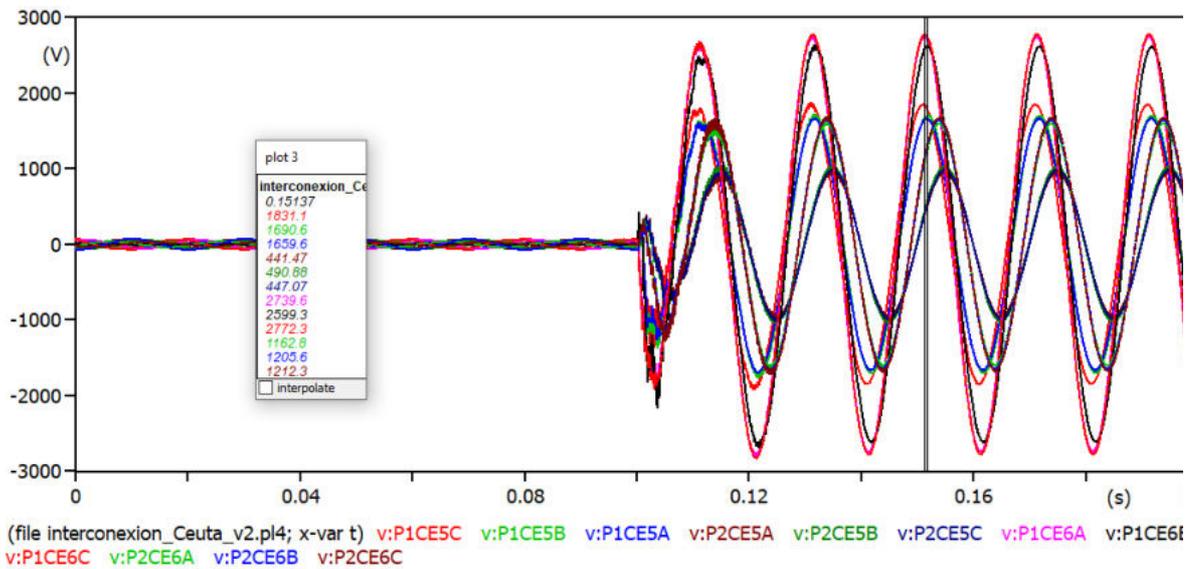


Figura 4. Tensiones inducidas en las pantallas de los cables, en cámaras de empalme CEP1.5 y CEP1.6 (segundo tramo de cross-bonding)

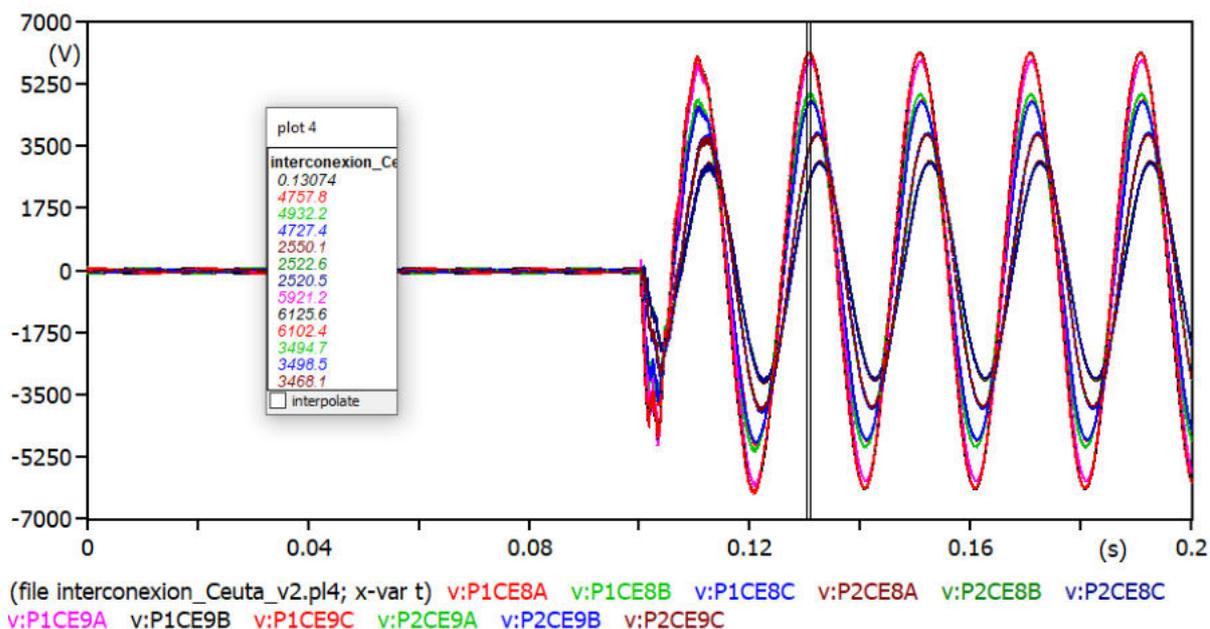


Figura 5. Tensiones inducidas en las pantallas de los cables, en cámaras de empalme CEP1.8 y CEP1.9 (tercer tramo de cross-bonding)

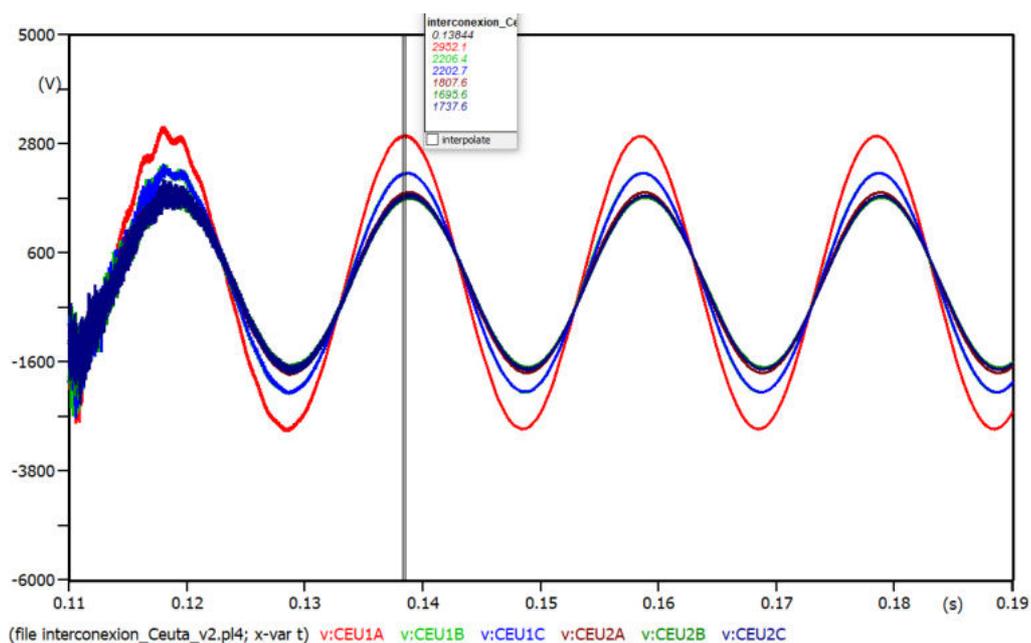


Figura 6. Tensiones absolutas en las pantallas de los cables, en la cámara de empalme del tramo subterráneo de Ceuta.

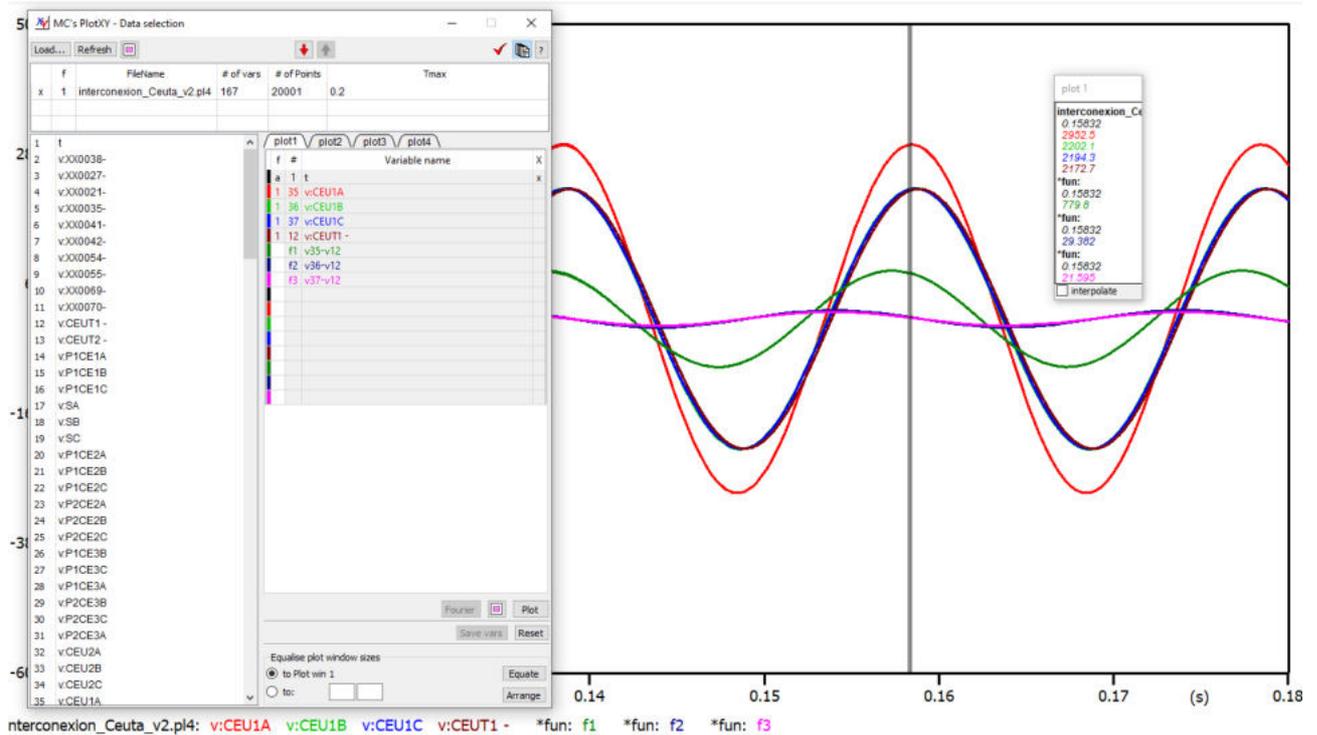


Figura 7. Tensiones absolutas y relativas en las pantallas en la cámara de empalme del tramo subterráneo de Ceuta, circuito 1.

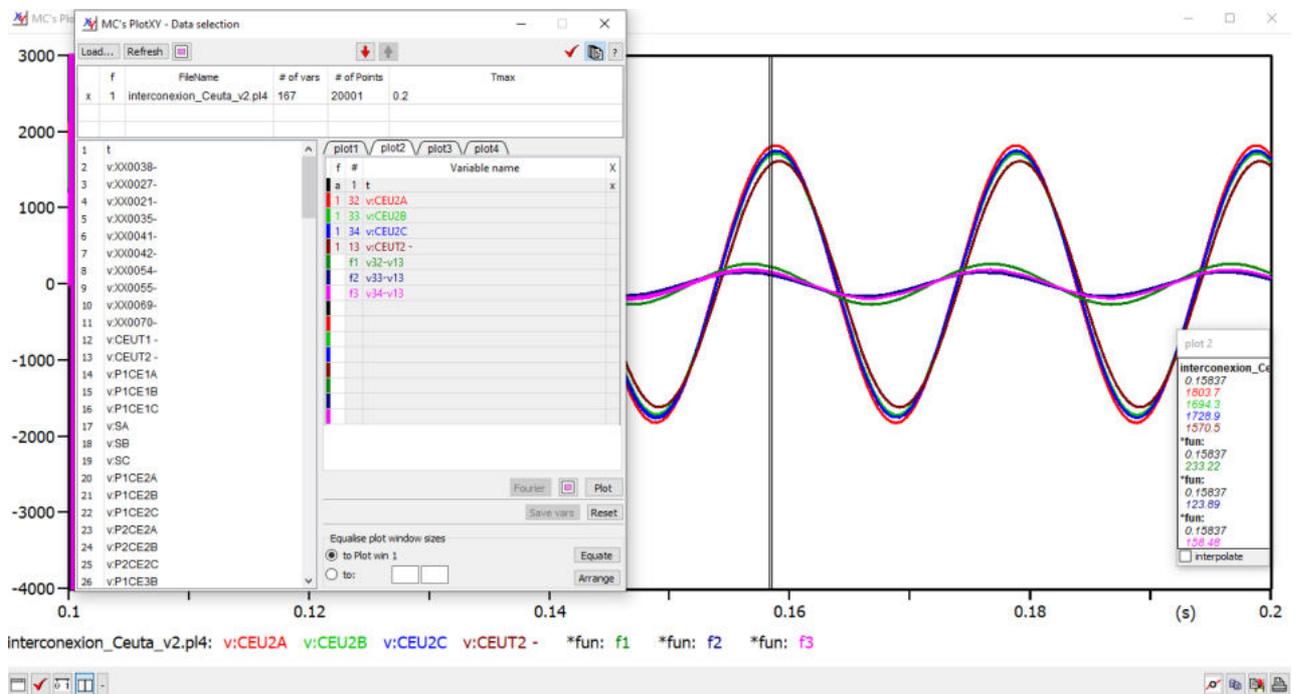


Figura 8. Tensiones absolutas y relativas en las pantallas en la cámara de empalme del tramo subterráneo de Ceuta, circuito 2.

Extrapolando los valores anteriores al valor de cortocircuito esperado, se tienen los siguientes valores máximos de tensiones inducidas:

Tramo	Máxima tensión inducida (para 6 kA de cortocircuito)
CEP1.1	3 kV (tensión absoluta) 1,3 kV (tensión relativa)
CEP1.2-CEP1.3	2,6 kV
CEP1.4-CEP1.5	4,5 kV
CEP1.8-CEP1.9	9,8 kV
CEC1.1	4,7 kV (tensión absoluta) 1,3 kV (tensión relativa)

En base a los valores de tensiones inducidas calculados, y de acuerdo a la guía de dimensionamiento de los descargadores (Ref. “Guía de dimensionamiento de los limitadores de tensión en pantallas (LTP’s) de las líneas subterráneas”. Ref. REE/NORM/2017/35):

- En los tramos de single point, se instalarán descargadores de 5 kV.
- En los tramos de cross-bonding, el mayor valor disponible de tensión asignada para el descargador es de 6 kV, que está por debajo de las tensiones que se podrían encontrar en alguno de los tramos (9,8 kV). Para reducir las tensiones a las que se verían sometidos los descargadores en los tramos de cross-bonding, se instalará 1 cable de acompañamiento en todo el trazado. Esto reduce las tensiones absolutas y hace que las tensiones relativas (la que aparece entre extremos del descargador) sean pequeñas en caso de cortocircuito en la línea.

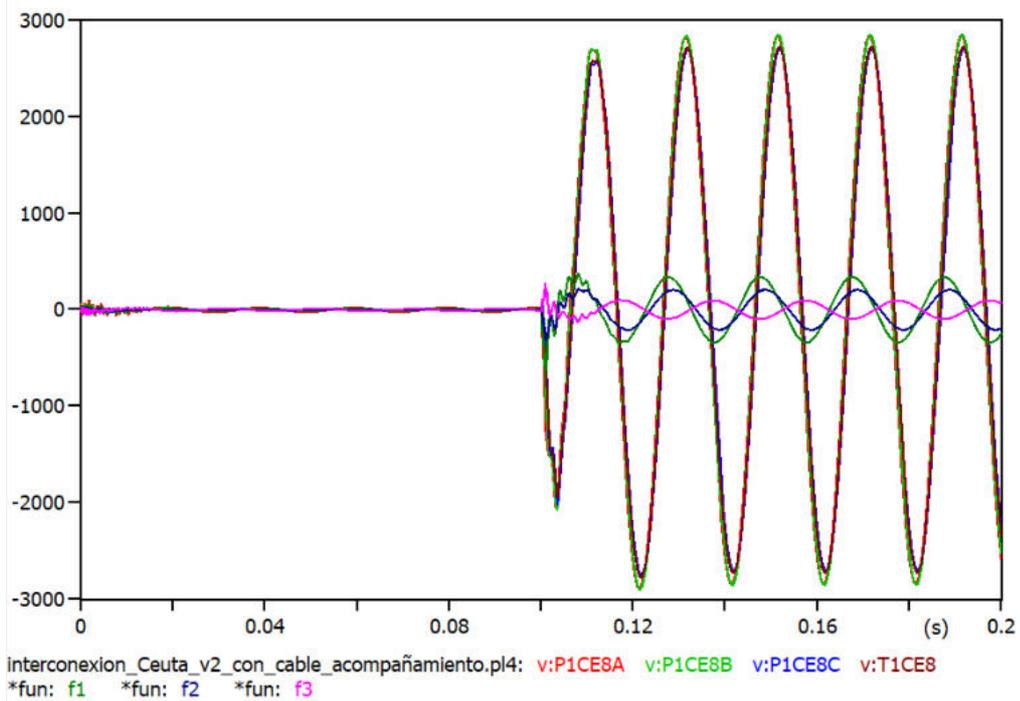


Figura 9. Tensiones absolutas y relativas en las pantallas en la cámara de empalme CEP1.8 en el caso de incluir cable de acompañamiento.

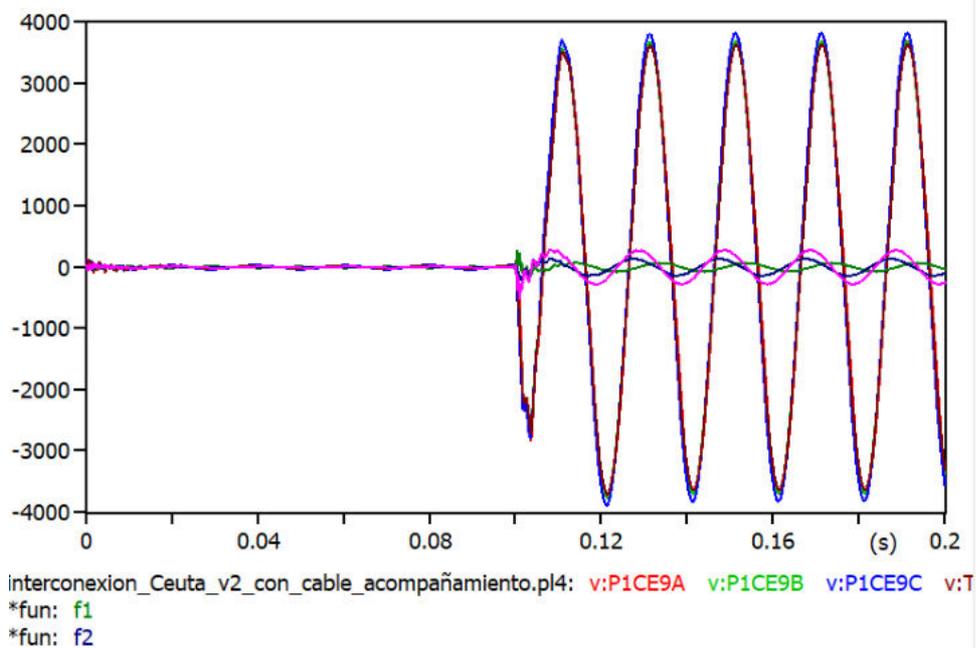


Figura 10. Tensiones absolutas y relativas en las pantallas en la cámara de empalme CEP1.9 en el caso de incluir cable de acompañamiento.

Los valores de tensiones inducidas en el tercer tramo de cross-bonding, considerando cable de acompañamiento se reducen a valores admisibles de acuerdo a la guía de dimensionamiento de los descargadores:

Tramo	Máxima tensión inducida (para 6 kA de cortocircuito), en el caso de <u>instalación de cable de acompañamiento</u>
CEP1.8-CEP1.9	6,2 kV (tensión absoluta) 0,5 kV (tensión relativa)

RESULTADOS CÁLCULO DE TENSIONES INDUCIDAS

- Las tensiones inducidas máximas que podrían aparecer en las pantallas de los cables subterráneos, considerando la máxima corriente de cortocircuito prevista circulando por los cables, son:
 - Tramos de cross-bonding: 9,8 kV
 - Tramos de single point: 4,5 kV (tensión absoluta) y 1,3 kV (tensión relativa)

- En base a los valores de tensiones inducidas calculados, y de acuerdo a la guía de dimensionamiento de los descargadores (Ref. “Guía de dimensionamiento de los limitadores de tensión en pantallas (LTP’s) de las líneas subterráneas”. Ref. REE/NORM/2017/35):
 - En los tramos de single point se instalarán descargadores de 5 kV.
 - En los tramos de cross-bonding, el mayor valor de tensión asignada para el descargador es de 6 kV, que está por debajo de las tensiones que se podrían encontrar en alguno de los tramos (9,8 kV). Para reducir las tensiones a las que se verían sometidos los descargadores en los tramos de cross-bonding, se instalará cable de acompañamiento en todo el trazado. Esto reduce las tensiones absolutas y hace que las tensiones relativas (las que aparecen entre extremos del descargador) sean pequeñas en caso de cortocircuito en la línea, pudiendo instalarse en ese caso descargadores de 5 kV.



- En el tramo submarino las pantallas están puestas a tierra (agua salina) de forma continua a lo largo de toda la longitud del cable, por lo que no existen tensiones inducidas.

DEFINICIÓN LIMITADORES DE TENSIÓN EN PANTALLAS

Los descargadores o limitadores de tensión en pantallas (LTP) deben cumplir las siguientes características:

- Tensión nominal o asignada (kV_{rms}) igual o superior a la mayor sobretensión esperada.
- Tensión residual (kV_{rms}) igual o inferior a 18,3 kV.
- Intensidad de descarga nominal 10 kA.

Teniendo en cuenta el valor de tensiones inducidas más desfavorable obtenido anteriormente, las tensiones asignadas de los LTP habitualmente disponibles y con el criterio de intentar emplear los mismos LTP en toda la línea o al menos en tramos completos con el mismo sistema de conexionado de pantallas, todos los descargadores de ambos circuitos serán de tensión asignada igual a **5 kV**.

Madrid, noviembre de 2022

La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira

Colegiada del ICAI nº 4123/3353



red eléctrica

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO- TERRESTRE EN CÁDIZ

DEL NUEVO ENLACE ELÉCTRICO SUBMARINO DOBLE
CIRCUITO, ENTRE LA SUBESTACIÓN DE ALGECIRAS
(CÁDIZ) Y LA SUBESTACIÓN DE VIRGEN DE ÁFRICA
(CEUTA) A 132kV

DOCUMENTO 3 PLANOS

DOCUMENTO Nº 3 – PLANOS

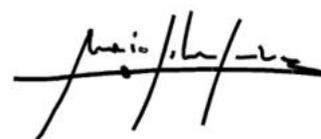
Este documento consta de 10 páginas con los planos indicados:

	Nº DE PLANO	EDICIÓN	FECHA
PLANTA GENERAL (hojas 1 a 2)	J-0382-L0549L001	A	02-22
DETALLE DE OCUPACIÓN DEL DPMT			
ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE PENÍNSULA	J-0382-L0549L010	-	03-22
MAR TERRITORIAL	J-0382-L0549L012	-	03-22
ESQUEMA DE CONEXIONADO DE LAS PANTALLAS	J-0382-L0549L004	-	12-21
PLANOS DE DETALLE OBRA CIVIL			
SECCIÓN TIPO PERFORACIÓN DIRIGIDA SALIDA AL MAR (hoja 38/51)	J-0382-L0549L002_Penin_sula_A	-	02-22
ANEXOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			
AFECCIÓN AL DPMT Y A SU ZONA DE SERVIDUMBRE EN LA PROVINCIA DE CÁDIZ			12-21
AFECCIÓN AL DPMT Y A SU ZONA DE SERVIDUMBRE EN LA PROVINCIA DE CÁDIZ (ORTOFOTO)			12-21
AFECCIÓN AL DPMT Y A SU ZONA DE SERVIDUMBRE EN LA PROVINCIA DE CÁDIZ (PLANEAMIENTO)			12-21

Aprobados planos referenciados con sello:

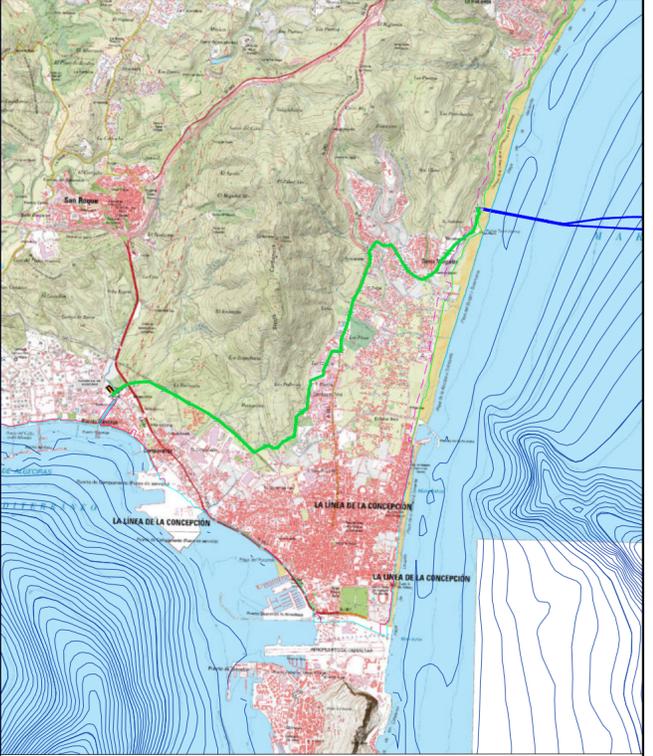
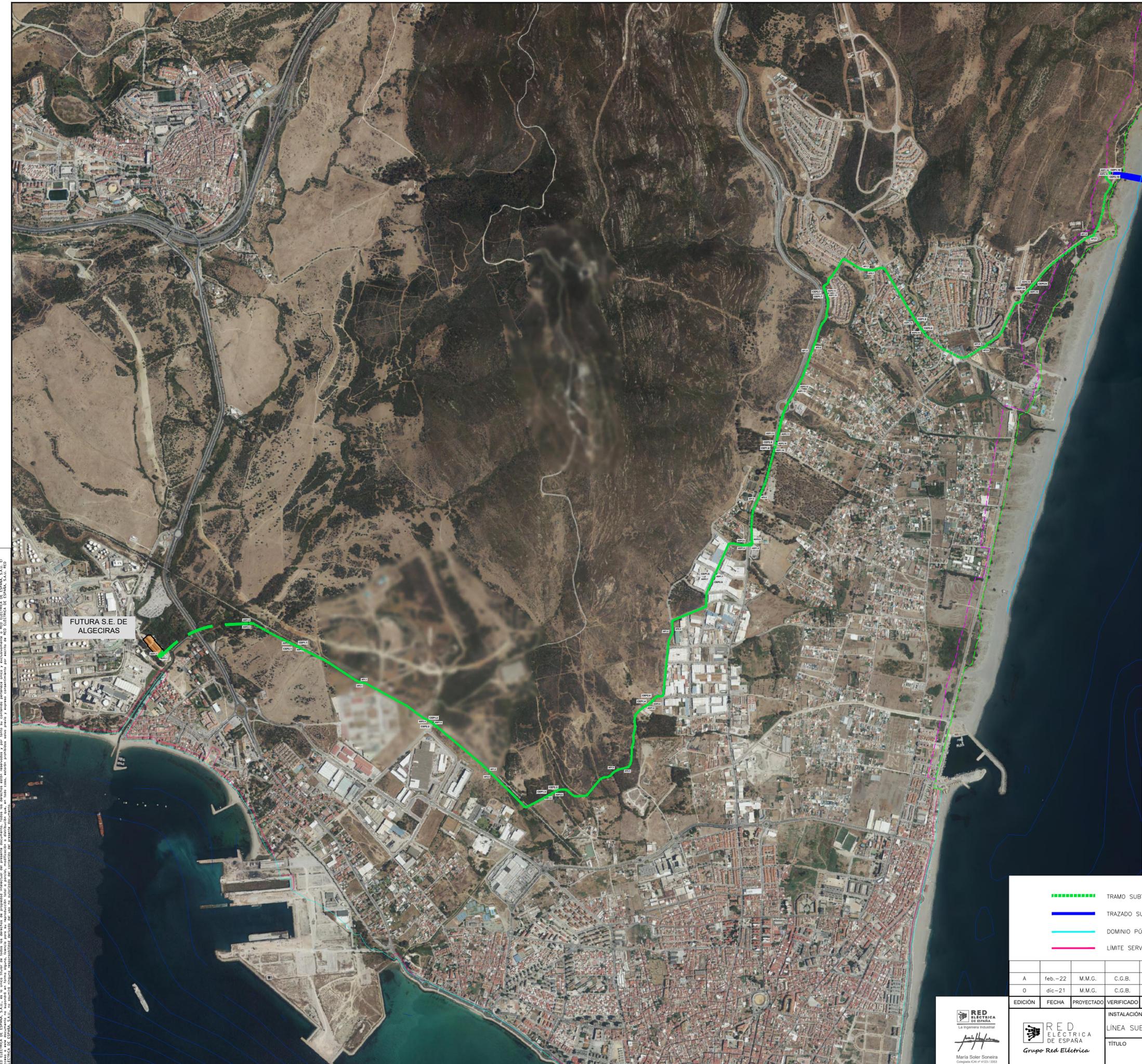
Madrid, noviembre de 2022

La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira

Colegiada del ICAI nº 4123/3353



PLANO DE SITUACIÓN PENÍNSULA
ESCALA 1:75.000

- TRAMO SUBTERRÁNEO PENÍNSULA
- TRAZADO SUBMARINO
- DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE
- LÍMITE SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN

EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
A	feb.-22	M.M.G.	C.G.B.	REAJUSTE PHD
0	dic-21	M.M.G.	C.G.B.	REALIZACIÓN PLANO



INSTALACIÓN INTERCONEXIÓN PENÍNSULA-CEUTA DC
LÍNEA SUBTERRÁNEA/SUBMARINA PORTICHUELOS-VIRGEN DE ÁFRICA

TÍTULO PLANTA GENERAL TRAMO PENÍNSULA

APROBADO	
COORD. ETRS89	HUSO 30
CODIGO J-0382-10549	
A2	1/15.000
Nº L001	HOJA 2 DE 3



T.M. LA LÍNEA DE LA CONCEPCIÓN
PROVINCIA DE CÁDIZ

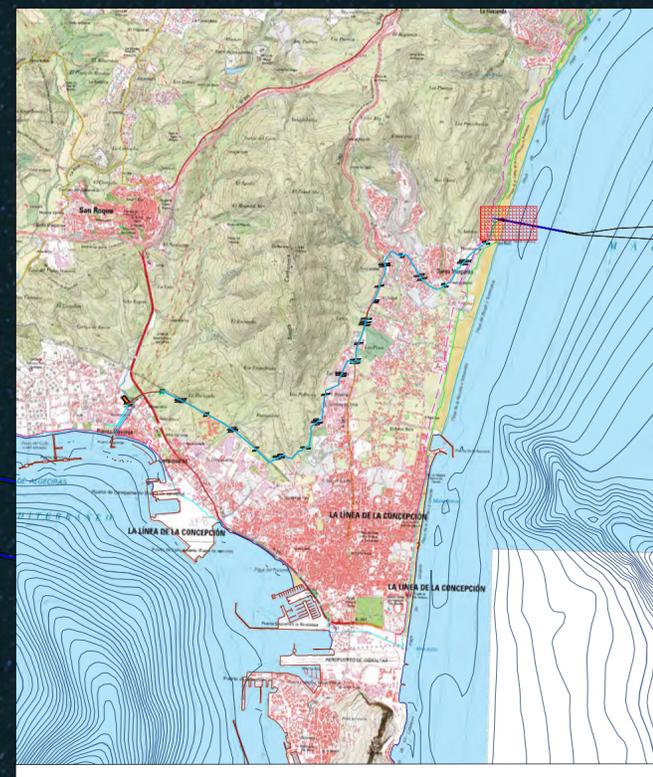
DESLINDE DE
SERVIDUMBRE DE
PROTECCIÓN

DESLINDE DE DOMINIO
PÚBLICO MARÍTIMO
TERRESTRE

OCUPACIÓN
PERMANENTE
ZONA
MARÍTIMO-TERRESTRE

LÍNEA DE AGUAS

ADP1.16
ADP2.16
CEP1.10
CEP2.10



PLANO DE SITUACIÓN PENÍNSULA
ESCALA 1:75.000

LEYENDA

	CIRCUITO 1 CIRCUITO 2	CABLE EN ZANJA DOBLE CIRCUITO
		PERFORACIÓN DIRIGIDA
		OCUPACIÓN PERMANENTE ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE
		OCUPACIÓN TEMPORAL ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE
		TRAZADO SUBMARINO
		CÁMARA DE TRANSICIÓN

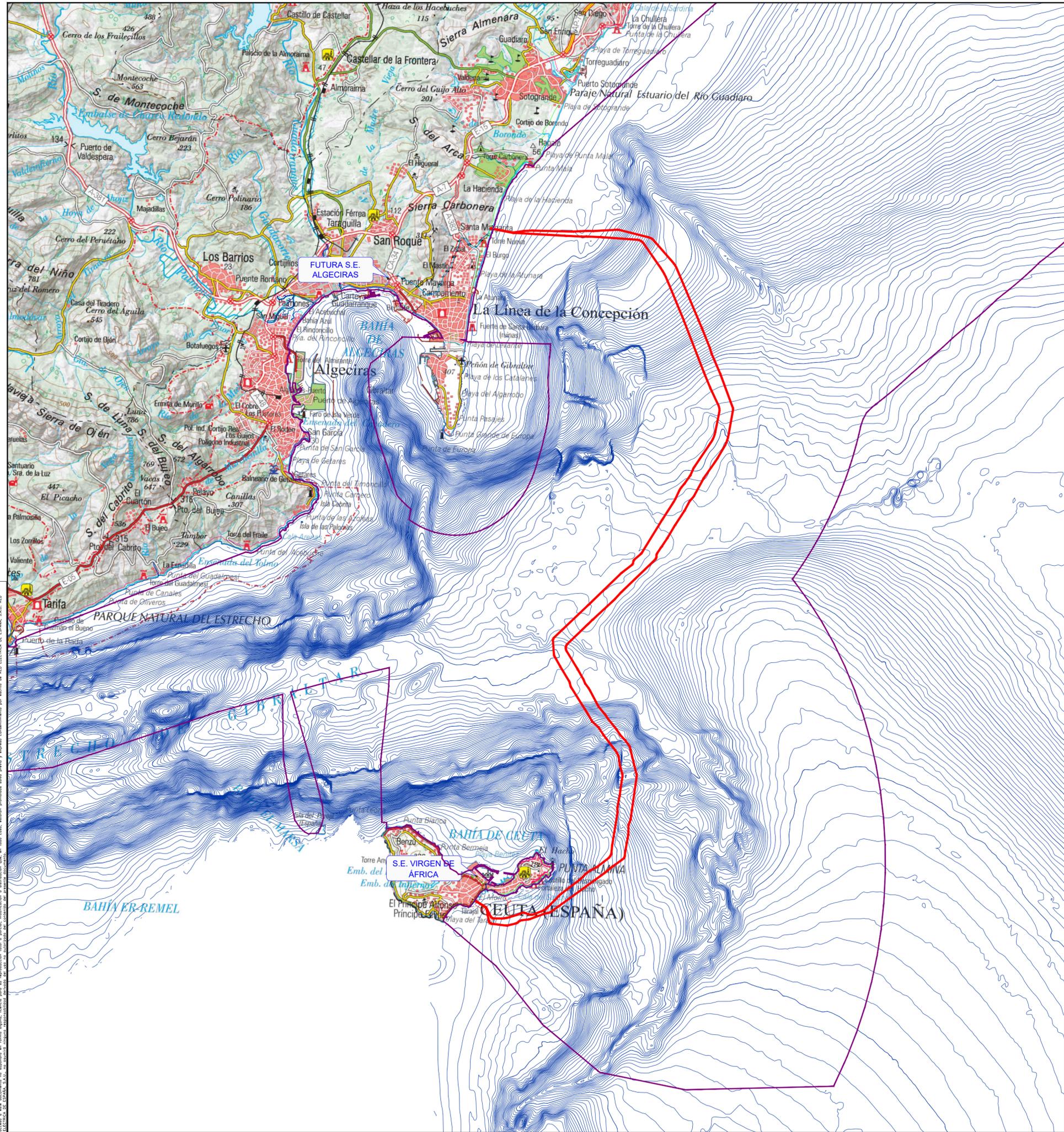
AFECCIONES ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE	
OCUPACIÓN PERMANENTE CIRCUITO 1	108.01m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE CIRCUITO 2	109.20m ²

EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	REALIZACIÓN PLANO
0	mar.-22	M.M.G.	C.G.B.	
DESCRIPCIÓN				
INSTALACIÓN		INTERCONEXIÓN PENÍNSULA-CEUTA DC		COORD. ETRS89
LÍNEA SUBTERRÁNEA/SUBMARINA PORTICHUELOS-VIRGEN DE ÁFRICA				HUSO 30
TÍTULO		PLANO DE AFECCIONES EN ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE PENÍNSULA		CODIGO J-0382-10549
Nº		L010		HOJA 1 DE 1



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. VISOADO nº: 084721. Fecha: 24/11/2022. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: FVXGBURTSJF105WC. Autenticidad verificable a través de la página: https://gestordocumentos.icaei.es/ValidarCSV.aspx

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. se reserva todos los derechos de propiedad intelectual que correspondan a ella en el presente documento. Toda reproducción o uso no autorizado sin el consentimiento escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. quedan expresamente prohibidos. Toda infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 170 y siguientes del Código Penal).



AFECCIONES MAR TERRITORIAL	
OCUPACIÓN PERMANENTE PHD ZONA PENINSULA CIRCUITO 1	841m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE PHD ZONA PENINSULA CIRCUITO 2	841m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE CABLE SUBMARINO CIRCUITO 1 PENINSULA	28301.895m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE CABLE SUBMARINO CIRCUITO 1 CEUTA	28301.895m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE CABLE SUBMARINO CIRCUITO 2 PENINSULA	27323.365m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE CABLE SUBMARINO CIRCUITO 2 CEUTA	27323.365m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE PHD ZONA CEUTA CIRCUITO 1	458.59m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE PHD ZONA CEUTA CIRCUITO 2	455.37m ²

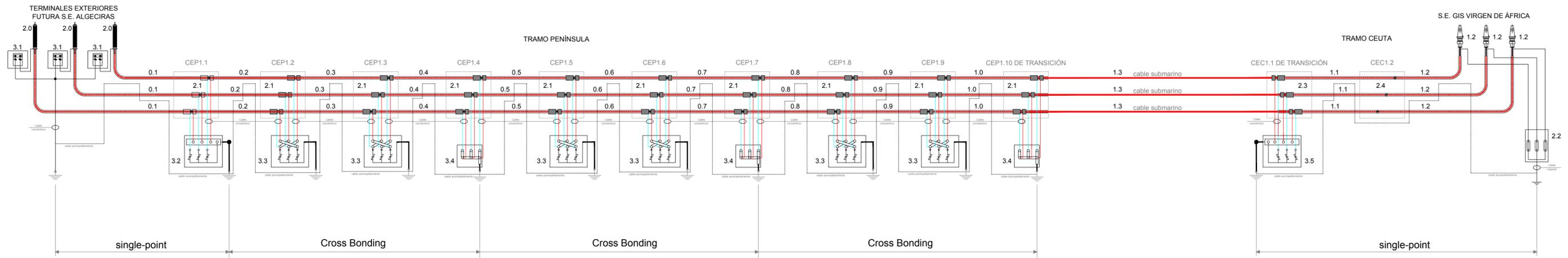
AGUAS INTERIORES	
OCUPACIÓN PERMANENTE PHD ZONA PENINSULA CIRCUITO 1	34.62m ²
OCUPACIÓN PERMANENTE PHD ZONA PENINSULA CIRCUITO 2	36.23m ²

— LEYENDA —

- FUTURA LÍNEA
- LÍMITE MAR TERRITORIAL

0	moy-22	M.M.G.	A.F.P.	REALIZACIÓN PLANO
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
				INSTALACIÓN INTERCONEXIÓN PENINSULA-CEUTA DC LÍNEA SUBTERRÁNEA/SUBMARINA PORTICHUELOS-VIRGEN DE ÁFRICA
TÍTULO PLANO DE AFECCIONES EN ZONA DE MAR TERRITORIAL Y AGUAS INTERIORES				COORD. ETRS89 HUSO 30 CODIGO J-0382-10549 A2 1/150.000
Nº L012				HOJA 1 DE 1

1.3	145kV 3x1x500 MM2 AL + F.O EN ZONA POCO PROFUNDA Y 145kV 3x1x300 MM2 CU + F.O EN ZONA PROFUNDA	3x1x500/132kV 3x1x300/132kV	≈ 58,144m
REF.	TIPO	SEC./TENSION	LONGITUD
TRAMO SUBMARINO CIRCUITO 1			



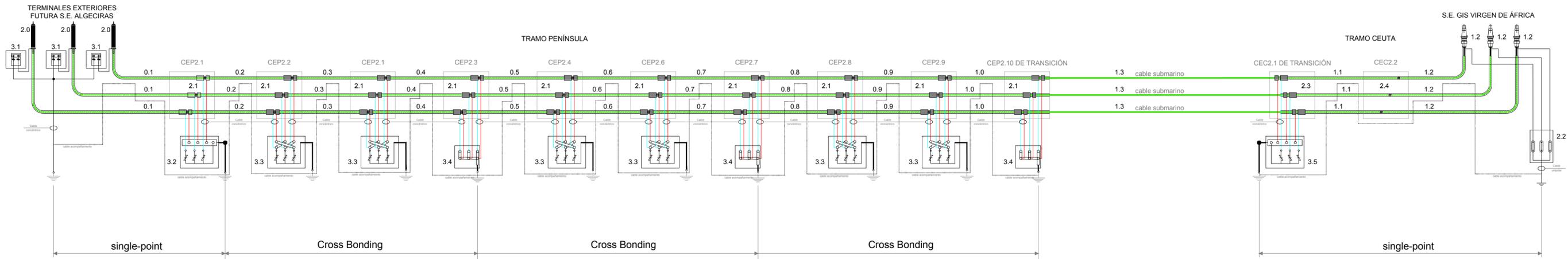
1.0	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 908m		
0.9	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 923m		
0.8	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 876m		
0.7	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x630kAL +H135	1x630/132kV	≈ 953m		
0.6	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x630kAL +H135	1x630/132kV	≈ 932m	3.4	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA
0.5	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 924m	3.3	CAJA CROSS-BONDING CON DESCARGADORES
0.4	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 945m	3.2	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA Y C/DESCARGADORES
0.3	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 897m	3.1	CAJA UNIPOLAR P.A.T. DIRECTA
0.2	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 892m	2.1	EMPALME SECCIONADO
0.1	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x630kAL +H135	1x630/132kV	≈ 925m	2.0	TERMINALES EXTERIORES
REF.	TIPO	SEC./TENSION	LONGITUD	REF.	DESIGNACION TIPO
CABLE TRAMO PENINSULA CIRCUITO 1				ACCESORIOS	

				3.5	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA Y C/DESCARGADORES
				2.4	EMPALME CONTINUO
				2.3	EMPALME SECCIONADO
1.2	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 798m	2.2	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA CABLE UNIPOLAR
1.1	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400kAL +H135	1x400/132kV	≈ 806m	1.2	TERMINALES GIS
REF.	TIPO	SEC./TENSION	LONGITUD	REF.	DESIGNACION TIPO
CABLE TRAMO CEUTA CIRCUITO 1				ACCESORIOS	

0	dic-21	M.M.G.	C.G.B.	REALIZACIÓN PLANO	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
				INSTALACIÓN INTERCONEXIÓN PENINSULA-CEUTA DC	
				LÍNEA SUBTERRÁNEA/SUBMARINA ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA	
TÍTULO				COORD.	HUSO
ESQUEMA DE CONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA DE PANTALLAS CIRCUITO 1				CODIGO J-0382-L0549	
Nº L004				A2	S/E
				HOJA 1 DE 2	

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniería Industrial
Maria Soler Soneira
Colegiada ICAJUP 6122 2003

1.3	145kV 3X1X500 MM2 AL + F.O EN ZONA POCO PROFUNDA Y	3x1X500/1,32kV	≈ 56,187m
REF.	145kV 3X1X300 MM2 CU + F.O EN ZONA PROFUNDA	3x1X300/1,32kV	
	TIPO	SEC./TENSION	LONGITUD
TRAMO SUBMARINO CIRCUITO 2			

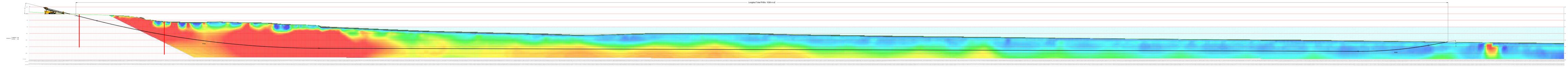
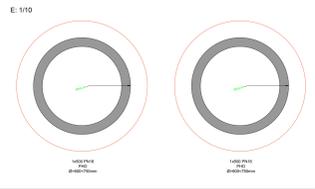
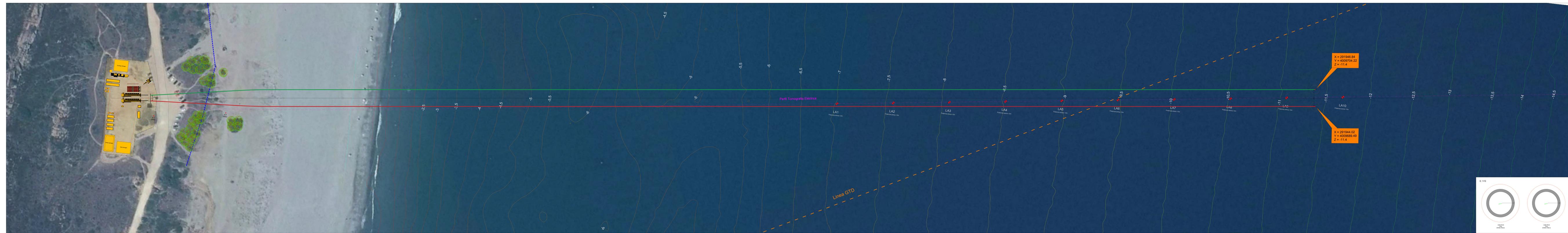


1.0	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 872m		
0.9	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 887m		
0.8	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 925m		
0.7	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x630KAL +H135	1x630/1,32kV	≈ 937m		
0.6	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x630KAL +H135	1x630/1,32kV	≈ 973m	3.4	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA
0.5	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 891m	3.3	CAJA CROSS-BONDING CON DESCARGADORES
0.4	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 941m	3.2	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA Y C/DESCARGADORES
0.3	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 905m	3.1	CAJA UNIPOLAR P.A.T. DIRECTA
0.2	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 921m	2.1	EMPALME SECCIONADO
0.1	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x630KAL +H135	1x630/1,32kV	≈ 890m	2.0	TERMINALES EXTERIORES
REF.	TIPO	SEC./TENSION	LONGITUD	REF.	DESIGNACION
CABLE TRAMO PENINSULA CIRCUITO 2				ACCESORIOS	

				3.5	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA Y C/DESCARGADORES
				2.4	EMPALME CONTINUO
				2.3	EMPALME SECCIONADO
1.2	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 831m	2.2	CAJA TRIPOL.P.A.T. DIRECTA CABLE UNIPOLAR
1.1	CABLE RHE-RA+20L 76/132 kV 1x400KAL +H135	1x400/1,32kV	≈ 761m	1.2	TERMINALES GIS
REF.	TIPO	SEC./TENSION	LONGITUD	REF.	DESIGNACION
CABLE TRAMO CEUTA CIRCUITO 2				ACCESORIOS	

0	dic-21	M.M.G.	C.G.B.	REALIZACIÓN PLANO	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
				INSTALACIÓN	
				INTERCONEXIÓN PENINSULA-CEUTA DC LÍNEA SUBTERRÁNEA/SUBMARINA ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA	
				COORD.	HUSO
				TÍTULO	
				ESQUEMA DE CONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA DE PANTALLAS CIRCUITO 2	
				A2	S/E
				HOJA 2 DE 2	
				MARIÁ SOLER SONEIRA Colegiada ICAP nº 1121 2003	

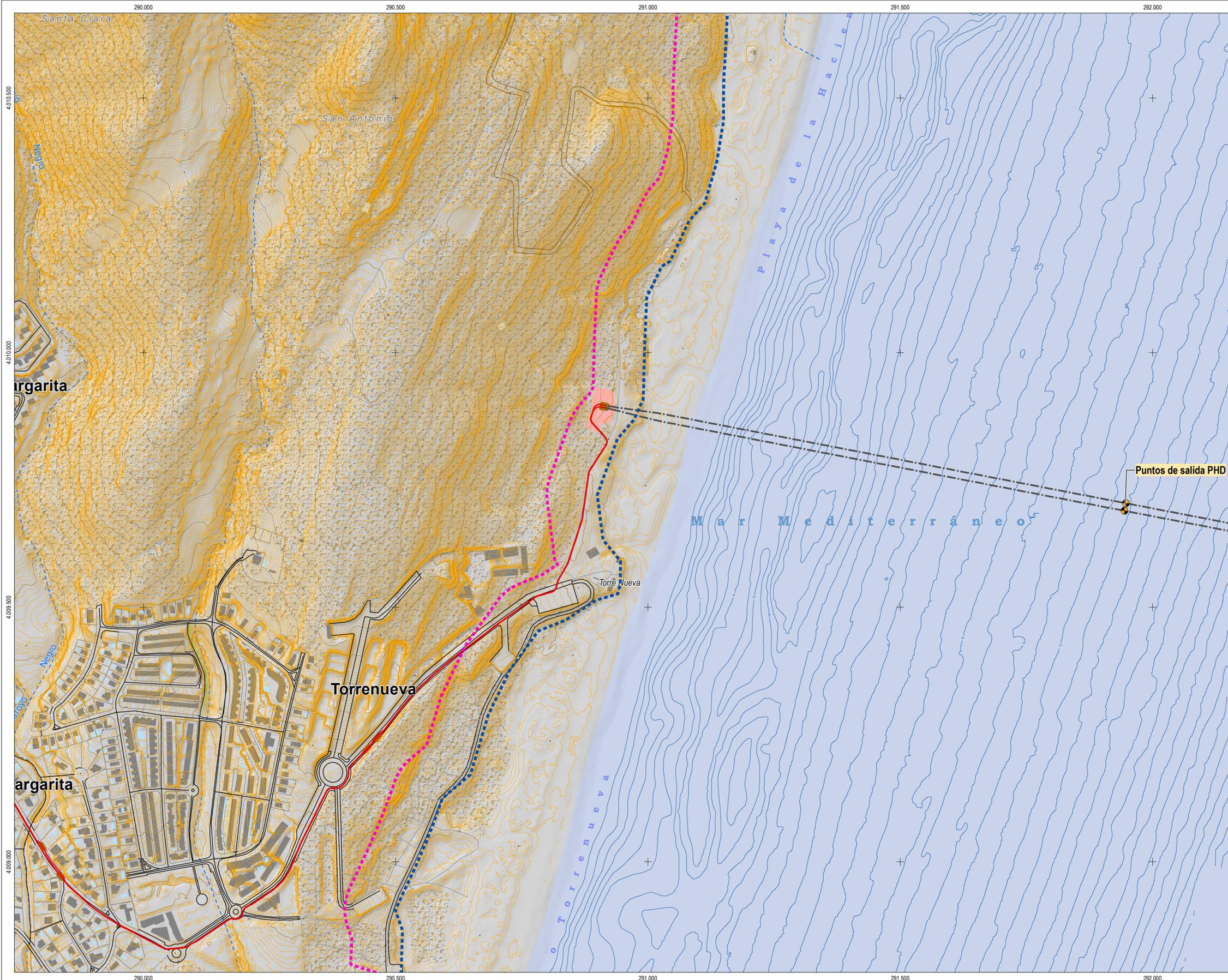
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. VISOADO nº: 084721. Fecha: 24/11/2022. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: FVXJGURTSJF10BWC. Autenticidad verificable a través de la página: https://gestordocumentos.icaei.es/ValidarCSV.aspx.

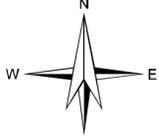


Linea	UTM X	UTM Y	Coord. Z	Potencia arena
1	291526.96	4009771.73	-7.03	>3m
2	291616.14	4009763.80	-7.56	>3m
3	291656.48	4009754.10	-8.07	>3m
4	291674.60	4009746.41	-8.52	>3m
5	291724.84	4009736.61	-8.91	>3m
6	291773.05	4009727.87	-9.47	>3m
7	291822.33	4009719.15	-10.03	>3m
8	291871.55	4009712.27	-10.50	>3m
9	291920.82	4009701.63	-11.06	>3m
10	291970.00	4009692.89	-11.67	>3m

Base Topografía UTM (ETRS 89 Huso 30N)	UTM X	UTM Y	Coord. Z
CP	29094.385	4009548.00	13.21
CP2	29094.385	4009548.00	13.21
CP3	29094.385	4009548.00	13.21

PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO




 Sistema de Referencia Geodésico ETRS89. Proyección UTM. Huso 30. Zona Norte
 - Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (2019). © IGN
 - Actualización a partir de Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (2019). © IGN
 - Curvas de nivel: Elaboración propia a partir de la nube de puntos LIDAR 1ª Cobertura del PNOA (2008-2015). © IGN

Legenda genérica

Otros viarios Vario urbano Caminos Sendas / Pistas Cortafuegos	Hidrografía Cauce de agua no permanente Altimetría Curvas de nivel maestras Curvas de nivel Curvas batimétricas Vegetación Vegetación arbolada y matorral	Construcciones Edificios Muro / Muro de contención Zonas deportivas Depósito Zona verde urbana Piscina
---	---	---

	Domínio Público Marítimo Terrestre (DPMT)
	Servidumbre de Protección

LÍNEA A 132 KV ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA

	TRAZADO SOTERRADO TERRESTRE EN ZANJA
	CÁMARA DE EMPALME
	OCUPACIÓN TEMPORAL ZONA DE ATERRAJE EN PHD
	TRAZADOS MARINOS

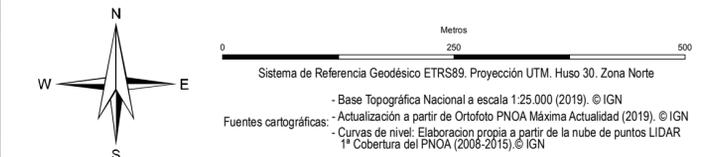


TÍTULO DEL PROYECTO:

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA PENÍNSULA - CEUTA
 SUBESTACIÓN ALGECIRAS 132 KV (ANTERIOR PORTICHUELOS 132 KV).
 LÍNEA DE INTERCONEXIÓN SUBTERRÁNEO-SUBMARINA A 132 KV, DOBLE CIRCUITO,
 ALGECIRAS (ANTERIOR PORTICHUELOS) - VIRGEN DE ÁFRICA (ANTERIOR CEUTA).
 SUBESTACIÓN VIRGEN DE ÁFRICA 132 KV (ANTERIOR CEUTA)

AUTORIZACIÓN DE AFECCIÓN A DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

TÍTULO DEL PLANO:	HOJA:	Nº PLANO:
AFECCIÓN AL DPMT Y A SU ZONA DE SERVIDUMBRE EN LA PROVINCIA DE CÁDIZ	1 de 1	1
ESCALA:	FECHA:	
1 : 5.000	Diciembre, 2021	



Leyenda genérica

Hidrografía	--- Cauce de agua no permanente
Altimetría	— Curvas de nivel maestras
	— Curvas de nivel
	— Curvas batimétricas

—	Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT)
—	Servidumbre de Protección

LÍNEA A 132 kV ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA

—	TRAZADO SOTERRADO TERRESTRE EN ZANJA
—	CÁMARA DE EMPALME
—	OCUPACIÓN TEMPORAL ZONA DE ATERRAJE EN PHD
—	TRAZADOS MARINOS

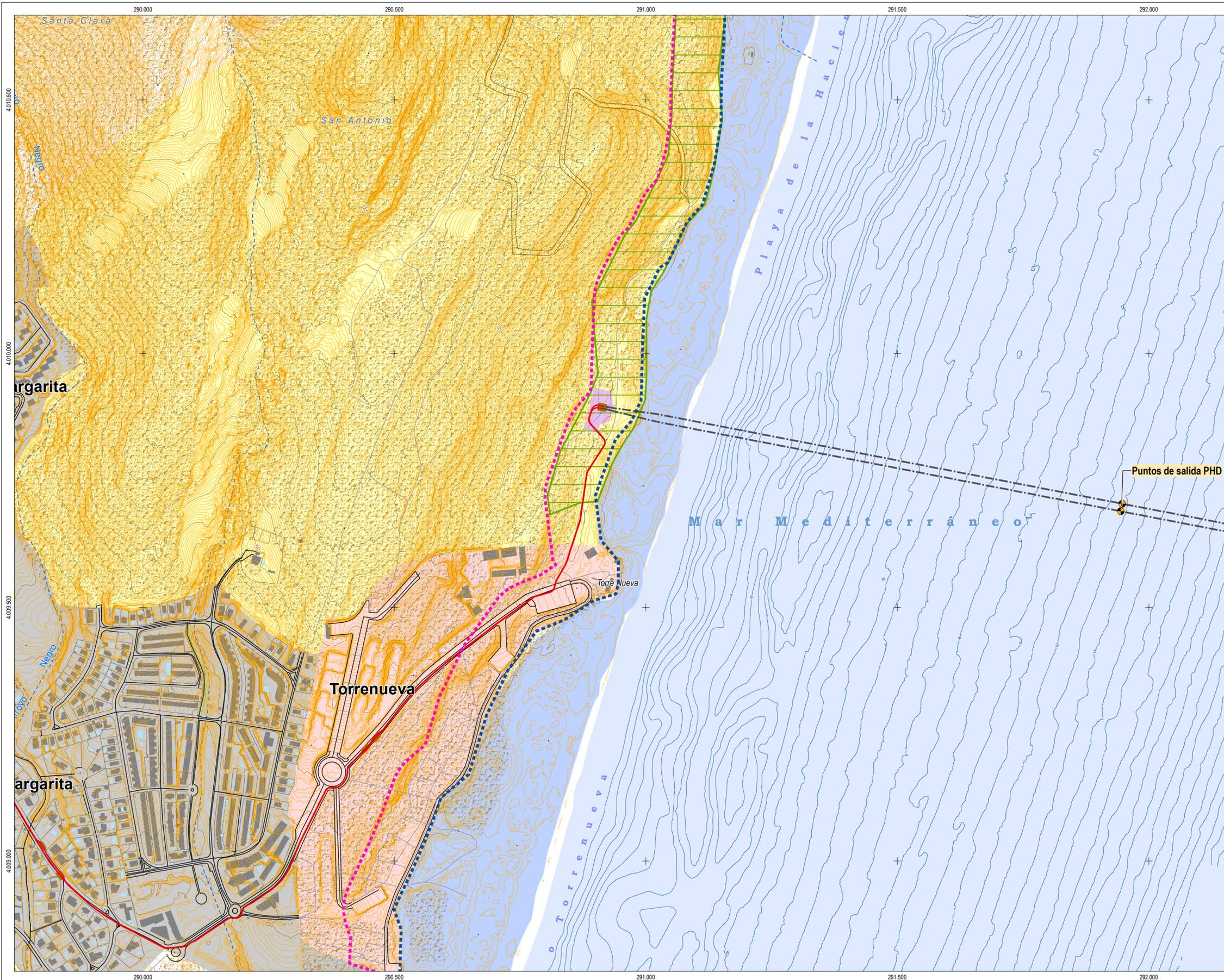


TÍTULO DEL PROYECTO:

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA PENÍNSULA - CEUTA
 SUBESTACIÓN ALGECIRAS 132 kV (ANTERIOR PORTICHUELOS 132 kV).
 LÍNEA DE INTERCONEXIÓN SUBTERRÁNEO-SUBMARINA A 132 kV, DOBLE CIRCUITO,
 ALGECIRAS (ANTERIOR PORTICHUELOS) - VIRGEN DE ÁFRICA (ANTERIOR CEUTA).
 SUBESTACIÓN VIRGEN DE ÁFRICA 132 kV (ANTERIOR CEUTA)

AUTORIZACIÓN DE AFECCIÓN A DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

TÍTULO DEL PLANO:	HOJA:	Nº PLANO:
AFECCIÓN AL DPMT Y A SU ZONA DE SERVIDUMBRE EN LA PROVINCIA DE CÁDIZ (ORTOFOTO)	1 de 1	2
ESCALA:	FECHA:	
1 : 5.000	Diciembre, 2021	



Sistema de Referencia Geodésico ETRS89. Proyección UTM. Huso 30. Zona Norte
 - Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (2019). © IGN
 Fuentes cartográficas: - Actualización a partir de Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (2019). © IGN
 - Curvas de nivel: Elaboración propia a partir de la nube de puntos LIDAR 1ª Cobertura del PNOA (2008-2015) © IGN

Legenda genérica

Otros viarios Vario urbano Caminos Sendas / Pistas Cortafuegos	Hidrografía Cauce de agua no permanente Altimetría Curvas de nivel maestras Curvas de nivel Curvas balimétricas Vegetación Vegetación arbolada y matorral	Construcciones Edificios Muro / Muro de contención Zonas deportivas Depósito Zona verde urbana Piscina
---	---	---

LA LÍNEA DE LA CONCEPCIÓN
(Documento de Adaptación a la L.O.U.A., aprobado el 2 de abril de 2009)

Suelo Urbano / Urbanizable

- Suelo Urbano Consolidado
- Suelo Urbanizable Sectorizado

Suelo No Urbanizable de Especial Protección por Legislación Específica

- Por Legislación Específica

Suelo No Urbanizable de Carácter Natural o Rural

- Carácter Natural o Rural

Sistema General

- Parque Suburbano

- Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT)
- Servidumbre de Protección

LÍNEA A 132 kV ALGECIRAS-VIRGEN DE ÁFRICA

- TRAZADO SOTERRADO TERRESTRE EN ZANJA
- CÁMARA DE EMPALME
- OCUPACIÓN TEMPORAL ZONA DE ATERRAJE EN PHD
- TRAZADOS MARINOS



TÍTULO DEL PROYECTO:

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA PENÍNSULA - CEUTA
 SUBESTACIÓN ALGECIRAS 132 kV (ANTERIOR PORTICHUELOS 132 kV).
 LÍNEA DE INTERCONEXIÓN SUBTERRÁNEO-SUBMARINA A 132 kV, DOBLE CIRCUITO,
 ALGECIRAS (ANTERIOR PORTICHUELOS) - VIRGEN DE ÁFRICA (ANTERIOR CEUTA).
 SUBESTACIÓN VIRGEN DE ÁFRICA 132 kV (ANTERIOR CEUTA)

AUTORIZACIÓN DE AFECCIÓN A DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

TÍTULO DEL PLANO:	HOJA:	Nº PLANO:
AFECCIÓN AL DPMT Y A SU ZONA DE SERVIDUMBRE EN LA PROVINCIA DE CÁDIZ (PLANEAMIENTO)	1 de 1	3
ESCALA:	FECHA:	
1 : 5.000	Diciembre, 2021	

red eléctrica

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO- TERRESTRE EN CÁDIZ

DEL NUEVO ENLACE ELÉCTRICO SUBMARINO DOBLE
CIRCUITO, ENTRE LA SUBESTACIÓN DE ALGECIRAS (CÁDIZ)
Y LA SUBESTACIÓN DE VIRGEN DE ÁFRICA (CEUTA) A 132kV

DOCUMENTO 4 PRESUPUESTO



DOCUMENTO Nº 4 – PRESUPUESTO

1. ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE.....	3
2. RESUMEN TOTAL.....	4

1. ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
1	MATERIALES				26.970.455
1.1	TRAMO SUBMARINO				
	Cable submarino y accesorios	m traza circuito	57.595,16	468,28	26.970.455
1.2	TRAMO TERRESTRE				
	Cable terrestre y accesorios	m traza circuito	0,00	413,77	-
2	SERVICIOS				25.531.320
2.1	OBRA CIVIL TRAMO TERRESTRE	Ud.	0,000	5.696.239,00	-
2.2	OBRA CIVIL SALIDA MAR	Ud.	0,07	17.726.154,24	1.249.351
2.3	TENDIDO TRAMO SUBMARINO				
	Transporte y tendido cables submarinos	m traza circuito	57.595,16	181,00	10.424.617
2.4	PROTECCIÓN TRAMO SUBMARINO				
	Protección cables submarinos	Ud.	0,50	25.974.625,58	13.096.021
2.5	INSTALACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO				
	Tendido cables subterráneos y montaje de accesorios	m traza circuito	0,00	109,51	-
2.6	PUESTA EN SERVICIO Y DOCUMENTACIÓN				
	Revisión, ensayos y documentación	Ud.	0,42	1.793.478,95	761.331
	GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y OTROS				388.026
3.1	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	Ud.	0,42	173.047,00	73.458
3.2	DIRECCIÓN FACULTATIVA DE OBRA Y SUPERVISIÓN	Ud.	0,42	597.488,10	253.633
3.3	GESTIÓN DE RESIDUOS	Ud.	0,42	143.543,00	60.934
	TOTAL				52.889.800

2. RESUMEN TOTAL

1. MATERIALES	26.970.455	€
2. SERVICIOS	25.531.320	€
3. GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y OTROS	388.026	€
TOTAL	52.889.800	€

Importa el presente presupuesto la cantidad de CINCUENTA Y DOS MILLONES OCHOCIENTOS OCHENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS euros.

Con relación al Estudio económico financiero de la rentabilidad, de conformidad con lo establecido en el artículo 89 del Reglamento de Costas debemos destacar que las obras solicitadas en concesión no serán objeto de explotación lucrativa por parte de Red Eléctrica ni por parte de terceros, destacar que en virtud de lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico y de conformidad con el artículo 4.2 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U, como gestor de la red de transporte y transportista único, tiene atribuida la función de transportar energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte.

Madrid, noviembre de 2022

La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada del ICAI nº 4123/3353