



RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA



INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA LANZAROTE – FUERTEVENTURA

**Cable a 132 kV, simple
circuito, Playa Blanca
(Lanzarote) – La Oliva
(Fuerteventura)**

ANEXO SOBRE EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS TERRENOS DONDE SE VAYA A SITUAR LA OBRA (ART. 92 RGC)

LANZAROTE Y
FUERTEVENTURA,
ISLAS CANARIAS

ÍNDICE

I.- MEMORIA.....	5
1 INTRODUCCIÓN.....	7
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	8
3 CLIMA MARÍTIMO Y DINÁMICAS COSTERAS ACTUANTES EN LA ZONA	9
3.1 Clima marítimo (Oleaje y Nivel del mar)	9
3.1.1 Clima medio del oleaje en aguas profundas.....	10
3.1.2 Clima medio del oleaje en la costa	15
3.1.3 Propagación del oleaje	15
3.1.4 Clima extremal del oleaje en aguas profundas.....	18
3.1.5 Propagación del oleaje en condiciones extremales	18
3.1.6 Análisis de las corrientes a partir del fondeo de correntímetros ADCP.....	20
3.2 Dinámica y transporte litoral	31
3.2.1 Corrientes generadas por el oleaje	31
3.2.2 Profundidad de cierre.....	33
3.3 Caracterización de las aguas marinas	33
3.3.1 Calidad fisicoquímica de las aguas marinas.....	34
3.3.2 Perfiles termohalinos	40
4 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL ÁMBITO DE ESTUDIO	48
4.1 Efectos del cambio climático en zonas de costa	48
4.2 Efectos del cambio climático: nivel medio del mar	49
4.2.1 Zona de Lanzarote.....	50
4.2.2 Zona de Fuerteventura.....	55
4.3 Efectos del cambio climático: altura y dirección del oleaje ALTURA	58
4.3.1 Zona de Lanzarote.....	58
4.3.2 Zona de Fuerteventura.....	59
4.4 Efectos del cambio climático: temperatura y salinidad	60
5 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	62
6 CONCLUSIONES.....	64
7 EQUIPO REDACTOR.....	65

II.-DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

III.-PLANOS PROYECTO

I.- MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN

RED ELÉCTRICA de España S.A.U. (en adelante RED ELÉCTRICA o REE), es el promotor del proyecto “Interconexión eléctrica Lanzarote-Fuerteventura. Cable submarino a 132 kV, simple circuito, entre la S.E. Playa Blanca (Lanzarote) y la S.E. La Oliva Fuerteventura)” promovido por Red Eléctrica de España, se publicó en el Boletín Oficial de Canarias núm. 234, el 3 de diciembre de 2018.

El 3 de diciembre de 2018 se publicó en el Boletín Oficial de Canarias núm. 234 la Declaración de Impacto Ambiental del citado proyecto.

El 15 de febrero de 2019 REE entró en el Ministerio para la Transición Ecológica (Demarcación de Costas de Canarias) la solicitud de la Concesión de ocupación del Dominio Público Marítimo-Terrestre el proyecto de referencia.

El 6 de marzo de 2019 el Ministerio para la Transición Ecológica (Demarcación de Costas de Canarias) emitió el requerimiento de subsanación de la citada solicitud de por parte de REE, a través del cual comunica que se debe completar la documentación del proyecto en base al artículo 92 del Reglamento General de Costas (RGC), aprobado por el RD 876/2014, de 10 de octubre, que indica el contenido de la evaluación de los efectos del cambio climático:

1.- Evaluación de los efectos del cambio climático en consideración de:

- La subida del nivel medio del mar
- La modificación de las direcciones de oleaje
- Los incrementos de altura de ola
- La modificación de la duración de temporales
- Aquellas modificaciones de las dinámicas costeras actuantes en la zona

2.- Además, se deberán considerar las medidas de adaptación que se definan en la estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático, establecida en la disposición adicional octava de la Ley 2/2013, de 23 de mayo.

Por todo lo comentario, el presente anexo tiene como objetivo dar cumplimiento al artículo 92 del RGC. Dado que el proyecto en estudio tiene como finalidad la obtención de una concesión, la evaluación anteriormente citada se deberá analizar en el período de tiempo que dure la concesión, así como sus prórrogas.

.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica que conectará la SE Playa Blanca, situada en el t.m. de Yaiza (isla de Lanzarote, provincia de Las Palmas), con la SE La Oliva situada en el t.m. de La Oliva (isla de Fuerteventura, provincia de Las Palmas), denominada *interconexión Lanzarote - Fuerteventura: línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica a 132 kV simple circuito Playa Blanca - La Oliva*, cuyo trazado discurrirá por los términos municipales de Yaiza, en la isla de Lanzarote, y La Oliva, en la isla de Fuerteventura, con una longitud aproximada de 17 km (14.5 km tramo submarino, 1.8 km en Lanzarote de tramo subterráneo y 645 m en Fuerteventura de tramo subterráneo).

Principales características del proyecto:

Categoría	A
Sistema corriente	Alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal de la red: $U_0 / U / U_m$	76 / 132 / 145 kV
Capacidad de transporte	121 MVA
Factor de carga	100 %
Nº de circuitos	Uno
Cable subterráneo	RHE-RA+2OL 76/132 kV 1×1000KAI+H200
Cable submarino	76/132 kV 3×1×300 mm ² + FO
Cable submarino en perforación	76/132 kV 3×1×630 mm ² + FO
Intensidad de c/c a soportar tramo subterráneo (t = 0,5 s)	> 40 kA
Intensidad de c/c a soportar tramo submarino	> 15 kA
Temperatura inicial / final en la pantalla	90 / 250 °C
Disposición de los cables tramo subterráneo	Tresbolillo
Tipo de canalización subterránea	Tubular hormigonada
Profundidad tramo subterráneo	1.300 mm
Tipo de instalación submarina	Jetting y rock trenching
Profundidad máxima cable submarino	80 m
Conexión de pantallas tramo subterráneo	Single point
Conexión de pantallas tramo submarino	Both ends

Longitud aproximada tramo subterráneo Lanzarote / Fuerteventura	1,8 km / 645 m
Longitud aproximada tramo submarino	14,5 km

Terminales SE Playa Blanca	Exteriores
Nº unidades	3
Terminales SE La Oliva	Exteriores
Nº unidades	3
Nº cámaras de empalme tramo subterráneo Lanzarote	1
Nº cámaras de empalme tramo subterráneo Fuerteventura	0
Nº cámaras de transición submarino/subterráneo	2
Empalmes	Seccionados
Nº de empalmes subterráneos	3
Nº de empalmes de transición submarino/subterráneo	2
Nº de cables de fibra óptica	Uno
Tipo de fibra óptica	Según recomendación ITU-T G.652d

Términos municipales afectados:

Tramo subterráneo T. M. Yaiza (Lanzarote)	1,8 km
Tramo subterráneo T. M. La Oliva (Fuerteventura)	645 m

Para más detalle, ver el capítulo 5 del EslA (Descripción del Proyecto) adjunto como Documento Complementario 1 (DC 1) y los planos 1 y 2 del presente documento.

3 CLIMA MARÍTIMO Y DINÁMICAS COSTERAS ACTUANTES EN LA ZONA

Antes de analizar los posibles efectos del cambio climático en la zona en dónde se ubicará el proyecto, se describe en este capítulo el clima marítimo y la dinámica costera actuales, apartado que se ha realizado mediante de los datos del Estudio de Impacto Ambiental.

3.1 CLIMA MARÍTIMO (OLEAJE Y NIVEL DEL MAR)

El objetivo principal de los análisis que se presentan en este apartado es la caracterización del clima marítimo en las zonas de Corralejo (Fuerteventura) y de Las Coloradas (Lanzarote), para lo cual se analizarán los siguientes aspectos:

- Análisis del clima marítimo:
 - Descripción de las características del oleaje en aguas profundas, tanto en condiciones medias como en condiciones extremas.
 - Descripción del oleaje cerca de la costa.
- Propagación del oleaje desde aguas profundas hasta la costa.

El Estudio de Impacto Ambiental, en su Anejo 6, incluye el estudio completo del clima marítimo. A continuación, se hace un extracto del estudio.

Las fuentes de datos que se han utilizado en este estudio para caracterizar el clima marítimo han sido los datos de reanálisis SIMAR. Estos datos son sintéticos y han sido obtenidos a partir de los modelos numéricosHIRLAM y WAM operativos en el Instituto Nacional de Meteorología. El modeloHIRLAM es un modelo atmosférico de tipo meso-escalar con una resolución espacial media de 15 Km. Los datos tienen una cadencia de 3 horas, pero representan valores medios horarios. Los datos de viento se encuentran reducidos a 10 m de altura. El modelo WAN es un modelo de generación de oleaje que trabaja con una resolución media de 30 Km en el Atlántico y 15 Km en el Mediterráneo. Los datos empleados cubren un período de 57 años: desde enero de 1958 hasta diciembre 2014 y proporcionan información en aguas profundas.

La posición del nodo utilizado (SIMAR 4056019) en la zona Norte del ámbito de estudio corresponde a las siguientes coordenadas geográficas: Lat 28.833 N, Long -13.833 E.

Con objeto de completar los datos del punto anterior se han analizado también los datos del punto SIMAR 4055018 cuyas coordenadas geográficas son Lat 28.750 N y Long -13.917 E. En la siguiente figura se muestra la posición de todos los nodos disponibles en la zona, indicándose los dos utilizados, ya que se encuentran precisamente en la zona de estudio, entre Lanzarote y Fuerteventura.



Figura 1. Fuentes de datos consideradas.

3.1.1 CLIMA MEDIO DEL OLAJE EN AGUAS PROFUNDAS

3.1.1.1 *Distribución sectorial del oleaje*

La distribución sectorial del oleaje queda caracterizada mediante las rosas de oleaje, que discretizan los datos en clases de direcciones y alturas de ola. Cada sector se representa con un brazo en la rosa. Su longitud es proporcional a la probabilidad de presentación de cada sector, calculada como la frecuencia relativa muestral. De esta forma se puede apreciar visualmente cuáles son los sectores que predominan. La discretización en alturas de ola permite determinar cuáles son los sectores más energéticos.

A continuación, se presentan y analizan las rosas de oleaje para los nodos SIMAR empleados.

SIMAR 4056019

Observando la figura de la rosa de oleaje se puede apreciar que la frecuencia de presentación de los diferentes sectores se concentra en el cuarto y el primer cuadrante (entre WNW y NE), siendo los oleajes más frecuentes los del NW (23%), NNW (20%), N (18%), NNE (14%), WNW (12,5%). En cambio, los sectores comprendidos entre el ENE y el W tienen frecuencias de presentación muy bajas (menores del 2% los del ENE, E y W, y menos del 0,1% el resto). En cuanto a la energía de los oleajes, los sectores que han registrado mayores temporales han sido: WNW, NWN y NNW.

Para determinar cuáles son los oleajes a propagar desde la posición del nodo SIMAR, en aguas profundas, hasta la costa se debe tener en cuenta la orientación de la costa. De esta forma, para las propagaciones hasta Lanzarote, se considerarán todos los oleajes comprendidos entre el E y WNW, que en este caso son los menos frecuentes y de menor intensidad. Para las propagaciones hasta Fuerteventura se considerarán los oleajes que van desde el W hasta el E, en ambos casos en sentido horario.

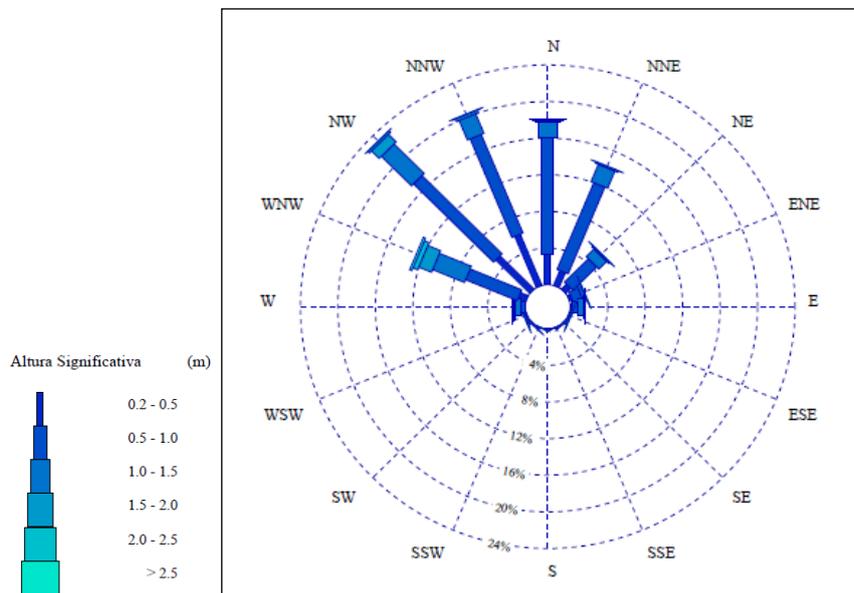


Figura 2. Rosa de oleaje anual. SIMAR 4056019.

Para analizar si existen variaciones estacionales en la distribución sectorial del oleaje, se muestran las rosas de oleaje estacionales. Se puede observar que en verano disminuye la energía de los oleajes, proviniendo éstos de direcciones más al Norte y Este. Primavera y otoño tienen una distribución muy similar a la anual, mientras que en invierno se aprecia un aumento en la intensidad del oleaje, al tiempo de una mayor frecuencia de los oleajes provenientes del NW y WNW.

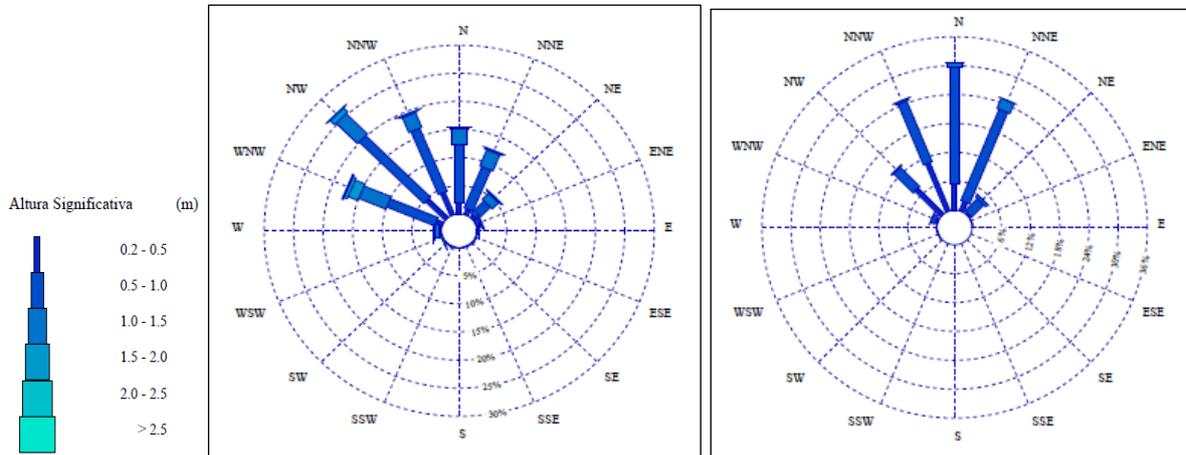


Figura 3. Rosa de oleaje primavera (izquierda) y verano (derecha). SIMAR 4056019.

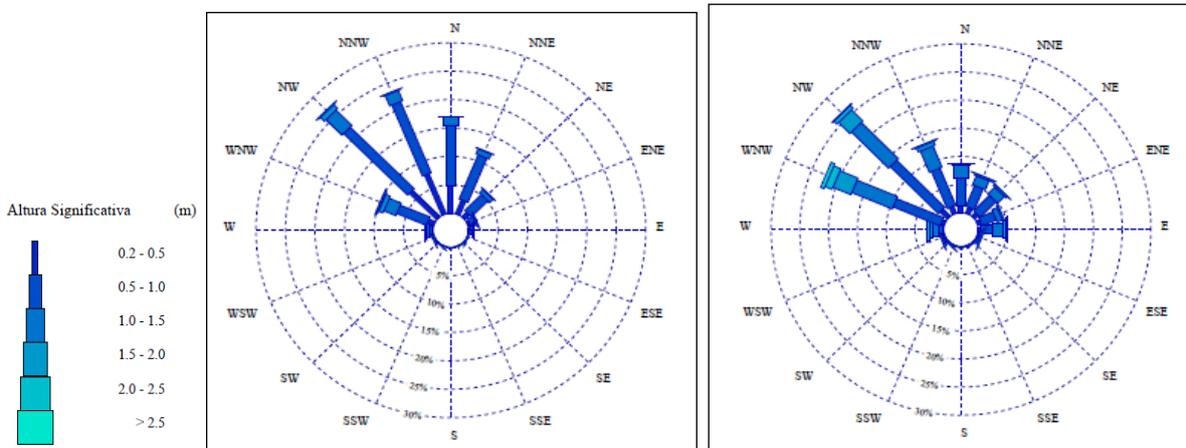


Figura 4. Rosa de oleaje otoño (izquierda) e invierno (derecha). SIMAR 4056019.

SIMAR 4055018

A continuación, se presenta la rosa de oleaje anual en este nodo, así como las rosas de oleaje estacionales para analizar si existen variaciones a nivel estacional en la distribución sectorial del oleaje.

Observando la figura de la rosa de oleaje se puede apreciar que los oleajes se centran casi exclusivamente en el cuarto cuadrante (entre el Oeste y el Norte) siendo el sector con una mayor frecuencia de presentación el N, con un 36% del total, un 35% para el NNW y el 27% para el NW, el WNW se queda en el 7% y el resto son prácticamente nulos. En cuanto a la energía de los oleajes, los sectores que han registrado mayores temporales son NNW y NW.

Para determinar cuáles son los oleajes a propagar desde la posición del nodo WANA, en aguas profundas, hasta la costa se debe tener en cuenta la orientación de la costa. De esta forma, para las propagaciones hasta Fuerteventura los oleajes del cuarto cuadrante.

El comportamiento estacional en este punto es muy similar al del anterior, disminución de la intensidad y concentración entorno al norte en verano, patrón similar al anual en primavera y otoño, y aumento de intensidad con concentración en las direcciones del NNW y NW en invierno.

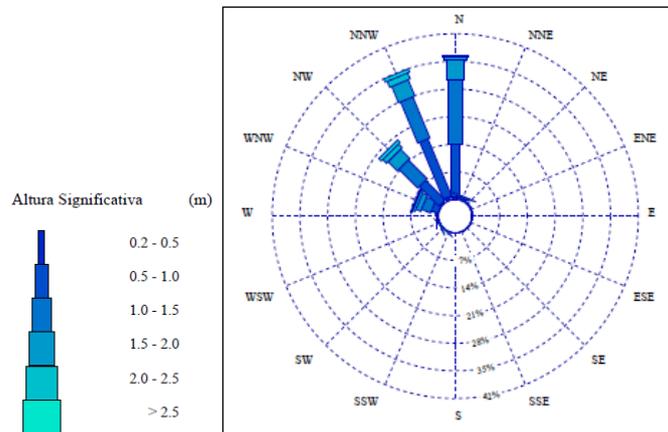


Figura 5. Rosa de oleaje anual. SIMAR 4055018.

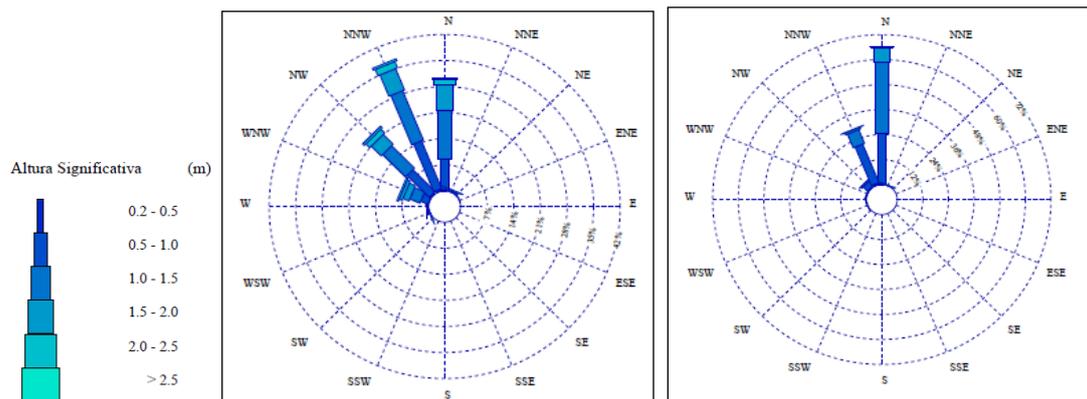


Figura 6. Rosa de oleaje primavera (izquierda) y verano (derecha). SIMAR 4055018.

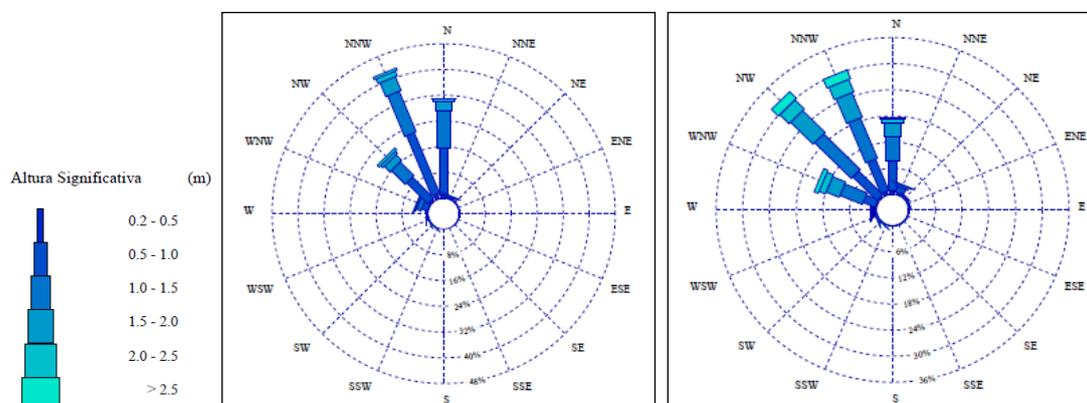


Figura 7. Rosa de oleaje otoño (izquierda) e invierno (derecha). SIMAR 4055018.

3.1.1.2 *Régimen medio en aguas profundas*

El estudio del régimen medio permite caracterizar la probabilidad de no superación de diferentes niveles de altura de ola en condiciones medias. Para ello se ajusta el registro de alturas de ola a una función de distribución acumulada. La función que se utiliza habitualmente para caracterizar el régimen medio del oleaje es la distribución Weibull de mínimos.

Régimen medio escalar

Se muestra a continuación el ajuste de todos los datos muestrales a la función Weibull de mínimos. El valor estimado de los parámetros de la distribución para el nodo SIMAR 4056019 ha sido: A= 0.41, B= 0.35 y C= 1.02. En el caso del nodo SIMAR 4055018 el valor estimado de los parámetros de la distribución ha sido: A= 0.62, B= 0.48 y C= 1.08.

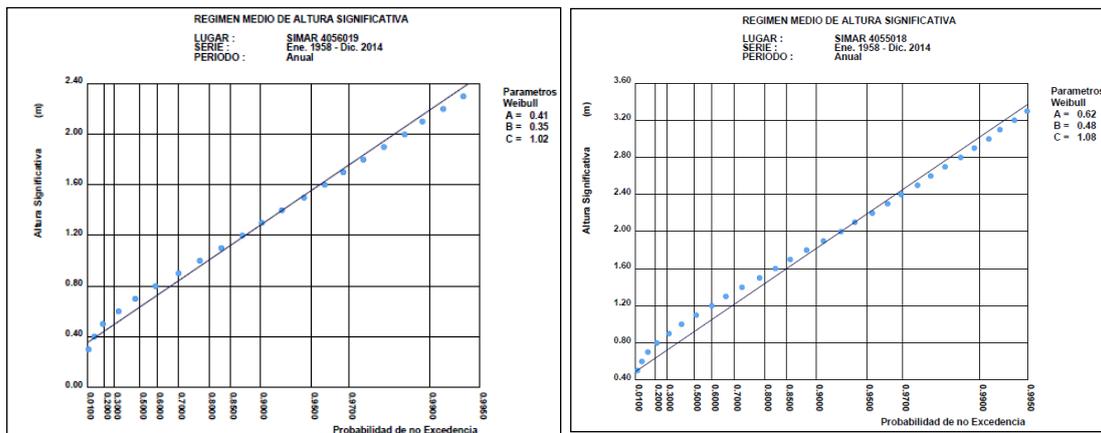


Figura 8. Régimen medio escalar. Ajuste de los datos de los nodos SIMAR 4056019 a una distribución de Weibull de mínimos. SIMAR 4056019 (izquierda) y SIMAR 4055018 (derecha).

Régimenes medios direccionales

El régimen medio direccional proporciona la probabilidad de no excedencia de diferentes valores de altura de ola en condiciones medias condicionada a que el oleaje provenga de un sector dado. A continuación, se muestran los valores de los parámetros del régimen medio direccional de las direcciones más frecuentes en cada punto SIMAR.

Sector	A	B	C	A	B	C
	Nodo SIMAR 4056019			Nodo SIMAR 4055018		
N	0,42	0,29	1,40	0,53	0,54	1,17
NNE	0,44	0,32	1,46	-	-	-
NE	0,58	0,28	1,59	-	-	-
ENE	0,54	0,29	1,35	-	-	-
E	0,60	0,39	1,30	-	-	-
W	1,02	0,33	1,62	-	-	-
WNW	0,75	0,35	1,25	0,99	0,43	1,36
NW	0,65	0,22	1,47	0,68	0,54	1,07
NNW	0,38	0,29	1,20	0,72	0,43	1,19

Tabla 1. Régimenes medios direccionales de los nodos estudiados.

3.1.1.3 Distribución de T_p

Con este análisis se analiza la relación existente entre la altura de ola significativa, H_s , y el período de pico del oleaje, T_p . Esta relación puede servir para definir el conjunto de oleajes tipo que caracterizan el clima de la zona. Los histogramas siguientes muestran la variable período de pico de los dos puntos SIMAR. En los histogramas se puede apreciar cuáles son los períodos más frecuentes, cuál es el período de pico medio de todos los oleajes registrados y apreciar visualmente el grado de dispersión que hay en esta variable.

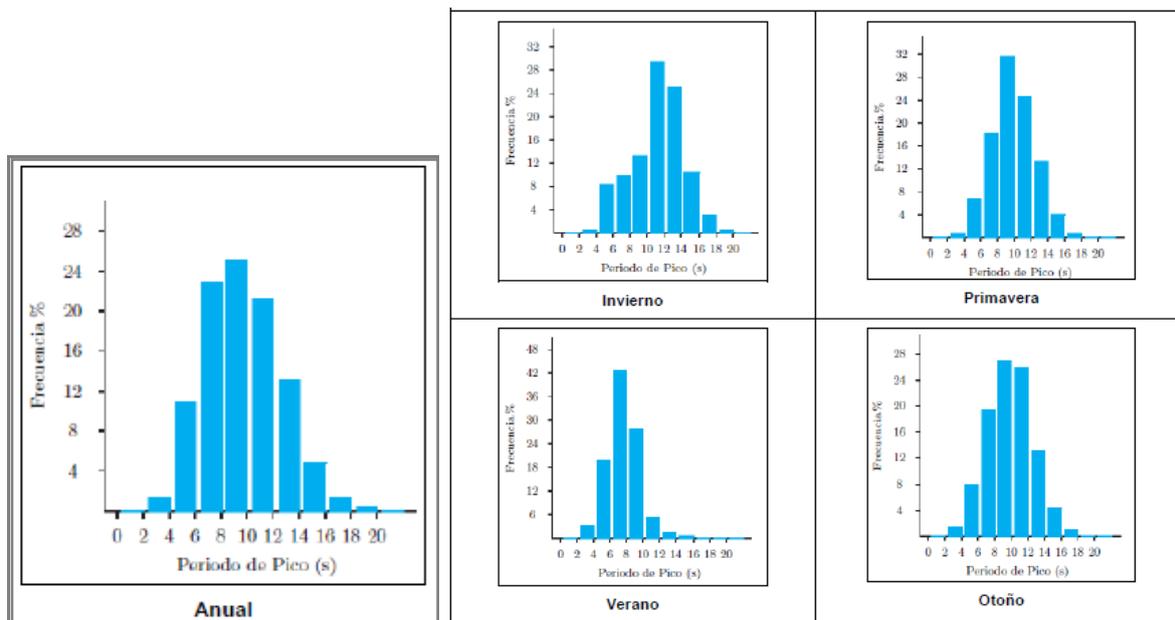


Figura 9. Histograma con la frecuencia relativa de la variable T_p (anual y por estaciones del año). SIMAR 4056019.

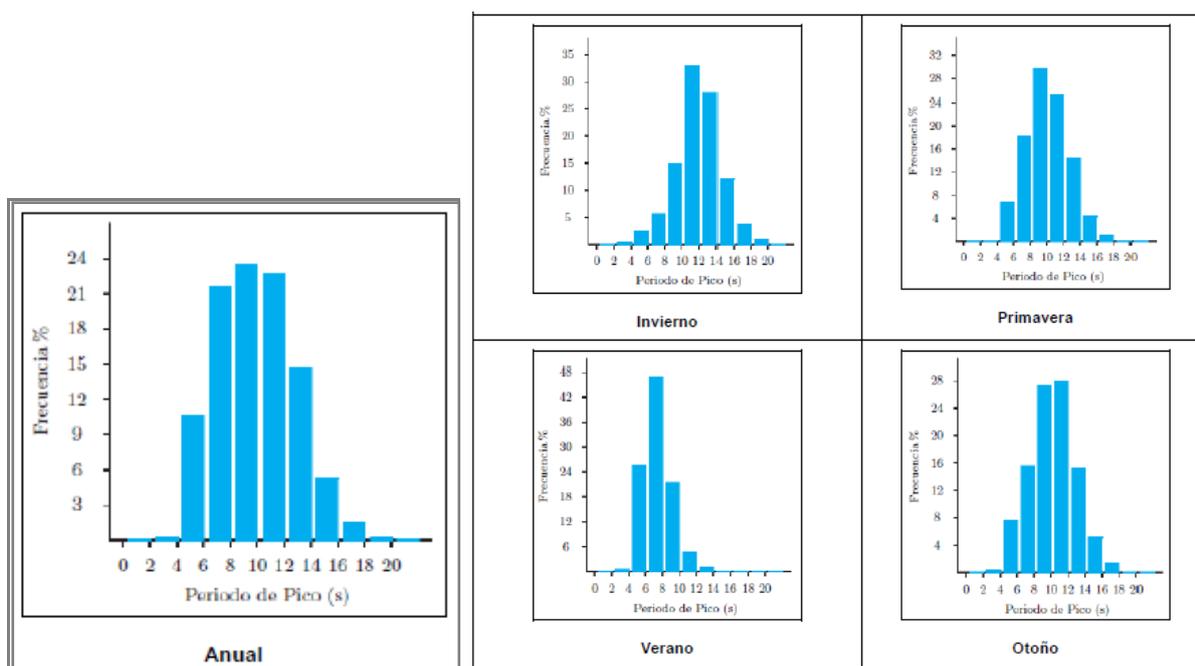


Figura 10. Histograma con la frecuencia relativa de la variable T_p (anual y por estaciones del año). SIMAR 4055018.

3.1.2 CLIMA MEDIO DEL OLAJE EN LA COSTA

A partir de los coeficientes adimensionales de propagación determinados en el apartado anterior, se han trasladado todos los datos del nodo SIMAR hasta la zona de interés. A continuación, se analiza la distribución sectorial del oleaje cerca de la costa.

3.1.2.1 *Distribución sectorial del oleaje*

Se presentan a continuación las rosas del oleaje propagado hasta un calado de 15 m para ambas zonas (Lanzarote y Fuerteventura). Todos los datos que no se han propagado se consideran calmas.

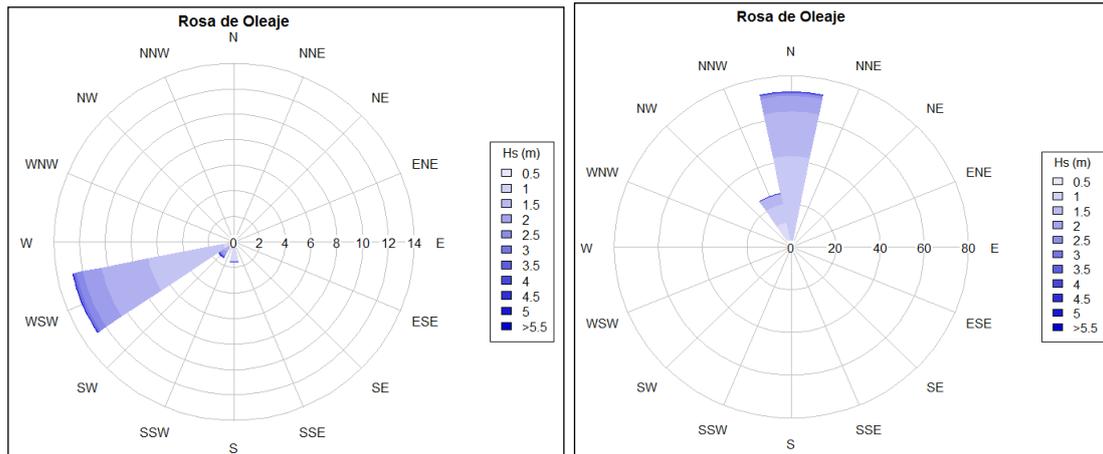


Figura 11. Rosas de oleaje. Datos SIMAR 4056019 (izquierda) y SIMAR 4055018 (derecha) propagados hasta la zona de interés.

En el caso de Lanzarote (figura de la izquierda), todos los oleajes procedentes de mar de fondo, propagados hasta este calado adoptan direcciones de incidencia entre el S y WSW por el efecto de la refracción y la difracción, que transforman los oleajes de W y WNW en WSW y los del E en S, respectivamente. Cabe destacar que en esta zona las calmas representan el 84% del tiempo, siendo la dirección predominante la del WSW, que ocupa algo más del 12% del tiempo.

En el caso de Fuerteventura (figura de la derecha) las calmas representan el 1,25 %. La rosa muestra claramente cómo, por efecto de la refracción, los oleajes del WNW y NW se "trasladen" al sector NNW y los de NNW y NNE al sector N.

3.1.3 PROPAGACIÓN DEL OLAJE

La propagación del oleaje hasta la costa permitirá conocer la forma en que el oleaje se transforma en su recorrido hasta la costa, permitiendo reconstruir el régimen de oleaje en la zona de interés. Además, el modelo de propagación de oleaje permite simular las corrientes de rotura generadas por el oleaje en la costa y el consiguiente transporte de sedimentos.

Para llevar a cabo la simulación se ha definido para cada zona (Lanzarote y Fuerteventura) un conjunto de oleajes tipo que se han propagado mediante modelo numérico. Las propagaciones de oleaje se han realizado empleando el modelo OLUCA-SP, que pertenece al Sistema de Modelado Costero desarrollado por la Universidad de Cantabria. Éste es un modelo parabólico de propagación espectral del oleaje, que considera los fenómenos de asomeramiento, difracción, refracción, disipación de energía por rotura del oleaje y fricción por fondo y reflexión lateral.

Zona costera Lanzarote

El conjunto de oleajes tipo propagados mediante modelo numérico para la zona de Lanzarote, son oleajes del sector WNW, W y E, con alturas $H_s=1$ y 2 m, periodos de pico $T_s=9$ y 14 s, y nivel del mar 0 y 2 m. En total se han modelizado 12 casos.

El Estudio de Impacto Ambiental, en su Anejo 7, incluye las figuras de propagación de oleaje con los resultados de todos los casos simulados. A continuación, se muestran varias figuras con algunas de las simulaciones realizadas para propagar desde aguas profundas hasta la costa los sectores W, WNW y E.

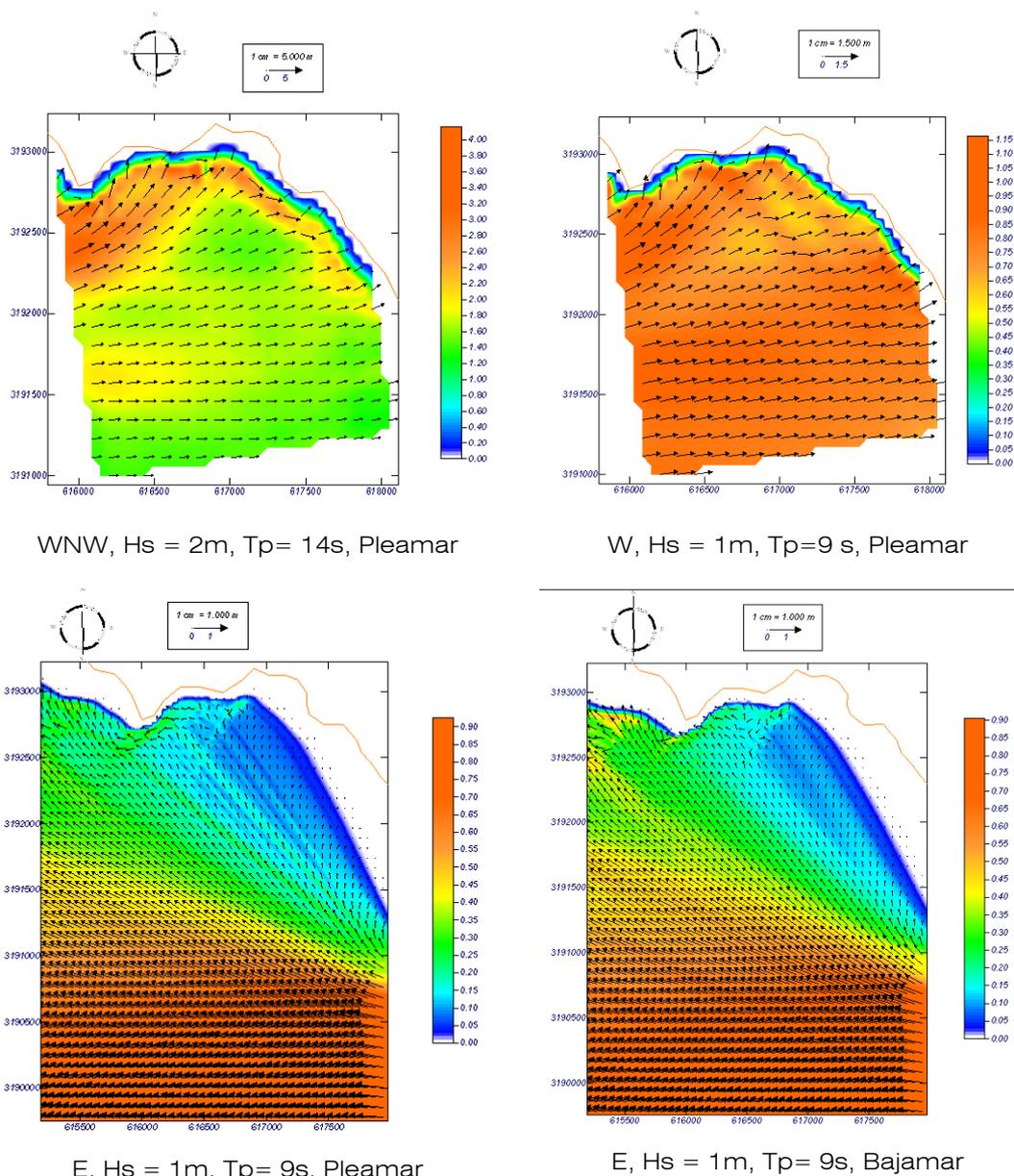


Figura 12. Distribución de altura de ola propagada en condiciones medias para distintas direcciones.

En las figuras se observa cómo para los casos del WNW y W, cerca del cabo presente al W de la zona de estudio se concentra el oleaje por efecto de la refracción del fondo. Para los casos del E, el patrón es idéntico en condiciones de pleamar y bajamar, dominando el fenómeno de difracción, que provoca una disminución de la altura de ola, haciendo que en la zona de interés la situación sea prácticamente de calma.

Zona costera Fuerteventura

El conjunto de oleajes tipo propagados mediante modelo numérico para la zona de Fuerteventura, son oleajes del sector WNW, NW, NNW, N y NNE, con alturas $H_s=1, 2$ Y 3 m, periodos de pico $T_s=9, 14$ y 16 s, y nivel del mar 0 y 2 m. En total se han modelizado 30 casos.

El Estudio de Impacto Ambiental, en su Anejo 7, incluye las figuras de propagación de oleaje con los resultados de todos los casos simulados. A continuación, se muestran varias figuras con las simulaciones realizadas para propagar los casos seleccionados desde aguas profundas hasta la costa.

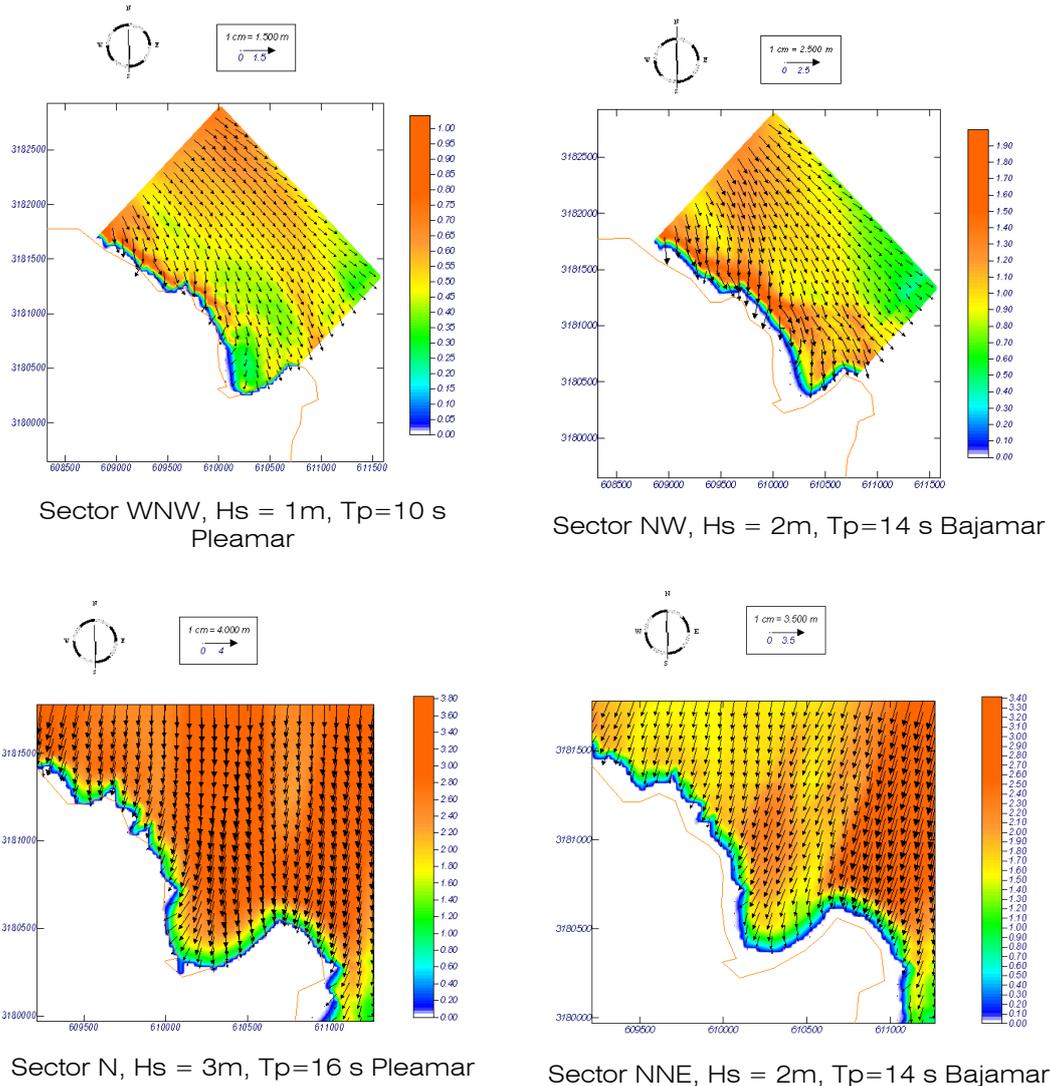


Figura 13. Distribución de la altura de ola propagada en condiciones medias y dirección de incidencia.

Se observa que los oleajes del N y NNE alcanzan la zona con coeficiente mayores, algo lógico teniendo en cuenta que la oblicuidad del oleaje en aguas profundas es menor que para los otros sectores.

3.1.4 CLIMA EXTREMAL DEL OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS

La caracterización de los valores extremos es muy importante en la ingeniería porque está relacionada con la definición de las acciones externas que tienen que resistir las estructuras que se diseñan. El problema para poder caracterizar estas acciones es que los sucesos peligrosos suceden con muy poca frecuencia. Por lo tanto, se debe utilizar una teoría que permita estimar el comportamiento de los niveles altos a partir de los bajos. Esto se consigue con la teoría de valores extremos.

3.1.4.1 *Régimen extremal escalar*

Para caracterizar el régimen extremal se ha utilizado la distribución de GEV (Valores Extremos Generalizados). El método para seleccionar los datos a analizar ha sido el de excesos sobre un umbral (POT según sus siglas en inglés). Cuanto más alto sea el umbral, más probable es que los datos analizados se distribuyan según una distribución de máximos, pero menos datos quedan para estimar los parámetros. Se ha definido un umbral, de forma que el número de datos a analizar sea coherente con el tiempo de registro y suficientemente grande como para hacer la estimación.

El régimen extremal define las características del oleaje en el emplazamiento donde se encuentra cada fuente de datos, que en el caso de los datos SIMAR es aguas profundas.

Según los análisis realizados para el nodo SIMAR 4056019 (ajuste de la función GEV realizado sobre la muestra resultante de seleccionar los valores máximos de altura de ola significativa de las borrascas, de cinco días de duración, que superaran el umbral de 3 m), el número de temporales es de 29. En cuanto a la relación entre la altura de ola (H_s), el mes del año y la dirección de procedencia, los temporales se concentran en invierno (de diciembre a febrero) y provienen del cuarto cuadrante (de W a N en sentido horario). En cuanto al periodo de pico, la mayoría de los temporales presentan periodos cercanos a 17 s. Los temporales de mayor altura tienen periodos inferiores a 16 s.

Atendiendo a los criterios de la ROM, para este tipo de obra, con 25 años de vida útil y un riesgo admisible de 0,3, el periodo de retorno de cálculo es de 71 años. **La estima central de altura de ola asociada a este periodo de retorno es de 5,1 m. El periodo asociado es de 17 s, tal y como se deduce de la gráfica de H_s frente a T_p .**

Para el caso de Fuerteventura (nodo SIMAR 455018), el umbral seleccionado ha sido 3,5, y el número de temporales de 75. La distribución estacional y direccional es muy parecida a la de Lanzarote, concentrándose en invierno en el cuarto cuadrante. **El periodo de pico más frecuente está entre 17 y 19 s. La altura de ola asociada al periodo de retorno de 71 años es de 6,5 m.**

3.1.5 PROPAGACIÓN DEL OLEAJE EN CONDICIONES EXTREMALES

Las características de los oleajes obtenidos en el apartado de clima extremal están definidas en aguas profundas. Para conocer sus características en la zona de estudio es necesario propagarlos con la ayuda de modelos numéricos que tengan en cuenta las transformaciones que el oleaje experimenta debido al efecto de la batimetría. **El objetivo de este apartado es determinar la máxima altura de ola que se puede presentar y sus condiciones a lo largo de la zona de estudio.** Esta información se utilizará para analizar la evolución del perfil de la playa en caso de temporal y determinar así el máximo retroceso de éste.

Zona de Lanzarote

Después del análisis del régimen extremal en aguas profundas, se ha visto que los sectores más energéticos que pueden incidir sobre la zona de proyecto son los del WNW y W. Las condiciones de los oleajes que se han seleccionado para analizar la evolución del perfil son las asociadas a un período de retorno de 71 años. Se han considerado las condiciones más desfavorables, con altura de ola significativa $H_s=5,1$ m y periodo de pico $T_{ps}=17$ s. Se ha propagado en pleamar (nivel del mar +2 m).

En las figuras se observan los resultados de las propagaciones realizadas: la distribución en planta de la altura de ola y la dirección de incidencia del oleaje.

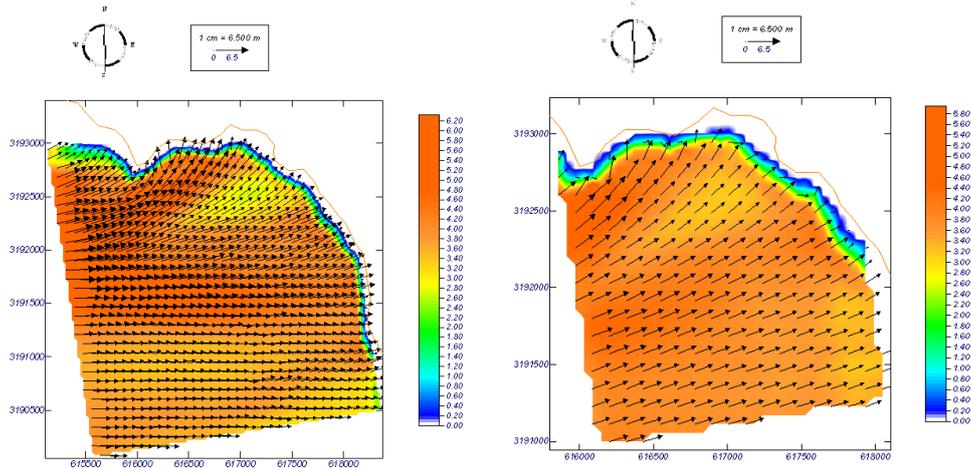
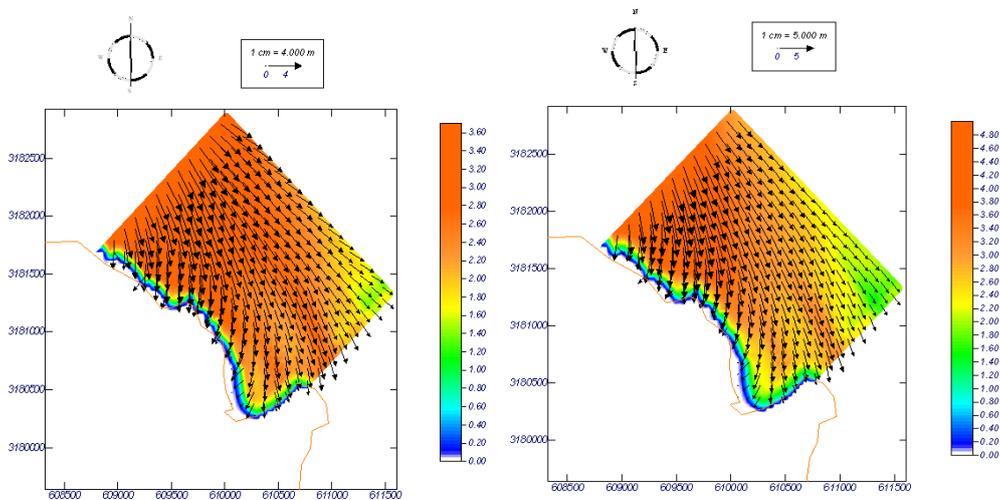


Figura 14. Distribución en planta de la altura de ola propagada y dirección de incidencia. Sector WNW. $H_{s0} = 5.1$ m. $T_p = 17$ s (izquierda) y Sector W. $H_{s0} = 5.1$ m. $T_p = 17$ s (derecha).

Los oleajes de los dos sectores llegan con alturas similares, aunque en el caso del sector WNW la altura es mayor, y luego desciende más rápidamente que en el caso del sector W.

Zona de Fuerteventura

La altura de ola correspondiente a 71 años de periodo de retorno para el caso de Fuerteventura es 6,5 m y 19 s de periodo de pico. Dado que no se dispone de datos sectoriales, se ha empleado la misma altura para todos los sectores. A continuación, se muestran los resultados de las simulaciones del régimen extremal.



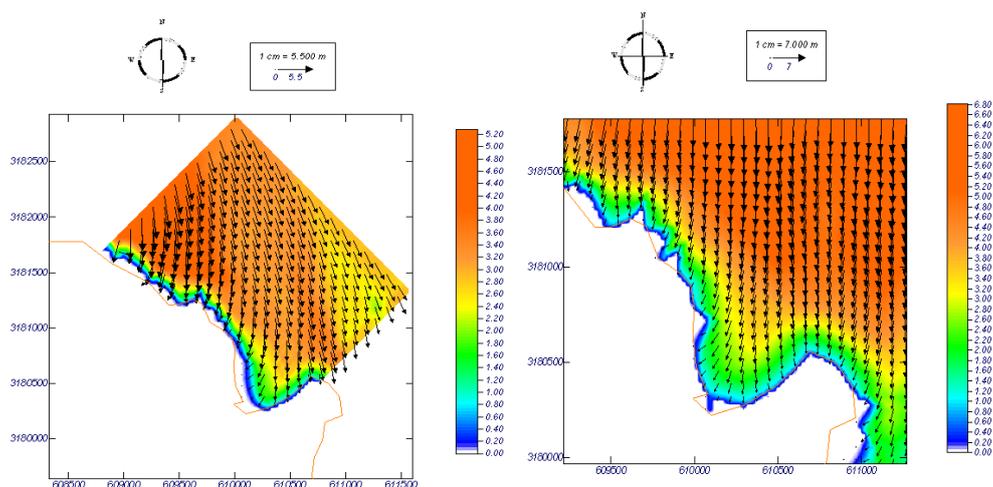


Figura 15. Distribución en planta de la altura de ola propagada y dirección de incidencia. Sectores WNW, NW, NNW y N (de izquierda a derecha). $H_s = 6,5$ m. $T_p = 19$ s.

El sector que llega con mayor energía a la zona de estudio donde se instalará el cable submarino es el N. En segundo lugar, el NNW, los de NW y WNW al ser más oblicuos en aguas profundas, en la zona más somera llegan con menor altura.

3.1.6 ANÁLISIS DE LAS CORRIENTES A PARTIR DEL FONDEO DE CORRENTÍMETROS ADCP

El objetivo de los trabajos es la medida de corrientes en dos estaciones próximas a la futura instalación del tendido de cableado eléctrico, a profundidades similares, uno a -18 metros y otro a -22 metros. A tal fin se han fondeado dos perfiladores de corrientes y oleaje del tipo Acoustic Doppler Current Profile (ADCP/AST), modelo AWAC 1000 KHZ de la casa Nortek, uno en la zona de Playa Blanca, en el sur de Lanzarote y el otro en la zona de Corralejo en el norte de Fuerteventura. El fondeo ha durado 63 días (del 15 de octubre de 2014 al 17 de diciembre de 2014).

Dichos equipos permiten conocer el nivel del mar, la intensidad y dirección de las corrientes en distintas condiciones de marea y para distintas capas de la columna de agua (de aproximadamente 1 metro de espesor). Se ha registrado el nivel del mar, la velocidad y dirección de la corriente con una cadencia de 1 minuto de registros cada día.

Además de la información de corrientes, debido a la intensidad del oleaje en el Canal de Bocaina, los mismos dispositivos se han empleado para el registro de parámetros de oleaje.

El contenido detallado del análisis de corrientes es el siguiente:

- Distribución estadística por direcciones e intensidades de la corriente.
- Cálculo de las hodógrafas o vectores progresivos.
- Conclusiones hidrodinámicas: patrón de circulación en la zona.

En este apartado se presentan de forma gráfica los datos para corrientes, oleaje y nivel del mar obtenidos durante los 63 de duración del fondeo. Se presentan valores promedios, mínimos, máximos, desviaciones, gráficos y rosas de corrientes y oleaje.

3.1.6.1 Distribución estadística por direcciones e intensidades de la corriente

Tal y como se ha indicado, se han seleccionado tres niveles para la representación y análisis de resultados, corriente de fondo (16 m de profundidad), corriente de la capa intermedia (9 m de profundidad) y corriente superficial (2 m de profundidad). A continuación, se muestran las tablas y gráficos que resumen los datos en cada una de las capas.

Capa de fondo

Se muestran a continuación el resumen estadístico, el histograma de direcciones, las series temporales y la rosa de corrientes.

CORRIENTES (Capa de fondo)						
Dirección	Nº Medidas	%	V Max (mm/s)	V Min (mm/s)	V media (mm/s)	Desv. Std.
0-45 (NNE)	571	6.3	250	0	70.16	40.4
45-90 (ENE)	1586	17.5	350	0	121.82	61.8
90-135 (ESE)	2860	31.5	390	0	141.67	66.1
135-180 (SSE)	876	9.7	290	0.01	84.23	47.5
180-225 (SSW)	572	6.3	180	0	62.29	34.7
225-270 (WSW)	793	8.7	220	0	76.70	39.1
270-315 (WNW)	1161	12.8	220	0	86.47	40.8
315-360 (NNW)	655	7.2	200	0	73.36	37.4

Tabla 2. Resumen estadístico de la capa de fondo.

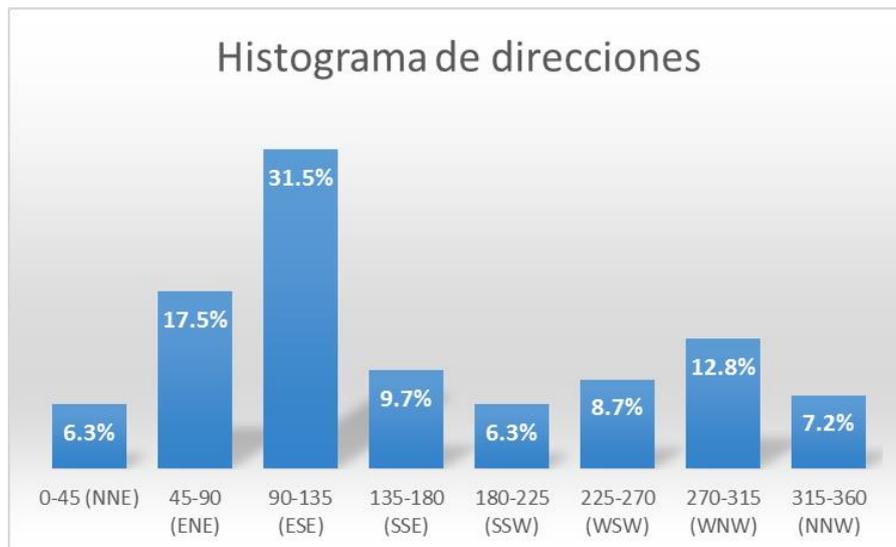


Figura 16. Histograma de direcciones (capa de fondo).

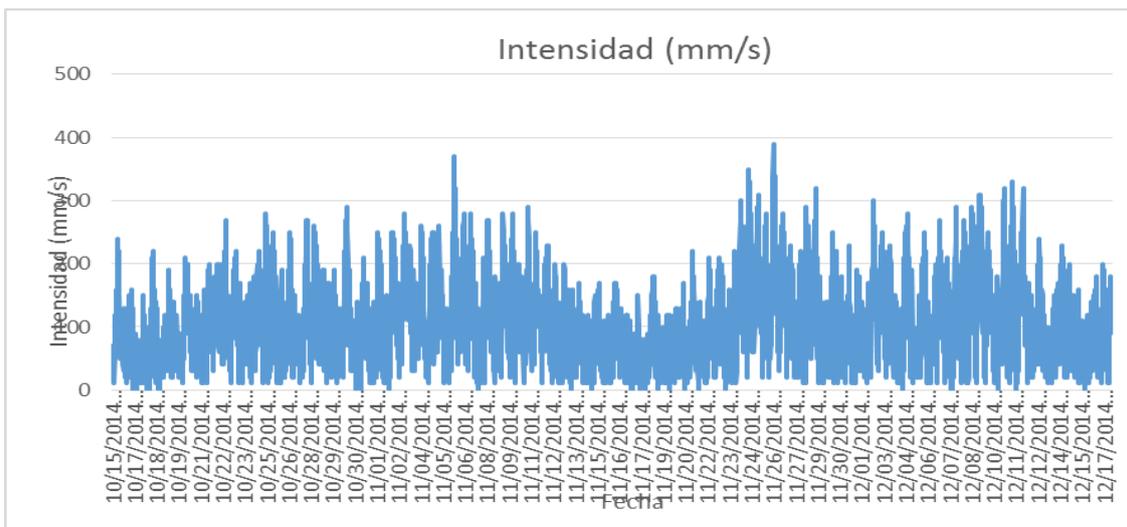


Figura 17. Serie temporal de intensidad de corriente de la capa de fondo.

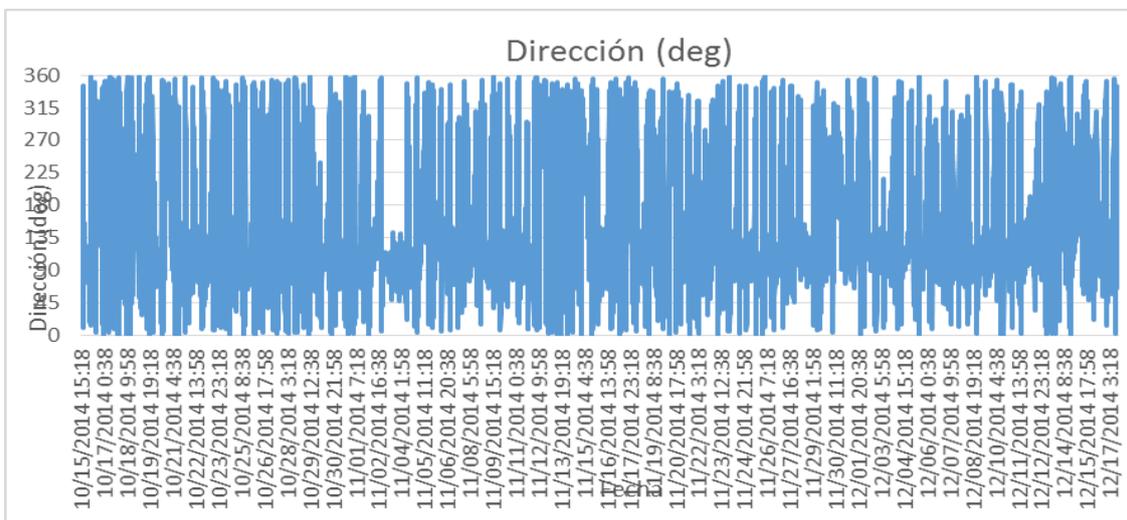


Figura 18. Serie temporal de dirección de corriente de la capa de fondo.

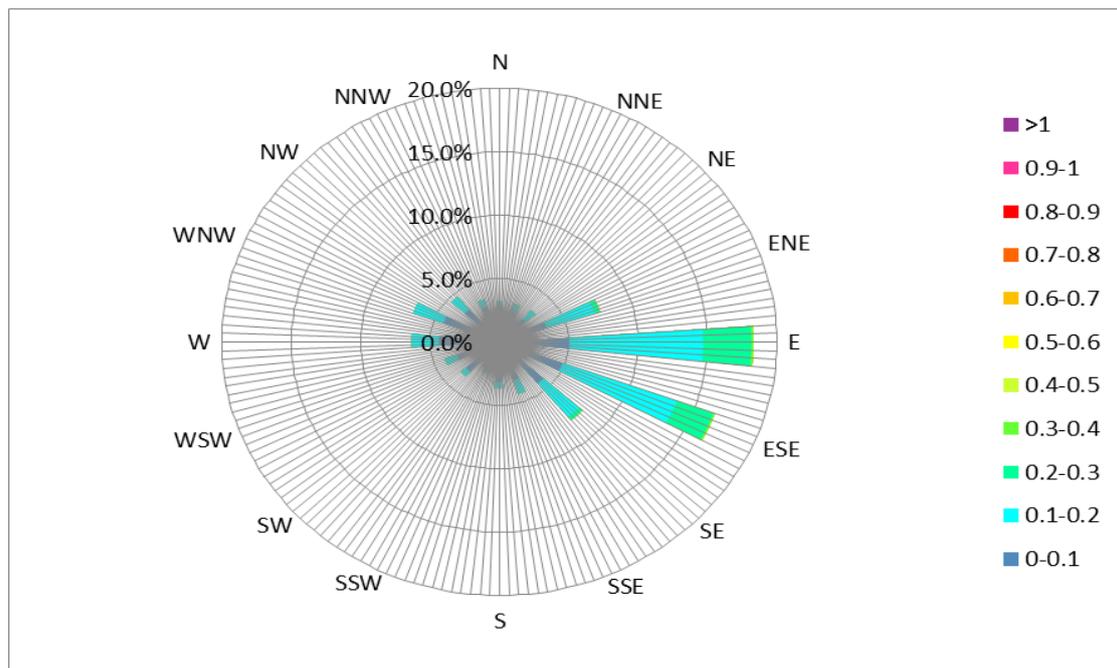


Figura 19. Rosa de corrientes en la capa de fondo.

La dirección más frecuente es, con amplia diferencia, la del ESE (31,5%). En un segundo nivel se encuentran el ENE (entre 17,5%) y el WNW (12,8%). En cuanto a las velocidades, las medias y máximas más altas corresponden también a la dirección más frecuente, el ESE (0,141 m/s y 0,39 respectivamente).

Capa intermedia

Se muestran a continuación el resumen estadístico, el histograma de direcciones, las series temporales y la rosa de corrientes.

CORRIENTES (capa intermedia)						
Dirección	Nº Medidas	%	V Max (mm/s)	V Min (mm/s)	V media (mm/s)	Desv. Std.
0-45 (NNE)	537	5.9	230	0	55.7	32.6
45-90 (ENE)	1719	18.9	350	0	132.5	75.0
90-135 (ESE)	2983	32.9	420	0	149.5	76.6
135-180 (SSE)	681	7.5	220	0	77.5	45.6
180-225 (SSW)	396	4.4	170	0	52.9	32.1
225-270 (WSW)	655	7.2	220	0	71.9	39.5
270-315 (WNW)	1354	14.9	260	0	91.5	44.3
315-360 (NNW)	748	8.2	210	0	68.8	35.2

Tabla 3. Resumen estadístico de la capa intermedia.

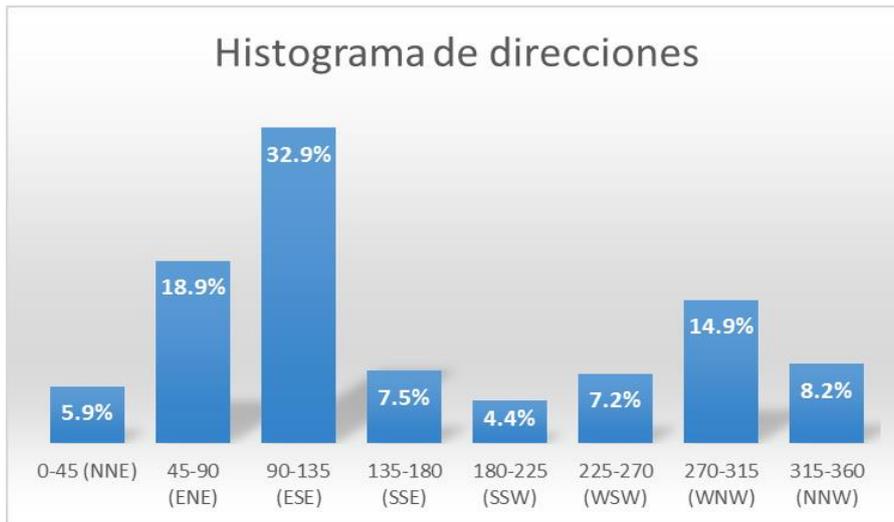


Figura 20. Histograma de direcciones (capa intermedia).

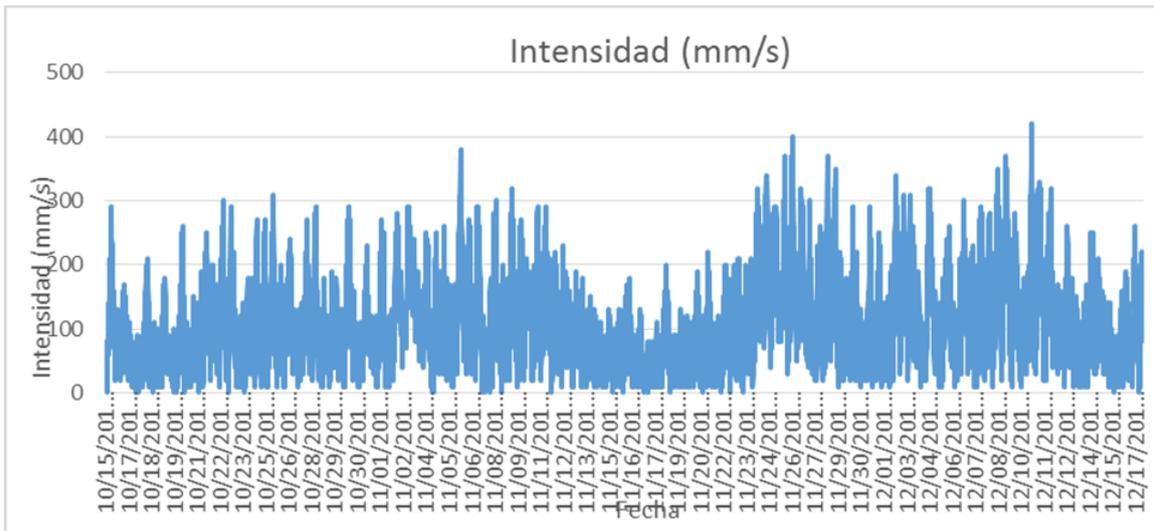


Figura 21. Serie temporal de intensidad de corriente en la capa intermedia.

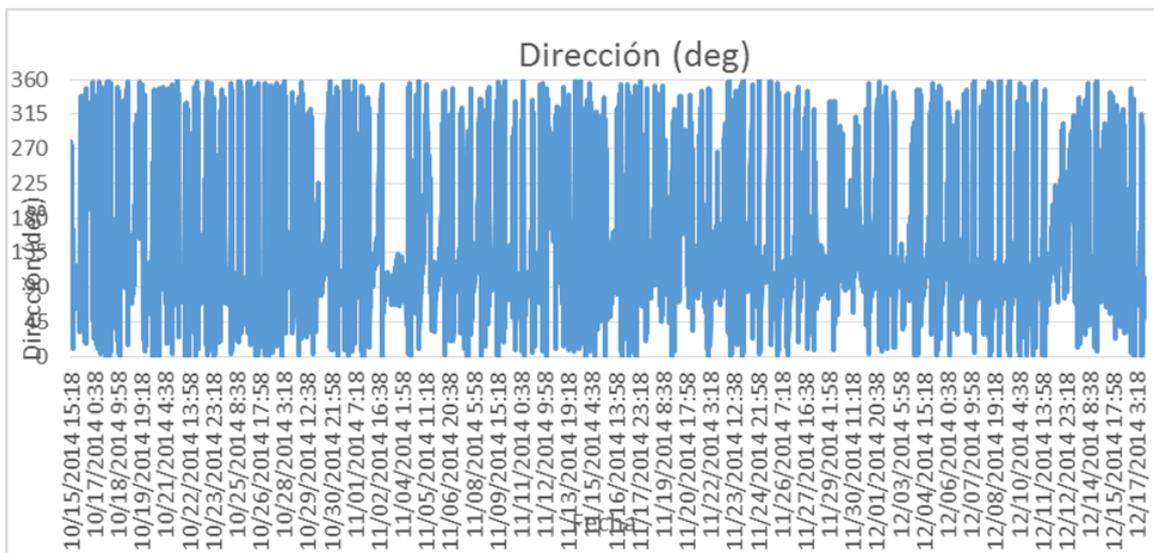


Figura 22. Serie temporal de dirección de corriente en la capa intermedia.

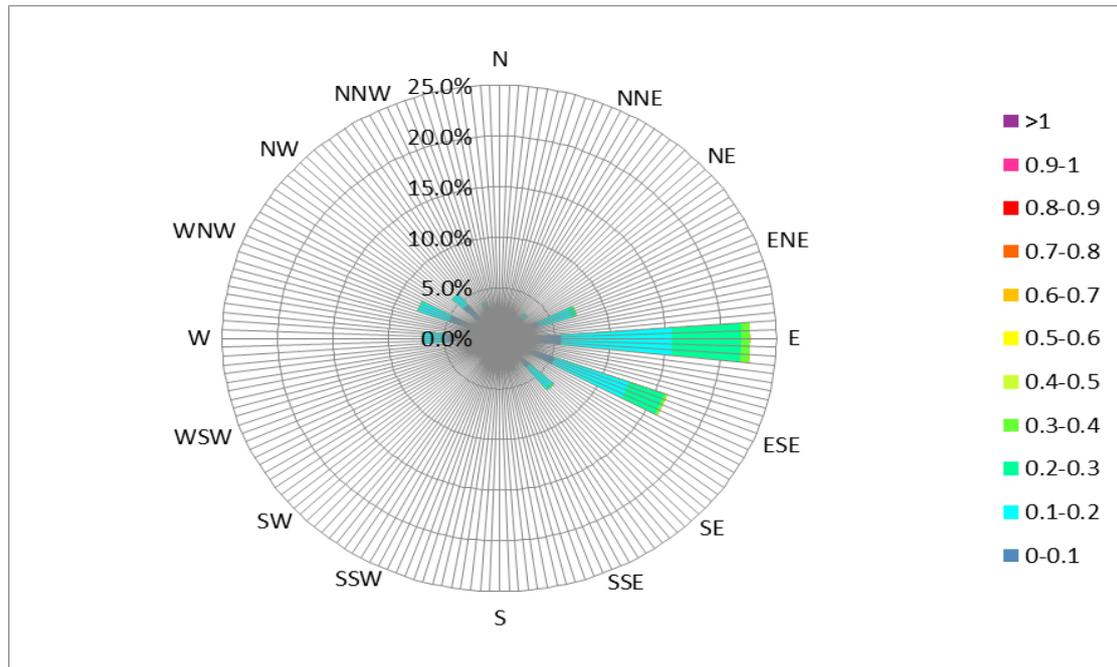


Figura 23. Rosa de corrientes en la capa intermedia.

La dirección más frecuente es, con amplia diferencia, la del ESE (32,9%). En un segundo nivel se encuentran el ENE (entre 18,9%) y el WNW (14,9%). En cuanto a las velocidades, las medias y máximas más altas corresponden también a la dirección más frecuente, el ESE (0,149 m/s y 0,42 respectivamente).

Capa superficial

Se muestran a continuación el resumen estadístico, el histograma de direcciones, las series temporales y la rosa de corrientes.

CORRIENTES (capa superficial)						
Dirección	Nº medidas	%	V Max (mm/s)	V Min (mm/s)	V media (mm/s)	Desv. Std.
0-45 (NNE)	600	6.8	340	0	97.7	58.9
45-90 (ENE)	1426	16.2	450	0.01	148.4	81.7
90-135 (ESE)	2704	30.7	460	0	171.4	82.8
135-180 (SSE)	882	10.0	430	0.01	111.8	64.4
180-225 (SSW)	565	6.4	350	0	86.2	49.5
225-270 (WSW)	817	9.3	300	0	102.7	57.5
270-315 (WNW)	1162	13.2	390	0	116.6	62.4
315-360 (NNW)	656	7.4	390	0.01	101.4	61.4

Tabla 4. Resumen estadístico de la capa superficial.

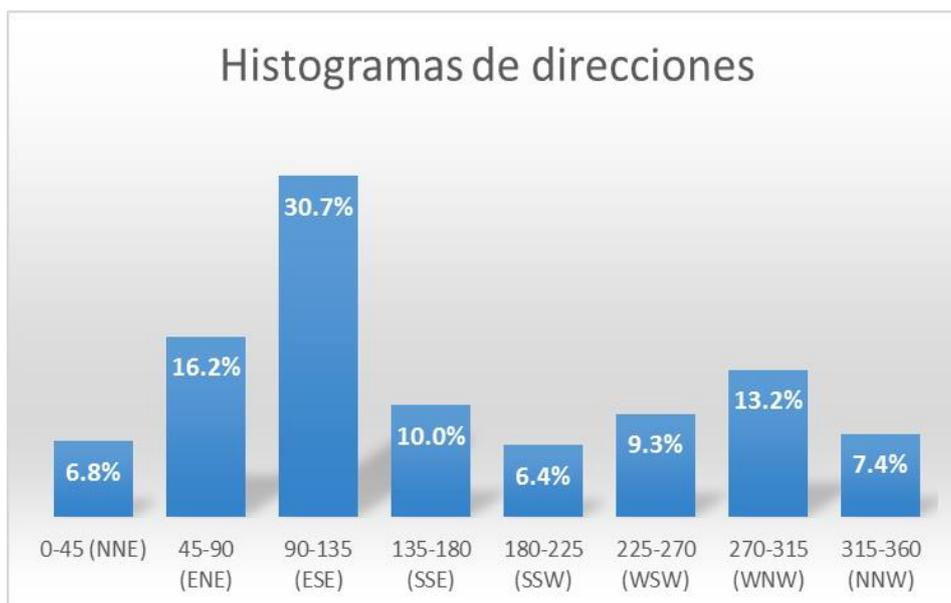


Figura 24. Histograma de direcciones (capa superficial).

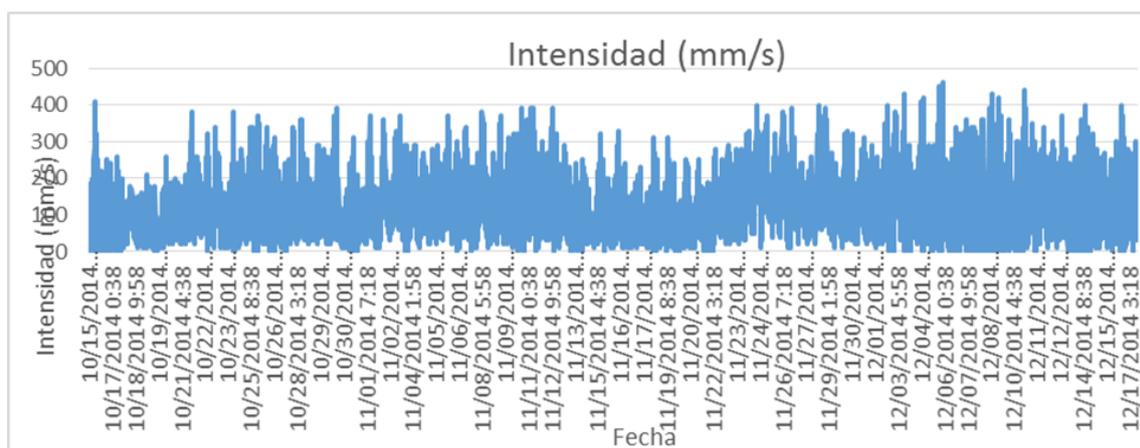


Figura 25. Serie temporal de intensidad de corriente en la capa superficial.

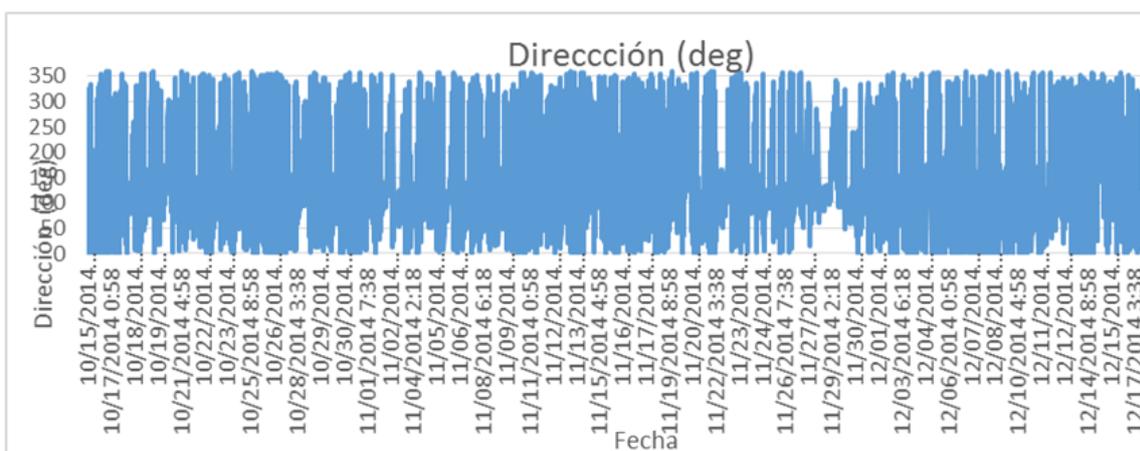


Figura 26. Serie temporal de dirección de corriente en la capa superficial.

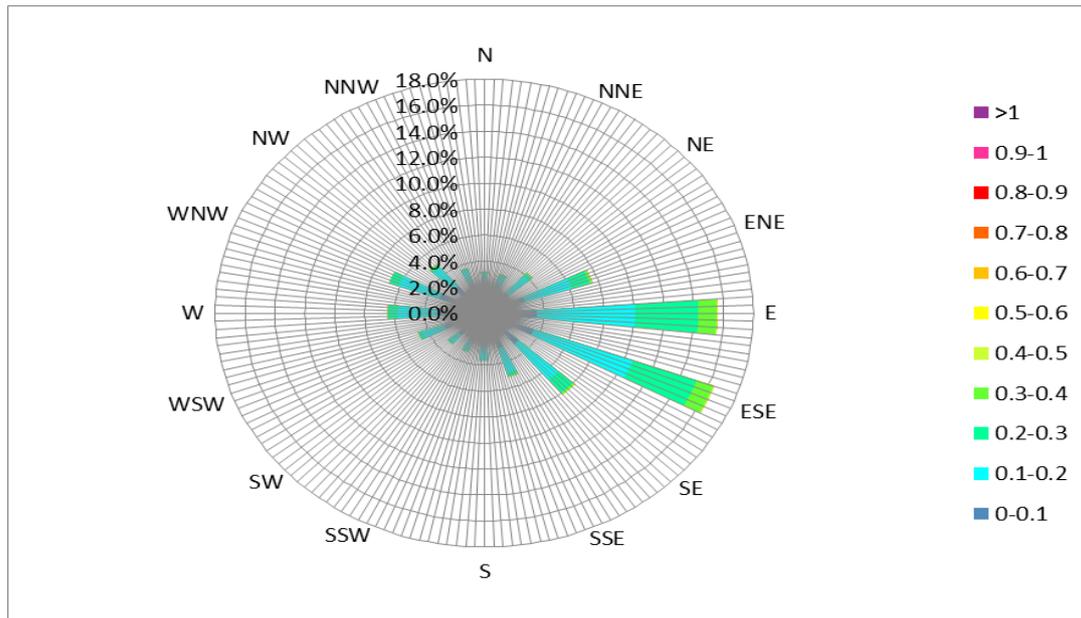


Figura 27. Rosa de corrientes en la capa superficial.

La dirección más frecuente es, con amplia diferencia, la del ESE (30,7%). En un segundo nivel se encuentran el ENE (16,2%) y el WNW (13,2%). En cuanto a las velocidades, las medias y máximas más altas corresponden también a la dirección más frecuente, el ESE (0,171 m/s y 0,46 m/s respectivamente).

3.1.6.2 Cálculo de la hidrógrafa o vector progresivo

El vector progresivo se construye mediante la acumulación sucesiva de las componentes del desplazamiento Norte-Sur y Este-Oeste, obtenido del registro del correntímetro a intervalos de 10 minutos durante el período de medida. El gráfico muestra las posiciones correspondientes al desplazamiento horizontal del agua en el caso de que toda la masa de agua próxima a la estación donde se ha ubicado el correntímetro fuese la misma que la del punto de medida.

Capa de fondo



Figura 28. Hodógrafa en la capa de fondo.

De la figura se desprende que, aunque se produzcan cambios de sentido y de direcciones en el movimiento del agua durante el periodo de medida, el desplazamiento neto de la masa de agua es hacia el Sureste.

De la figura se desprende que, aunque se produzcan cambios de sentido y de direcciones en el movimiento del agua durante el periodo de medida, el desplazamiento neto de la masa de agua es hacia el Sureste.

Capa intermedia



Figura 29. Hodógrafa en la capa intermedia.

De la figura se desprende que, aunque se produzcan cambios de sentido y de direcciones en el movimiento del agua durante el periodo de medida, el desplazamiento neto de la masa de agua es hacia el Sureste.

Capa superficial



Figura 30. Hodógrafa en la capa superficial.

Igual que para la capa de fondo e intermedia, de la figura se desprende que, aunque se produzcan cambios de sentido y de direcciones en el movimiento del agua durante el periodo de medida, el desplazamiento neto de la masa de agua es hacia el Sureste.

3.1.6.3 Oleaje

Altura significativa del oleaje

A continuación, se muestra el resumen estadístico y la serie temporal de la variable altura de ola significativa.

Altura significativa registrada del 15 de octubre al 17 de diciembre de 2014		
Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
0,52 m	3,22 m	0,14 m

Tabla 5. Resumen estadístico de la altura significativa del oleaje.

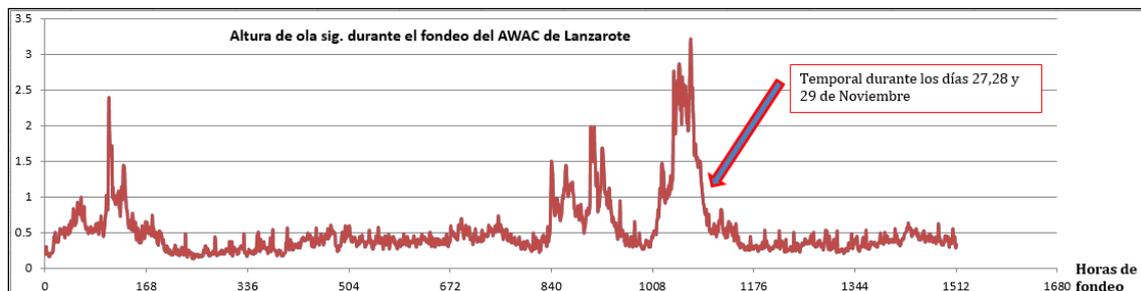


Figura 31. Serie temporal de datos de Hs.

Periodo de pico del oleaje

Periodo de pico registrado del 15 de octubre al 17 de diciembre de 2014		
Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
7,91 s	14,33 s	5,82 s

Tabla 6. Resumen estadístico del periodo de pico.

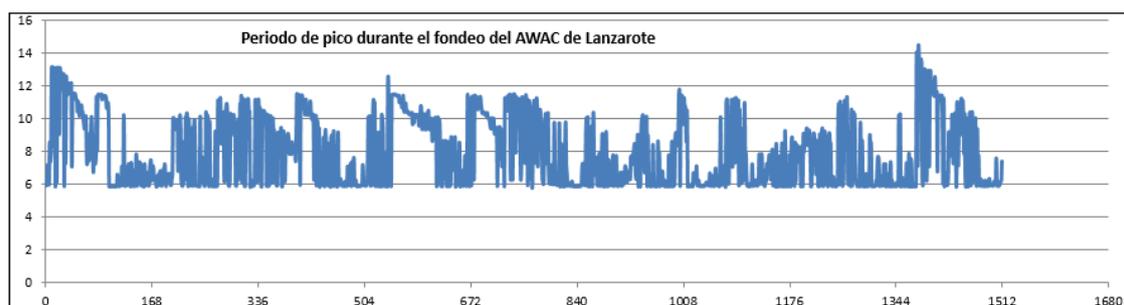


Figura 32. Serie temporal de datos de Tp.

Dirección de procedencia del oleaje

Dirección de procedencia registrada del 15 de octubre al 17 de diciembre de 2014		
Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
237°	344°	80°

Tabla 7. Resumen estadístico de la dirección de procedencia.

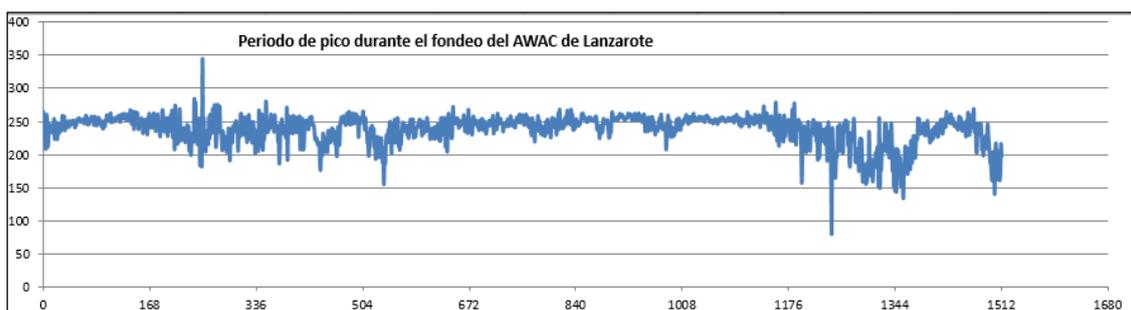


Figura 33. Serie temporal de datos de Dirección de procedencia.

En las gráficas anteriores se observa cómo el temporal entre el 27 y 29 de noviembre tiene un importante efecto en la altura del oleaje, aunque no va acompañado de un aumento del periodo de pico ni de un cambio relevante en la dirección de procedencia, tratándose de un temporal del WSW (sobre 250°) y periodos cortos (sobre 7 s).

3.1.6.4 Nivel del mar

A continuación, se muestra el registro de nivel del mar durante el periodo de fondeo. Se observa la sucesión de mareas vivas y muertas, modificándose la amplitud de la carrera de marea.

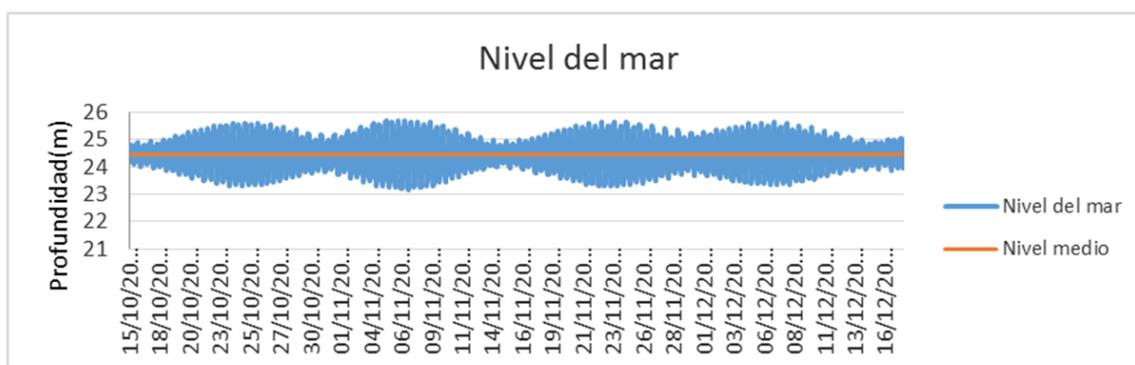


Figura 34. Registro del nivel del mar.

A continuación, se muestra la relación, durante 24 horas, del registro de nivel del mar con el de velocidad de la corriente.

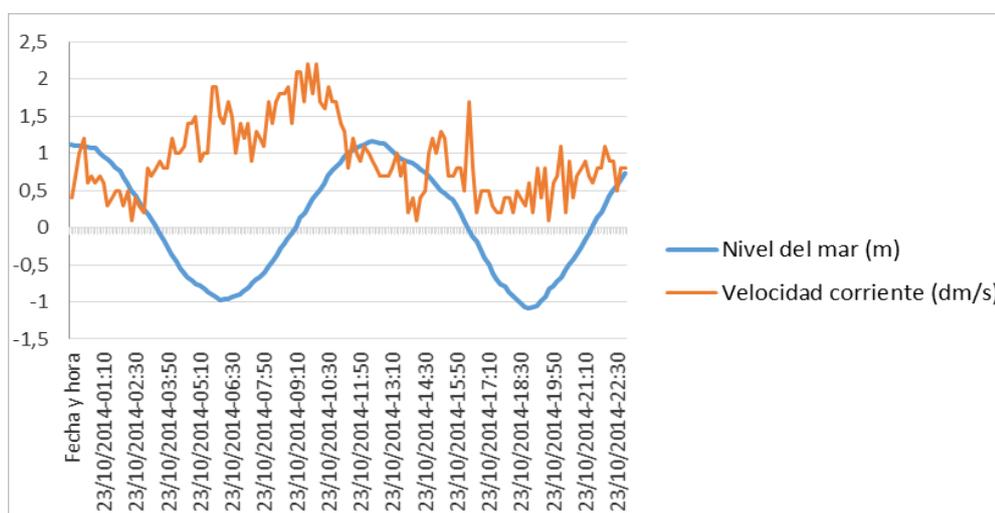


Figura 35. Registro del nivel del mar frente a velocidad de corriente.

En la gráfica anterior se observa cómo la corriente tiene picos máximos durante la llenante y la vaciante, siendo menor la intensidad en pleamar y bajamar.

3.1.6.5 Valoración final del análisis de corrientes

En este apartado se discuten los resultados obtenidos en el registro del correntímetro fondeado. En las gráficas y figuras mostradas anteriormente pueden observarse las series temporales de los diferentes parámetros estudiados a partir de los datos registrados.

Las capas superficiales están sujetas a la acción del oleaje y del viento con lo que los datos registrados, tanto en dirección como intensidad, reflejan una mayor variación e intensificación como consecuencia de la acción conjunta de ambos fenómenos.

Corrientes

Del análisis de corrientes se concluye que las corrientes se dirigen en todas las capas, mayoritariamente hacia el SE, tal y como muestran las hodógrafas. Los histogramas son coherentes con las hodógrafas, ya que las corrientes hacia el ESE tienen presencia más del 30% del tiempo, y son las más intensas.

Las velocidades medias más altas se dan para las direcciones ESE, ENE y SSE, y rondan los 0,1 m/s, mientras que en el resto de direcciones están sobre los 0,07 m/s. Las velocidades máximas alcanzan, para las direcciones ENE, ESE y SSE los 0,3-0,4 m/s, mientras que para el resto de direcciones están sobre los 0,2 m/s.

Oleaje

Los resultados muestran que la altura significativa del oleaje se mantiene la mayor parte del tiempo sobre los 0,5 m, con presencia de 3 temporales, especialmente del 27 al 29 de noviembre, alcanzándose una altura significativa máxima de 3,22 m. El periodo de pico medio es de 7,91 s, no apreciándose un incremento durante el mayor temporal. En cuanto a la dirección de procedencia del oleaje, se mantiene la mayor parte del tiempo entorno a los 250°, no variando durante los temporales.

Nivel del mar

El nivel del mar tiene oscilaciones con 2,5 m de amplitud en mareas vivas, y 1 m en mareas muertas.

3.2 DINÁMICA Y TRANSPORTE LITORAL

El objetivo principal de los análisis que se presentan en este apartado es la caracterización de la dinámica litoral en las zonas de Corralejo (Fuerteventura) y de Las Coloradas (Lanzarote), a partir de las corrientes generadas por la rotura del oleaje en condiciones medias.

El Estudio de Impacto Ambiental, en el Anejo 6 (Estudio clima marítimo, dinámica y transporte litoral) incluye el estudio completo de dinámica y transporte litoral en relación a las corrientes generadas por oleaje y la evolución de los perfiles. A continuación, se hace un extracto del mismo.

3.2.1 CORRIENTES GENERADAS POR EL OLAJE

Tras el análisis de clima marítimo y el estudio de propagaciones, se procede a analizar las corrientes generadas por la rotura del oleaje. Estos resultados indican el comportamiento que tendrán los sedimentos finos puestos en suspensión en las operaciones de enterramiento del cable submarino.

Para dicho análisis se realizan simulaciones numéricas, a partir de los datos de las propagaciones del oleaje, sobre las mismas mallas de resolución y para cada uno de los oleajes propagados. Dichas simulaciones se han realizado por medio del modelo COPLA-SP, incluido en el SMC, a partir de las cuales se determinará el patrón hidrodinámico para cada una de las condiciones de oleajes tipo analizados en condiciones 2D-H.

Zona de Lanzarote

A continuación, se muestran los ejemplos más significativos de las corrientes de rotura generadas en la zona analizada. Se trata de los resultados de los oleajes de mayor periodo, que generan corrientes de mayor intensidad. Las velocidades máximas registradas en un dominio próximo a la conexión del cable con tierra, han sido: 12 cm/s.

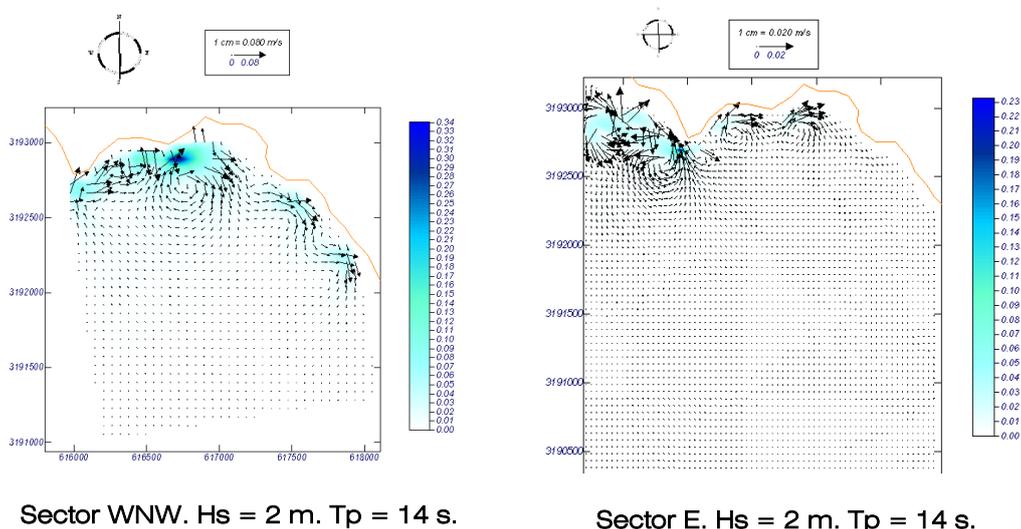


Figura 36. Distribución en planta de las corrientes generadas por el oleaje.

Zona de Fuerteventura

En las siguientes figuras se muestran los ejemplos más significativos de las corrientes de rotura generadas en la zona analizada.

A medida que el período del oleaje aumenta, también lo hacen las velocidades asociadas. Lo mismo ocurre con la variable altura de ola. Las velocidades máximas registradas en un dominio próximo a la conexión del cable con tierra están en torno a los 45 cm/s.

Igual que en el caso de Lanzarote, para una mejor visualización de las figuras, el tamaño de los vectores que representan la dirección se ha ajustado a la intensidad. Por lo tanto, al comparar los campos de corrientes de las figuras, se debe tener en cuenta que tienen escalas diferentes.

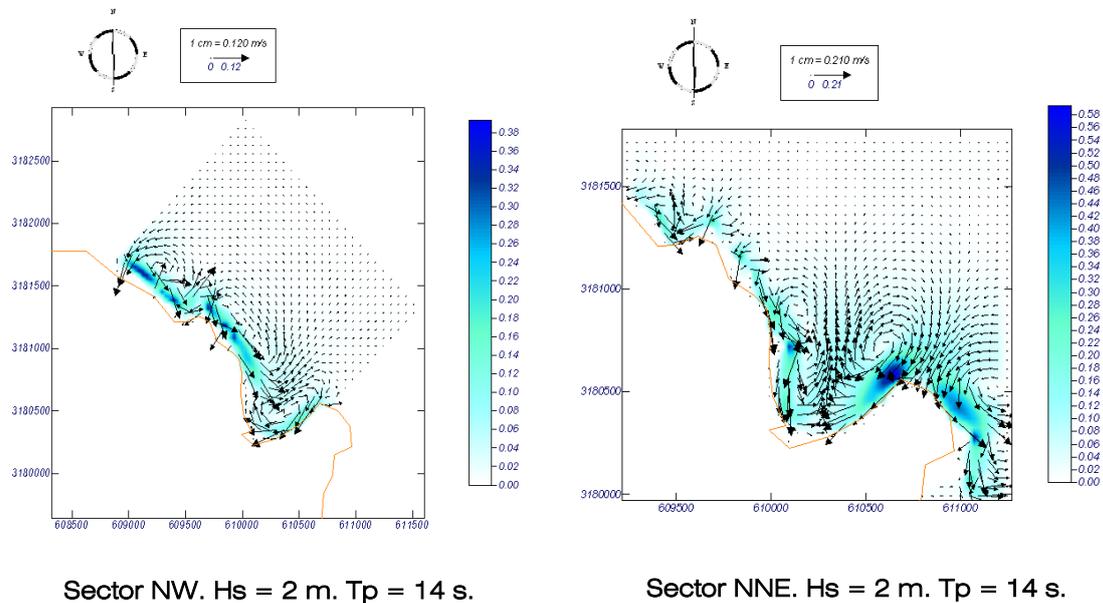


Figura 37. Distribución en planta de las corrientes generadas por el oleaje.

3.2.2 PROFUNDIDAD DE CIERRE

La profundidad de cierre es un concepto que permite conocer la profundidad por debajo de la cual no se producen cambios significativos en el perfil de playa. El cálculo de la profundidad de cierre se puede realizar mediante diferentes formulaciones en este caso se ha empleado la fórmula de Birkemeier (1985):

Para la costa de Lanzarote, a partir del régimen medio de oleaje en la zona de interés, se ha calculado que la Hs12 (altura de ola superada sólo 12 horas al año) es de 2,96 m. Calculando la profundidad de cierre con la expresión anterior, se obtienen un valor de 4,95 m. Este valor da una idea de los calados máximos a los que se puede producir transporte de sedimentos. Con esto también se contrasta el resultado encontrado en el análisis de las corrientes generadas por el oleaje en rotura. Se puede considerar que la parte activa del perfil ronda los 5 m de profundidad.

Para el caso de Fuerteventura, la Hs12 es de 4,03 m, y la profundidad de cierre, según la fórmula indicada, de 6,7 m. La profundidad de cierre estará por tanto sobre los 7 m.

3.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS MARINAS

Tal y como indica el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en el documento "Estrategia Marina Demarcación Marina Canaria", en las aguas marinas, la mayoría de los contaminantes se encuentran en cantidades muy pequeñas, por lo que su cuantificación analítica resulta compleja y costosa. Por otro lado, el contenido de los contaminantes orgánicos e inorgánicos en el agua, especialmente en zonas costeras, presentan una elevada variabilidad temporal, debido a que su concentración está influenciada por las mareas, las corrientes, los vientos o los vertidos intermitentes.

El EslA del proyecto incluye una evaluación de las características de la masa de agua presente en la zona de estudio.

El presente capítulo se centra en las características de las aguas marinas vulnerables a los efectos del cambio climático, especialmente la temperatura y acidificación.

3.3.1 CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE LAS AGUAS MARINAS

Para completar la descripción de la calidad del agua marina en el ámbito de estudio, se han utilizado los resultados analíticos obtenidos a partir de las muestras recogidas en la campaña oceanográfica ejecutada durante el mes de octubre de 2014. Se incluyen todos los parámetros indicadores de las principales características del agua marina.

En la zona de estudio se tomaron un total de 24 muestras de agua de mar en ocho estaciones dispuestas a lo largo de la malla de muestreo y a tres niveles de profundidad (superficie, nivel intermedio y fondo) mediante un equipo oceanográfico específico para la toma de muestras (botella Niskin). El Estudio de Impacto Ambiental del proyecto incluye, en el Anejo 5 (Metodología de los trabajos marinos) la metodología empleada para la recogida de las aguas marinas.

La siguiente imagen muestra la ubicación de las estaciones de recogida de las aguas marinas:

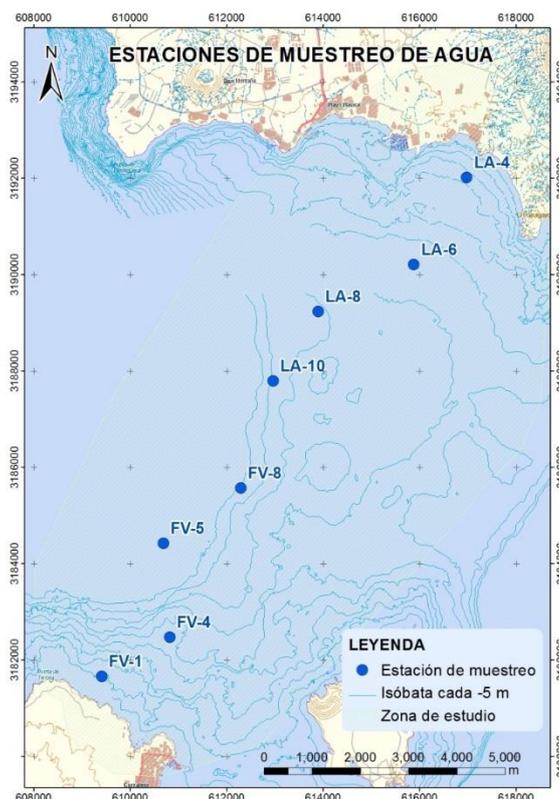


Figura 38. Ubicación de las estaciones de muestreo de agua marina.

Las muestras de agua se trataron en el laboratorio de Tecnoambiente, S.L. mediante los protocolos adecuados y adaptados para las aguas marinas. El Estudio de Impacto Ambiental, en el Anejo 8 (Resultado de laboratorio) incluye los valores de los distintos parámetros analizados en las muestras, tanto a nivel físico (transparencia, materias en suspensión...) como a nivel de componentes químicos (nutrientes, pH...).

En general, a partir de los resultados obtenidos, se puede afirmar que las aguas marinas de la zona de estudio no presentan indicios de contaminación. De hecho, tanto las concentraciones de los nutrientes inorgánicos como de los hidrocarburos totales y de metales pesados se encuentran en la mayor parte de los casos por debajo del límite de detección del método analítico empleado para su determinación. Además, las concentraciones de carbono orgánico total se encuentran en la normalidad ambiental para aguas de estas características en todas las muestras analizadas, tanto las superficiales como las profundas.

En los siguientes apartados se comentan en detalle los resultados obtenidos a partir de la batería analítica realizada sobre las muestras de agua:

3.3.1.1 *Nutrientes inorgánicos*

En el medio marino, los nutrientes más importantes son las sales inorgánicas de nitrógeno y fósforo, aunque existen otras que, incluso, se convierten en elementos fundamentales para el desarrollo de determinados organismos marinos (microorganismos), como es el silicato para las diatomeas y flagelados. También en el agua de mar existen otros muchos elementos en bajas concentraciones (trazas), que se conocen con el nombre de micronutrientes. Estos tienen gran importancia debido a que forman parte de complejos enzimáticos característicos de los organismos acuáticos. Entre ellos se encuentra el hierro, el zinc, el cobalto y el molibdeno.

La presencia de nutrientes en el agua de mar, es otro importante indicador para evaluar la calidad del agua y la presencia o ausencia de vegetación marina.

El abastecimiento a las capas superficiales de grandes cantidades de nutrientes está limitado por la aparición de la pycnoclina o capa de cambio brusco de densidad.

La circulación del agua interviene en la concentración de estos nutrientes en las diferentes capas del océano y se puede considerar que los nutrientes se encuentran en los primeros 1.000 m de profundidad y la degradación de la materia orgánica puede ocurrir en toda esta zona; mientras que la fotosíntesis se realiza en los 100 m de profundidad oceánica en la llamada zona eufótica, que es aquella en que penetra la luz solar. Los nutrientes salen nuevamente a la superficie, por corrientes de agua ascendentes, que se producen al cambiar la temperatura de las diferentes masas de agua, en las llamadas zonas de surgencia o afloramiento, donde es tomada por los pequeños vegetales que forman el fitoplancton, los que al utilizar la energía solar y el bióxido de carbono vuelven a elaborar sustancia orgánica.

Los nutrientes indispensables para la síntesis de materia orgánica en el medio marino son sales de nitrógeno, fósforo y silicio. La concentración de estos compuestos es determinante para la regulación de las poblaciones fitoplanctónicas, siendo la mayor o menor cantidad de estos nutrientes la causa de episodios de eutrofización y oligotrofización respectivamente.

De forma general, las concentraciones de estos compuestos suelen ser muy bajas en toda la columna de agua, y ligeramente superiores en los niveles más profundos. En la capa superficial la concentración de nutrientes alcanza sus valores más elevados a finales del invierno, esta situación posibilita durante la primavera una mayor biomasa de productores primarios.

Las poblaciones de microalgas aprovechan esta biodisponibilidad, que unido al aumento de la temperatura y a una mayor insolación les permite internalizar estos compuestos que quedarán disponibles en la columna de agua después de la regeneración bacteriana de los sedimentos. Esto explica el empobrecimiento en nutrientes después de la primavera y una reducción en la biomasa de productores primarios, hecho que se hace notable durante el verano. Los nutrientes que más influyen en este proceso son los fosfatos y los nitratos.

En algunos ecosistemas el factor limitante es el fosfato, como sucede en la mayoría de los lagos de agua dulce, pero en muchos mares el factor limitante es el nitrógeno. Los valores obtenidos cerca de la costa pueden ser en ocasiones elevados debido a la resuspensión de los sedimentos del fondo y a los aportes de algunos ríos.

Para las especies del nitrógeno, (nitrito, nitrato y amonio) su importancia y distribución son muy similares a los del fósforo y, dentro de las diferentes concentraciones en que aparecen en las aguas marinas, existe un gran paralelismo entre dichas concentraciones y sus variaciones. Este detalle es normal si tenemos en cuenta que tanto los compuestos del fósforo como los del nitrógeno cumplen unas funciones similares en el medio marino y tanto sus consumidores como sus fuentes de producción son las mismas para ambas sustancias.

Para la valoración de los resultados de nutrientes obtenidos a partir de los análisis llevados a cabo sobre las muestras de agua marina procedentes de la zona de estudio, se han considerado los valores de referencia de los diferentes indicadores de calidad físicoquímicos de la DMA establecidos en el informe "Condiciones de Referencia de las Tipologías de las Masas de Agua Costeras" del Gobierno de Canarias (2006).

En primer lugar, para la aplicación de estos valores de referencia, cabe señalar que, según establece la Dirección General del Agua del Gobierno de Canarias en el documento “Informe de los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua” (2005), se distinguen 5 tipologías de masas de aguas (ecotipos) en el Archipiélago Canario en función de sus características químico-físicas.

La distribución de las diferentes tipologías de las masas de agua en la zona objeto de estudio, en función de la clasificación llevada a cabo por el Gobierno Canario, se puede apreciar en la imagen que se presenta a continuación:

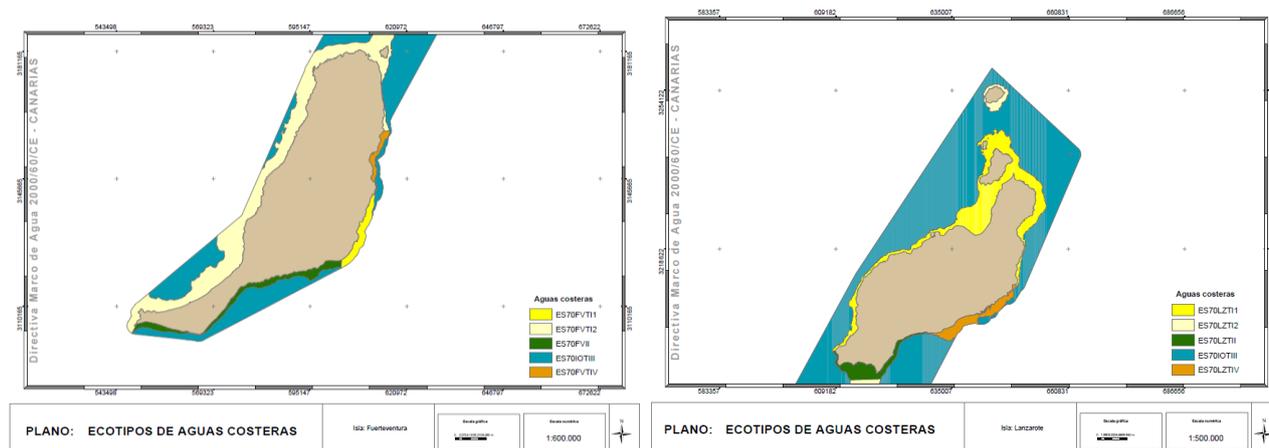


Figura 39. Distribución de los diferentes tipos de masas de agua costera en la zona de estudio. Fuente: Informe de los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua (Gobierno de Canarias, 2005).

Como se aprecia en la imagen anterior, en el área de estudio se identifican 3 diferentes masas de agua (ES70FVTI2, ES70LZTII y ES70IOTIII), cuyas características se indican en la tabla que se presenta a continuación:

CARACTERÍSTICA	ES70FVTI2	ES70LZTII	ES70IOTIII
Isla	Fuerteventura	Lanzarote	Entre Fuerteventura y Lanzarote
Tipología	I	II	III
Definición	Expuesta Velocidad baja Somera	Protegida Velocidad baja Somera	Protegida Velocidad baja Profunda
Salinidad	>30	>30	>30
Mareas	1-3 m	1-3 m	1-3 m
Profundidad	<50 m	<50 m	>50 m
Velocidad corriente	<1 nudo	<1 nudo	<1 nudo
Exposición oleaje	Expuesto	Protegido	Protegido
Condiciones mezcla	Mezcla	Mezcla	Mezcla
Residencia	Días	Días	Días
Sustrato	Blando-duro	Blando-duro	Blando-duro
Área intermareal	<50%	<50%	<50%
Presiones/Amenazas	NO	NO	NO
Estaciones muestreadas	FV-1, FV-4	LA-4, LA-6	LA-8, LA-10, FV-5, FV-8

Tabla 8. Características de los ecotipos de masas de agua localizadas en la zona de estudio. Fuente: Informe de los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua (Gobierno de Canarias, 2005).

En segundo lugar, una vez identificados los ecotipos de masas de agua presentes en la zona de estudio, se puede proceder a la definición de los valores de referencia de su calidad fisicoquímica sobre la base de las indicaciones contenidas en el informe “Condiciones de Referencia de las Tipologías de las Masas de Agua Costeras” del Gobierno de Canarias (2006).

En la tabla que se presenta a continuación, se muestran los indicadores elegidos y las condiciones de referencia para definir el estado de las masas de agua según la tipología de las mismas (“Muy bueno” o “Muy malo”):

INDICADOR	UN.	MASA DE AGUA TIPO I		MASA DE AGUA TIPO II		MASA DE AGUA TIPO III	
		Muy bueno	Muy malo	Muy bueno	Muy malo	Muy bueno	Muy malo
Saturación de oxígeno	%	117	80	112	80	118	80
Turbidez	NTU	0.7	150	0.3	150	0.7	150
Amonio	$\mu\text{mol/l}$	0.08	5.49	0.68	10.06	0.02	4.12
Nitratos	$\mu\text{mol/l}$	0.01	8.85	0	12.71	0	7.61
Fosfatos	$\mu\text{mol/l}$	0	0.29	0.03	0.69	0.03	0.27

Tabla 9. Condiciones de referencia para el estado de las masas de agua para los parámetros indicadores en cada masa de agua presente en la zona de estudio.

Fuente: “Condiciones de Referencia de las Tipologías de las Masas de Agua Costeras” del Gobierno de Canarias (2006).

En general, los valores obtenidos para los nutrientes analizados son muy homogéneos en todas las estaciones y para los tres niveles de profundidad monitorizados.

Respecto a los valores obtenidos en los análisis realizados para algunos nutrientes, en concreto para los fosfatos y los silicatos, todas las muestras presentan valores por debajo del límite de detección de los métodos analíticos empleados para su determinación (<0,02 mg/L (expresado en $\mu\text{mol/L}$: 0,21) y <0,53 mg/L, respectivamente).

Para el resto de nutrientes, los valores obtenidos en el caso de los nitritos, nitratos y amonio, son más variables. Los valores de nitritos oscilan de forma general entre los 0,07 y 0,11 mg/L (1,52-2,39 $\mu\text{mol/L}$) a lo largo de toda el área muestreada.

Para los nitratos se han observado valores altos en casi todas las estaciones, oscilando estas concentraciones entre un mínimo de 0,68 mg/L (10,96 $\mu\text{mol/L}$) para la muestra FV4-F y un máximo de 1,1 mg/L (17,74 $\mu\text{mol/L}$) para la muestra LA4-S. En el caso del amonio, se han detectado valores que oscilan entre mínimos inferiores al límite de detección (<0,1 mg/L (5,55 $\mu\text{mol/L}$)) para algunas muestras (FV1-M, FV4-S, FV5-F, FV8-M y F, LA4-M, LA6-S y LA8-M) y un máximo de 0,16 mg/L (8,88 $\mu\text{mol/L}$) para la muestra FV5-S.

A la vista de estos resultados obtenidos para los nutrientes, tanto para el amonio como para los nitratos, las concentraciones obtenidas superan en algunas ocasiones los límites establecidos por el Gobierno de Canarias para aguas en muy mal estado. Estos valores se podrían considerar en un principio para algunas de las estaciones monitorizadas, concentraciones moderadas en comparación con los valores de fondo de aguas profundas (mar abierto). En el caso de los fosfatos sin embargo no superan los límites establecidos en ninguna de las estaciones monitorizadas.

No obstante, se quiere destacar la enorme variabilidad existente para la concentración de nutrientes en las aguas marinas en función de la bibliografía consultada. Por otra parte, se han de tener en cuenta muchos factores que afectan al ciclo de nutrientes en la columna de agua (época del año, profundidad en la columna, área geográfica, etc.).

Cabe señalar que la concentración de nutrientes en las aguas marinas presenta una muy elevada estacionalidad. Estos valores varían en función de la época del año debido principalmente a los ciclos de las poblaciones fitoplanctónicas. El muestreo se ha realizado en otoño, época del año en la que se detectan en general concentraciones más elevadas de nutrientes en la columna de agua, tanto en la capa superficial, como en la profunda.

3.3.1.2 Materias en suspensión y turbidez

La capacidad de penetración de la luz está directamente relacionada con la transparencia; a mayor transparencia, mayor es la cantidad de luz que puede penetrar y mayor es la profundidad que esta alcanza.

Durante los primeros metros de la columna de agua la mayor parte de la energía es absorbida. La intensidad de la luz disminuye con la profundidad, el agua absorbe fotones de determinada energía, también son determinantes los procesos de absorción y dispersión de la radiación incidente por parte de las partículas en suspensión. En consecuencia, los cinco primeros metros de aguas claras absorben aproximadamente el 70% de la energía lumínica, mientras que en aguas turbias puede llegar al 90%. Más abajo aún puede llegar una cantidad de luz que es aprovechada por las algas y el fitoplancton con un sistema pigmentario característico.

La intensidad lumínica es una variable determinante en la zonación bentónica, pues determina las especies que se pueden desarrollar y la profundidad a la que se pueden encontrar. La intensidad límite para poder realizar la fotosíntesis es del 1% de la intensidad lumínica de la que se da en superficie, lo que condiciona los límites de distribución de los productores primarios y de las especies acompañantes. Su influencia es evidente también en la capacidad productiva de las aguas al afectar a la actividad fotosintética de los productores primarios (nivel trófico básico en la estructuración y funcionamiento de un ecosistema).

La transparencia de una masa natural de agua es entonces un factor decisivo para la calidad y productividad de los ecosistemas, ya que las aguas turbias impiden la penetración de la luz provocando un decremento de la actividad fotosintética.

Los parámetros que definen la transparencia del agua son, junto la penetración de la luz (obtenida a partir de la lectura del disco de Secchi), las partículas en suspensión (MES) y la turbidez (FTU). La turbidez que presenta un agua es la dificultad de la misma para transmitir la luz, debido a los materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos e incluso microorganismos, que existen principalmente en aguas superficiales.

En general los valores de las materias en suspensión (MES) en aguas abiertas oscilan alrededor de 1 mg/l, en franjas costeras la media se sitúa alrededor de los 5-6 mg/l, alcanzando en zonas de carácter urbano los 10 mg/l y excepcionalmente pudiendo llegar hasta los 25-30 mg/l.

En cuanto a las concentraciones de MES registradas en las muestras analizadas, la mayor parte de los valores son inferiores al límite de detección del método analítico empleado para su determinación (<2 mg/l). Las concentraciones más elevadas se han registrado en las muestras de agua superficial de las estaciones ubicadas en la zona de menor profundidad de Lanzarote, donde se alcanza un máximo de 2,3 mg/l en el punto de muestreo LA-6.

En general, se trata de concentraciones muy reducidas, no obstante, se ha de tener en cuenta que estos parámetros están sometidos a una marcada variabilidad temporal en función de las condiciones hidrográficas del momento, así como de las posibles aportaciones costeras.

En cuanto a la turbidez, parámetro directamente relacionado a la concentración de materias en suspensión, los valores obtenidos en todas las muestras analizadas se encuentran por debajo del límite de detección empleado para su determinación (1,0 NTU). De hecho, tal y como se especifica en el apartado correspondiente a la descripción de los perfiles termohalinos, a lo largo de toda la columna de agua y en todas las estaciones consideradas, los valores de turbidez son muy bajos, tanto para las estaciones más próximas a la costa, como para los puntos de muestreo ubicados a mayores profundidades.

En general, tanto las concentraciones para la MES como los valores registrados para la transparencia, son indicadores de aguas muy transparentes con una escasa presencia de materiales en suspensión.

3.3.1.3 Carbono orgánico total (TOC)

El Carbono Orgánico Total (TOC) es la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa frecuentemente como un indicador de la carga orgánica de las aguas y, por consiguiente, de su calidad ambiental.

En el mar la materia orgánica se encuentra principalmente en su forma disuelta formada por sustancias complejas poliméricas que han resistido al ataque bacteriano y por compuestos en forma coloidal. La procedencia de materia orgánica en el medio marino puede ser de carácter alóctono (procedente de ríos que arrastran materiales originados por procesos naturales o de origen antropogénico) o de carácter autóctono (por autólisis enzimática de los organismos muertos, por acción bacteriana en dichos restos o por excreciones de animales y algas).

En el medio marino existe un equilibrio dinámico entre materia orgánica (fuente de alimentación) y productores primarios, fenómenos de precipitación y liberación, y flujos en las masas de agua.

En aguas marinas o continentales con poca cantidad de carbono orgánico total (TOC) y elevado carbono inorgánico (IC) se realiza la analítica del NPOC (Carbono Orgánico No Purgable). El NPOC es una variante de la analítica del TOC. Es una metodología más precisa en que se mide el carbono orgánico residual después de la acidificación y purga. La mayor exactitud radica en la eliminación del carbono inorgánico antes de la medida del carbono orgánico y es especialmente útil para muestras en que este último elemento se encuentra en mayor concentración.

En la zona de estudio, todas las muestras analizadas presentan una concentración de NPOC inferior al límite de detección del método analítico empleado para su determinación (<5 mg/l). Estos resultados indican una carga orgánica de las aguas en general baja y, por consiguiente, un buen estado de la masa de agua presente en el área objeto de estudio, no pudiéndose relacionar en un principio, con contaminación orgánica.

3.3.1.4 Hidrocarburos totales

Los valores obtenidos en la columna de agua de la zona marina de estudio se encuentran dentro del rango esperado en aguas marinas de este tipo, siendo en todos los casos inferiores a los límites de detección del método analítico empleado para su determinación (0,05 mg/l).

A partir de estos resultados, se puede considerar que no existen indicios de contaminación por hidrocarburos en las aguas marinas de la zona de estudio.

3.3.1.5 Metales pesados

Los metales pesados analizados en las muestras procedentes de la zona de estudio han sido el cadmio y el cobre.

El cadmio es un metal pesado presente de forma natural en la corteza terrestre pero que también es producto de actividades industriales y agrícolas. El cadmio presente en el medio ambiente es principalmente consecuencia de su emisión a la atmósfera por diferentes actividades, distribuyéndose posteriormente en los distintos comportamientos ambientales. En general, se estima que las fuentes que producen una mayor liberación de cadmio al medio ambiente, son la minería, las combustiones de aceites y carbones, y las plantas incineradoras. Otra fuente importante de contribución de este metal al medio ambiente es el uso de fertilizantes obtenidos a partir de sedimentos o rocas ricas en cadmio (Repetto, 1995).

En cuanto al cobre, en general, entre sus fuentes antropogénicas se incluye la minería y actividades derivadas de ellas, la industria eléctrica, agricultura, lodos residuales y la industria del acero (Martínez y Pérez, 2007).

A partir de los resultados obtenidos, se puede afirmar que las concentraciones de estos dos metales pesados en las aguas marinas de la zona de estudio son muy reducidas. En todas las muestras analizadas los valores obtenidos han sido inferiores a los límites de detección del método analítico empleado para su determinación: $<1 \mu\text{g/l}$ en el caso del cadmio y $5 \mu\text{g/l}$ para el cobre.

Ambos valores se encuentran por debajo de las concentraciones máximas admisibles establecidas para cada uno de estos elementos en el Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

3.3.2 PERFILES TERMOHALINOS

Para la caracterización de la estructura vertical de la columna de agua se llevaron a cabo una serie de perfiles termohalinos generados a partir de las medidas in situ tomadas de manera continua con sonda multiparamétrica (CTD).

La toma de datos dentro del ámbito de estudio se realizó a lo largo de la campaña llevada a cabo durante el mes de octubre 2014, en cuatro estaciones coincidentes con aquellas consideradas para la toma de muestras de aguas marinas a diferentes niveles de profundidad (en concreto para las estaciones LA-6, LA-10, FV-8 y FV-4).

En cada punto de muestreo se determinó el perfil vertical de la columna de agua en relación a diversos parámetros, tales como la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), la salinidad (psu), la densidad (kg/m^3), conductividad mS/cm y la turbidez (NTU), entre otros.

En este apartado, tras cada parámetro descrito se presentan los perfiles verticales obtenidos en las cuatro estaciones consideradas para la caracterización de la calidad de las aguas marinas de la zona de estudio.

3.3.2.1 Temperatura

De forma general, las aguas costeras en estudio son de tipo oceánico y están influenciadas por la Corriente de Canarias, del conjunto de corrientes marinas que forman el giro subtropical del Atlántico Norte. Esta corriente presenta temperaturas inferiores a las esperadas para estas latitudes. Por lo general, las temperaturas presentan un gradiente que aumenta de Este a Oeste siendo las temperaturas de las islas orientales inferiores a las occidentales, debido a la influencia del afloramiento africano. Las temperaturas medias oscilan entre los $17\text{-}18^{\circ}\text{C}$ en invierno y los $22\text{-}23^{\circ}\text{C}$ en verano. Aunque se pueden dar temperaturas superiores en verano.

El perfil vertical de la temperatura en las zonas comprendidas entre los 0 y 150 m de profundidad conforma una masa homogénea muy mezclada por la convección y turbulencia del viento. Aun así, durante el verano, se forma una termoclina entre los 25-75 m. Esta termoclina alcanza su máximo a principios de octubre, luego desaparece.

Esta acusada variabilidad estacional sigue un patrón de comportamiento cíclico generado por dos cambios térmicos notables que coinciden con las transiciones estacionales invierno-primavera y verano-otoño, dando lugar a la aparición de las termoclinas estacionales superficiales.

Durante el comienzo del periodo primaveral se produce un gradiente térmico poco acusado que da lugar a la formación de la termoclina a unos 10 metros de profundidad. A medida que transcurre la primavera, el gradiente térmico va aumentando y la termoclina estacional se va haciendo más acusada y profunda, hasta llegar al período estival, en el cual la estratificación de la columna de agua es muy marcada.

Esto ocurre porque en el período estival se produce un mayor calentamiento de las capas superficiales, dando lugar a esta estratificación clara de la columna de agua. La presencia de la termoclina da lugar a una clara compartimentación, que actúa como una barrera física para los intercambios entre las capas más superficiales y las más profundas.

Con la llegada del otoño, las temperaturas en la atmósfera descienden y se produce un enfriamiento de la capa superficial que favorece el aumento gradual de su densidad hacia las capas del fondo. Se inician entonces los procesos de mezcla entre las capas superficiales y profundas. Durante la época invernal prácticamente toda la columna de agua se encuentra entre 17 y 18°C de temperatura hasta alcanzar profundidades de unos 100 metros. Esta ausencia de gradiente térmico da lugar a una homogeneización de la columna de agua en profundidad.

Cabe señalar que la distribución espacial presenta una elevada irregularidad y variabilidad en el ciclo anual, debido a la fisonomía litoral, vientos locales y corrientes, dando lugar a embolsamientos de aguas frías cercanas a la costa en la estación primaveral y estival.

En cuanto a los perfiles de temperatura obtenidos a partir de los trabajos de campo, en todos los perfiles se observa cierta disminución de la temperatura en la capa más profunda de la columna de agua.

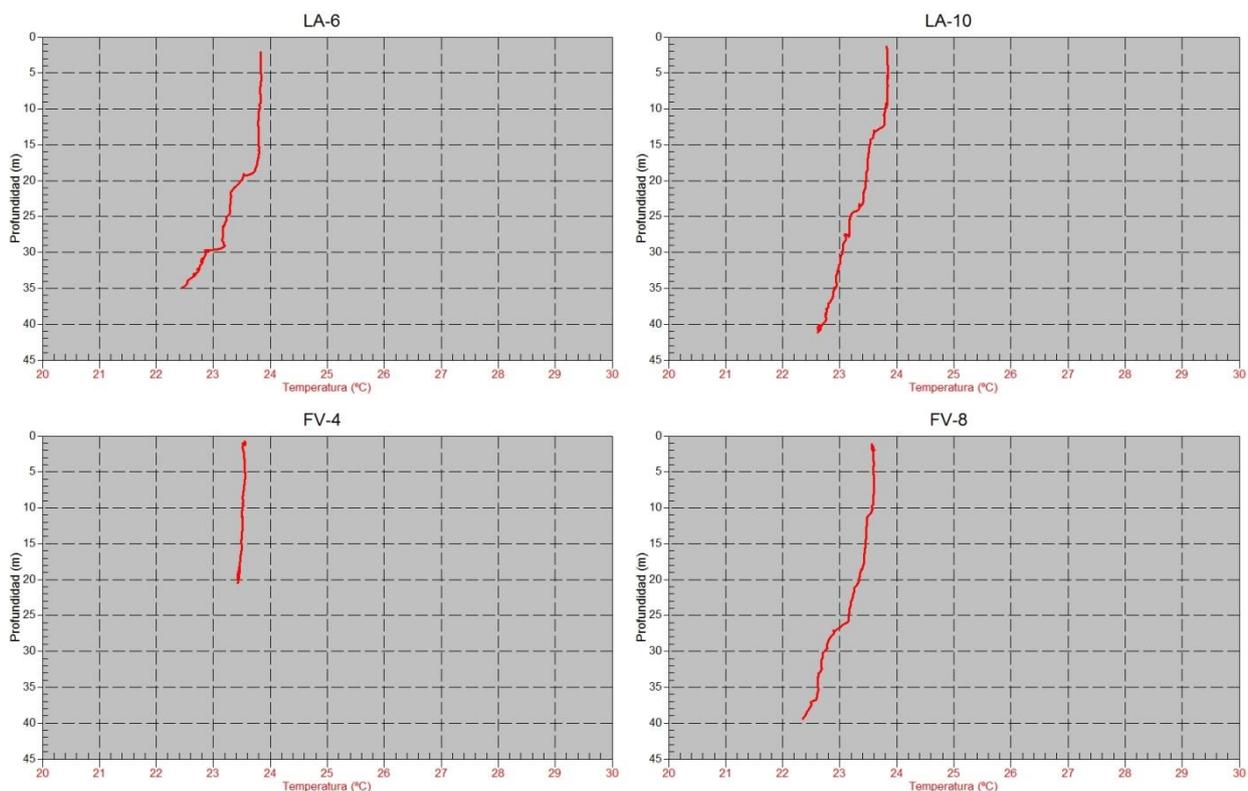


Figura 40. Perfiles de temperatura (LA-6, LA-10, FV-4 y FV-8).

Tal y como se puede observar en los gráficos anteriores, existe una elevada uniformidad entre las estaciones muestreadas, identificándose en ellas cierto gradiente térmico entre la capa superficial y profunda sin la definición de una marcada termoclina.

El estrato más superficial de la columna de agua presenta una temperatura alrededor de los 23,8°C, mientras que, en las zonas más profundas (a -40 m) se registran temperaturas de hasta 22,4°C.

3.3.2.2 *Salinidad*

La salinidad, determinación del contenido de sales inorgánicas disueltas en el agua, se calcula de manera indirecta a través de la conductividad, en un rango aproximado de 35-37 PSU (Practical Salinity Unit).

La salinidad puede definirse como la cantidad de sales disueltas en el agua. No obstante, el agua de mar es una solución muy compleja y su composición queda definida por un equilibrio entre diferentes procesos físico-químicos en los que intervienen tasas de adición y pérdidas de soluto, la evaporación y entrada de agua dulce.

Los cationes principales son, en este orden de abundancia, sodio, magnesio, calcio y potasio, mientras que los principales aniones son cloruros, sulfatos, bicarbonatos, borato, bromato y fluoruro, manteniéndose constante la proporción relativa de los diferentes constituyentes iónicos. Estos elementos constituyen el 99,9% de los materiales disueltos en agua de mar y aunque que su concentración varía de un lugar a otro, su proporción se mantiene constante.

Los valores normales de salinidad para aguas de Canarias oscilan en torno a 36-37 PSU, aunque también existe un gradiente de salinidad que aumenta de Este a Oeste en el Archipiélago, esto se debe, como en el caso de la temperatura, por la influencia del afloramiento africano sobre las islas Canarias.

En general, los valores de salinidad registrados en las estaciones ubicadas en la zona de estudio se encuentran en el rango normal de salinidad indicado anteriormente y son muy homogéneos a lo largo de todas las estaciones consideradas para la caracterización de las aguas marinas, variando entre 36,6 y 36,8 psu.

En los perfiles obtenidos se registran valores de salinidad muy homogéneos a lo largo de toda la columna de agua.

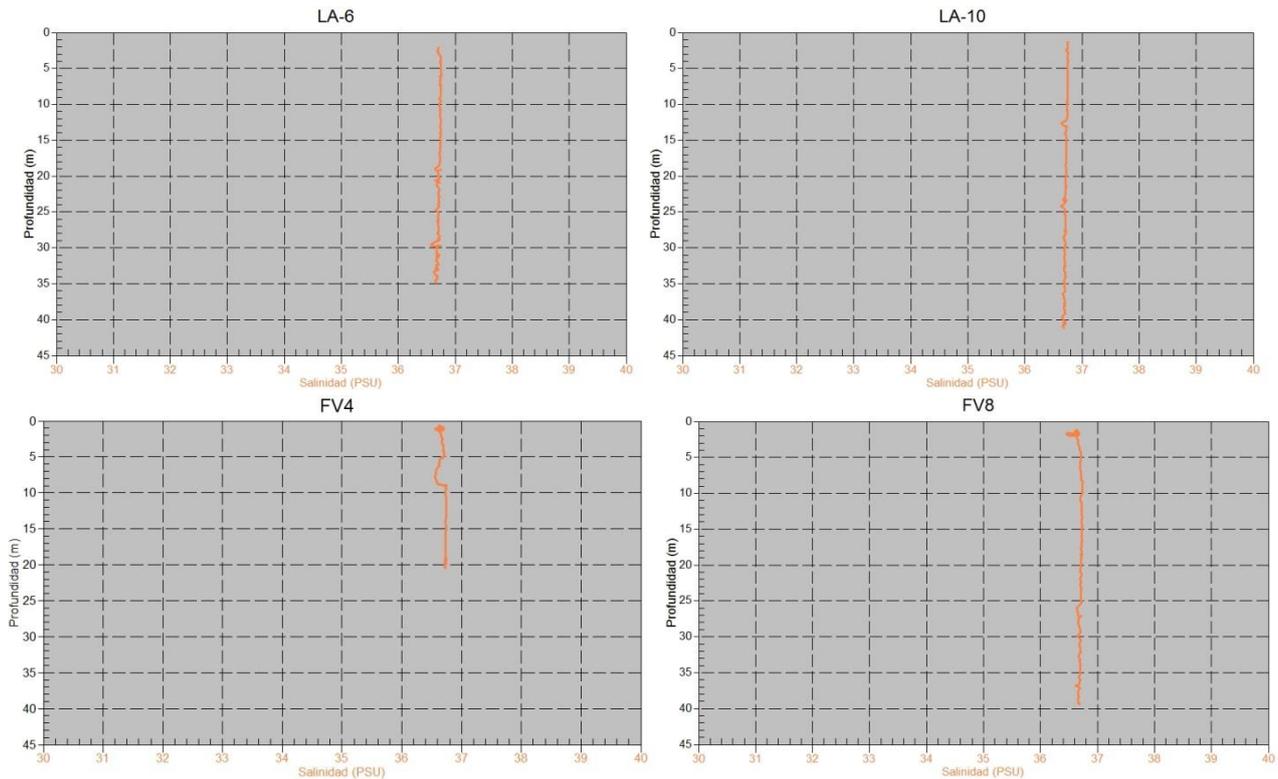


Figura 41. Perfiles de salinidad (LA-6, LA-10, FV-4 y FV-8).

3.3.2.3 Conductividad y densidad

La variación de la densidad, una de las propiedades más importantes del agua marina, está directamente relacionada con la temperatura y la salinidad, y también con la presión.

Un hecho característico de la variación de la densidad con la profundidad es que la densidad normalmente aumenta en las zonas más profundas. Aunque la densidad en el mar no aumenta uniformemente con la profundidad, debido a que es directamente proporcional a la presión (equivalente a la profundidad) y a la salinidad, e inversamente proporcional a la temperatura. Si la temperatura disminuye la densidad aumenta (aguas más frías son más densas). Por el contrario, si la salinidad disminuye, la densidad manifiesta el mismo comportamiento.

El estudio de la densidad, permite determinar las condiciones de equilibrio de una masa de agua en el mar. Por otra banda, la distribución de esta variable en el océano define a gran escala los movimientos de las masas de agua.

Tanto los perfiles verticales de conductividad como los de densidad, ambas variables correlacionadas con la temperatura y la salinidad, manifiestan la misma tendencia registrada en el caso de la temperatura, con cierto gradiente entre la capa superficial y profunda de la columna de agua. En referencia a la conductividad, el estrato superficial presenta valores alrededor de 54 mS/cm y va disminuyendo progresivamente hacia el fondo, donde, a la cota de -40 m, se alcanzan los 52,2 mS/cm.

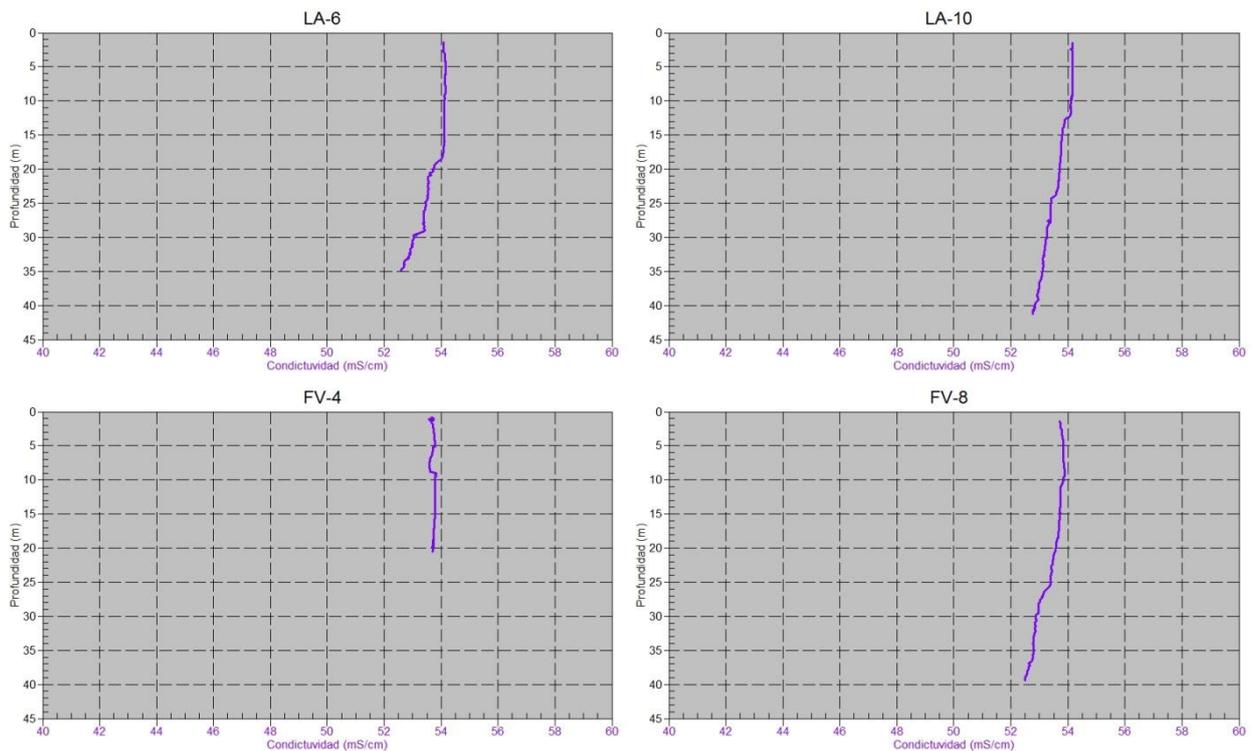


Figura 42. Perfiles de conductividad (LA-6, LA-10, FV-4 y FV-8).

La densidad depende de la temperatura y salinidad de las masas de agua, así como de la presión, y determina el campo de corrientes oceánicas; en este caso se expresa como densidad potencial, desviación de la densidad respecto a 103 kg/m³ (densidad del agua pura a 4°C).

Como se ha comentado anteriormente, también en el caso de la densidad, se observa cierto gradiente entre la capa superficial y profunda, pero, en este caso, el perfil es invertido respecto a la temperatura.

En la capa superficial, donde la temperatura del agua es mayor, se registran las densidades más bajas, alrededor de 25 kg/m³, mientras que hacia el fondo, donde el agua alcanza unos mínimos de 22,2°C, se encuentran valores máximos de densidad, de hasta 25,4 kg/m³.

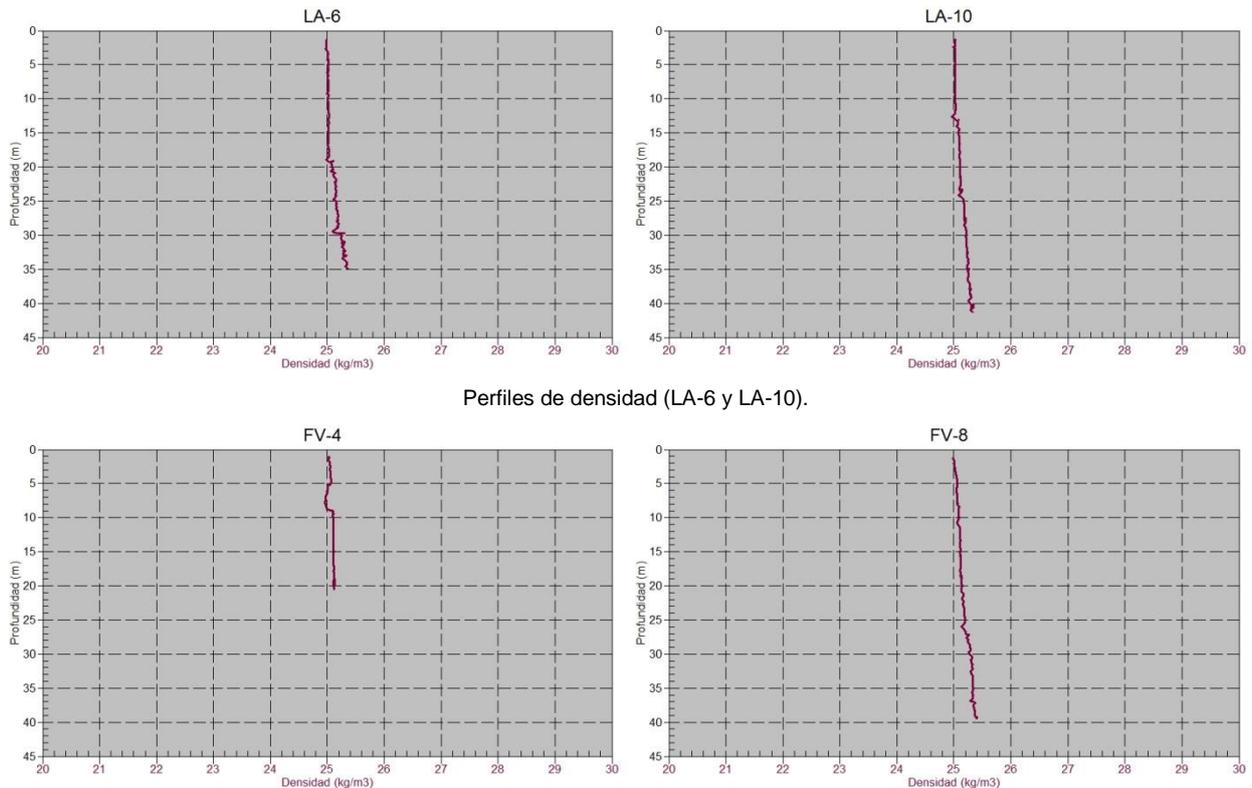


Figura 43. Perfiles de densidad (FV-4 y FV-8).

3.3.2.4 Oxígeno disuelto

De forma general, los procesos de oxidación biológica y química de la materia orgánica tienen el oxígeno como elemento básico, su concentración está directamente controlada por distintos procesos que se combinan entre sí. En cuanto al oxígeno disuelto, su concentración depende de multitud de factores como:

- Intercambio entre las masas de agua y la atmósfera.
- Mezcla turbulenta de las capas de agua.
- Producción fotosintética por parte de organismos vegetales.
- Consumo de animales y vegetales marinos. Respiración y otros procesos químicos y biológicos (que consumen oxígeno).
- Reacciones de oxidación de sulfuros de hierro y de manganeso, de la materia orgánica, oxidación bacteriana, etc.
- Eutrofización por fosfatos de los detergentes, nitratos detergentes y materias orgánicas procedentes de vertidos.
- Paroxismo, desaparición de oxígeno por sustitución de organismos aerobios por anaerobios que expelen gases sulfurosos.
- La temperatura.

La cantidad de oxígeno disuelto y su distribución en una masa de agua variará en función de la interacción entre estos factores y las alteraciones producidas por factores internos o externos al sistema que modifican el equilibrio dinámico entre estos factores. El contenido en oxígeno del agua de mar varía normalmente entre 6 y 9 mg/L.

La concentración de oxígeno disuelto es un indicador de la “salud ambiental” del sistema, de modo que cualquier concentración que se aparte significativamente de los valores de saturación (a causa de un exceso de consumo por los descomponedores cuando hay demasiada materia orgánica en el medio y en condiciones de eutrofia) alerta de la existencia de riesgos en el medio, relacionadas muy probablemente con una alteración de los equilibrios naturales a causa de la presencia cercana de vertidos con contaminación orgánica, con el consiguiente riesgo de no poder albergar ciertas formas de vida. Un nivel alto de oxígeno disuelto es un buen indicador de la salud del medio.

Las variaciones mayoritarias en cuanto a enriquecimiento de oxígeno se dan casi exclusivamente en la zona fótica. En zonas más profundas se produce renovación en menor intensidad, debido las corrientes verticales y horizontales.

Por otro lado, cabe señalar que las aguas de la zona de estudio son aguas sobresaturadas, debido a las condiciones de salinidad y temperatura de la Corriente de Canarias. Por lo general, todas las masas de agua presentan valores superiores al 100% en la saturación de oxígeno.

Como se puede observar en los gráficos que se muestran a continuación, y tal y como se ha comentado anteriormente, las concentraciones de oxígeno disuelto registradas a lo largo de las estaciones consideradas, alcanza valores indicadores de aguas con un elevado grado de oxigenación (alrededor de 7 mg/l). Las condiciones descritas descartan la existencia de condiciones anóxicas en el medio acuático.

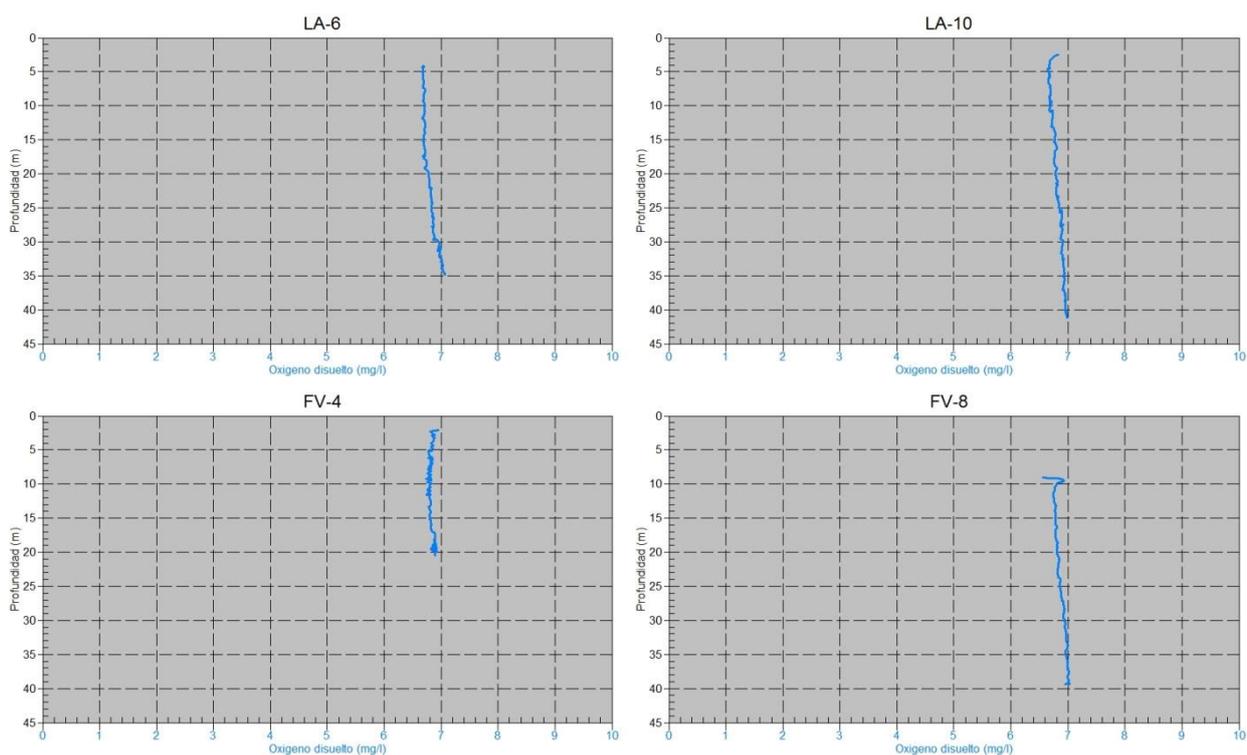


Figura 44. Perfiles de oxígeno disuelto (LA-6, LA-10, FV-4 y FV-8).

3.3.2.5 Turbidez

La turbidez que presenta un agua es la dificultad de la misma para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos e incluso microorganismos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Los distintos tipos de partículas producen reacciones distintas a la luz.

La transmitancia de la luz es fundamental para la mayoría de los procesos de origen biológico ya que ésta es la principal fuente de energía utilizada por los productores primarios. La transmitancia estará condicionada por la transparencia del agua, que dependerá directamente de la cantidad de sólidos en suspensión presente en ella.

En las zonas litorales, debido a los continuos aportes de material terrígeno y al efecto pantalla que genera el propio fitoplancton, la potencia de la capa fótica disminuye considerablemente. Teniendo en cuenta estos factores, se puede determinar que la turbidez también presenta un ciclo estacional condicionado, por un lado, a la época de lluvias que arrastrarían material desde tierra hasta el mar y, por otro lado, a los blooms de fitoplancton que se originan en primavera y otoño.

En general, los valores de turbidez en la zona de estudio son muy bajos, debido a que son aguas oligotróficas. Por lo general, los valores medios oscilan entre 0,8 y 1,9 NTU, aunque se pueden dar valores muy superiores en épocas de lluvias en zonas cercanas a las desembocaduras de barrancos y cercanos al fondo de la masa de agua (si ésta presenta fondo blando y existen fuertes corrientes u oleaje).

Los perfiles obtenidos a partir de las medidas tomadas in situ, presentan valores muy bajos, y próximos a los niveles esperados para la ubicación de la zona de estudio, indicando un elevado grado de transparencia de las aguas.

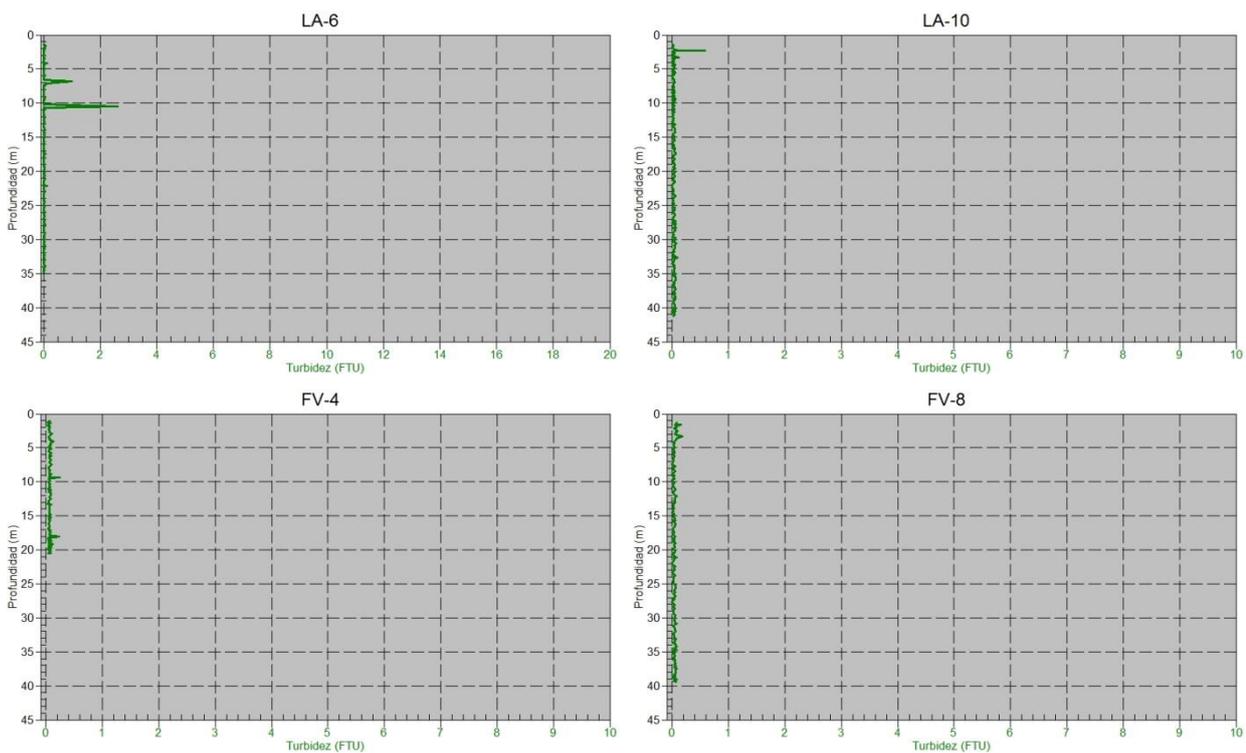


Figura 45. Perfiles de turbidez (LA-6, LA-10, FV-4 y FV-8).

4 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL ÁMBITO DE ESTUDIO

4.1 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ZONAS DE COSTA

La guía resumida del quinto informe de Evaluación del IPCC, elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, indica que la mayoría de los impactos del cambio climático son atribuidos al calentamiento y/o a cambios en los patrones de precipitación. También hay evidencias recientes de impactos vinculados con la acidificación del océano.

En las zonas costeras, el cambio climático incide especialmente sobre 3 variables: el nivel del mar, la temperatura del océano y la acidificación del agua del mar.

Los impactos asociados al aumento del **nivel del mar** se experimentarán a largo plazo, debido a la inercia en su respuesta a la temperatura. Los sistemas costeros y las zonas bajas experimentarán, cada vez más, impactos adversos tales como hundimiento, inundaciones y erosión costera.

Las temperaturas de la superficie del mar han aumentado significativamente durante los últimos 30 años en más del 70% de las costas del mundo, con amplias variaciones espaciales y estacionales. Asimismo, la frecuencia de los eventos extremos en la temperatura de las aguas costeras ha aumentado en muchas áreas.

Se atribuye al aumento de temperatura la decoloración experimentada por los corales. En los últimos 30 años, los arrecifes de coral en todas las costas han sufrido un aumento del blanqueamiento masivo y de la mortalidad, impulsados principalmente por el calentamiento global. Además, la **acidificación** del océano reduce la tasa de calcificación de los corales y otros organismos.

El cambio climático ha provocado un desplazamiento de los límites y rangos de distribución de muchas especies intermareales. El calentamiento del océano ha contribuido a los cambios observados en la distribución de hábitats costeros, como los humedales, manglares y praderas submarinas. Las altas temperaturas también han afectado a las praderas submarinas en el Océano Atlántico, el Mar Mediterráneo y las aguas australianas. La disminución en las poblaciones de algas pardas (laminarias) que se ha producido frente a la costa norte de España se atribuye al calentamiento del océano.

Los ecosistemas de praderas y algas marinas en aguas templadas también se verán afectados por la frecuencia de olas de calor -que provocan temperaturas extremas del agua de mar-, así como por el impacto de las especies invasoras subtropicales.

El análisis de las modificaciones de las dinámicas costeras que se pueden producir en la zona de estudio como consecuencia del cambio climático permitirá establecer las medidas necesarias a aplicar para evitar en lo posible los efectos del cambio climático sobre la zona de estudio, y en general sobre las costas de las islas de Lanzarote y Fuerteventura.

4.2 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: NIVEL MEDIO DEL MAR

Para la estimación de los efectos del cambio climático sobre el clima marítimo en la zona de estudio se ha empleado el visor del proyecto C3E, que integra los resultados del proyecto "Cambio Climático en la Costa Española" desarrollado en el período 2009-2012 por el IH Cantabria para la Oficina Española de Cambio Climático del MAGRAMA.

Este visor permite información sobre la peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y consecuencias en distintos puntos de toda la costa española. El apartado de peligrosidad permite conocer, en cada uno de esos puntos, las características de las distintas variables del clima marítimo: Hs (Altura de ola significativa), FME (Flujo Medio de Energía) y, NMM (Nivel Medio del Mar) en distintas proyecciones a futuro. Adicionalmente, incluye la aplicación C3sim (Coastal Climate Change Simulator), que permite estimar on-line los efectos del cambio climático en diferentes elementos de la costa (obras litorales, playas, estuarios) debido a la subida del nivel del mar y/o a cambios en el oleaje incidente. A continuación, se muestra la vista principal del visor C3E.

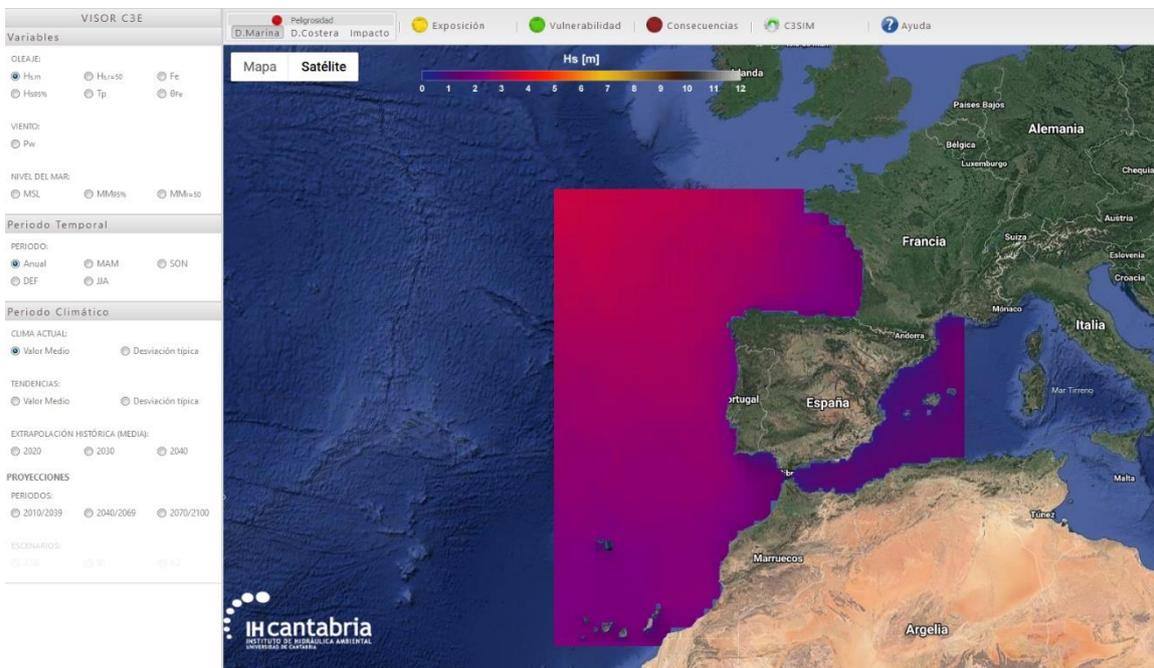


Figura 46. Valor medio de Hs en España (fuente: <http://www.c3e.ihcantabria.com/>).

En este caso se van a analizar los efectos del Cambio Climático en el tramo costero entre Lanzarote y Fuerteventura, por lo que, en primer lugar, se van a obtener los resultados de las variables de peligrosidad, las que caracterizan el clima marítimo (Hs, FME, NMM) en dicho tramo costero (concretamente, en los puntos 322 y 323, que se muestran en la siguiente figura). Para la estimación de los efectos del cambio climático sobre el nivel medio del mar, el visor ofrece datos basados en tendencia histórica y hace una extrapolación hasta el año 2040.



Figura 47. Puntos de estimación de parámetros del clima marítimo en la zona de estudio (fuente: <http://www.c3e.ihcantabria.com/>).

4.2.1 ZONA DE LANZAROTE

Para el nivel del mar, en la tendencia a 2040, los resultados son:

- Nivel medio: +7,25 cm, frente a una media de 3,114 cm (teniendo en cuenta que la referencia a Alicante es de 37,56 cm y el rango de marea de 308,59 cm).
- Nivel medio 95%: -1,69 cm, frente a un valor medio de 0,981 cm.

Dado que la vida útil de la infraestructura analizada es de 25 años, el año 2040 no abarca toda la vida útil, por lo que, para garantizar que la estimación de los efectos del cambio climático cubre el periodo necesario, se han tenido también en cuenta los resultados de las estimaciones de incremento del mar global del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

El IPCC proporciona diversas proyecciones de subida de nivel del mar para los diferentes escenarios de emisiones. En concreto se valoran 5 escenarios: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5, y SRES A1B. Los Escenarios RCP (del inglés, *Representative Concentration Pathways*) son cuatro escenarios de emisiones sobre la evolución estimada de la emisión y concentración de gases de efecto invernadero a la atmósfera durante el siglo XXI, establecidos por el IPCC, mientras que el último se obtiene de simulaciones semi-empíricas.

Como se muestra en la siguiente tabla, hasta el año 2065 el nivel del mar aumenta con una tasa similar en los cinco escenarios, con un aumento en torno a 0,24-0,30 m sobre el nivel de referencia en el periodo 1980- 2000. Sin embargo, para finales del siglo XXI, la elección de un escenario u otro supone claras diferencias en el nivel del mar, variando de 0,44 a 0,74 m de

ascenso. En este caso se considerará el ascenso para el periodo 2046–2065, que cubre ampliamente la vida útil de la infraestructura.

	SRES A1B	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
Thermal expansion	0.21 [0.16 to 0.26]	0.14 [0.10 to 0.18]	0.19 [0.14 to 0.23]	0.19 [0.15 to 0.24]	0.27 [0.21 to 0.33]
Glaciers ^a	0.14 [0.08 to 0.21]	0.10 [0.04 to 0.16]	0.12 [0.06 to 0.19]	0.12 [0.06 to 0.19]	0.16 [0.09 to 0.23]
Greenland ice-sheet SMB ^b	0.05 [0.02 to 0.12]	0.03 [0.01 to 0.07]	0.04 [0.01 to 0.09]	0.04 [0.01 to 0.09]	0.07 [0.03 to 0.16]
Antarctic ice-sheet SMB ^c	-0.03 [-0.06 to -0.01]	-0.02 [-0.04 to -0.00]	-0.02 [-0.05 to -0.01]	-0.02 [-0.05 to -0.01]	-0.04 [-0.07 to -0.01]
Greenland ice-sheet rapid dynamics	0.04 [0.01 to 0.06]	0.05 [0.02 to 0.07]			
Antarctic ice-sheet rapid dynamics	0.07 [-0.01 to 0.16]				
Land water storage	0.04 [-0.01 to 0.09]				
Global mean sea level rise in 2081–2100	0.52 [0.37 to 0.69]	0.40 [0.26 to 0.55]	0.47 [0.32 to 0.63]	0.48 [0.33 to 0.63]	0.63 [0.45 to 0.82]
Greenland ice sheet	0.09 [0.05 to 0.15]	0.06 [0.04 to 0.10]	0.08 [0.04 to 0.13]	0.08 [0.04 to 0.13]	0.12 [0.07 to 0.21]
Antarctic ice sheet	0.04 [-0.05 to 0.13]	0.05 [-0.03 to 0.14]	0.05 [-0.04 to 0.13]	0.05 [-0.04 to 0.13]	0.04 [-0.06 to 0.12]
Ice-sheet rapid dynamics	0.10 [0.03 to 0.19]	0.12 [0.03 to 0.20]			
Rate of global mean sea level rise	8.1 [5.1 to 11.4]	4.4 [2.0 to 6.8]	6.1 [3.5 to 8.8]	7.4 [4.7 to 10.3]	11.2 [7.5 to 15.7]
Global mean sea level rise in 2046–2065	0.27 [0.19 to 0.34]	0.24 [0.17 to 0.32]	0.26 [0.19 to 0.33]	0.25 [0.18 to 0.32]	0.30 [0.22 to 0.38]
Global mean sea level rise in 2100	0.60 [0.42 to 0.80]	0.44 [0.28 to 0.61]	0.53 [0.36 to 0.71]	0.55 [0.38 to 0.73]	0.74 [0.52 to 0.98]

Only the collapse of the marine-based sectors of the Antarctic ice sheet, if initiated, could cause GMSL to rise substantially above the *likely* range during the 21st century. This potential additional contribution cannot be precisely quantified but there is *medium confidence* that it would not exceed several tenths of a meter of sea level rise.

Notes:

- ^a Excluding glaciers on Antarctica but including glaciers peripheral to the Greenland ice sheet.
- ^b Including the height–SMB feedback.
- ^c Including the interaction between SMB change and outflow.

Tabla 10.- Tabla de encuentros Hs – dirección

El incremento del nivel medio del mar tiene 2 efectos principales sobre las zonas costeras:

- Incremento del riesgo de inundación
- Retroceso del perfil de playa

Según se recoge en el visor del C3E, el tramo de costa del sur de Lanzarote es al 100% acantilada, sin embargo, esto no es así, puesto que la zona en la que el cable entra a tierra en Lanzarote es una zona de playa de bolos y arenas, de unos 350 m de longitud, por lo que los cálculos realizados consideran la presencia de esta playa, y no se trata la costa como si fuera toda acantilada. A continuación, se muestran los efectos del cambio climático sobre este tramo de playa.

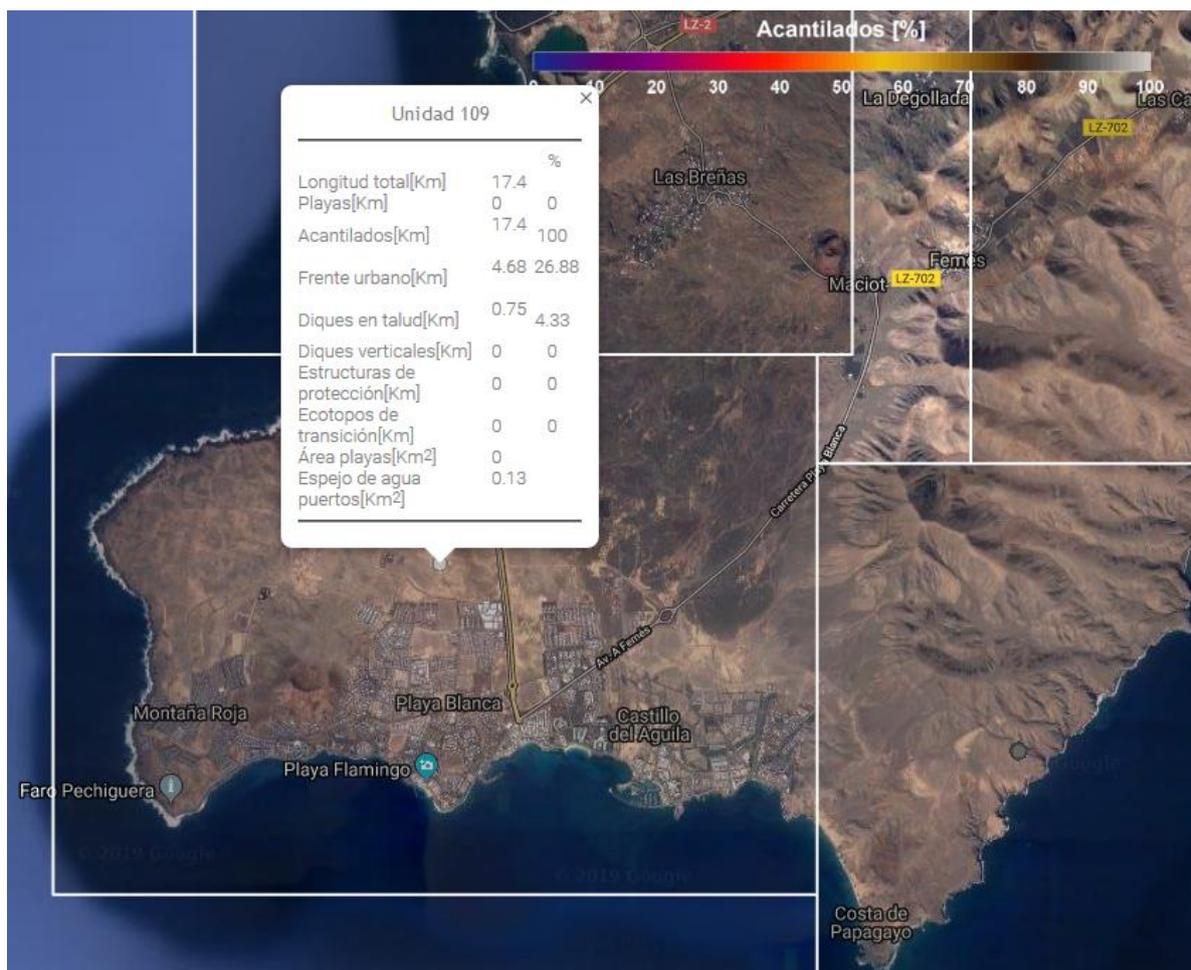


Figura 48. Tipos de costa en el tramo costero analizado (fuente: <http://www.c3e.ihcantabria.com/>).

En lo que respecta al riesgo de inundación, la variación en la cota de inundación derivada del cambio climático se ha simulado mediante la herramienta iole, que es un software desarrollado para elaborar mapas de peligrosidad y riesgo de inundación costera requeridos por el Real Decreto 903/2010, a partir del uso de las bases de datos resultado del proyecto C3E, anteriormente citado. A continuación, se muestra una figura de la entrada del cable en la costa de Lanzarote (para más detalle, consultar el plano 2 del presente documento) y los resultados de inundabilidad en la zona.



Figura 49. Entrada del cable en la costa de Lanzarote (fuente: EsIA).

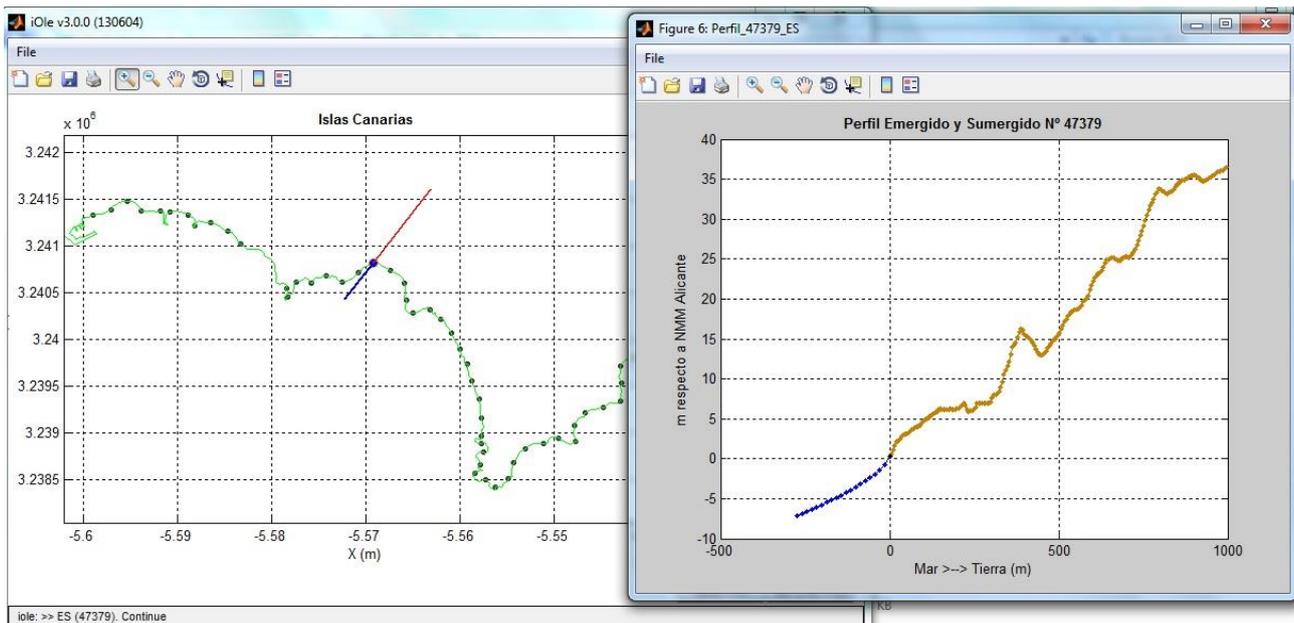


Figura 50. Perfil empleado para simulación de la inundabilidad en Lanzarote (fuente: iole.exe).

En la figura anterior se muestra la posición del perfil de playa y el perfil mismo empleado para el cálculo de la cota de inundación con el modelo iole. En cada uno de los puntos marcados en la costa, el modelo permite disponer del registro de oleaje transformado hasta ese punto y calcula la cota de inundación derivada. A continuación se muestran los resultados.

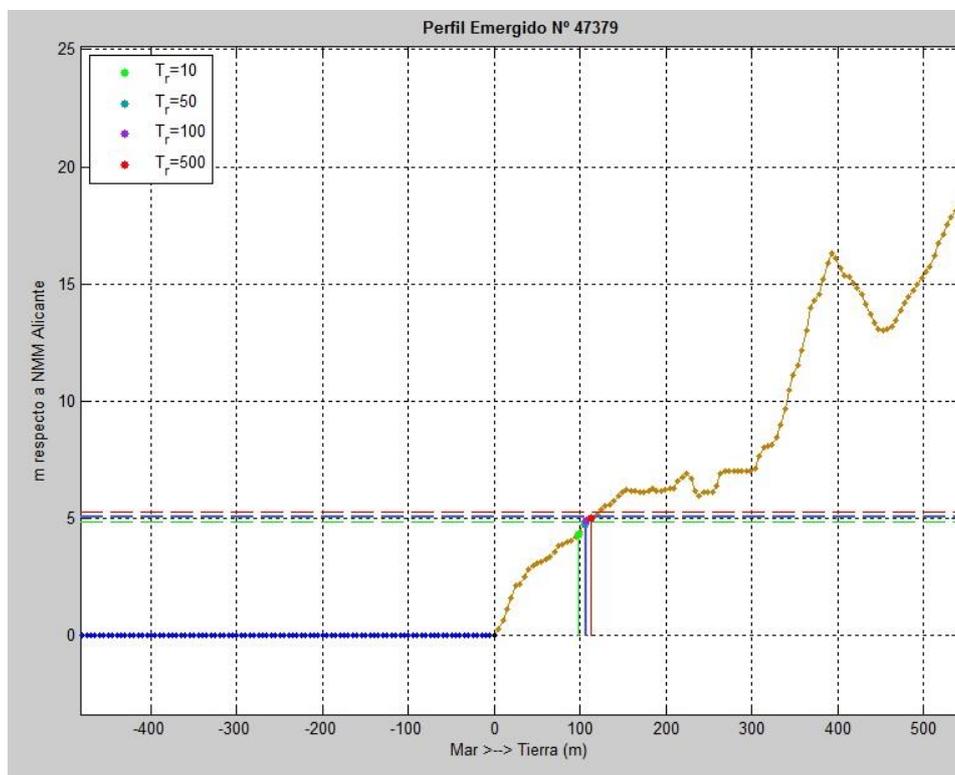


Figura 51. Resultados de inundabilidad en el punto de entrada a tierra en Lanzarote en situación actual (fuente: iole.exe).

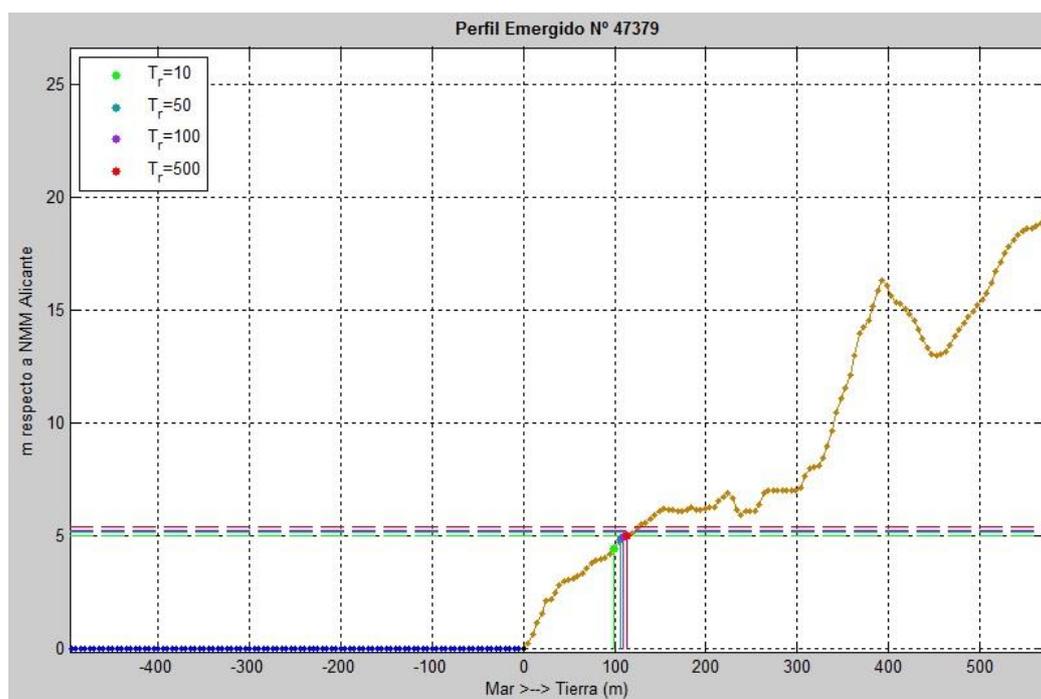


Figura 52. Resultados de inundabilidad en el punto de entrada a tierra en Lanzarote considerando el CC (fuente: iole.exe).

Como se ve en las dos figuras anteriores, no hay diferencias en cuanto a la zona inundada, siendo ésta la que queda sobre los 5,5 m de altitud. La zona a la que realmente llega el agua no es la cota de altura marcada en el eje de ordenadas (que marca la cota máxima que alcanzaría el agua teóricamente), sino la posición en el eje de abscisas, marcado en horizontal, teniendo en cuenta el efecto del terreno. En este caso, la cota a la que llegaría teóricamente y la real es prácticamente idéntica, estando además para todos los periodos de retorno entre los 5 y los 5,5 m.

En lo que respecta al retroceso del perfil de playa, el propio visor C3E incorpora un simulador de los efectos de los cambios en las variables del clima marítimos sobre distintos elementos del frente costero, incluido el perfil de playa, para el que requiere el incremento del nivel del mar y el tamaño del sedimento en la zona. Así, se ha simulado el efecto sobre el retroceso del perfil de playa por el incremento del nivel del mar para el año 2040 estimado por el C3E, y el incremento para 2065 por el IPCC. A continuación, se muestra el esquema conceptual del funcionamiento de dicho retroceso.

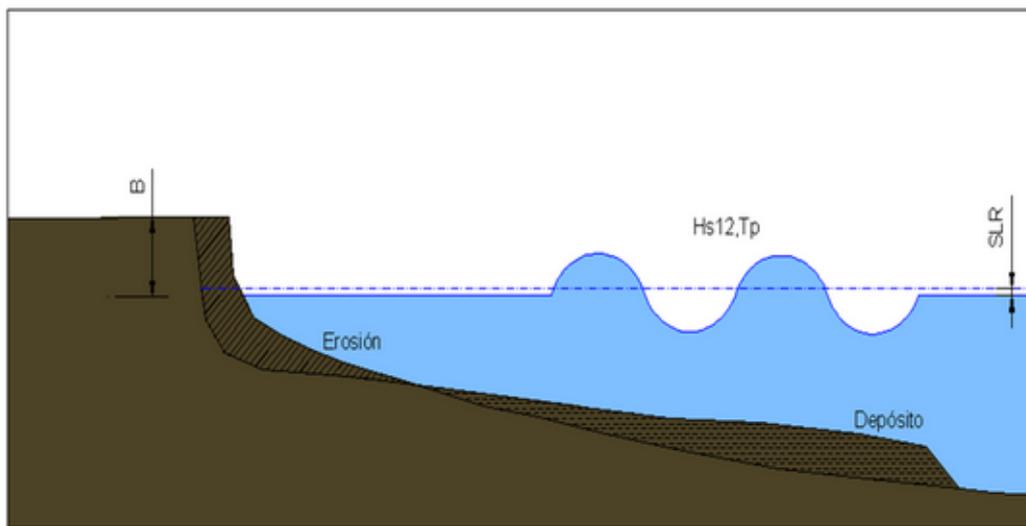


Figura 53. Esquema del modelo de retroceso del perfil de playa por incremento del nivel medio del mar (fuente: <http://www.c3sim.ihcantabria.com>, <http://www.c3e.ihcantabria.com/>).

- Para el año 2040, el retroceso medio del perfil por incremento del nivel del mar es: 2,6876 m (con una desviación estándar de 0,7295 m)
- Para el año 2065, el retroceso medio del perfil por incremento del nivel del mar es: 9,9826 m (con una desviación estándar de 1,9198 m)

El resultado muestra que, para el año 2065, el retroceso del perfil podría alcanzar prácticamente los 10 m, en caso de que todo el perfil fuera arenoso, cosa que no ocurre en este caso, ya que la potencia de sedimentos no consolidados, como se demuestra en los resultados de los estudios geotécnicos realizados, es inferior a 1 m. Por ello, lo más probable es que desaparezca el sedimento más fino de la zona y queden únicamente bolos y el fondo rocoso.

4.2.2 ZONA DE FUERTEVENTURA

Para el nivel del mar, en la tendencia a 2040, los resultados son:

- Nivel medio: +7,25 cm, frente a una media de 3,11 cm (teniendo en cuenta que la referencia a Alicante es de 37,57 cm y el rango de marea de 310,323 cm).
- Nivel medio 95%: -1,69 cm, frente a un valor medio de 0,938 cm.

A continuación se muestra una figura de la entrada del cable en la costa de Lanzarote y los resultados de inundabilidad en la zona de Fuerteventura son:



Figura 54. Perfil empleado para simulación de la inundabilidad en Fuerteventura (fuente: iole.exe).

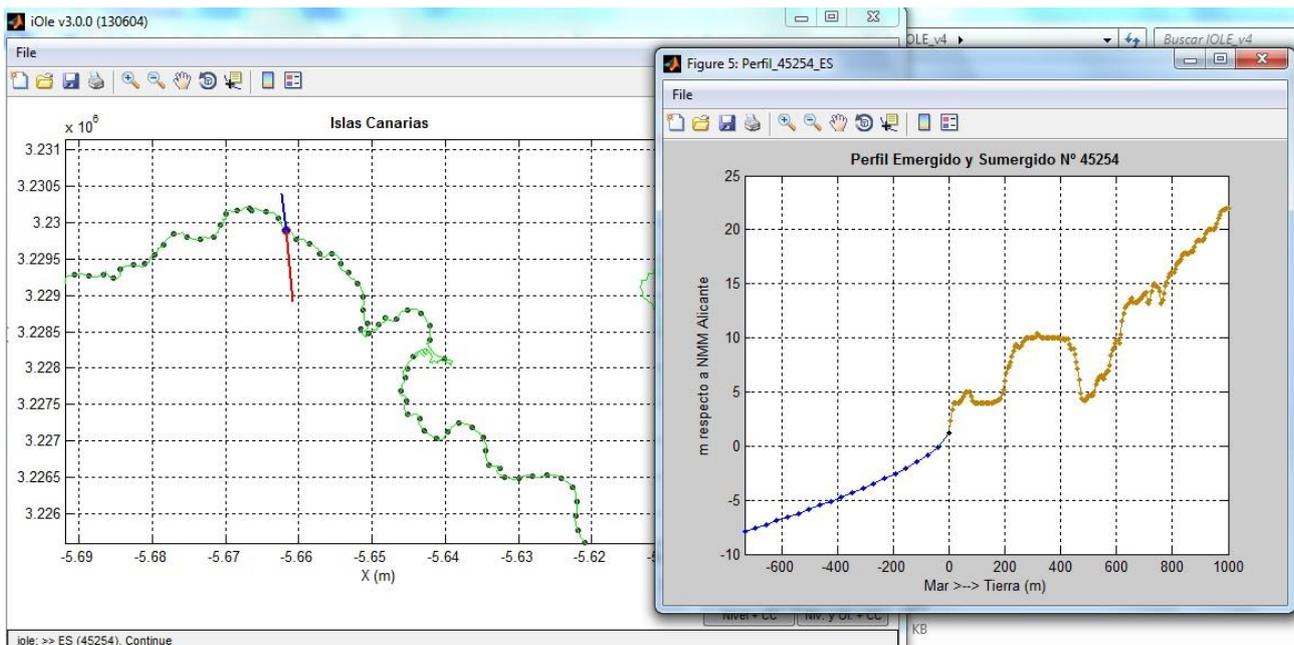


Figura 55. Perfil empleado para simulación de la inundabilidad en Fuerteventura (fuente: iole.exe).

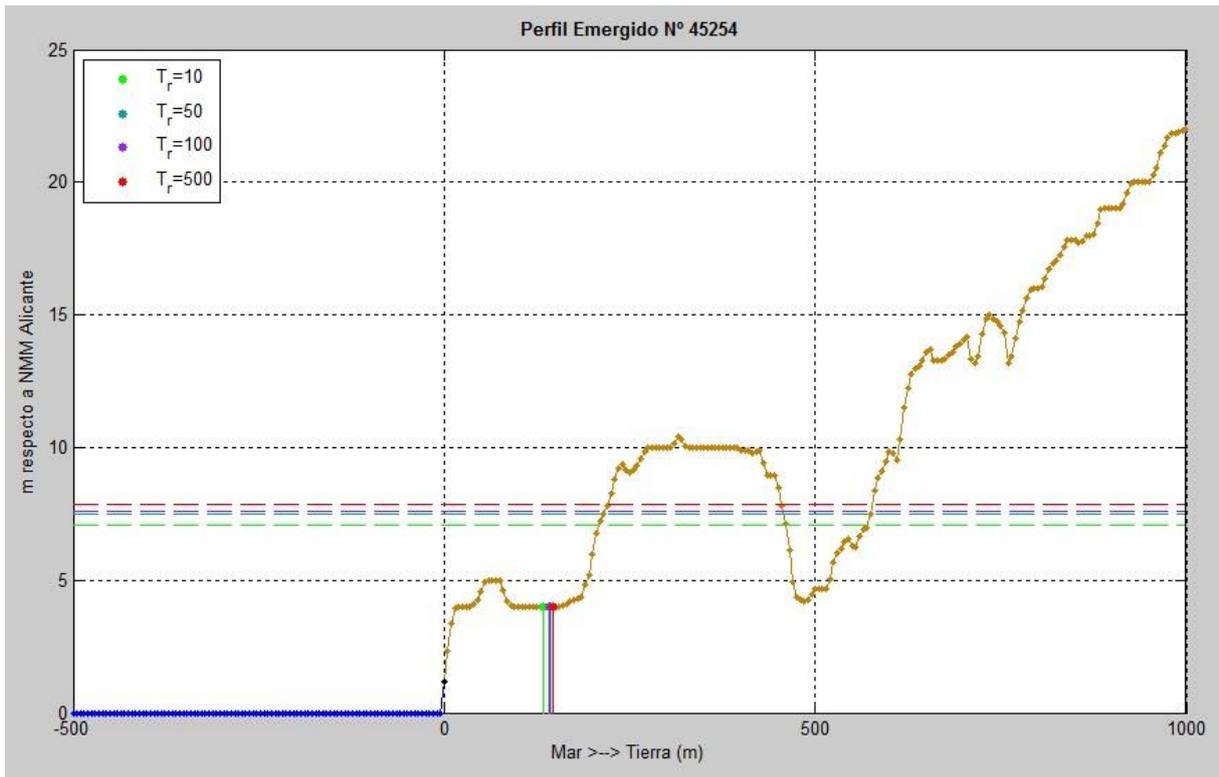


Figura 56. Resultados de inundabilidad en el punto de entrada a tierra en Fuerteventura en situación actual (fuente: iole.exe).

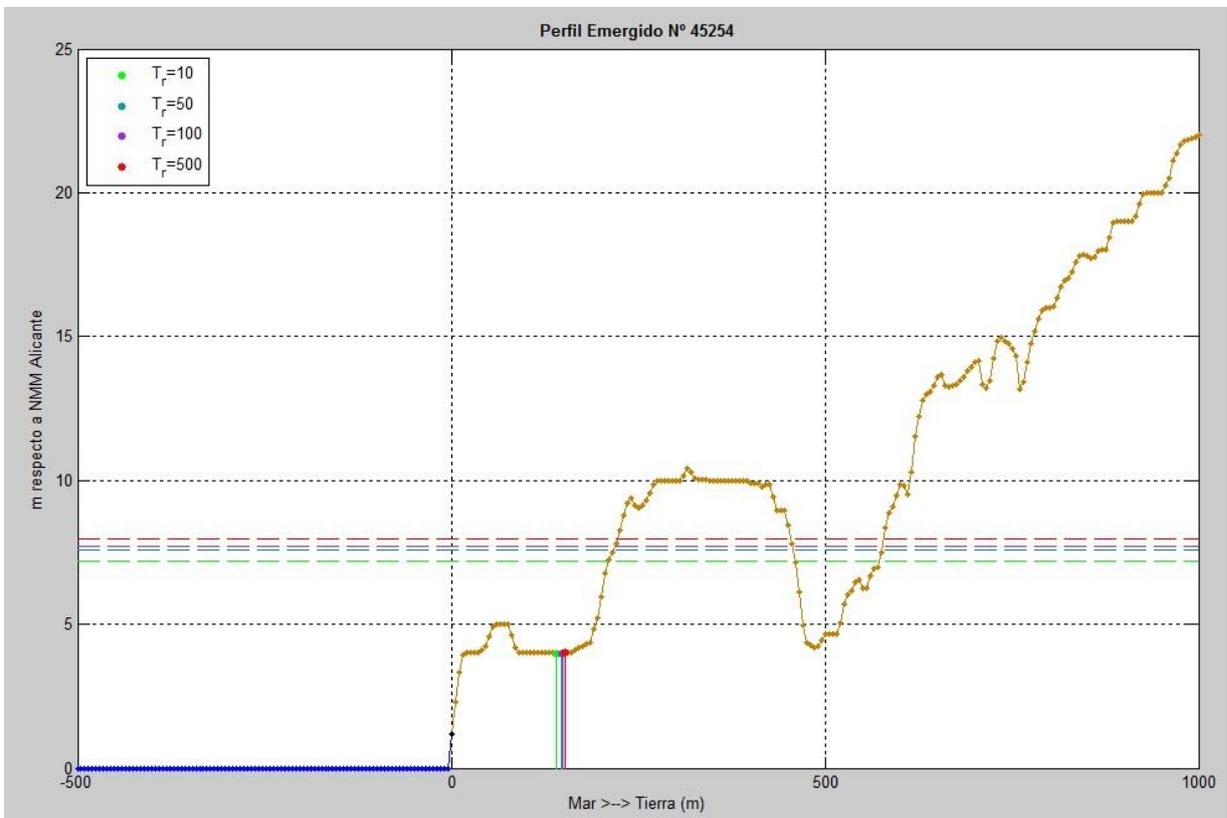


Figura 57. Resultados de inundabilidad en el punto de entrada a tierra en Fuerteventura considerando el CC (fuente: iole.exe).

Como se ve en las dos figuras anteriores, no hay diferencias en cuanto a la zona inundada, siendo ésta la que queda por debajo de 5 m de altitud. La zona a la que realmente llega el agua no es la cota de altura marcada en el eje de ordenadas (que marca la cota máxima que alcanzaría el agua teóricamente), sino la posición en el eje de abscisas, marcado en horizontal, teniendo en cuenta el efecto del terreno. En este caso, aunque teóricamente la cota sería más alta (hasta unos 8 m en el caso de 500 años de periodo de retorno), en la práctica ninguno supera los 4 m.

Los resultados de la aplicación del simulador C3sim, son los siguientes:

- Retroceso medio del perfil por incremento del nivel del mar: 0,671 m (con una desviación estándar de 0,18233 m)
- Retroceso medio del perfil por incremento del nivel del mar: 2,4693 m (con una desviación estándar de 0,4749 m)

El resultado muestra que, para el año 2065, el retroceso del perfil podría alcanzar prácticamente los 2,5 m, aunque, dado que la potencia de sedimentos no consolidados es menor a 1 m, no se dará un movimiento tan amplio, desapareciendo probablemente la arena existente.

4.3 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: ALTURA Y DIRECCIÓN DEL OLEAJE ALTURA

En cuanto al oleaje, se ofrecen resultados de proyecciones en tres escenarios de cambio climático para Hs, Hs₁₂, Hs_{95%}, Tp, Dir FME y FME. En este caso se tomarán los resultados para la proyección 2040-2069 (en el escenario A2, el más negativo en cuanto a cambio climático), que, al exceder la vida útil de la instalación, nos sitúa en una posición conservadora respecto a la valoración de los impactos del CC.

4.3.1 ZONA DE LANZAROTE

En el punto 322, frente a Lanzarote, tomando la proyección 2040-2069, se prevén las siguientes variaciones:

- Hs: - 0,017 m, frente a una media actual de 1,744 m.
- Hs_{95%}: -0,056 m, frente a una media actual de 3,003 m.
- Hs₁₂: -0,185 m, frente a una media actual de 5,171 m.
- FME (kw/m): - 0,555 kw/m, frente a una media actual de 13,531 kw/m.
- Dir FME (°): 0,989°, frente a una media actual de 333, 83°. (al ser una variación positiva, el oleaje pasa a ser más del norte que actualmente).

Los resultados de las proyecciones indican por lo tanto las siguientes tendencias:

- Pequeña reducción (menos del 1%) de la altura de ola y de la energía del oleaje que alcanza la costa
- Variación de menos de 1° de la dirección del FME

La reducción de la altura de ola de la energía del oleaje implica una mayor estabilidad de la playa, y menor transporte litoral. En cuanto a la variación de la dirección del FME, al provenir éste de más al norte y estar la zona sur de Lanzarote protegida frente a esta dirección, la capacidad de transporte litoral en la zona de conexión del cable a tierra será menor que en la actualidad. En todo caso, la variación de la dirección del FME tiene también un efecto sobre la línea de playa, ya que produce un basculamiento de la misma, provocando el retroceso de la línea de playa. Este retroceso puede simularse igualmente con el simulador C3sim, siguiendo el esquema que se muestra a continuación.

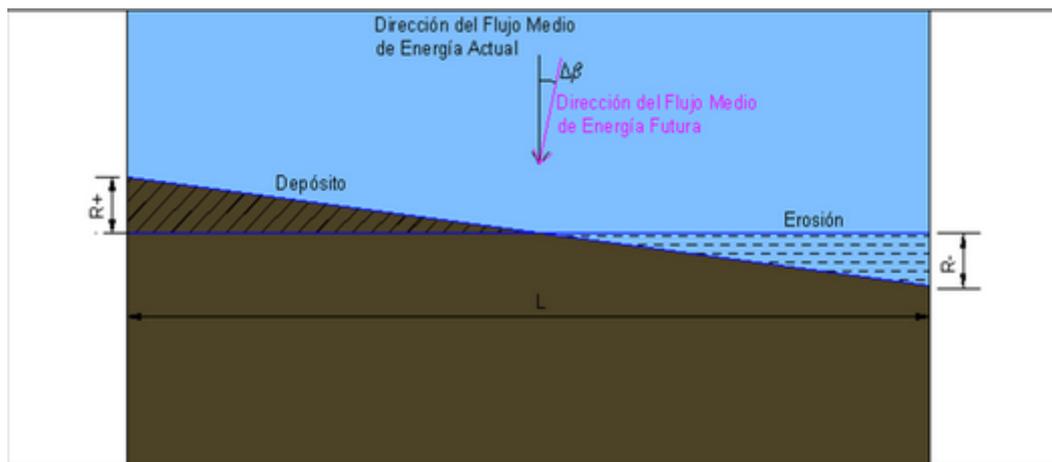


Figura 58. Esquema del modelo de retroceso del frente de playa por cambio en la dirección del FME (fuente: <http://www.c3sim.ihcantabria.com/><http://www.c3e.ihcantabria.com/>).

El resultado de la aplicación del modelo es el siguiente:

- Retroceso medio del perfil por variación de la dirección del FME: 3,021 m (con una desviación estándar de 0,0030)

Los resultados indican que el cambio de altura de ola y de la dirección del FME van a implicar una menor energía del oleaje en la zona, y una menor capacidad del transporte. En cuanto a la variación de la línea de costa, sobre la playa de las Coloradas podría darse un retroceso por basculamiento de hasta 3 m, aunque este valor sería la variación máxima posible sin tener en cuenta los efectos locales de los salientes que encajan esta playa y que provocarán que la línea de playa permanezca prácticamente igual en el futuro.

4.3.2 ZONA DE FUERTEVENTURA

En el punto 323, frente a Fuerteventura, tomando la proyección 2040-2069, se prevén las siguientes variaciones:

- Hs: - 0,027 m, frente a una media actual de 1,04 m.
- Hs_{95%}: -0,075 m, frente a una media actual de 2,03 m.
- Hs₁₂: -0,148 m, frente a una media actual de 3,992 m.
- FME (kw/m): -0,402 kw/m, frente a una media actual de 4,849 kw/m.
- Dir FME (°): 0,597°, frente a una media actual de 298,37°. (al ser una variación positiva, el oleaje pasa a ser más del norte que actualmente).

Los resultados de las proyecciones y estimaciones indican por lo tanto las siguientes tendencias:

- Se da un ligero descenso (sobre el 2%) de la altura de ola y de la energía del oleaje que llega a la costa.
- La dirección del FME varía menos de medio grado.

Al igual que en la zona de Lanzarote, la altura de ola y la energía del oleaje van a disminuir, mientras que la dirección del FME va a variar medio grado hacia el norte. Teniendo en cuenta que el tramo de costa por el que conecta el cable a tierra, está enfrentado al norte-noreste, la tendencia del transporte disminuirá en la zona. En el punto de entrada a tierra en Fuerteventura no hay una playa propiamente dicha, aunque sí hay sedimentos no consolidados en la zona sumergida, por lo que, se asume que esos sedimentos sí pueden estar sujetos a movimientos. La variación de la dirección del FME no tendrá efectos sobre la playa, puesto que no hay playa como tal en dicha zona, por lo que no ocurrirá un basculamiento de la misma.

4.4 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: TEMPERATURA Y SALINIDAD

Los efectos del climático sobre las variables físico-químicas del agua de mar, como la temperatura y la salinidad, son más difíciles de estimar a partir de proyecciones realizadas mediante simulación, por lo que se basan en estimaciones realizadas a partir de las tendencias históricas observadas. Para la zona de Canarias, el documento más completo a este respecto es el elaborado por Valdés, L. y Déniz-González, I. (Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem. IOC-UNESCO, Paris. IOC Technical Series, No. 115: 383 pp. 2015. URI: <http://hdl.handle.net/1834/9135>), que abarca todo el ecosistema marino de la corriente canaria (CCLME), cuya extensión se muestra en la siguiente figura y cuyas principales conclusiones se resumen a continuación.

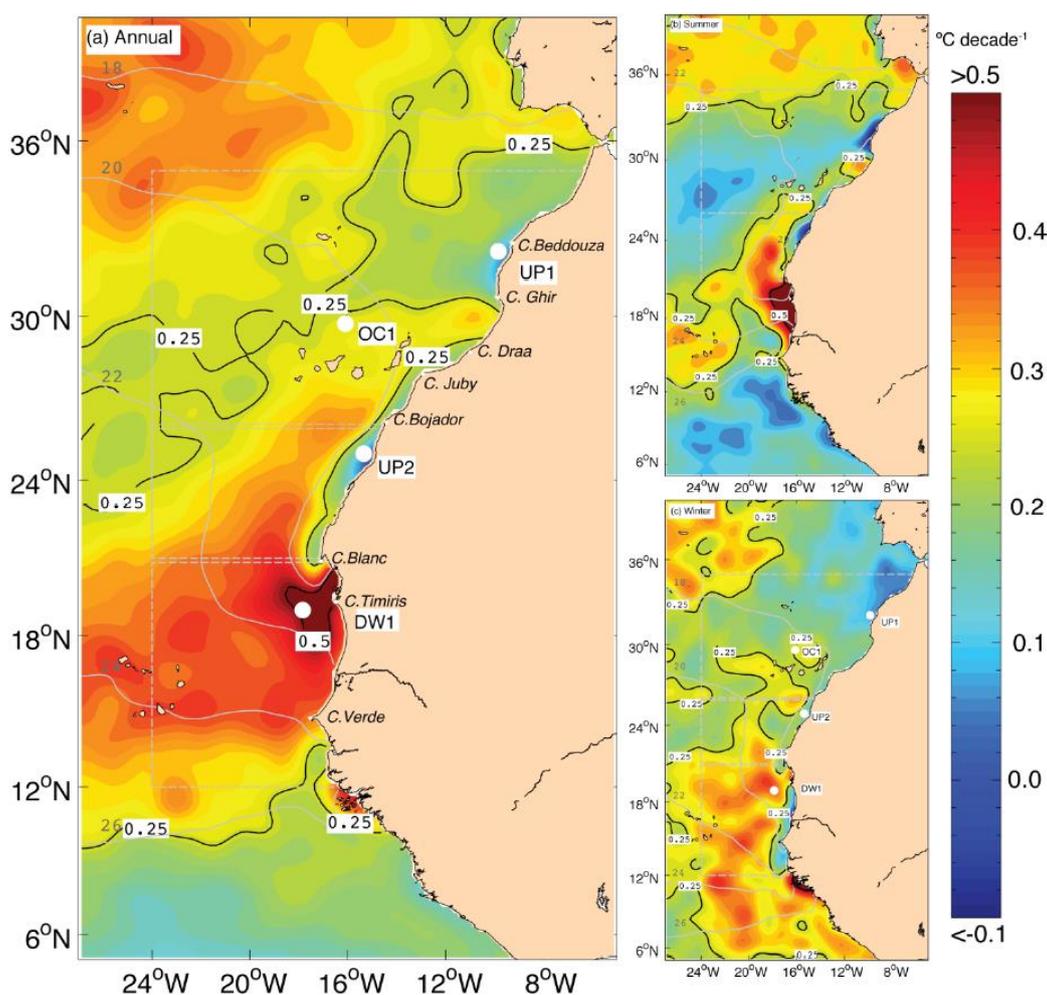


Figura 59. Tendencias de la temperatura superficial del agua de mar en el ámbito del CCLME
(fuente: Valdés, L. y Déniz-González, I., 2015

<http://www.c3sim.ihcantabria.com/http://www.c3e.ihcantabria.com/>).

- Los resultados del seguimiento de temperatura y salinidad en la zona del CCLME entre 1982 y 2013 muestran una tendencia de calentamiento del agua de mar con un valor medio de 0,28 °C por década, aunque hay diferencias entre las distintas zonas. Así, en la zona central, cerca de costa, entre el cabo Blanco y el cabo Beddouza, la tendencia no es estadísticamente significativa. En la zona de Canarias la tendencia sí es significativa, con un aumento de 0,25 °C por década. En las aguas intermedias y profundas no se aprecian tendencias estadísticamente significativas.
- En las aguas por encima de la termoclina permanente se observa un incremento de la salinidad de 0,02 PSU por década.

En cuanto a la acidificación de los océanos en la diversidad marina (Pinnegar, 2012), indica que las posibles implicaciones de la acidificación del océano en los ecosistemas marinos varían según las especies, poblaciones y los ecosistemas en función de su capacidad de adaptación a las nuevas condiciones (Hendriks et al., 2010; Connell et al., 2013; Turley, 2012). En este sentido, varios estudios muestran que las zonas de upwelling, como Canarias, son altamente vulnerables a la acidificación (Feely et al., 2008; Hauri et al., 2009; Gruber et al., 2012), esto se debe a que estas zonas sufren los mayores rangos de concentración de CO₂ y pH de los océanos. Las observaciones existentes a nivel global muestran que el pH de las aguas superficiales tiende a descender a tasas de entre 0,0013 y 0,0025 al año. Sin embargo, no hay datos suficientes para la región CCLME, por lo que no se pueden generalizar los resultados. De la poca información disponible, se sabe que el pH en las zonas de upwelling es menor que en el resto de regiones oceánicas. En cualquier caso, la disminución del pH en zonas de upwelling es resultado de un proceso complejo determinado por la intensidad del upwelling, que puede ser modificado por variaciones de las condiciones oceanográficas como consecuencia del cambio climático (Valdés, L. y Déniz-González, I., 2015). Por otra parte, Santana-Casiano et. al. (2007) y Gil-Díaz et al. (2014) (analizan datos de la acidificación 100 km al norte de Gran Canaria en la estación ESTOC (red Euro SITES y Ocean Sites; www.eurosites.info). El descenso medio de pH registrado en 1995 - 2009 fue de 0,015 unidades /década. Tendencias similares, entre -0,0013 y -0,0025 unidades/año, obtienen Santana-Casiano y González-Dávila (2015).

5 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

La disposición adicional octava de la Ley 2/2013, de 29 de mayo, establece, en relación a las medidas para la adaptación de la costa, a los efectos del cambio climático:

Disposición adicional octava. Informe sobre las posibles incidencias del cambio climático en el dominio público marítimo-terrestre.

1. El **Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente** procederá, en el plazo de dos años desde la entrada en vigor de la presente Ley, a elaborar una **estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático**, que se someterá a Evaluación Ambiental Estratégica, en la que se indicarán los distintos grados de vulnerabilidad y riesgo del litoral y se propondrán medidas para hacer frente a sus posibles efectos.

2. Igualmente las **Comunidades Autónomas** a las que se hayan adscrito terrenos de dominio público marítimo-terrestre, de acuerdo con el artículo 49 de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, presentarán en el mismo plazo señalado en el apartado anterior, al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, para su aprobación, un **Plan de adaptación de dichos terrenos y de las estructuras construidas** sobre ellos para hacer frente a los posibles efectos del cambio climático.

Con fecha 24 de julio de 2017, de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar aprobó la Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española.

La Comunidad Autónoma de Canarias aprobó el Plan de adaptación de Canarias al cambio climático. En el anexo C, el plan describe una serie de medidas según tipología (medidas de Planificación, medidas administrativas y normativas, medidas de comunicación, formación y sensibilización, medidas de investigación, desarrollo e innovación y medidas de seguimiento, información y evaluación), y agrupadas en 3 Comisiones (Comisión de Cambio Climático, Comisión de Territorio y Población y Comisión de Turismo), cada una con varios grupos de trabajo.

Se destacan a continuación las medidas de la Comisión de Cambio Climático, **Grupo Trabajo Biodiversidad, ecosistemas marinos y pesca:**

1.- *Medidas de planificación:*

1.1. *Con el objeto de conservar y proteger en la medida de lo posible el rico patrimonio que tenemos y establecer unas referencias sobre las que trabajar en esta materia de cara al futuro, es necesaria la celebración de una serie de seminarios específicos con los expertos canarios en materia de biodiversidad y ecosistemas marinos*

1.2 *Implantación de una estrategia del mar de Canarias con un criterio de gestión adaptativa al cambio climático.*

2.- *Medidas de comunicación, formación y sensibilización*

2.1 - *El medio marino va a sufrir alteraciones que muchas veces no son ni siquiera apreciables a simple vista. Es necesaria la elaboración de cursos sobre las modificaciones que se producirán en el océano y los impactos que surgirán debido a éstas, dirigidos a pescadores y profesionales del sector, de forma que sean conscientes tanto de las variaciones esperadas como de las consecuencias asociadas.*

3.- *Medidas de Investigación, desarrollo e innovación.*

3.1 *Implantación de repositorios de datos georreferenciados de las zonas marinas más afectadas por la modificación de los parámetros físicos debidos al cambio climático ayuda a tomar mejores decisiones sobre las actuaciones específicas en materia de ecosistemas marinos, biodiversidad marina y pesca. Por ello entre otros, deberá recoger:*

- *Incremento nivel del mar*
- *Incremento de temperatura*

- *Variaciones de salinidad*
- *Incremento pH*
- *Variación de corrientes, etc.*
- *Porcentajes de presencia/ausencia territorial de especies por cuadrícula (con las consiguientes mejoras en el Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias)*
- *Variación en número de capturas y en especies capturadas de las pesquerías africanas y canaria*

4. Medidas de Seguimiento, información y evaluación.

4.1 Identificación y establecimiento de indicadores para facilitar el seguimiento y la evolución de los impactos del cambio climático en los distintos ecosistemas y la biodiversidad marina canaria.

Teniendo en cuenta que los efectos del cambio climático sobre el medio marino en la zona de estudio, según los resultados de la simulación realizada, son de escasa magnitud y no representan un riesgo para la integridad de la infraestructura proyectada, no se considera necesaria la aplicación de medidas específicas protectoras o correctoras.

No obstante, es recomendable la contribución:

- 1.- En la recopilación de datos geo-referenciales de las costas de Canarias, que ayudarán a la toma de decisiones gubernamentales para combatir los efectos del cambio climático.
- 2.- En campañas de sensibilización y formación de los efectos del cambio climático y hacia donde sería necesario ir para mitigar sus efectos

6 CONCLUSIONES

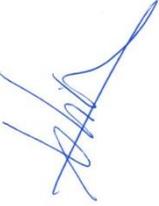
Las principales conclusiones de la estimación de los efectos del cambio climático sobre la interconexión eléctrica entre Lanzarote y Fuerteventura son las siguientes:

- El nivel del mar se elevará en la zona, entre los 7 y los 26 cm, en función del horizonte temporal y del escenario considerado. Este incremento no tendrá efectos sobre la inundabilidad de la cosa estudiada, mientras que su efecto potencial en el retroceso de la playa está limitado, dada la escasa potencia de sedimentos no consolidados presentes en la zona.
- El principal efecto potencial del cambio climático sobre la infraestructura proyectada sería el retroceso potencial del perfil de playa como consecuencia del incremento del nivel del mar. Concretamente, en la zona de Lanzarote, este retroceso podría llegar a los 10 m, mientras que en Fuerteventura alcanzaría los 2,5 m. Sin embargo, dado que los estudios geotécnicos realizados demuestran que la potencia de sedimentos no consolidados en ambas zonas es inferior a 1 m, este retroceso potencial no se dará, por lo que, dado que el cable se ha proyectado para que vaya enterrado a 1 m de profundidad, no hay riesgo de que quede desenterrado.
- La altura de ola y la energía del oleaje que alcanza la costa se reducirán sobre un 1-2%, lo que reducirá la capacidad de transporte de sedimentos del oleaje en la zona. En el mismo sentido, la variación de la dirección del FME será pequeña (entre 0,5 y 1 °) y se dará en el sentido en el que reduce la tendencia del transporte en ambas zonas.
- La temperatura del agua tiende a aumentar, al igual que la salinidad, lo que equilibrará la disminución de la densidad provocada por el aumento de temperatura. Los datos de los estudios de Santana-Casiano et. al. (2007), Gil- Díaz et al. (2014) y Santana-Casiano y González-Dávila (2015) muestran una tendencia de reducción del pH en el Mar en Canarias en torno a 0,015 unidades /década. En cualquier caso, las variaciones de temperatura, salinidad y acidificación no tienen efecto alguno sobre la infraestructura proyectada.

Los efectos del cambio climático sobre el medio marino en la zona de estudio son de escasa magnitud y no representan un riesgo para la integridad de la infraestructura proyectada, por lo que no son necesarias medidas protectoras o correctoras sobre el diseño de la misma.

7 EQUIPO REDACTOR

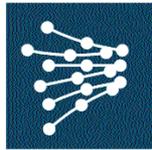
Para la realización del presente informe, Sinergis Grup Motjé ha trabajado contando con un equipo pluridisciplinar de profesionales especializados en este tipo de estudios y con la colaboración de técnicos de Tecnoambiente y de RED ELÉCTRICA de España.

EQUIPO REDACTOR
<p><u>RED ELÉCTRICA</u></p> <p>Iván Rodríguez Ucha- Licenciado en Ciencias del Mar.</p>
<p><u>Sinergis Grup Motjé</u></p> <p></p> <p>Cristina Pérez Butrón - Ingeniera de Montes (Coordinación del informe)</p> <p>Quim Ball. Ilosera i Castillo – Lcdo. En Ciencias Ambientales</p> <p>Quima Calvo Fontàs – Lcda. en Ciencias Geológicas</p> <p>Dolors Contreras Piñero – Técnico Especialista en Delineación</p>
<p><u>Tecnoambiente</u></p> <p>Jurgi Areizaga Casares - Doctor en Ciencias del Mar y Licenciado en Ciencias Económicas.</p>

II.-DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DC 1.- Capítulo 5 del EsIA (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO)

DC 1.- Capítulo 5 del EsIA (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO)



RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA



INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA LANZAROTE – FUERTEVENTURA

**Cable a 132 kV, simple circuito, Playa
Blanca (Lanzarote) – La Oliva
(Fuerteventura)**

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Capítulo 5. Descripción del Proyecto

LANZAROTE Y FUERTEVENTURA,
ISLAS CANARIAS



A TRADEBE COMPANY

Junio de 2015

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
MEMORIA.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. ANTECEDENTES.....	9
2. JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	11
2.1. NECESIDAD DE LA INSTALACIÓN.....	11
2.2. NECESIDAD Y OBJETIVO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	12
2.3. PROCESO METODOLÓGICO.....	12
3. RESPUESTA A LAS CONSULTAS PREVIAS.....	15
3.1. RESPUESTA A LAS CONSULTAS PREVIAS.....	15
4. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	30
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	32
5.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA.....	33
5.2.1 TRAMO SUBTERRÁNEO ISLA DE LANZAROTE.....	34
5.2.2 TRAMO SUBMARINO.....	34
5.2.3 TRAMO SUBTERRÁNEO ISLA DE FUERTEVENTURA.....	35
5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	35
5.3.1 CABLE DE POTENCIA.....	35
5.3.2 TERMINALES.....	47
5.3.3 PARARRAYOS AUTOVÁLVULAS.....	49
5.3.4 EMPALMES.....	50
5.3.5 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	55
5.3.6 OBRA CIVIL.....	56
5.3.7 TENDIDO.....	61
5.3.8 COMUNICACIONES.....	78
5.3.9 SEÑALIZACIÓN.....	79
5.4. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.....	81
5.4.1 NORMAS GENERALES SOBRE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.....	81
5.4.2 RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.....	82
5.5. ACTUACIONES VINCULADAS CON LAS PERFORACIONES DIRIGIDAS.....	83
5.5.1 EJECUCIÓN DE LAS PERFORACIONES HORIZONTALES.....	83
5.5.2 LOGÍSTICA DEL TUBO.....	84
5.5.3 INSTALACIÓN DEL TUBO.....	85
5.5.4 LIMPIEZA Y RECOGIDA DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN.....	85
5.5.5 LOGÍSTICA DEL LODO.....	85
5.5.6 CARACTERÍSTICAS DE LA PERFORACIÓN DIRIGIDA EN LANZAROTE.....	86
5.5.7 CARACTERÍSTICAS DE LA PERFORACIÓN DIRIGIDA EN FUERTEVENTURA.....	87
5.6. PROCEDIMIENTO DE DESMANTELAMIENTO DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC PLAYA BLANCA – LA OLIVA.....	89

5.6.1	INFORME AMBIENTAL DEL TRAZADO DEL CABLE EXISTENTE	89
5.6.2	RECUPERACIÓN DEL CABLE SUBMARINO	90
5.6.3	RECUPERACIÓN DEL CABLE DE PERFORACIÓN DIRIGIDA	91
5.6.4	RECUPERACIÓN DEL CABLE TERRESTRE	92
5.6.5	ZANJAS EN TRAMOS TERRESTRES	93
6.	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO TERRESTRE Y MARINO (INVENTARIO AMBIENTAL)	94
6.1.	MEDIO FÍSICO	94
6.1.1.	ÁMBITO TERRESTRE	94
6.1.2.	ÁMBITO MARINO	143
6.2.	BIODIVERSIDAD	251
6.2.1.	ÁMBITO TERRESTRE	251
6.2.2.	ÁMBITO MARINO	306
6.3.	MEDIO SOCIOECONÓMICO	407
6.3.1	SITUACIÓN ADMINISTRATIVA	407
6.3.2.	POBLACIÓN	408
6.3.3.	ECONOMÍA	412
6.3.4.	BIENES MATERIALES	431
6.3.5.	ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y PLANEAMIENTO URBANÍSTICO	445
6.3.6.	SALUD HUMANA	455
6.4.	PAISAJE	461
6.4.1.	CONTEXTO PAISAJÍSTICO	461
6.4.2.	TIPIFICACIÓN DEL PAISAJE	462
6.4.3.	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL PAISAJE	465
6.4.4.	ELEMENTOS SINGULARES DEL PAISAJE	473
7.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MENOR IMPACTO	474
7.1.	DEFINICIÓN DE CONDICIONANTES TÉCNICOS Y AMBIENTALES DE LOS TRAZADOS TERRESTRES	474
7.1.1.	CONDICIONANTES TÉCNICOS	474
7.1.2.	CONDICIONANTES AMBIENTALES	475
7.2.	DEFINICIÓN DE CONDICIONANTES TÉCNICOS Y AMBIENTALES DE LOS TRAZADOS MARINOS	476
7.2.1.	CONDICIONANTES TÉCNICOS	476
7.2.2.	CONDICIONANTES AMBIENTALES	478
7.3.	ALTERNATIVAS CONSIDERADAS EN EL DOCUMENTO INICIAL DEL PROYECTO	480
7.4.	DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL CABLE ELÉCTRICO	483
7.5.	ALTERNATIVA 0 (CERO) O DE NO ACTUACIÓN	485
7.6.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRAMOS ALTERNATIVOS TERRESTRES Y MARINOS	487
7.6.1.	TRAMO A	487
7.6.2.	TRAMO B	489
7.6.3.	TRAMO C	492
7.6.4.	TRAMO D	497

7.6.5.	TRAMO E	502
7.6.6.	TRAMO F	506
7.6.7.	TRAMO G.....	507
7.6.8.	TRAMO H.....	508
7.7.	DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS	509
7.8.	COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	510
7.9.	CONCLUSIONES DE LA COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS EN BASE A LOS CRITERIOS TÉCNICOS Y AMBIENTALES	518
7.9.1.	JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	520
7.10.	DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO TERRESTRE Y MARINO SELECCIONADO	522
8.	INVENTARIO AMBIENTAL DETALLADO DE LA ALTERNATIVA DE MENOR IMPACTO .	523
8.1.	INVENTARIO AMBIENTAL DE DETALLE. TRAMOS TERRESTRES	523
8.2.	INVENTARIO AMBIENTAL DE DETALLE. TRAMO MARINO	530
9.	EFFECTOS POTENCIALES IMPUTABLES AL CABLE ELÉCTRICO	542
9.1.	OBJETIVOS	542
9.2.	EFFECTOS POTENCIALES DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS	543
9.3.	EFFECTOS POTENCIALES DEL TRAZADO DE MENOR IMPACTO DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC PLAYA BLANCA – LA OLIVA. TRAMOS TERRESTRES.	562
9.3.1.	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO FÍSICO	563
9.3.2.	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE LA BIODIVERSIDAD.....	575
9.3.3.	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	584
9.3.4.	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE EL PAISAJE.....	595
9.3.5.	RESUMEN DE LOS EFFECTOS POTENCIALES IDENTIFICADOS PARA LOS TRAMOS TERRESTRES DEL CABLE ELÉCTRICO	598
9.4.	EFFECTOS POTENCIALES DE LA ALTERNATIVA DE MENOR IMPACTO PARA EL CABLE SUBMARINO A 132 KV.....	600
9.4.1.	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO FÍSICO	604
9.4.2.	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO BIOLÓGICO	656
9.4.3.	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	681
9.4.4.	RESUMEN DE LOS EFFECTOS POTENCIALES IDENTIFICADOS.....	693
10.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....	695
10.1.	INTRODUCCIÓN	695
10.2.	MEDIDAS PROPUESTAS EN FUNCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS 695	
10.3.	MEDIDAS PREVENTIVAS	704
10.3.1.	MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC LA OLIVA – PLAYA BLANCA. TRAMOS TERRESTRES.	704
10.3.2.	MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC PLAYA BLANCA – LA OLIVA. TRAMO MARINO.....	718
10.4.	MEDIDAS CORRECTORAS EN FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	726
10.4.1.	MEDIDAS CORRECTORAS PARA LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC PLAYA BLANCA – LA OLIVA. TRAMOS TERRESTRES.	726
10.4.2.	MEDIDAS CORRECTORAS PARA LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC PLAYA BLANCA – LA OLIVA. TRAMO MARINO.....	730

10.5.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS EN LA FASE DE OPERACIÓN/MANTENIMIENTO	732
10.6.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS EN LA FASE DE DESMANTELAMIENTO	733
10.7.	CALENDARIO DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....	734
10.8.	PRESUPUESTO ORIENTATIVO DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES.....	735
10.8.1.	MEDIDAS PREVENTIVAS.....	736
10.8.2.	MEDIDAS CORRECTORAS.....	738
11.	DETERMINACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS RESIDUALES	739
11.1.	IMPACTOS RELATIVOS A LOS TRAMOS TERRESTRES DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC PLAYA BLANCA – LA OLIVA.....	741
11.1.1.	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO FÍSICO.....	742
11.1.2.	IMPACTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD	756
11.1.3.	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	762
11.1.4.	IMPACTOS SOBRE EL PAISAJE	775
11.2.	IMPACTOS RELATIVOS AL TRAMO MARINO DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC PLAYA BLANCA – LA OLIVA.	777
11.2.1.	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO FÍSICO.....	778
11.2.2.	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO BIOLÓGICO.....	811
11.2.3.	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	837
11.3.	RESUMEN DE IMPACTOS RESIDUALES.....	850
11.4.	IMPACTO GLOBAL.....	854
12.	PROPUESTA DE PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (P.V.A.)	855
12.1.	OBJETIVOS.....	855
12.2.	CONTROL DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	855
12.2.1.	FASE PREOPERACIONAL.....	856
12.2.2.	PROPUESTA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE CONSTRUCCIÓN. TRAMOS MARINOS.....	857
12.2.3.	PROPUESTA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE CONSTRUCCIÓN. TRAMOS TERRESTRES	860
12.2.4.	FASE DE DESMANTELAMIENTO	862
13.	CONCLUSIONES.....	863
14.	EQUIPO REDACTOR.....	866
ANEJOS		867
1.	BIBLIOGRAFÍA	868
2.	LEGISLACIÓN APLICABLE.....	869
3.	RESPUESTA A CONSULTAS PREVIAS	870
4.	ZANJA TIPO	871
5.	METODOLOGÍA DE LOS TRABAJOS MARINOS	872
6.	ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO.....	873
7.	FIGURAS DE PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.....	874
8.	RESULTADOS DEL LABORATORIO.....	875
9.	CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS DE VERTIDOS DESDE TIERRA A MAR.....	876

10. FICHAS DE CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA	877
11. RESULTADOS DEL LABORATORIO TAXONÓMICO	878
12. ESTUDIO DE ACÚSTICA SUBMARINA.....	879
13. SOLICITUD DE INFORMACIÓN. CARTAS DE NOTIFICACIÓN DE LOS CABILDOS.....	880
14. ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	881
15. AFECCIÓN A RED NATURA 2000	882
PLANOS	883

1) SITUACIÓN 1:30.000	
2.M.1) ÁMBITO DE ESTUDIO MARINO 1:30.000	
2.M.2) PUNTOS DE MUESTREO MARINO 1:30.000	
2.T.1) ÁMBITO DE ESTUDIO TERRESTRE 1:15.000	
2.T.2) ORTOFOTOMAPA 1:15.000	
2.) BATIMETRÍA E HIPSOMETRÍA 1:30.000	
3.M.1) RIESGOS DEL MEDIO FÍSICO EN ZONA MARINA 1:30.000	
3.M.2) ESTRATIGRAFÍA MARINA 1:30.000	
3.T) RIESGOS DEL MEDIO FÍSICO EN ZONA TERRESTRE 1:15.000	
3) PENDIENTES 1:30.000	
4.M) COMUNIDADES NATURALES MARINAS 1:30.000	
4.T) VEGETACIÓN ACTUAL Y DISTRIBUCIÓN DE FLORA PROTEGIDA 1:15.000	
5.M) FAUNA SUBMARINA 1:30.000	
5.T) FAUNA TERRESTRE 1:15.000	
6.M) RED NATURA 2000, ESPACIOS NATURALES Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO DEL MEDIO MARINO 1:30.000	
6.T) RED NATURA 2000, ESPACIOS NATURALES Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO DEL MEDIO TERRESTRE 1:30.000	
7.M) INFRAESTRUCTURAS, SERVIDUMBRES Y PROYECTOS EN DESARROLLO EN EL MEDIO MARINO 1:30.000	
7.T) INFRAESTRUCTURAS, SERVIDUMBRES Y ORDENACIÓN TERRITORIAL 1:15.000	
8.M) PATRIMONIO CULTURAL SUBMARINO Y RECURSOS TURÍSTICOS 1:30.000	
8.T) PATRIMONIO CULTURAL TERRESTRE Y RECURSOS TURÍSTICOS 1:15.000	
9.T) UNIDADES DESCRIPTIVAS DEL PAISAJE TERRESTRE 1:15.000	
10.M) ALTERNATIVAS SOBRE SÍNTESIS AMBIENTAL. TRAMO MARINO 1:30.000	
10.T) ALTERNATIVAS SOBRE SÍNTESIS AMBIENTAL. TRAMO TERRESTRE 1:15.000	
11.M.1) ÁMBITO DE DETALLE MARINO. ZONA 1 1:10.000	
11.M.2) ÁMBITO DE DETALLE MARINO. ZONA 2 1:10.000	
11.T.1) ÁMBITO DE DETALLE TERRESTRE. 1:5.000	
11.T.2) ACTUACIONES DE PROYECTO SOBRE ORTOFOTOMAPA 1:5.000	
12.M.1.1) RIESGOS DEL MEDIO FÍSICO EN ZONA MARINA. ZONA 1 1:10.000	
12.M.1.2) RIESGOS DEL MEDIO FÍSICO EN ZONA MARINA. ZONA 2 1:10.000	
12.M.2.1) ESTRATIGRAFÍA MARINA. ZONA 1 1:10.000	
12.M.2.2) ESTRATIGRAFÍA MARINA. ZONA 2 1:10.000	
12.T) RIESGOS DEL MEDIO FÍSICO EN ZONA TERRESTRE 1:5.000	
13.M.1) COMUNIDADES NATURALES MARINAS. ZONA 1 1:10.000	
13.M.2) COMUNIDADES NATURALES MARINAS. ZONA 2 1:10.000	
13.T) VEGETACIÓN Y FLORA PROTEGIDA 1:5.000	
14.M.1) PATRIMONIO NATURAL MARINO. ZONA 1 1:10.000	
14.M.2) PATRIMONIO NATURAL MARINO. ZONA 2 1:10.000	
14.T) PATRIMONIO NATURAL TERRESTRE 1:5.000	
15.T) PATRIMONIO CULTURAL TERRESTRE Y RECURSOS TURÍSTICOS 1:5.000	
16.M.1) PATRIMONIO CULTURAL, RECURSOS TURÍSTICOS E INFRAESTRUCTURAS EN MEDIO MARINO. ZONA 1 1:10.000	
16.M.2) PATRIMONIO CULTURAL, RECURSOS TURÍSTICOS E INFRAESTRUCTURAS EN MEDIO MARINO. ZONA 2 1:10.000	

- 16.T) ORDENACIÓN TERRITORIAL E INFRAESTRUCTURAS Y PROYECTOS EN DESARROLLO
1:5.000
- 17.M.1) ALTERNATIVA DE MENOR IMPACTOS SOBRE SÍNTESIS AMBIENTAL MARINA.
ZONA 1 1:10.000
- 17.M.2) ALTERNATIVA DE MENOR IMPACTOS SOBRE SÍNTESIS AMBIENTAL MARINA.
ZONA 2 1:10.000
- 17.T) ALTERNATIVA DE MENOR IMPACTOS SOBRE SÍNTESIS AMBIENTAL TERRESTRE
1:5.000
- 18.M.1) IMPACTOS RESIDUALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS. ZONA 1
1:10.000
- 18.M.2) IMPACTOS RESIDUALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS. ZONA 2
1:10.000
- 18.T) IMPACTOS RESIDUALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS 1:5.000

MEMORIA

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

RED ELÉCTRICA ha proyectado la construcción de una línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica que conectará la SE Playa Blanca, situada en el término municipal de Yaiza (isla de Lanzarote, provincia de Las Palmas), con la SE La Oliva situada en el término municipal de La Oliva (isla de Fuerteventura, provincia de Las Palmas), denominada *interconexión Lanzarote - Fuerteventura: línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica a 132 kV simple circuito Playa Blanca – La Oliva*, cuyo trazado discurrirá por los términos municipales de Yaiza, en la isla de Lanzarote, y La Oliva, en la isla de Fuerteventura, con una longitud aproximada de 17 km (14.5 km tramo submarino, 1.8 km en Lanzarote de tramo subterráneo y 645 m en Fuerteventura de tramo subterráneo).

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La línea objeto del presente proyecto tiene como principales características las siguientes:

Categoría	A
Sistema corriente.....	Alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal de la red: $U_0 / U / U_m$	76 / 132 / 145 kV
Capacidad de transporte	121 MVA
Factor de carga.....	100 %
Nº de circuitos	Uno
Cable subterráneo	RHE-RA+2OL 76/132 kV 1×1000KAI+H200
Cable submarino	76/132 kV 3×1×300 mm ² + FO
Cable submarino en perforación	76/132 kV 3×1×630 mm ² + FO
Intensidad de c/c a soportar tramo subterráneo (t = 0,5 s)	> 40 kA
Intensidad de c/c a soportar tramo submarino.....	> 15 kA
Temperatura inicial / final en la pantalla	90 / 250 °C
Disposición de los cables tramo subterráneo.....	Tresbolillo
Tipo de canalización subterránea.....	Tubular hormigonada
Profundidad tramo subterráneo.....	1300 mm
Tipo de instalación submarina.....	Jetting y rock trenching
Profundidad máxima cable submarino	80 m
Conexión de pantallas tramo subterráneo	Single point
Conexión de pantallas tramo submarino	Both ends

Longitud aproximada tramo subterráneo Lanzarote / Fuerteventura. 1.8 km / 645 m
 Longitud aproximada tramo submarino..... 14.5 km

Terminales SE Playa Blanca..... Exteriores
 Nº unidades 3
 Terminales SE La Oliva Exteriores
 Nº unidades 3
 Nº cámaras de empalme tramo subterráneo Lanzarote 1
 Nº cámaras de empalme tramo subterráneo Fuerteventura 0
 Nº cámaras de transición submarino/subterráneo 2
 Empalmes..... Seccionados
 Nº de empalmes subterráneos 3
 Nº de empalmes de transición submarino/subterráneo 2
 Nº de cables de fibra óptica..... Uno
 Tipo de fibra óptica Según recomendación ITU-T G.652d

Términos municipales afectados:

Tramo subterráneo T. M. Yaiza (Lanzarote) 1.8 km
 Tramo subterráneo T. M. La Oliva (Fuerteventura) 645 m

5.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA

La nueva conexión eléctrica entre las redes de transporte de Lanzarote y Fuerteventura consiste en un simple circuito de alta tensión en corriente alterna de 121 MVA de potencia y 132 kV de tensión, que conectará las subestaciones de Playa Blanca, en el término municipal de Yaiza, y La Oliva, en el término municipal de La Oliva.

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

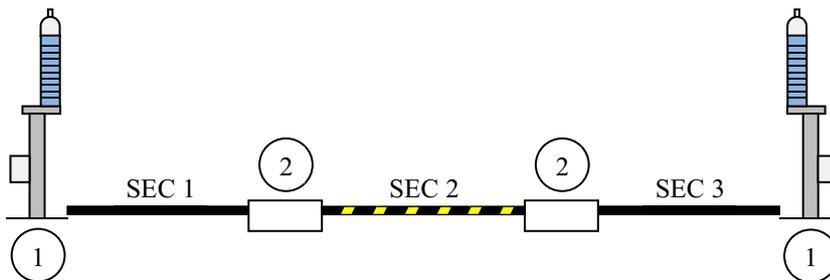


Figura 1. Diagrama general de la instalación

Descripción:

- 1: terminal exterior cable subterráneo Al 1000 mm².
- 2: empalme de transición cable submarino / cable subterráneo.
- Sec 1: tramo subterráneo Lanzarote.
- Sec 2: tramo submarino.
- Sec 3: tramo subterráneo Fuerteventura.

El enlace estará constituido por los siguientes tramos:

- Tramo subterráneo Lanzarote: entre la subestación de Playa Blanca y la playa de Las Coloradas con una longitud aproximada de 1.8 km.
- Tramo submarino a través del océano Atlántico: entre la costa de Lanzarote (playa de Las Coloradas) y la costa de Fuerteventura (caletilla Negra), con una longitud aproximada 14.5 km.
- Tramo subterráneo Fuerteventura: entre la caletilla Negra y la subestación de La Oliva, con una longitud aproximada de 645 m.

5.2.1 TRAMO SUBTERRÁNEO ISLA DE LANZAROTE

La línea eléctrica comienza en los soportes metálicos ubicados en el parque de 132 kV de la SE Playa Blanca, sobre los que se instalarán las botellas terminales.

Desde este punto, discurrirá durante 50 m en sentido sur por el interior de la subestación. Una vez alcanzado el límite exterior de la subestación girará hacia la derecha para continuar durante 50 m de forma paralela al cerramiento exterior de la SE Playa Blanca. Una vez en la cercanía del parque de 66 kV de la SE Playa Blanca se girará a la izquierda para continuar 60 m de forma paralela a la misma. Una vez sobrepasado los límites de la subestación la canalización irá girando de forma gradual hacia la izquierda durante 70 m hasta alcanzar la Avenida del Papagayo.

La canalización continuará durante 270 m por el exterior y de forma paralela a la Avenida del Papagayo. Posteriormente se girará a la derecha entrando en la zona asfaltado de la citada avenida discurriendo durante 130 m hasta su llegada a la Calle Las Palmeras.

Posteriormente la línea continuará por dicha calle durante 160 m, para girar a la derecha y continuar de forma paralela al canal de pluviales. Llegado este punto la canalización discurrirá durante 410 m por la zona ajardinada, realizando el cruzamiento del canal de pluviales principal y de uno secundario, hasta llegar a la Calle Las Buganvillas.

Tras el cruce de la Calle Las Buganvillas continua durante 270 m por el paseo y la zona ajardinada situada al sur del canal de pluviales, debiéndose realizar el cruzamiento de un canal secundario.

Por último, la canalización cruzará el acceso al Hotel Gran Casino en la Calle de Playa de Afre, continuando por una zona peatonal hasta alcanzar la zona de aparcamiento existente entre el final de la Calle de Playa Afre y el Paseo Marítimo, punto en el que se situará la futura cámara de transición subterráneo/submarino. Este último tramo tiene 131 m, para finalmente abandonar la isla de Lanzarote mediante una perforación dirigida de 529 m.

5.2.2 TRAMO SUBMARINO

El cable se tenderá sobre el lecho marino y se protegerá mediante las técnicas de jetting (zonas arenosas) y rock trenching (zonas rocosas).

5.2.3 TRAMO SUBTERRÁNEO ISLA DE FUERTEVENTURA

La instalación entra en la isla de Fuerteventura mediante una perforación dirigida de 492 m. A la salida de la misma se instalará una cámara de transición subterráneo/submarino. A partir de este punto la canalización discurrirá en dirección sur durante 20 m para después continuar durante 120 m realizando un giro prolongado hacia la izquierda para dirigirse hacia el este hasta alcanzar la estación de maniobra “Caleta Negra”. En este tramo se realizará el cruzamiento con la interconexión entre islas de 66 kV existente.

La canalización continuará durante 70 m en dirección sureste por una zona de tierra volcánica hasta alcanzar una rodera, por donde discurrirá 160 m en sentido sur hasta su llegada a un camino de tierra, punto donde la canalización girará a la izquierda y continuará durante 90 m para posteriormente abandonar el camino y dirigirse hacia el sur durante 50 m, para finalmente entrar por el oeste en la futura SE La Oliva y discurrir aproximadamente 30 m hasta llegar a los soportes metálicos sobre los que se instalarán las botellas terminales.

5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

5.3.1 CABLE DE POTENCIA

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

CABLE			
SUBTERRÁNEO		SUBMARINO	
Lanzarote	Fuerteventura	Fondo marino	Perforación dirigida
Al – 1000 mm ²	Al – 1000 mm ²	Cu 300 mm ² simple armadura	Cu 630 mm ² doble armadura

Tabla 1. Características del cable

5.3.1.1 Cable de potencia subterráneo

El cable aislado subterráneo de 76/132 kV requerido para el tramo subterráneo es el siguiente: **RHE-RA+2OL 76/132 kV 1×1000KAI+H200**, cable aislado unipolar 76/132 kV de aluminio y sección de 1000 mm² con pantalla constituida por alambres de cobre de 200 mm² de sección.

La composición general de los cables aislados con pantalla constituida por alambres de cobre para tensión nominal de 132 kV es la siguiente:

- Conductor: cuerda compacta redonda de aluminio clase 2 con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo.
- Semiconductora interna: capa interna extruida de material semiconductor.
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE) super clean.
- Semiconductora externa: capa externa extruida de material semiconductor.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable semiconductor.
- Pantalla: corona de alambres de cobre arrollados helicoidalmente.
- 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 semiconductor.
- Protección radial al agua: cinta de aluminio solapada termopegada adherida a la cubierta.

- Cubierta exterior: polietileno de alta densidad (HDPE) negro con capa exterior semiconductora extrusionada conjuntamente con la cubierta. Características mecánicas tipo DMZ1.

Conductor

Material	Hilos de aluminio
Sección	1000 mm ²
Diámetro nominal	38.4 mm
Resistencia máxima en continua a 20 °C	29.10 μΩ/m
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen permanente	90 °C
Temperatura máxima admisible en el conductor en cortocircuito	250 °C
Intensidad máxima admisible en cortocircuito	133.6 kA
Duración cortocircuito	0.5 s
Temperatura inicial	90 °C
Temperatura final	250 °C
Resistividad eléctrica	2.84·10 ⁻⁸ Ω/m
Coef. de variación de la resistividad eléctrica con la temperatura a 20 °C	0.00403 K ⁻¹
Calor específico volumétrico	2.5·10 ⁶ J/K·m ³

Semiconductora interna

Material	Capa extruida de material semiconductor
Espesor nominal	1.5 mm
Diámetro nominal sobre semiconductora interna	43.2 mm
Resistividad térmica	2.5 K·m/W
Calor específico volumétrico	2.4·10 ⁶ J/K·m ³

Aislamiento

Material	Polietileno reticulado (XLPE) super clean
Espesor nominal	17 mm
Diámetro nominal sobre aislamiento	77.7 mm
Gradiente semiconductora interna	6.1 kV/mm
Gradiente semiconductora externa	3.4 kV/mm
Permitividad relativa	2.4
tg δ	≤ 0.001
Resistividad térmica	3.5 K·m/W
Calor específico volumétrico	2.4·10 ⁶ J/K·m ³

Semiconductora externa

Material	Capa extruida de material semiconductor
Espesor nominal.....	1.5 mm
Diámetro nominal sobre semiconductora externa.....	81.5 mm
Resistividad térmica.....	2.5 K·m/W
Calor específico volumétrico	$2.4 \cdot 10^6$ J/K·m ³

Protección longitudinal al agua

Material	Cinta hinchable semiconductora
Colocación	Hélice solapada
Espesor nominal.....	0.35 mm
Resistividad térmica.....	6 K·m/W
Calor específico volumétrico	$2 \cdot 10^6$ J/K·m ³

Pantalla

Material	Alambres de cobre
Diámetro medio	86.6 mm
Nº de alambres de cobre	52
Diámetro de los alambres.....	2.22 mm
Separación entre alambres	2.43 mm
Sección.....	200 mm ²
Temperatura máxima admisible en régimen permanente	90 °C
Temperatura máxima admisible en cortocircuito	250 °C

Intensidad admisible en cortocircuito.....	> 40 kA
Duración cortocircuito	0.5 s
Temperatura inicial	90 °C
Temperatura final	250 °C

Resistividad eléctrica	$1.72 \cdot 10^{-8}$ Ω·m
Calor específico volumétrico	$3.45 \cdot 10^6$ J/K·m ³

Contraespira

Material	Cinta de cobre
Sección.....	1 mm

Protección longitudinal al agua

Material	Cinta hinchable semiconductora
Colocación	Hélice solapada

Espesor nominal.....	0.35 mm
Resistividad térmica.....	6 K·m/W
Calor específico volumétrico	$2 \cdot 10^6$ J/K·m ³

Protección radial al agua

Material	Lámina de aluminio
Espesor nominal	0.2 mm
Tipo de unión	Solapada termopegada
Resistividad eléctrica	$2.84 \cdot 10^{-8}$ Ω·m
Calor específico volumétrico	$2.5 \cdot 10^6$ J/K·m ³

Cubierta exterior

Material	Polietileno de alta densidad (HDPE)
Color	Negro
Cubierta no propagadora del incendio	No
Características mecánicas	DMZ1
Capa exterior semiconductora extruida con la cubierta.....	Si
Espesor nominal	4.3 mm
Resistividad térmica.....	3.5 K·m/W
Calor específico volumétrico	$2.4 \cdot 10^6$ J/K·m ³

Características eléctricas

Corriente	Alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Tensión asignada	76/132 kV
Tensión más elevada del material.....	145 kV
Categoría de la red.....	A (Según UNE 20435)
Tensión soportada a impulso tipo rayo	650 kV (cresta)
Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min)	190 kV

Características mecánicas

Radio curvatura mínimo	
Durante el tendido directamente enterrado o al aire	2.5 m
Durante el tendido en banco de tubos.....	8 m
Cerca de accesorios con / sin guía	2 / 2.5 m
En instalación definitiva	2 m
Sobre la bobina	1.5 m

Esfuerzos

Esfuerzo máximo de tiro 3000 daN
Esfuerzo máximo lateral 1000 daN

Características de cable terminado

Diámetro exterior nominal 98 mm
Peso aproximado. 10.5 kg/m

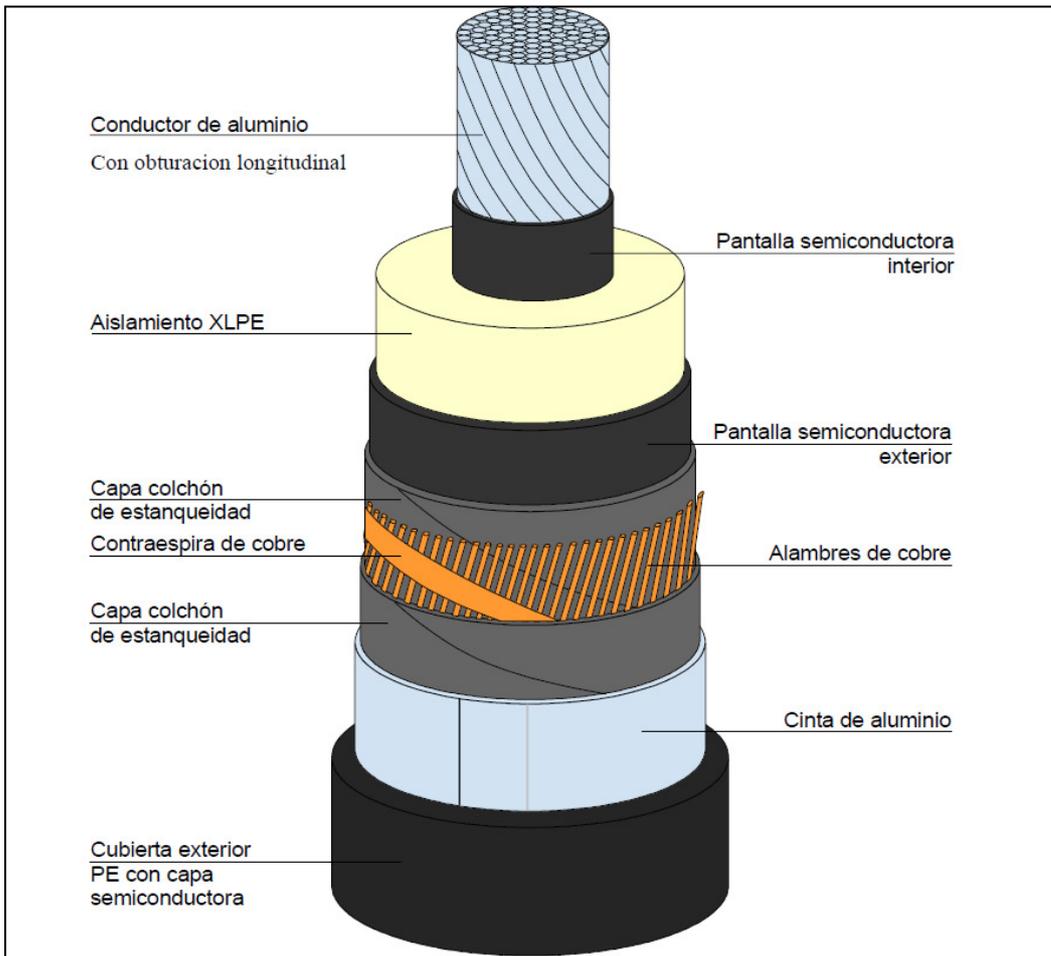


Figura 2. Esquema de un cable de potencia subterráneo

5.3.1.2 Cable de potencia submarino

Se han considerado 2 diseños para el cable submarino, uno para el lecho marino y otro para las llegadas en perforación a la costa.

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

Cable submarino para el lecho marino

76/132 kV 3×1×300 mm² + FO: cable aislado 76/132 kV de cobre 3 × 300 mm² con pantalla constituida por aleación de plomo de 2 mm de espesor.

Características constructivas

Conductor

Diámetro nominal aproximado 20.5 mm

Material.....Cobre de 37 filamentos recubierto por un compuesto semiconductor

Pantalla del conductor

Material.....Semiconductor con polietileno

Aislamiento

Espesor nominal 18 mm

Diámetro nominal sobre aislamiento..... 60.1 mm

Material.....Polietileno reticulado (XLPE)

Protección longitudinal al agua

Material..... Cinta semiconductora hinchable

Cubierta de plomo

Material.....Aleación de plomo

Espesor nominal 2 mm

Cubierta de fase

Material.....Polietileno semiconductor

Espesor nominal 2 mm

Fibra óptica

Las fibras ópticas estarán en un tubo de acero y su cubierta exterior será de polietileno.

Diámetro nominal..... 10 mm

Cinta en hélice

Material..... Capas de cinta adhesiva en hélice

Armadura

Forma de los hilos de la armadura Planos

Dimensión de los hilos..... 8.5 × 3 mm

Nº aproximado de hilos de armadura.....56

Cubierta exterior

Material..... Dos capas de hilos de polipropileno y bitumen

Características de cable terminado

Diámetro exterior nominal 173.5 mm

Peso aproximado seco..... 50 kg/m

Peso aproximado sumergido 28 kg/m

Características mecánicas

Radio de curvatura mínimo durante el tendido 2.8 m

Radio de curvatura mínimo sin tensión 2.3 m

Esfuerzo máximo de tiro..... 200 kN

Características eléctricas

Temperatura máxima permitida 90 °C

Intensidad máxima por fase 525 A

Condiciones de cálculo del tramo submarino

Máxima temperatura ambiente cable enterrado en el lecho marino 25 °C

Profundidad de enterramiento 1 m

Resistividad térmica del terreno 1 K·m/W

Factor de carga 100%

Factor de potencia 0.9

Frecuencia..... 50 Hz

Corriente de cortocircuito permitida durante un segundo

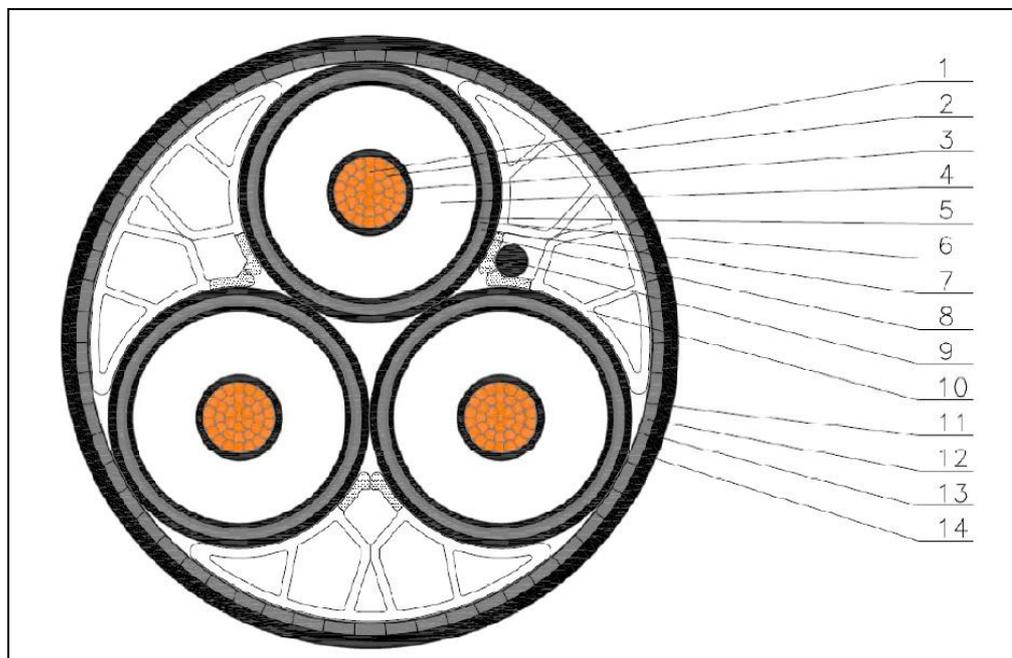
En el conductor..... 42 kA

En la pantalla metálica 3 × 11 kA

Tensión del sistema 132 kV
 Tensión entre conductor y la pantalla U_0 76 kV
 Tensión más elevada del material U_m 145 kV
 Tensión soportada a impulso tipo rayo 650 kV (cresta)
 Campo eléctrico en el aislamiento a U_m 7.6 kV/mm

Resistencia del conductor

Resistencia a 20 °C en corriente continua 0.0601 Ω /km
 Resistencia a 90 °C en corriente alterna 0.0780 Ω /km



Nº	Elemento	Espesor nominal (mm)	Diámetro nominal (mm)
1	Conductor, alambres de cobre	37 × ø3.36	20.5
2	Relleno del conductor, relleno semiconductor		
3	Semiconductora interna		
4	Aislamiento XLPE	18	60.1
5	Semiconductora externa		
6	Cinta semiconductora hinchable		
7	Cubierta de aleación de plomo	2	69.3
8	Cubierta semiconductora de polietileno	2	

9	Fibra óptica	ø10	
10	Relleno polietileno extruido		
11	Cinta en hélice		
12	Armadura, hilos de acero galvanizado	56 × 8.5 × 3	
13	Cubierta exterior, cuerdas de propileno y bitumen		
14	Cubierta exterior, cuerdas de propileno y bitumen		173

Figura 3. Esquema y características de un cable de potencia submarino para el lecho marino

Cable submarino en perforación dirigida

76/132 kV 3×1×630 mm² + FO: cable aislado 76/132 kV de cobre 3×630 mm² con pantalla constituida por aleación de plomo de 2.2 mm de espesor.

Características constructivas

Conductor

Diámetro nominal aproximado 30.5 mm
 Material.....Cobre de 61 filamentos recubierto por un compuesto semiconductor

Pantalla del conductor

Material.....Semiconductor con polietileno

Aislamiento

Espesor nominal 17 mm
 Diámetro nominal sobre aislamiento..... 67.5 mm
 Material..... Polietileno (XLPE)

Pantalla del aislamiento

Material.....Semiconductor con polietileno

Protección longitudinal al agua

Material..... Cinta semiconductor hinchable

Pantalla

Material.....Aleación de plomo
 Espesor nominal 2.2 mm

Cubierta de fase

Material.....Polietileno semiconductor
Espesor nominal 2.2 mm

Fibra óptica

La fibra óptica estará en un tubo de acero y su cubierta exterior será de polietileno. El contorno de los elementos de polietileno o los hilos y la fibra óptica estarán ubicados en los intersticios entre los núcleos.

Diámetro nominal..... 10 mm

Cinta en hélice

Material..... Dos capas de cinta adhesiva en hélice

Capa de colchón

Material..... Hilo de polipropileno y bitumen

Armadura

Forma de los hilos de la armadura Planos
Dimensión de los hilos..... 8.5 × 3 mm
Nº aproximado de hilos de armadura 63/66
Material..... Dos capas de hilos de acero galvanizado contrapuestas

Cubierta exterior

Material..... Dos capas de hilos de polipropileno y bitumen

Características de cable terminado

Diámetro exterior nominal 198 mm
Peso aproximado seco..... 79 kg/m
Peso aproximado sumergido 56 kg/m

Características mecánicas

Radio de curvatura mínimo durante el tendido 3.5 m
Radio de curvatura mínimo sin tensión 2.5 m
Esfuerzo máximo de tiro..... 450 kN

Características eléctricas

Temperatura máxima permitida 90 °C
Intensidad máxima en el tubo..... 530 A

Condiciones de cálculo del tramo submarino

Máxima temperatura ambiente cable enterrado en el lecho marino	25 °C
Profundidad de enterramiento	15 m
Número de cables	1
Resistividad térmica del terreno	1 K·m/W
Resistividad térmica dentro del tubo	0.8 K·m/W
Resistividad térmica del tubo	3.5 K·m/W
Diámetro interno del tubo	560 mm
Diámetro externo del tubo	580 mm
Factor de carga	100%
Factor de potencia	0.9
Frecuencia.....	50 Hz

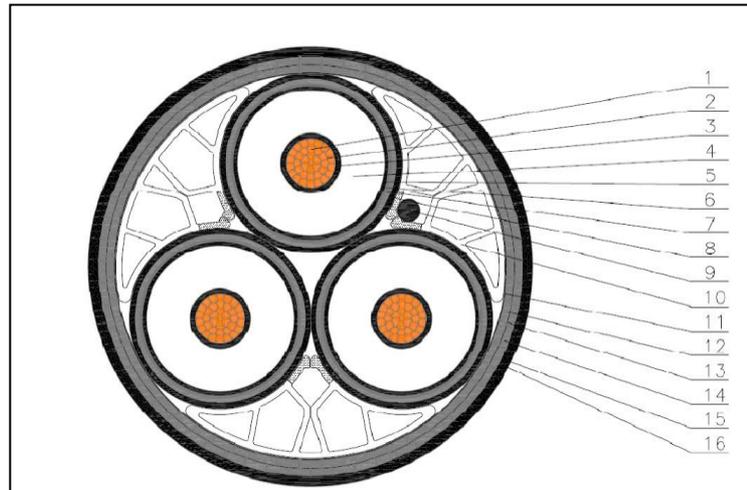
Corriente de cortocircuito permitida durante un segundo

En el conductor	90 kA
En la pantalla metálica	3 × 14 kA
Tensión del sistema	132 kV
Tensión entre conductor y la pantalla U_0	76 kV
Tensión más elevada del material U_m	145 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo (1.2/50 μ s)	650 kV (cresta)
Campo eléctrico máximo en el aislamiento a U_m	7.1 kV/mm

Resistencia del conductor

Resistencia a 20 °C en corriente continua	0.0283 Ω /km
Resistencia a 90 °C en corriente alterna.....	0.0393 Ω /km

Sección del conductor



Nº	Elemento	Espesor nominal (mm)	Diámetro nominal (mm)
1	Conductor, alambres de cobre	61 × ø3.7	30.5
2	Relleno del conductor, relleno semiconductor		
3	Semiconductora interna		
4	Aislamiento, XLPE	17	67.5
5	Semiconductora externa		
6	Cinta semiconductora hinchable		
7	Cubierta de aleación de plomo	2.2	77.3
8	Cubierta semiconductora de polietileno	2.2	
9	Fibra óptica	ø10	
10	Relleno de polietileno extruido		
11	Cinta en hélice		
12	Armadura, hilos de acero galvanizado	63 × 8.5 × 3	
13	Cinta en hélice		
14	Armadura, hilos de acero galvanizado	66 × 8.5 × 3	
15	Cubierta exterior, cuerdas de propileno y bitumen		
16	Cubierta exterior, cuerdas de propileno y bitumen		198

Figura 4. Esquema y características de un cable de potencia submarino en perforaciones dirigidas

5.3.2 TERMINALES

La conexión del cable con la aparatamenta de las subestaciones tipo intemperie se realizará mediante una botella terminal tipo exterior unipolar por fase.

Las botellas terminales tipo exterior se instalarán en soportes metálicos individuales.

Las características técnicas de las botellas terminales exteriores serán compatibles con los cables en los que se instalen, así como el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinadas.

La capacidad de transporte, así como la corriente de cortocircuito soportada deberá ser al menos igual a la del cable de la instalación a la que van destinadas.

Los terminales tipo exterior deberán cumplir con los ensayos y requerimientos fijados por la siguiente norma:

UNE 211632-1: Cables de energía eléctrica con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV ($U_m = 42$ kV) hasta 150 kV ($U_m = 170$ kV). Parte 1 – Métodos de ensayo y requisitos.

Terminal tipo exterior 76/132 kV cable XLPE 1×1000 KAI-2OL+H200

Características eléctricas

Tensión asignada	76/132 kV
Tensión más elevada para el material	145 kV
Frecuencia nominal.....	50 Hz
Categoría de la red	A
Tensión soportada a impulso tipo rayo.....	650 kV (cresta)
Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min)	190 kV

Intensidad admisible en cortocircuito (0.5 s $T_0 = 90$ °C – $T_f = 250$ °C)

En conductor

	133.6 kA
--	----------

En pantalla.....

	40 kA
--	-------

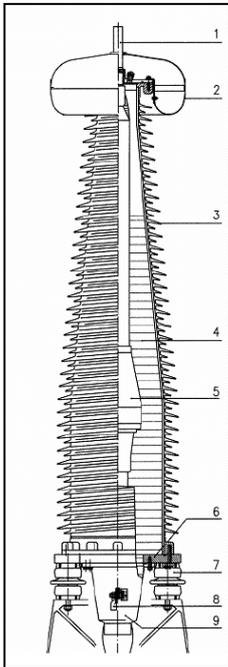
Gradiente máximo en interfase entre conductor y aislamiento principal

	7.5 kV/mm
--	-----------

Gradiente máximo en aislamiento principal.....

	4.5 kV/mm
--	-----------

Composición



Nº	Elemento
1	Vástago de conexión aérea
2	Deflector de tensión (aluminio)
3	Aislador exterior
4	Fluido aislante de relleno
5	Cono premoldeado de control de campo
6	Base soporte (aluminio)
7	Aisladores soporte cerámicos
8	Conexión toma de tierra
9	Boca de entrada del cable

Figura 5. Esquema de una botella terminal

Características constructivas

Conexión aérea

Tipo de borna Cilíndrica
 Material..... Aluminio
 Diámetro borna..... 40 mm
 Longitud borna..... 110 mm
 Deflector de tensión Aluminio

Conexión del conductor

Electrodo de compresión. Deberá soportar los esfuerzos termodinámicos tanto para el funcionamiento normal del cable como en cortocircuito.

Aislador exterior

Material..... Polimérico
 Refuerzo interno..... Tubo de fibra epoxy
 Línea de fuga a la tensión más elevada..... 35 mm/kV

Deberá proporcionar una adecuada protección contra la corrosión de todos los elementos expuestos en intemperie.

Fluido aislante de relleno

Material..... Aceite de silicona
 Depósito de expansión..... No
 Presión Atmosférica

Cono premoldeado control de campo o aislamiento principal

Tipo Cono deflector
 Material..... Goma de silicona o EPDM
 Fabricación Vulcanización a alta temperatura
 Temperatura máxima de operación > 90 °C

El cono premoldeado de control de campo estará completamente ensayado en fábrica.

Base soporte

Material placa de conexión..... Aluminio
 Pernos de fijación..... Acero inoxidable
 Aisladores soporte Cerámicos
 Forma de la placa base Cuadrada
 N° de taladro para fijación terminal..... 4
 Diámetro de los taladros 20 mm
 Distancia horizontal entre taladros 350 mm

La conexión con el cable estará diseñada para soportar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos producidos durante el funcionamiento normal y en las condiciones de cortocircuito especificadas.

La base soporte estará preparada para la correcta unión con el soporte del terminal exterior

Boca de entrada

Deberá proporcionar suficiente protección mecánica de la unión en el funcionamiento normal del cable, en cortocircuito y durante los procesos de montaje. Estará provista de la correspondiente conexión de toma de tierra. Se dispondrá de los dispositivos necesarios para garantizar la estanqueidad de la entrada del cable en el terminal.

5.3.3 PARARRAYOS AUTOVÁLVULAS

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares.

Las autoválvulas serán de óxido de zinc como elemento activo y con contador de descargas.

Las características exigidas serán como mínimo las mismas que para los terminales de exterior, disponiendo de la misma línea de fuga y de una corriente de descarga nominal de al menos 10 kA.

El aislador de la autoválvula será polimérico. Se indican a continuación las características requeridas:

Instalación..... Intemperie
 Tipo de servicio..... Continuo
 Tipo de pararrayos Óxido de zinc
 Frecuencia nominal..... 50 Hz
 Tensión nominal del sistema U_n 132 kV
 Tensión máxima de servicio entre fases U_s 145 kV
 Tensión nominal pararrayos U_r 120 kV
 Tensión de operación continua del pararrayos U_c > 92 kV

Intensidad de descarga nominal con forma de onda de 8/20 μ s (cresta).....10 kA
 Longitud de la línea de fuga mínima: 35 mm/kV

5.3.4 EMPALMES

5.3.4.1 Empalmes tramo subterráneo

Las características técnicas de los empalmes con seccionamiento de pantallas deberán ser compatibles con los cables que unen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

Los empalmes serán premoldeados. Los empalmes deberán ser probados en fábrica previamente al montaje para cada instalación en particular. Proporcionarán al menos las mismas características eléctricas y mecánicas que los cables que unen, teniendo al menos la misma capacidad de transporte, mismo nivel de aislamiento, corriente de cortocircuito, protección contra entrada de agua, protección contra degradación, etc.

Cada juego de empalmes se suministrará con todos los accesorios y pequeño material necesarios para la confección y conexionado de pantallas.

Los empalmes deberán cumplir con los ensayos y requerimientos fijados por la siguiente norma:

UNE 211632: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV ($U_m = 42$ kV) hasta 150 kV ($U_m = 170$ kV).

La composición general de los empalmes para cables unipolares de aislamiento seco será la siguiente:

- Cubierta de protección y material de protección sobre la pantalla.
- Pantalla del empalme y perfil de control de gradiente.
- Cuerpo premoldeado de aislamiento.
- Conexión de los conductores y electrodo de unión.
- Accesorios y pequeño material.

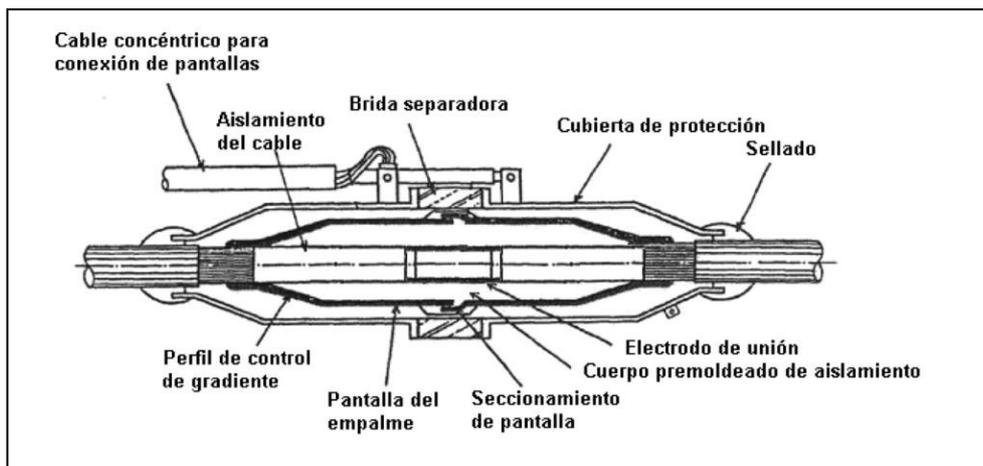


Figura 6. Esquema de un empalme en tramo subterráneo

Los empalmes deberán ser diseñados y probados para cada cable aislado en particular. Se comprobará especialmente las compatibilidades con respecto a:

- Tipo de construcción del cable.
- Dimensiones (diámetro, área, excentricidades, tolerancias máximas).
- Temperatura máxima de operación (tanto en continuo como bajo sobrecargas y cortocircuito).
- Aislamiento y capas semiconductoras (compatibilidad física y química).
- Esfuerzos mecánicos y de cortocircuito.
- Gradiente máximo de campo eléctrico.
- Tipo de instalación a la que se destina.

5.3.4.2 Empalmes tramo submarino

Empalmes de fábrica

El conductor está soldado con cobre. La unión del conductor está constituida con el mismo diámetro que el conductor. Cada unión es revisada por rayos X que muestran vacíos o uniones de baja calidad. Los conductores de diferente sección también se pueden unir, en estos casos habrá una suave transición desde un diámetro hasta el otro.

La capa semiconductora de la unión se rehace con el mismo material que el conductor. La capa se funde, se reticula y se pule para formar una capa semiconductora continua con el mismo diámetro que la semiconductora del cable.

El aislamiento se reconstruye desde la capa extruida desde el mismo material del cable. La pureza debe ser mantenida durante el proceso. La capa es producida y aplicada en cámaras libres de polvo. La cámara se mantiene a sobrepresión de aire filtrado para prevenir el polvo.

El aire circundante está monitorizado por un contador de partículas. El proceso de reticulado asegura un aislamiento homogéneo y sin porosidades.

Un ensayo de descargas parciales se lleva a cabo en esta etapa para cada empalme aislado, siendo los requerimientos los mismos que para el cable completo.

La capa semiconductora externa del empalme se reconstruye del mismo material que la del cable. Se aplica en el mismo ambiente libre de polvo que el aislamiento. La capa se funde y se reticula para formar una capa semiconductora continua que se reticula con el aislamiento y se superpone al cable.

La cubierta de plomo del cable se reconstruye usando una funda de plomo, que se estampa hasta que entra en contacto con la capa hinchable. La funda se ajusta a la cubierta del cable. Es preferible que la unión del conductor y el aislamiento se hagan antes de la extrusión de la cubierta de plomo. Entonces, habrá una extrusión continua de la cubierta sobre el cable y el empalme.

La resistencia de la unión se consigue mediante el refuerzo con una capa de resina epoxi impregnada con fibra de vidrio. Este refuerzo no es necesario si la unión se realiza antes de la extrusión.

Si los tres núcleos se unen, habrá un movimiento axial mayor que la longitud de una unión de núcleos ya que el cable está compuesto de tres núcleos. El relleno y el armado debe ser continuo.

Si el empalme se hace como un empalme flexible de reparación en el barco, los cables del armado preformado serán insertados y soldados a cada terminación del empalme.

El empalme finalizado tendrá las mismas propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas que las especificadas para el cable.

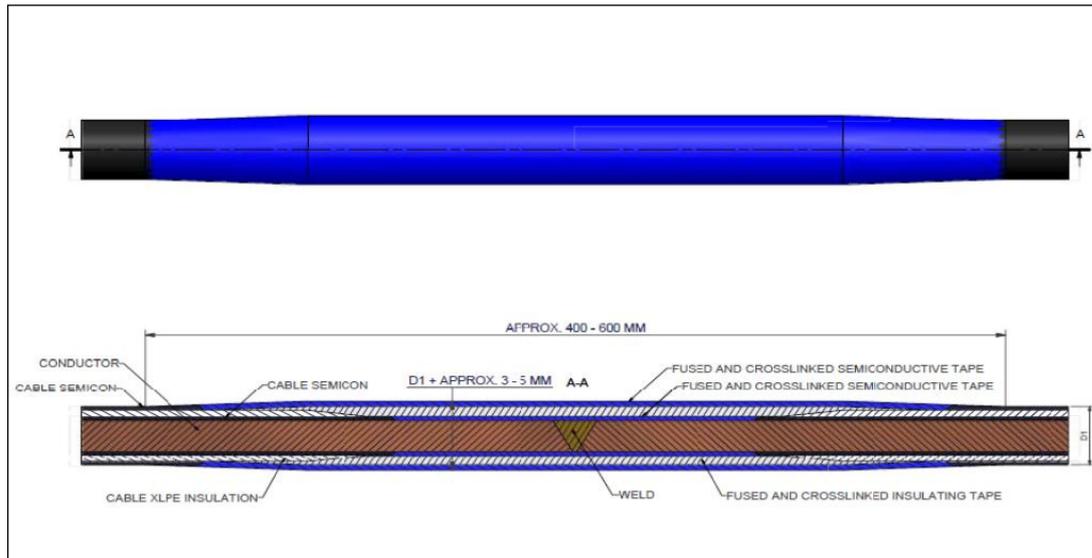


Figura 7. Esquema de un empalme en tramo submarino

Empalmes de reparación

Diseño general

La instalación de un empalme de reparación debe ser sencilla y rápida, ya que el tiempo disponible para la reparación suele ser escaso. Desde el momento en que los cables están tendidos en soportes hasta que el empalme está preparado para ser sumergido no debe pasar un tiempo superior a 30 horas. Por esta razón todas las técnicas basadas en soldadura y encintado no son posibles. Todas las partes, incluyendo las uniones de núcleos, son prefabricadas. Por lo tanto, el empalme no es flexible. Será necesario sumergirlo en el agua en una cuna.

Empalme del conductor

Los conductores se unen con conectores rizados de cobre. Este método está bien comprobado, es rápido y los conductores no se debilitan por recocido ya que no se aplica calor.

Aislamiento del conductor

Cada empalme del conductor es aislado por una caja premoldeada de goma-EPDM. La caja premoldeada comprime 3 capas:

- Un electrodo semiconductor EPDM en el centro para proteger el empalme del conductor de inclusiones de aire y para permitir al aislamiento del cable ser cortado directamente, sin consumir tiempo diseñándola en campo.
- Una capa de aislamiento.
- Una capa pantalla de semiconductor EPDM. Todas las capas serán moldeadas juntas sin inclusiones o contaminantes.

Cada caja EPDM ha pasado ensayos de alta tensión en fábrica, incluyendo el ensayo de descargas parciales. Para una instalación rápida, el ensayo previo es una de las razones por las que el empalme prefabricado se prefiere al encintado o moldeado.

Protección al agua

De cara a mantener la impermeabilidad del cable, se colocan unas cubiertas de plomo en cada empalme. La cubierta es un plomo laminado, que se tiende sobre los empalmes y se suelda longitudinalmente. Las cubiertas se ubican sobre las pantallas de plomo del cable.

Refuerzo

La soldadura puede causar una ligera fragilidad en la capa de plomo próxima a la soldadura. Por tanto, se debe reforzar con una capa de fibra de vidrio de resina epoxi.

Armadura

La armadura será soldada o sujeta mediante abrazaderas. Debido a que el soldado es un proceso largo, se elige sujetar mediante abrazaderas. Las abrazaderas son cónicas para un agarrado firme, se atornillan a la envoltura exterior.

Envoltura exterior

La envoltura exterior es un tubo de acero. La envoltura está rellena con bitumen como protección a la corrosión.

Protección al doblado excesivo

Los protectores al doblado se montan al final de la envoltura con el fin de evitar un doblado excesivo en el tendido y cuando el empalme golpea el fondo marino.

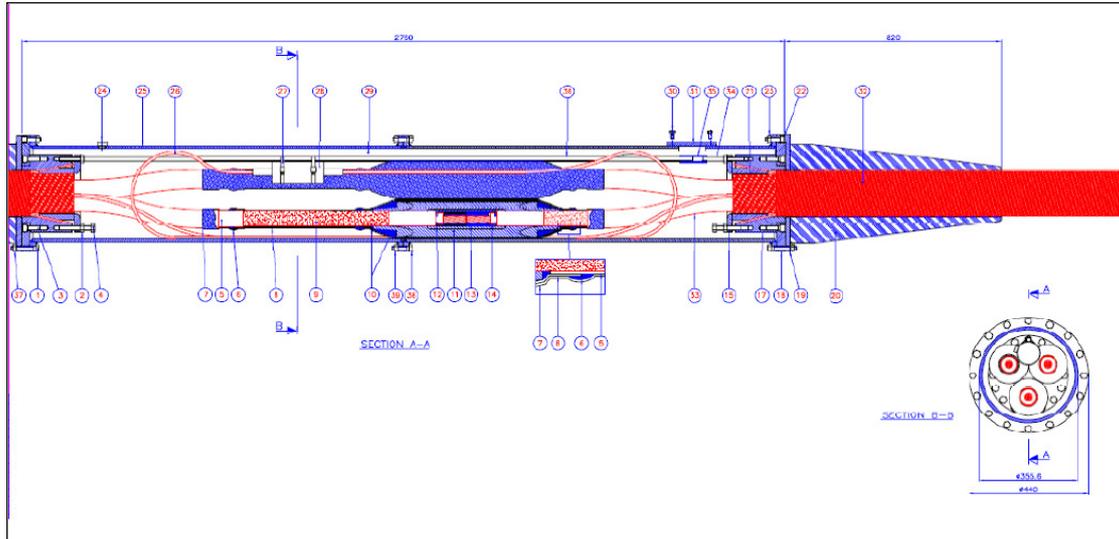


Figura 8. Esquema de un empalme de reparación

5.3.4.3 Empalmes de transición cable submarino / cable subterráneo

Se incluye un dibujo de un empalme de transición entre un cable submarino y uno subterráneo.

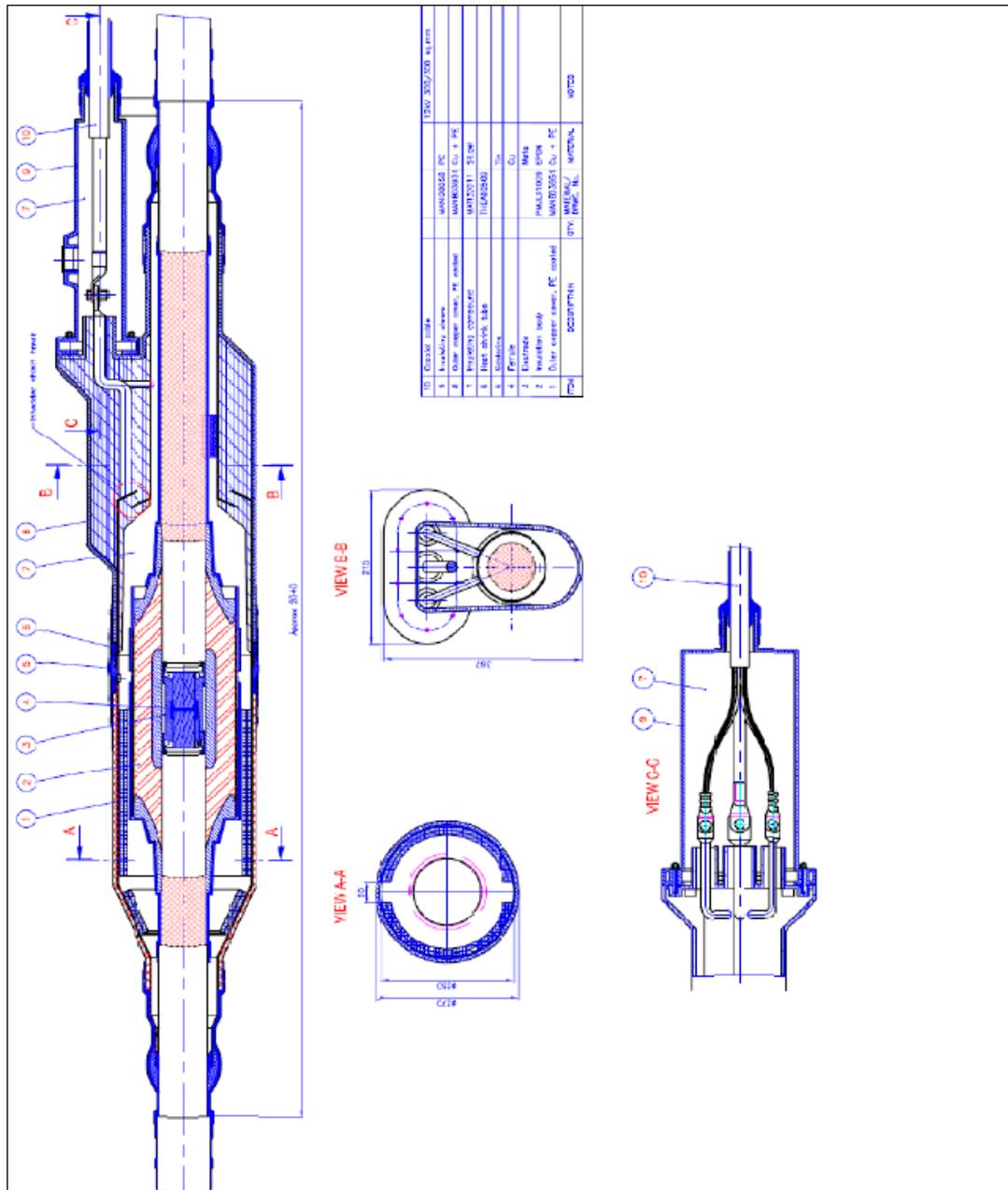


Figura 9. Esquema de un empalme de transición subterráneo/submarino

5.3.5 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

5.3.5.1 Conexión de pantallas a tierra

A continuación se muestra una tabla con la conexión de pantallas utilizada.

Isla de Lanzarote

INICIO	FINAL	CABLE	LONG. (m)	TIPO DE CONEXIÓN
Terminales exteriores SE Playa Blanca	CE01	XLPE 76/132 1×1000 Al-2OL + H200	764	Single point
CE01	Cámara transición	XLPE 76/132 1×1000 Al-2OL + H200	837	Single point

Tramo submarino

INICIO	FINAL	CABLE	LONG. (m)	TIPO DE CONEXIÓN
Cámara transición Lanzarote	Cámara transición Fuerteventura	76/132 3×1×630 mm ² 76/132 3×1×300 mm ²	14500	Both ends

Isla de Fuerteventura

INICIO	FINAL	CABLE	LONG. (m)	TIPO DE CONEXIÓN
Cámara transición	Terminales exteriores SE La Oliva	XLPE 76/132 1×1000 Al-2OL + H200	541	Single point

5.3.5.2 Cajas de puesta a tierra

Son cajas de conexión estancas con tapa atornillable de acero inoxidable para instalaciones enterradas, bien sea directamente o en tubulares. Esta envolvente proporciona un grado de protección IP68 según EN 60529. Dispone en uno de sus laterales de cinco prensaestopas, tres para la entrada de los cables concéntricos conectados a las pantallas de los cables en los empalmes o en los terminales, el cuarto para el cable conectado a la toma de tierra del sistema y el quinto para el cable de tierra del propio cuerpo de la caja.

Los terminales engastados en los conductores de los cables de pantalla están soportados sobre una placa aislante. Ello permite disponer de pantallas aisladas para la realización de ensayos o bien mediante pletinas efectuar los puentes para conectar las pantallas (ya sea directamente a tierra o a través de los correspondientes limitadores de tensión de pantalla (LTP) de óxido metálico conectados a tierra).

La tapa y el cuerpo de la caja se cierran mediante tornillería inoxidable y junta de estanqueidad de goma.

En las subestaciones se instalará en cada soporte metálico de los terminales tipo exterior una caja unipolar de puesta a tierra directa o una caja de puesta a tierra a través de descargador.

Las cajas de puesta a tierra de los empalmes se instalarán en el interior de las cámaras de empalme. Por este motivo, están diseñadas para soportar las siguientes solicitaciones con objeto de asegurar, cuando se produce un defecto interno o externo, que las cajas de puesta a tierra no se rompen en trozos de material en forma de proyectiles que puedan dañar el resto de elementos instalados en la propia cámara (cable, otros empalmes, etc.):

Defecto de arco interno (0.1 s).....	40 kA
Corriente de cortocircuito monofásica (0.5 s)	63 kA

El cable de tierra que conecta los terminales o empalmes con las cajas de puesta tierra no podrá tener una longitud superior a 10 metros.

5.3.6 OBRA CIVIL

5.3.6.1 Obra civil tramo submarino

Los cables submarinos irán enterrados a 1 metro bajo terreno arenoso en profundidades de hasta 70 metros y a 60 cm bajo terreno arenoso en profundidades superiores (siempre que lo permitan y sea viable con los medios técnicos disponibles).

El método proyectado de soterramiento de los cables en el fondo se denomina “jetting”, y se realizará posteriormente al tendido. Se utilizará un barco desde el que se manejará remotamente un vehículo submarino que descenderá hasta colocarse sobre el cable. El citado submarino irá provisto de un mecanismo de chorros de agua a alta presión, que licuará el terreno bajo y alrededor del cable, permitiendo que el cable se hunda a través de los sedimentos en suspensión hacia el fondo de la zanja según el mecanismo avanza hacia adelante. Cuando la máquina se haya desplazado suficientemente para que la presión del agua en la zanja sea la normal, los sedimentos en suspensión se asentarán en el fondo, solidificándose de nuevo y rellenando por sí mismos la zanja.

Este método es válido para la mayor parte del trazado, con sedimentos arenosos o blandos.

En algunos lugares del fondo con arcillas duras o rocas para alcanzar la profundidad deseada serán necesarias operaciones de “rock trenching”, es decir, la utilización de un tipo de excavadora submarina con cuchillas rotatorias.

Tanto en la llegada a la playa de Las Coloradas como a la caletilla Negra la llegada será en perforación dirigida.

5.3.6.2 Instalación tubular hormigonada

La zanja tipo tendrá unas dimensiones de 700 mm de anchura y 1300 mm de profundidad.

Para el tendido de los cables de potencia se instalarán por cada circuito 3 tubos de 200 mm de diámetro exterior, en disposición al tresbolillo. Los tubos serán tubos rígidos corrugados de doble pared fabricados en polietileno de alta densidad.

Para la colocación de cada terna de tubos se empleará un separador. Los separadores se instalarán cada metro y en posición vertical de forma que el testigo del hormigón quede en su posición más elevada.

Además de los tubos de los cables de potencia, se colocará un tubo de polietileno de doble pared de 110 mm de diámetro exterior. Se realizará la transposición de este tubo en la mitad del tramo single point. Este tubo es para la instalación del cable de cobre aislado 0.6/1 kV necesario en el tipo de conexión de las pantallas single point, pero se incluirá aunque no sea éste el tipo de conexión de pantallas utilizado. Además, al igual que los tubos de los cables de potencia, este tubo estará sujeto mediante el mismo separador. Para la instalación de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las subestaciones, en el testigo del separador existe un soporte preparado para sujetar los tubos de telecomunicaciones, de tal forma que se colocará un cuatritubo de polietileno de 4x40 mm de diámetro exterior en el soporte la terna de tubos. Los cuatritubos de telecomunicaciones serán de color exterior verde e interior blanco siliconado y estriado, espesor 3 mm, presión nominal 10 bar y coeficiente de rozamiento menor 0.08.

Los cambios de dirección del trazado del tramo subterráneo se intentarán realizar con radios de curvatura no inferiores a 10 m (50 veces el diámetro exterior del tubo) con motivo de facilitar la operación de tendido. Se deberá tener especial cuidado en la colocación de los tubos evitando rebabas y hendiduras producidas por el transporte de los mismos, realizando una inspección visual antes de montar cada tubo, desechando los tubos que presenten fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de defecto.

Las uniones de los tubos deberán tener un sellado eficaz con objeto de evitar que a través de las mismas puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la obra civil o posteriormente que pudieran dificultar el desarrollo normal de las operaciones de tendido de los cables (agua, barro, hormigón, etc.).

Durante el trabajo de colocación de los tubos se deberá instalar en su interior una cuerda guía para facilitar su posterior mandrilado. Estas guías deberán ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm.

Una vez colocados los tubos de los cables de potencia, inmovilizados y perfectamente alineados y unidos se procederá al hormigonado de los mismos, sin pisar la canalización, vertiendo y vibrando el hormigón de calidad HM-20/B/20 al menos en dos tongadas. Una primera para fijar los tubos y otra para cubrir completamente los tubos de potencia hasta alcanzar la cota del inicio del soporte de los tubos de telecomunicaciones.

A continuación, se procederá a colocar los tubos de telecomunicaciones en los soportes de los separadores. Durante el trabajo de colocación de los tubos se deberá instalar en su interior una cuerda guía para facilitar su posterior mandrilado. Estas guías deberán ser de nylon de diámetro no inferior a 5 mm.

Una vez colocados los tubos de telecomunicaciones, inmovilizados y perfectamente alineados y unidos se procederá al hormigonado de los mismos, sin pisar la canalización, vertiendo y vibrando el hormigón de calidad HM-20/B/20 hasta alcanzar la cota de hormigón especificada.

Finalmente, tanto los tubos de los cables de potencia como los tubos de telecomunicaciones, quedarán totalmente rodeados por el hormigón constituyendo un prisma de hormigón que tiene como función la inmovilización de los tubos y soportar los esfuerzos de dilatación-contracción térmica o los esfuerzos de cortocircuito que se producen en los cables.

Una vez hormigonada la canalización, se rellenará la zanja en capas compactadas no superiores a 250 mm de espesor con tierra procedente de la excavación, arena, o "todouno" normal al 95% P.M. (proctor modificado). Dentro de esta capa de relleno, a una distancia de 150 mm del firme existente, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión. Las cintas de señalización subterránea serán opacas, de color amarillo naranja vivo B532, según norma UNE 48103.

Por último, se procederá a la reposición del pavimento o firme existente en función de la zona por la que transcurra la instalación.

Las reposiciones de pavimentos se realizarán según las normas de los organismos afectados, con reposición a nuevo del mismo existente antes de realizar el trabajo. Con carácter general la reposición de la capa asfáltica será como mínimo de 70 mm, salvo que el organismo afectado indique un espesor superior.

En el caso de superficies no pavimentadas, la reposición será a las condiciones iguales a las existentes antes del inicio de los trabajos anteriores a realizar la obra. Las losas, losetas, mosaicos, etc. a reponer serán de las mismas características que las existentes.

5.3.6.3 Cámaras de empalme

Las cámaras de empalme serán prefabricadas, de una sola pieza y estancas. Se ajustarán a la pendiente del terreno con un máximo del 10%.

La colocación de la cámara se deberá efectuar con una grúa adecuada.

Una vez colocada la cámara en su sitio se procederá a la conexión de los distintos tubos de la canalización con la cámara y a la unión de los anillos exteriores con la puesta a tierra interior.

Una vez cerrada la tapa de la boca de tendido y antes de rellenar el espacio entre la cámara y el terreno con hormigón de limpieza, habrá que rellenar los huecos libres entre el tubo de ayuda al tendido y el pasamuros con lana de roca y posteriormente mortero, para evitar que el hormigón se una a la tapa de la boca de tendido, inutilizándola.

Si las características del terreno hacen inviable el transporte y colocación de este tipo de cámaras, se utilizarán cámaras modulares con las características que se detallan a continuación.

Las cámaras de empalme modulares serán prefabricadas de hormigón armado y deberán ir colocadas sobre una losa de hormigón armado nivelada con las características definidas.

Una vez colocada la cámara en su sitio se procederá a la conexión de los distintos tubos de la canalización con la cámara. Una vez embocados los tubos se procederá a su sellado.

Para finalizar estas tareas se rellenará el espacio entre la cámara y el terreno con un hormigón de limpieza tipo HM-12.5 hasta una cota de 300 mm por debajo de la cota del terreno.

En todo caso, tanto en las cámaras de empalme de transición entre el cable submarino y el cable subterráneo no se dejará registro sobre la superficie.

5.3.6.4 Arquetas de telecomunicaciones

Para poder realizar los empalmes de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las subestaciones y como ayuda para el tendido de los mismos se requiere la instalación de arquetas de telecomunicaciones.

La zanja tipo de telecomunicaciones para estas desviaciones se realizará según el plano LST004. Las arquetas serán sencillas (de 905 mm x 815 mm x 1150 mm) y dobles (de 905 mm x 1440 mm x 1150 mm) y se emplearán para facilitar el tendido de los cables de telecomunicaciones y tener puntos intermedios en el caso de averías.

Las arquetas serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) con nervaduras exteriores para soportar la presión exterior. Las arquetas se emplearán como encofrado perdido relleno sus laterales tanto paredes como solera con hormigón HM/20/P/20 de 20 cm de espesor mínimo. La pared de hormigón deberá ser continua desde el suelo hasta recoger el cerco de la tapa de fundición.

Las arquetas dispondrán de tapa de función tipo D-400 si fuera instalada en calzada y tipo B-125 si fuera instalada en acera.

Los cuatritubos de telecomunicaciones se instalarán en una única pieza sin empalmes entre las arquetas dobles de telecomunicaciones, siendo pasantes en las arquetas sencillas. En el interior de las arquetas dobles se realizará corte del cuatritubo a 30 cm de la pared interior.

Las arquetas sencillas se instalarán según la tabla adjunta:

Instalación arquetas sencillas telecomunicaciones	
Distancia (m) entre cámaras de empalme, cámara de empalme y subestación o cámara de empalme y apoyo transición aéreo-subterráneo	Nº arquetas sencillas
≤ 250	0
$250 < x \leq 500$	1
$500 < x \leq 750$	2
$750 < x \leq 1000$	3

Las arquetas dobles se instalarán en cada cámara de empalme, al principio y al final de cada perforación dirigida, en las proximidades de los soportes metálicos de los parques tipo intemperie y en los puntos singulares del trazado.

5.3.6.5 Perforaciones dirigidas

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.

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 la 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.



Figura 10. Disposición

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.

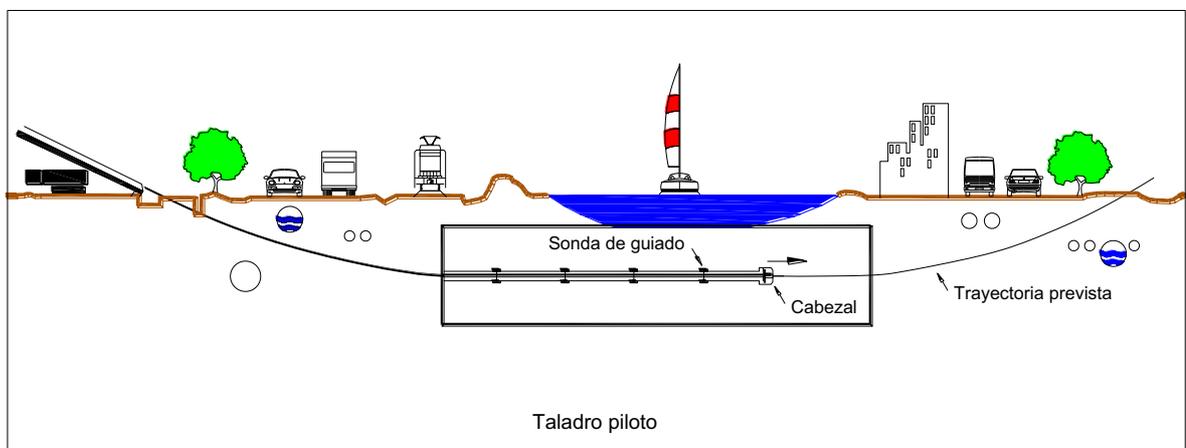


Figura 11. Perforación piloto

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.

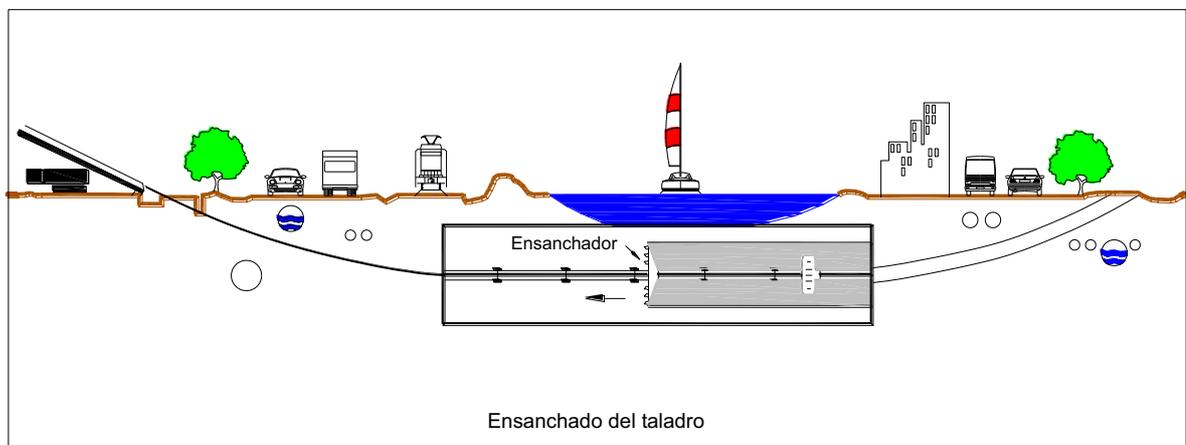


Figura 12. Escariado

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.

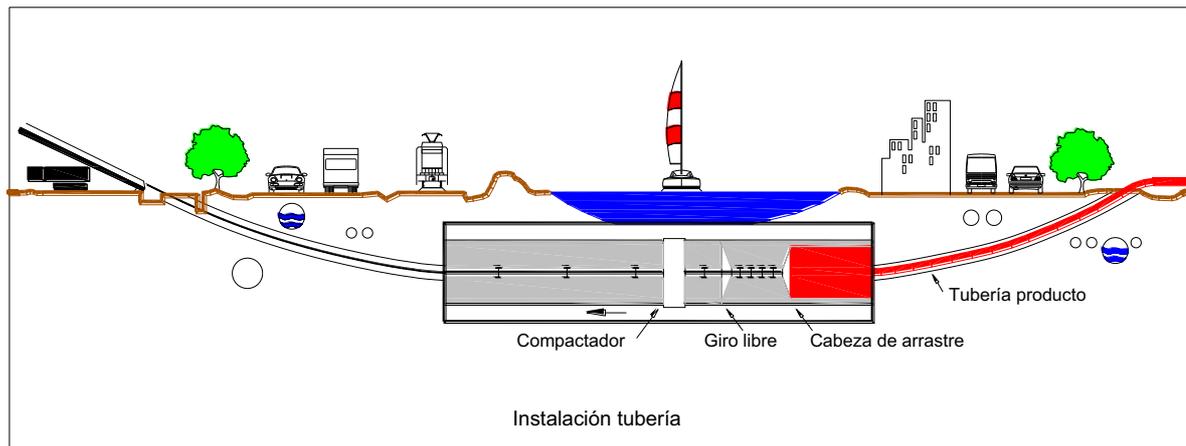


Figura 13. Instalación de la tubería

5.3.6.6 Mandrilado

Una vez finalizada la obra civil, para comprobar que se ha realizado adecuadamente, se realizará el mandrilado en los dos sentidos de todos los tubos, tanto los tubos de los cables de potencia como los tubos de telecomunicaciones. Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo.

Para los tubos de telecomunicaciones el mandril será de 32 mm de diámetro y una longitud de 120 mm.

El mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar una cuerda guía que servirá para el tendido del piloto que se empleará posteriormente en el tendido de los cables. La cuerda guía deberá ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm para los tubos de los cables de potencia y de diámetro no inferior a 5 mm para los tubos de telecomunicaciones.

Una vez hayan sido mandrilados todos los tubos sus extremos deberán ser sellados con espuma de poliuretano o tapones normalizados para evitar el riesgo de que se introduzca cualquier elemento (agua, barro, roedores, etc.) hasta el momento en que vaya a ser realizado el tendido de los cables.

5.3.7 TENDIDO

5.3.7.1 Tendido cable submarino

Después de la fabricación y ensayos en fábrica de los cables submarinos, éstos serán transferidos a grandes plataformas giratorias en las fábricas y desde allí se cargarán directamente a 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 como sigue. 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 cargado 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.

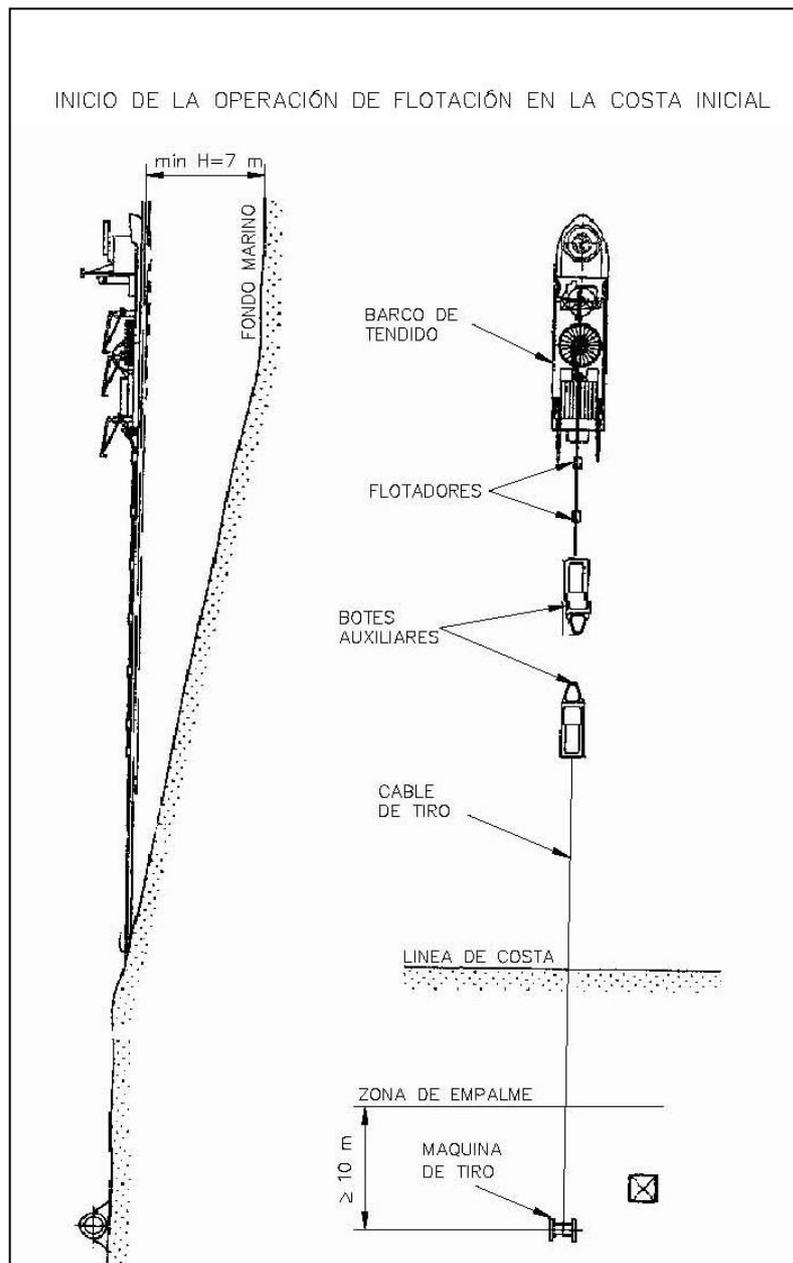


Figura 14. Inicio de la operación de flotación

Cuando se alcance aproximadamente la profundidad de 1.5 – 2 m 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 detrás del punto del empalme de transición entre el cable submarino y el cable subterráneo, mientras que simultáneamente el barco va entregando más cable en los flotadores hinchables.

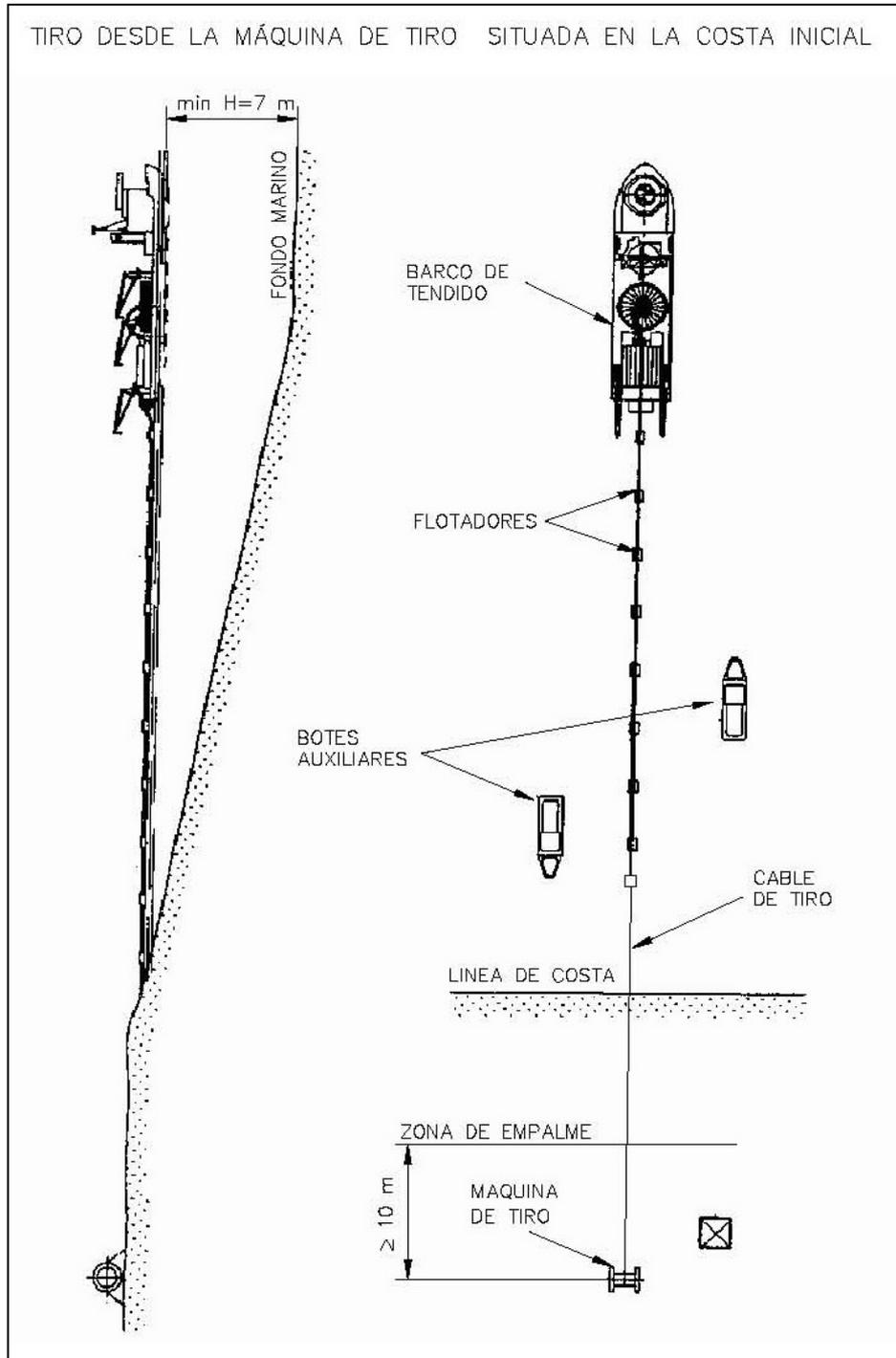


Figura 15. Tiro

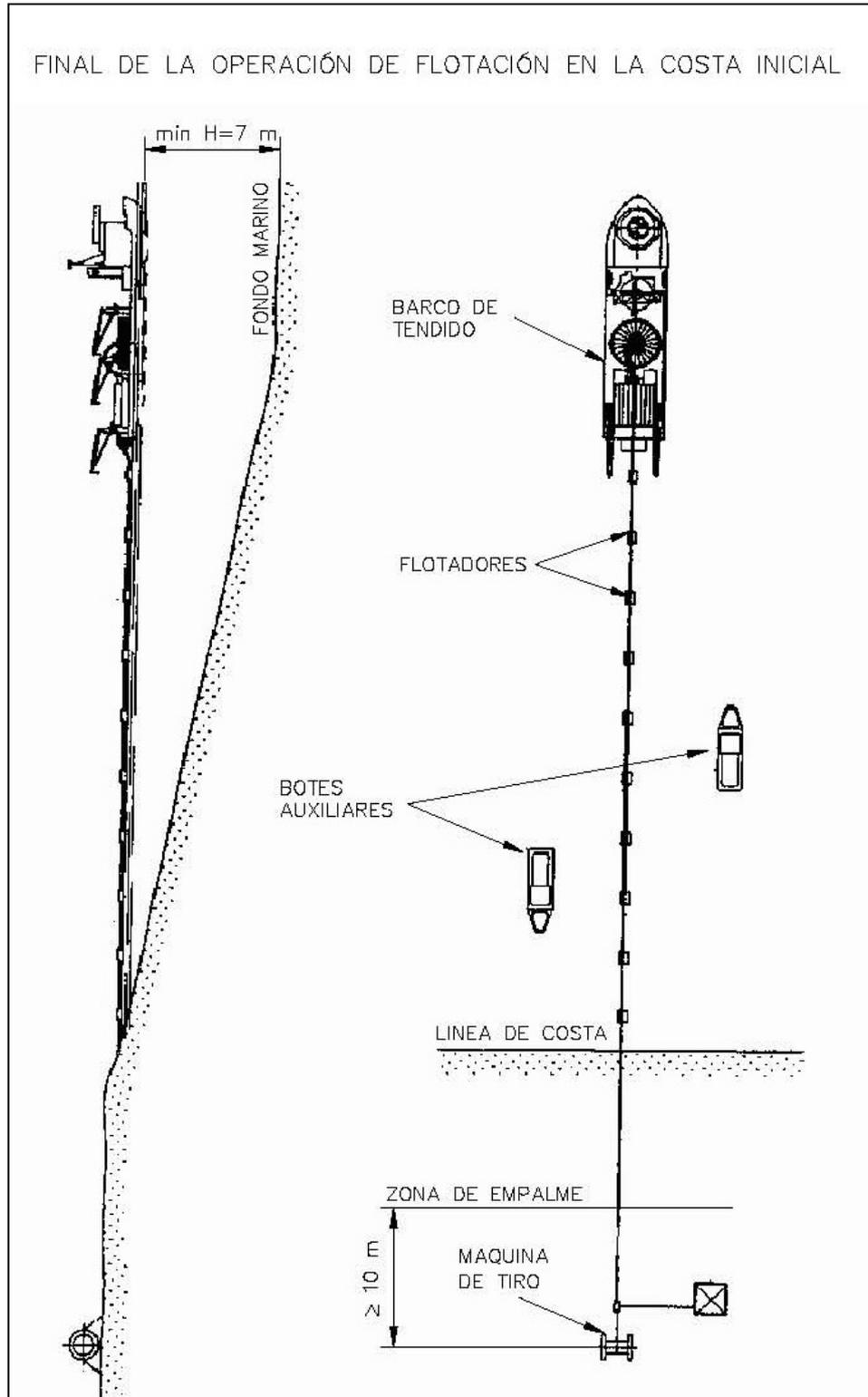


Figura 16. Fin de la operación de flotación

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.

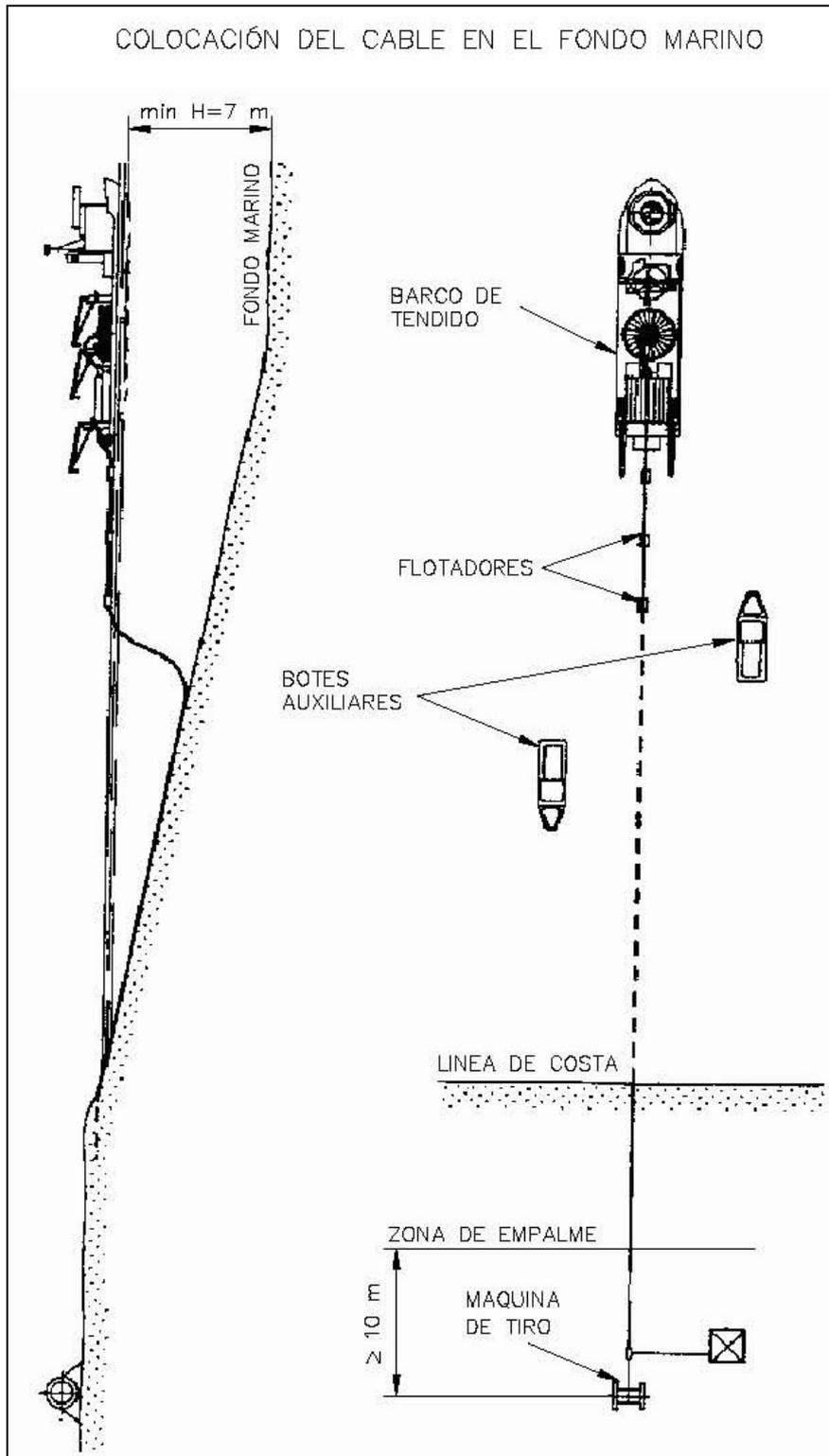


Figura 17. Colocación del cable en el fondo marino

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.

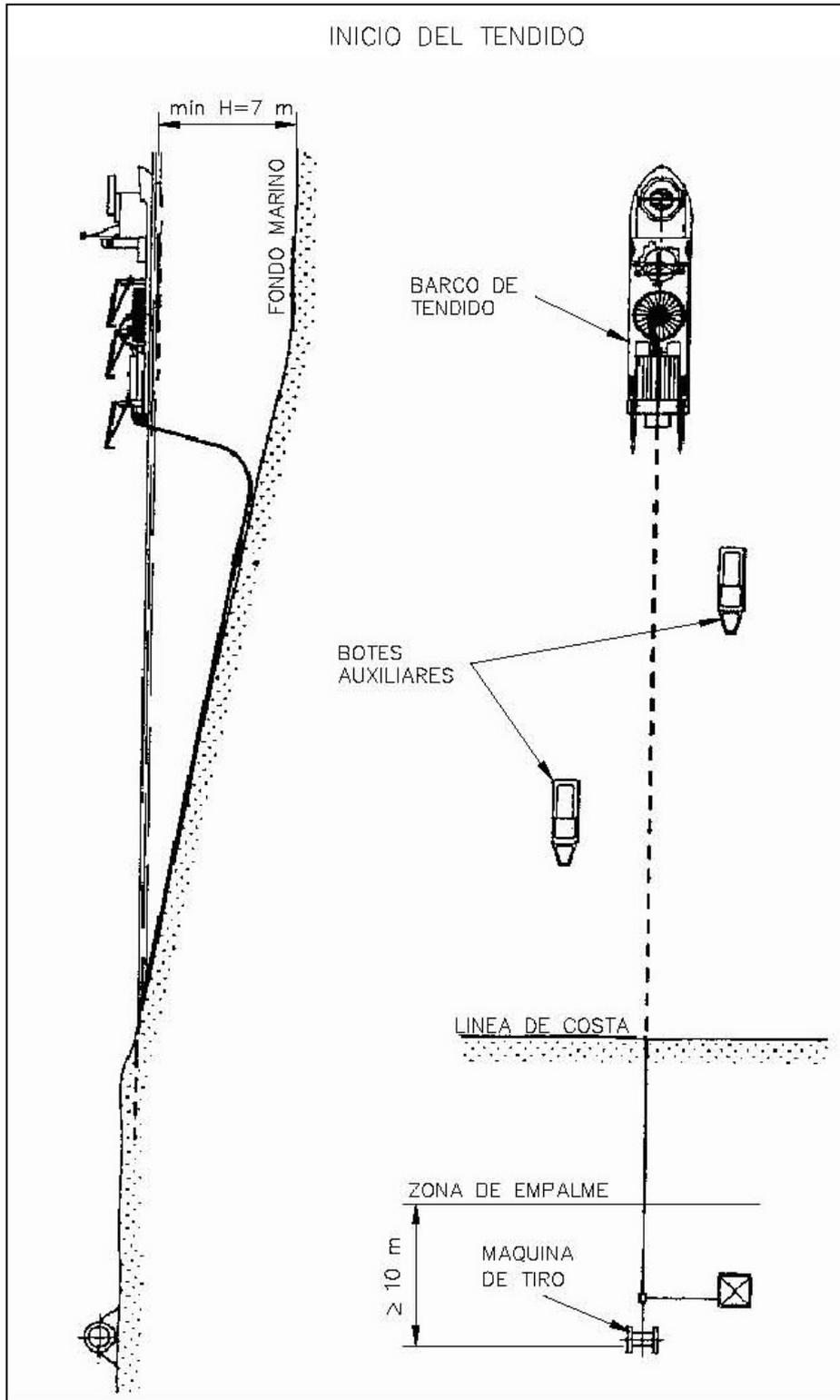


Figura 18. Inicio del tendido

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 DGPS (Diferencial Global Positioning System). El GPS 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 GPS 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 precalculados 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 suministro del cable.
- Tensión del cable y ángulo de la bobina de tendido.
- 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 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 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 cablero.

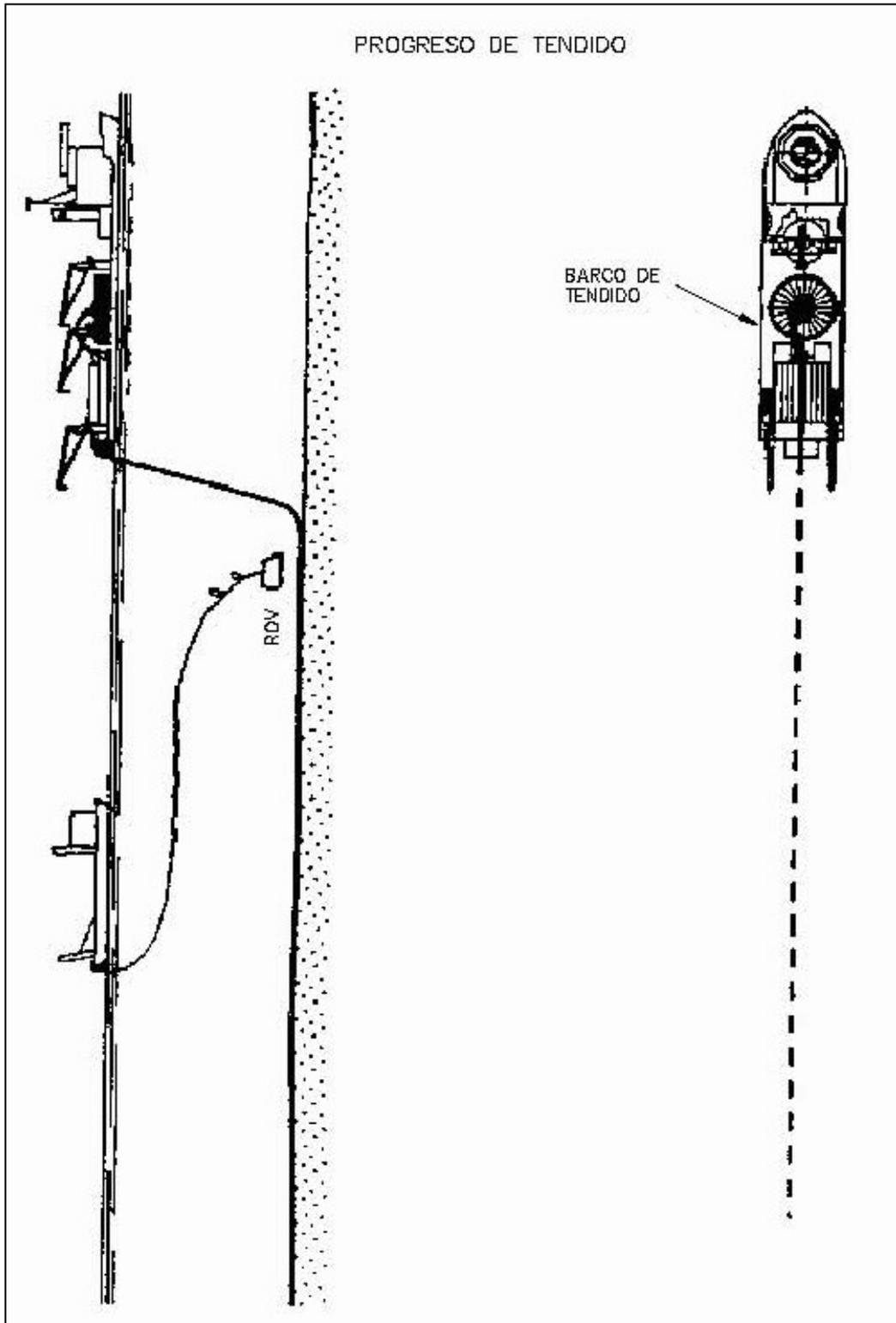


Figura 19. Progreso del tendido

En las proximidades del punto de llegada a tierra y antes de comenzar las operaciones terrestres, 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.

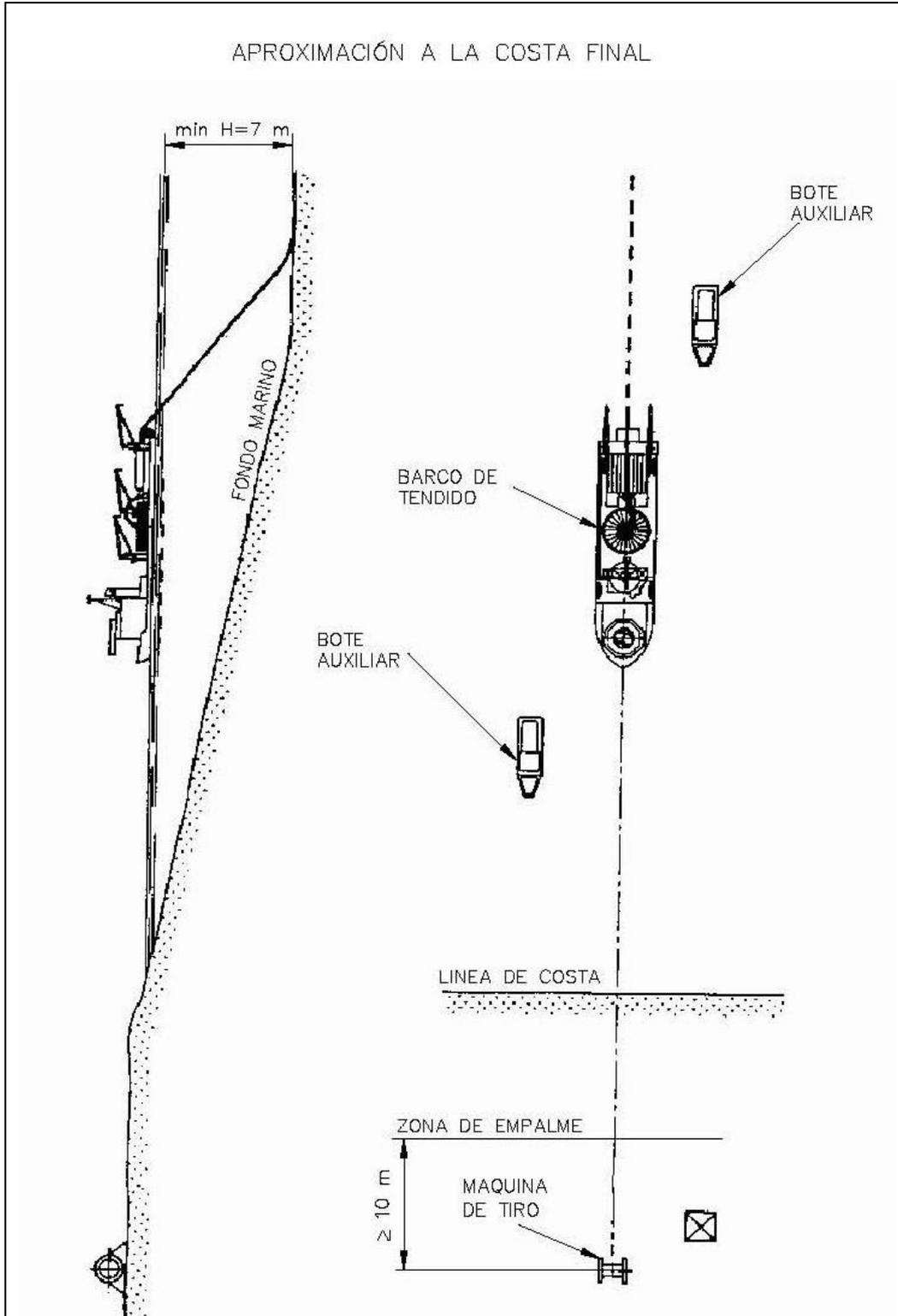


Figura 20. Aproximación a la costa

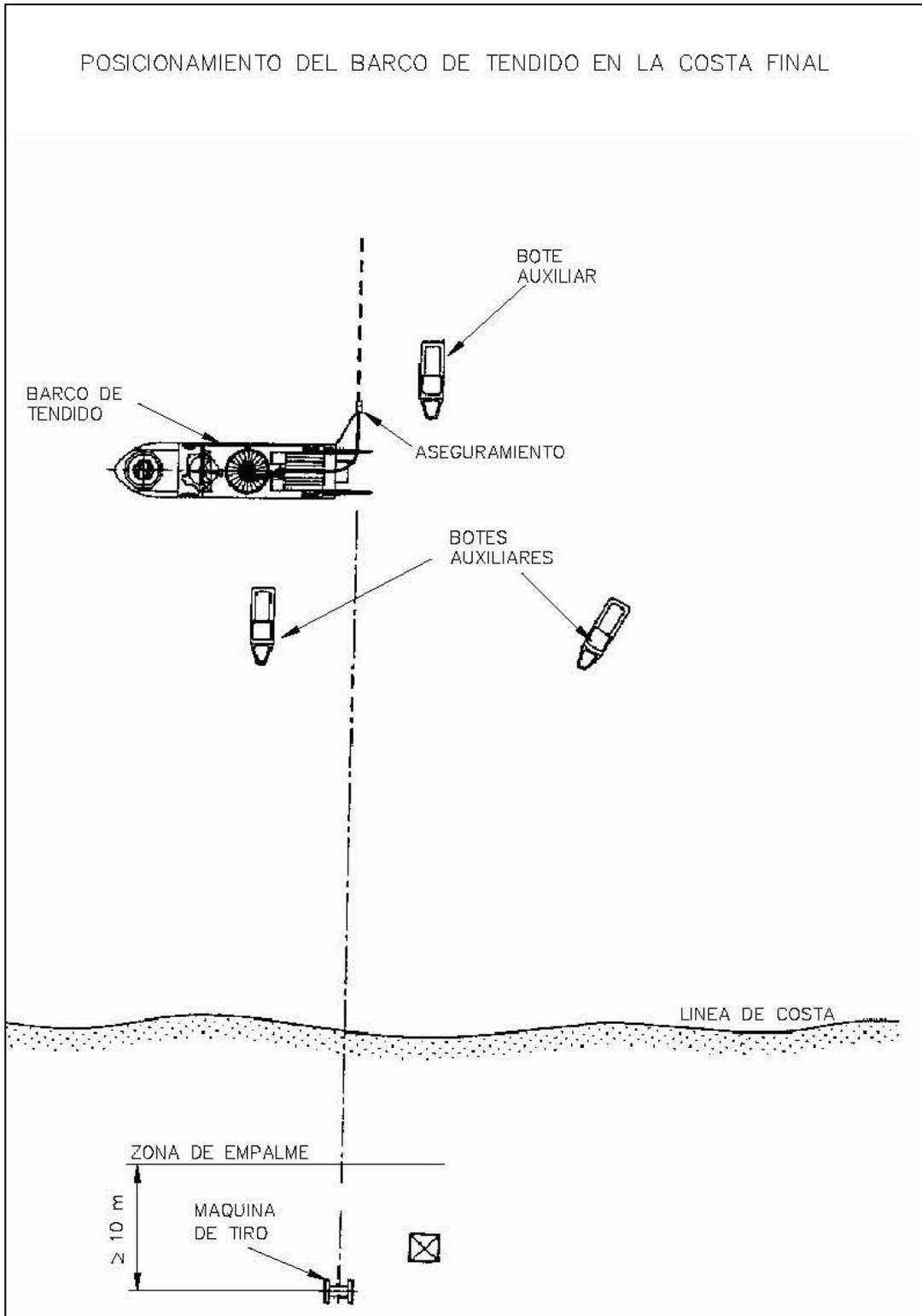


Figura 21. Posicionamiento del barco

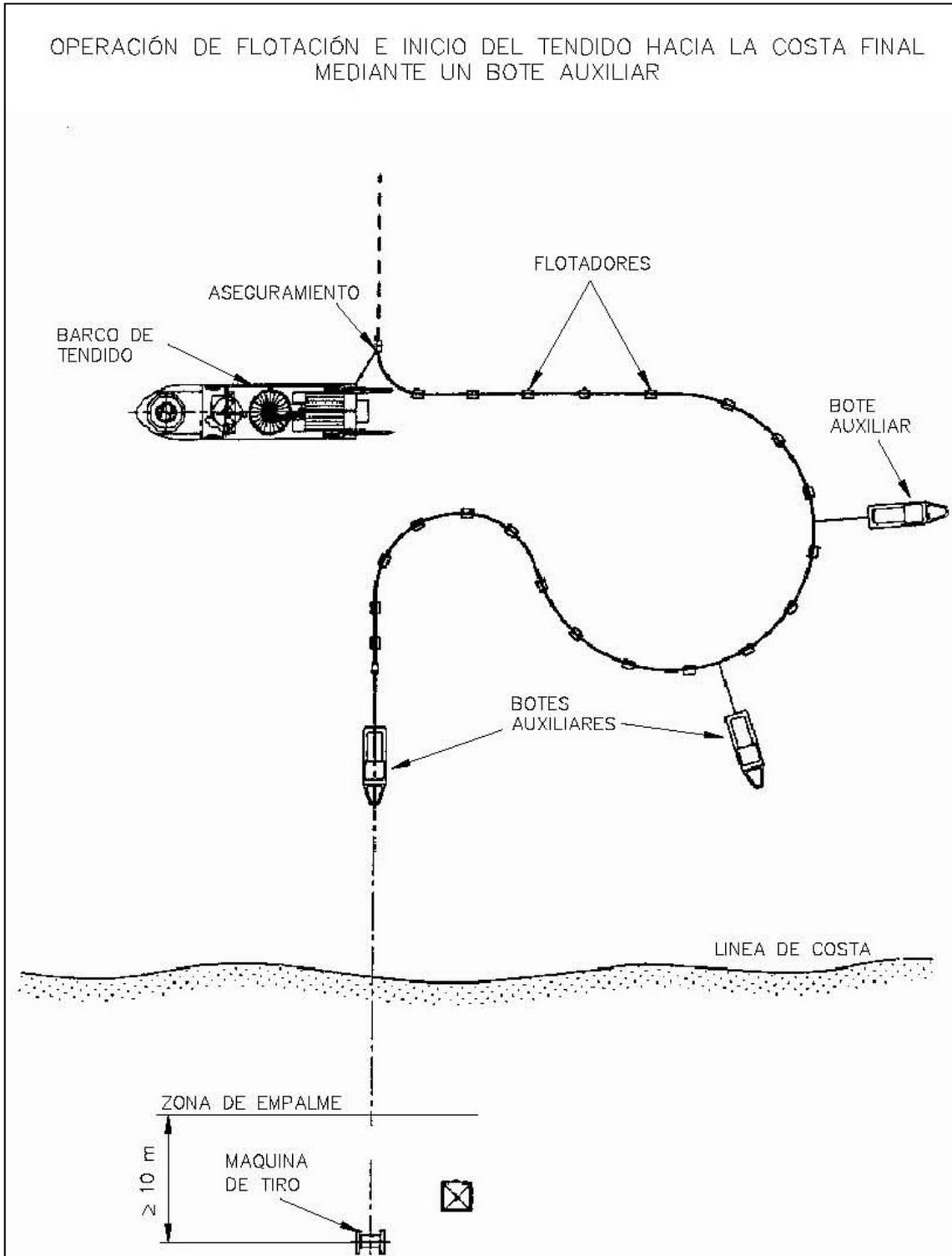
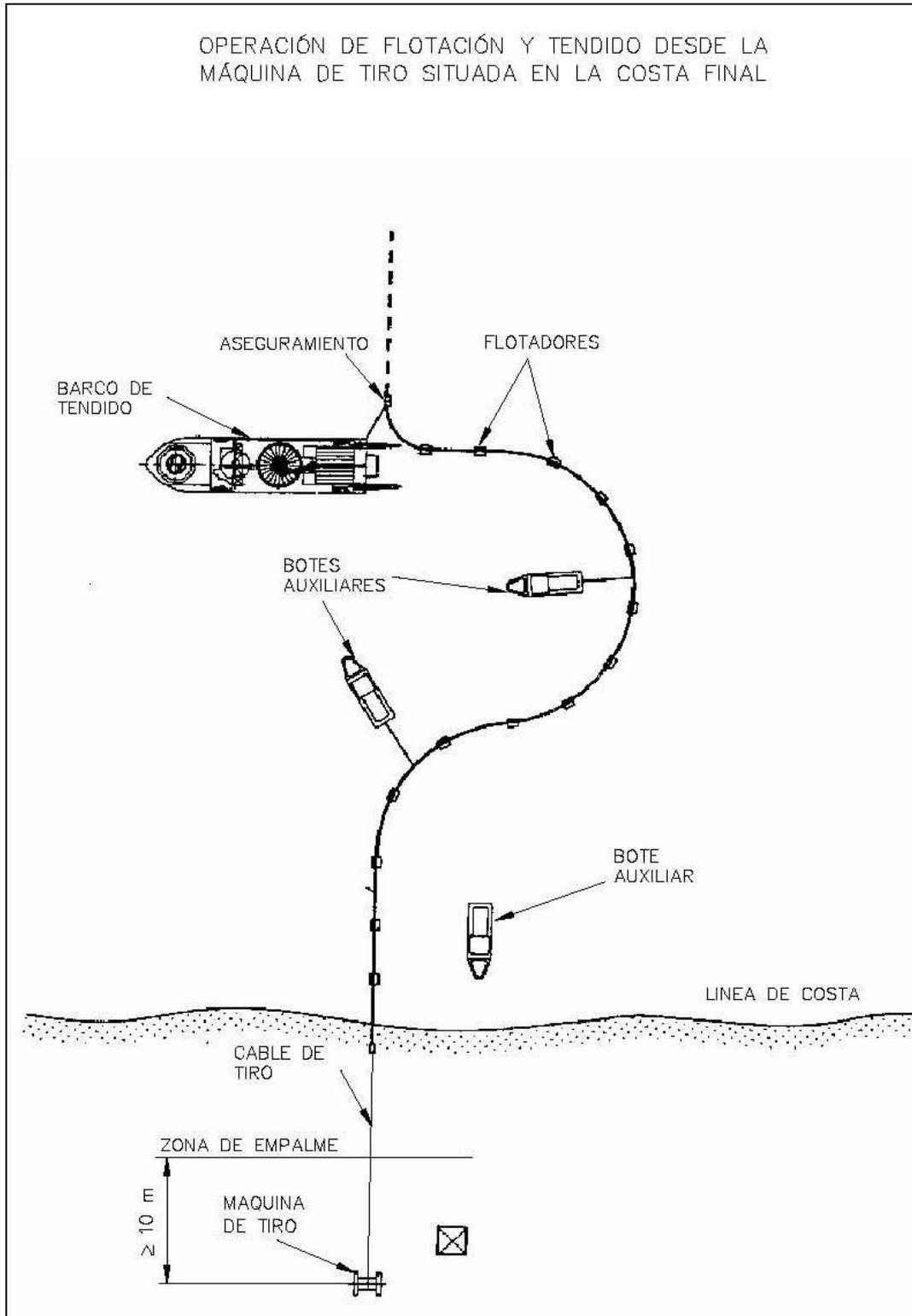


Figura 22. Operación de flotación e inicio del tendido hacia la costa

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.

Cuando se alcance aproximadamente la profundidad de 1.5 – 2 m 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 detrás del punto de empalme entre el cable submarino y el cable subterráneo.



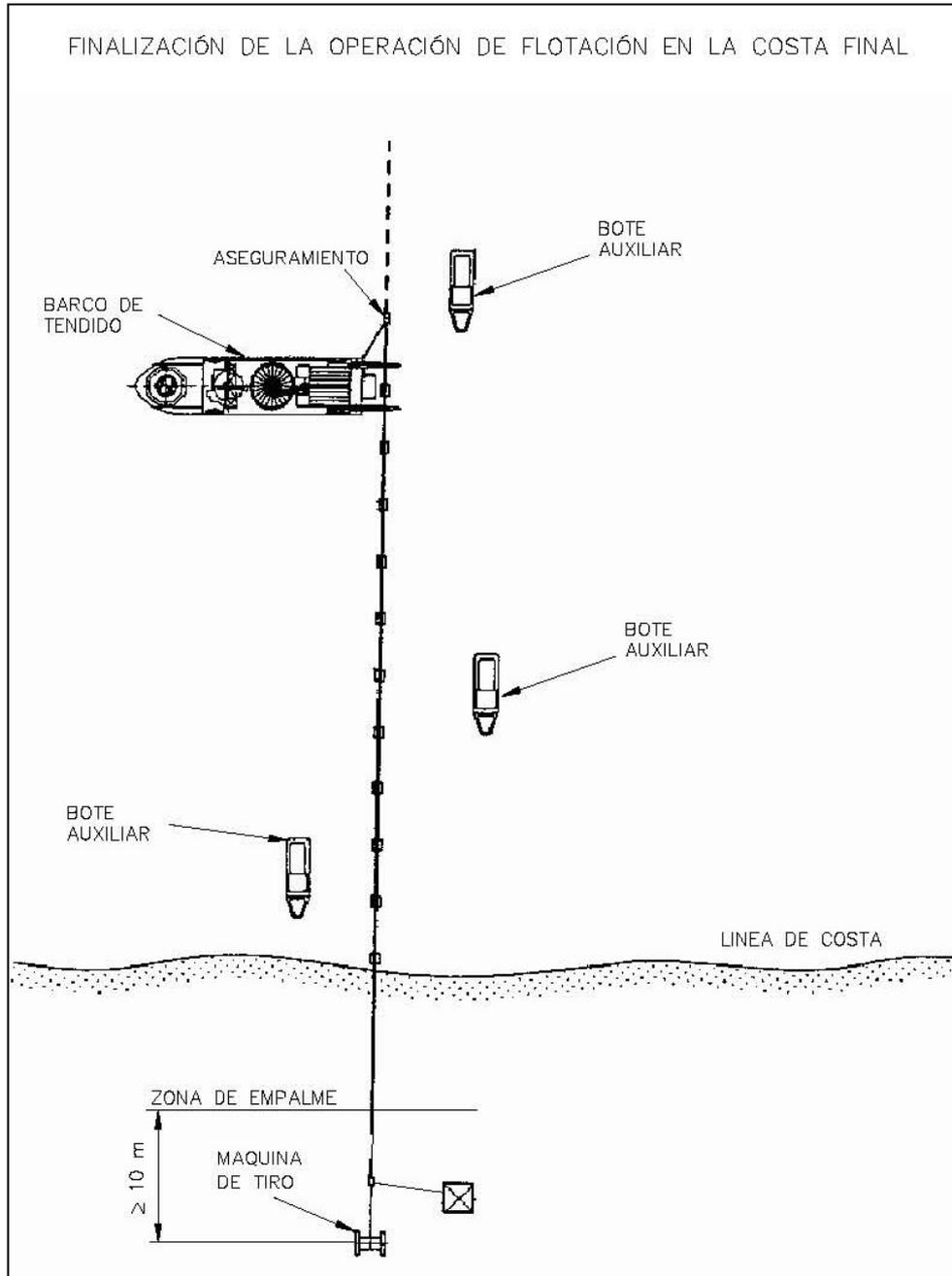


Figura 24. Finalización de la operación de flotación

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.

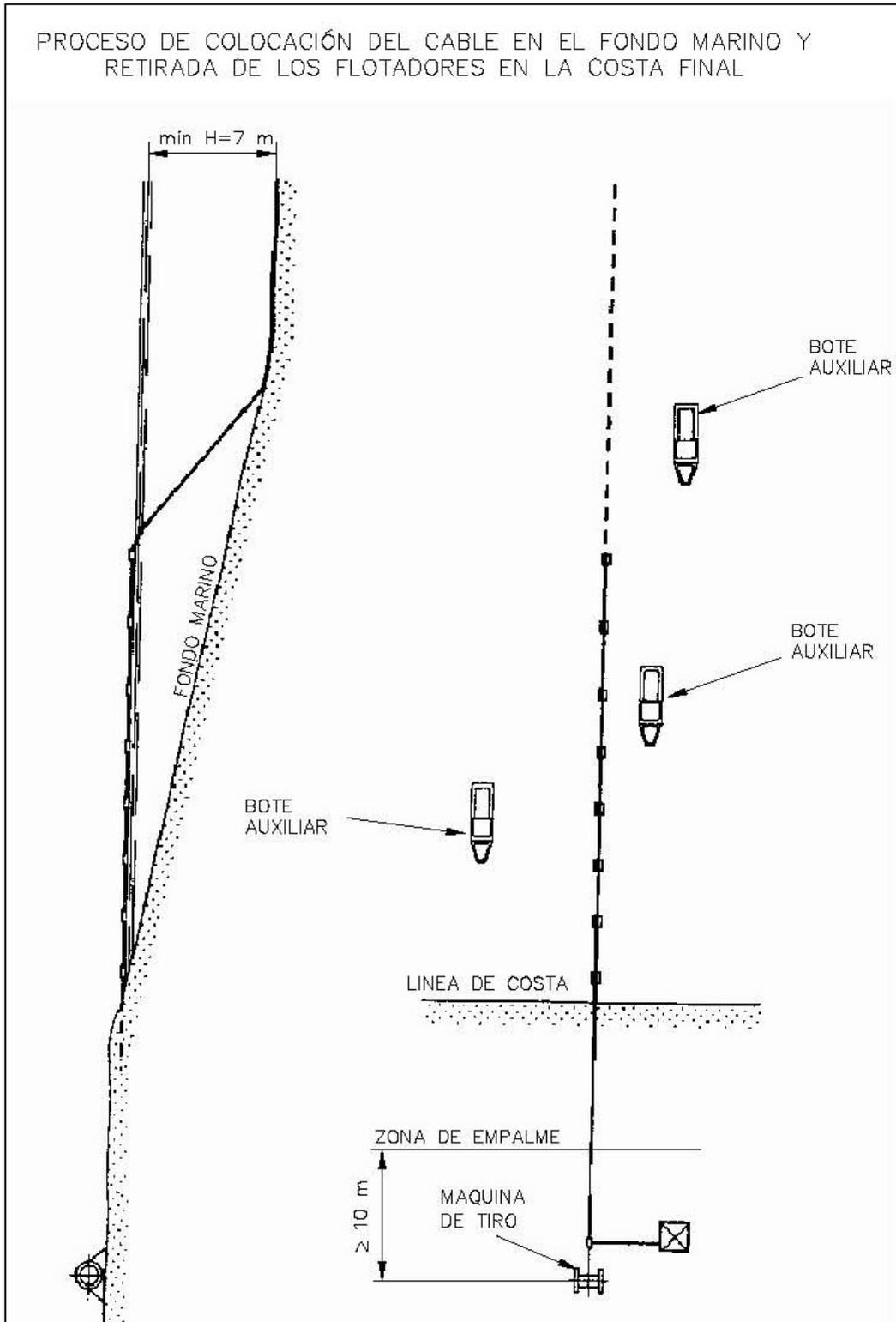


Figura 25. Colocación del cable en el fondo marino

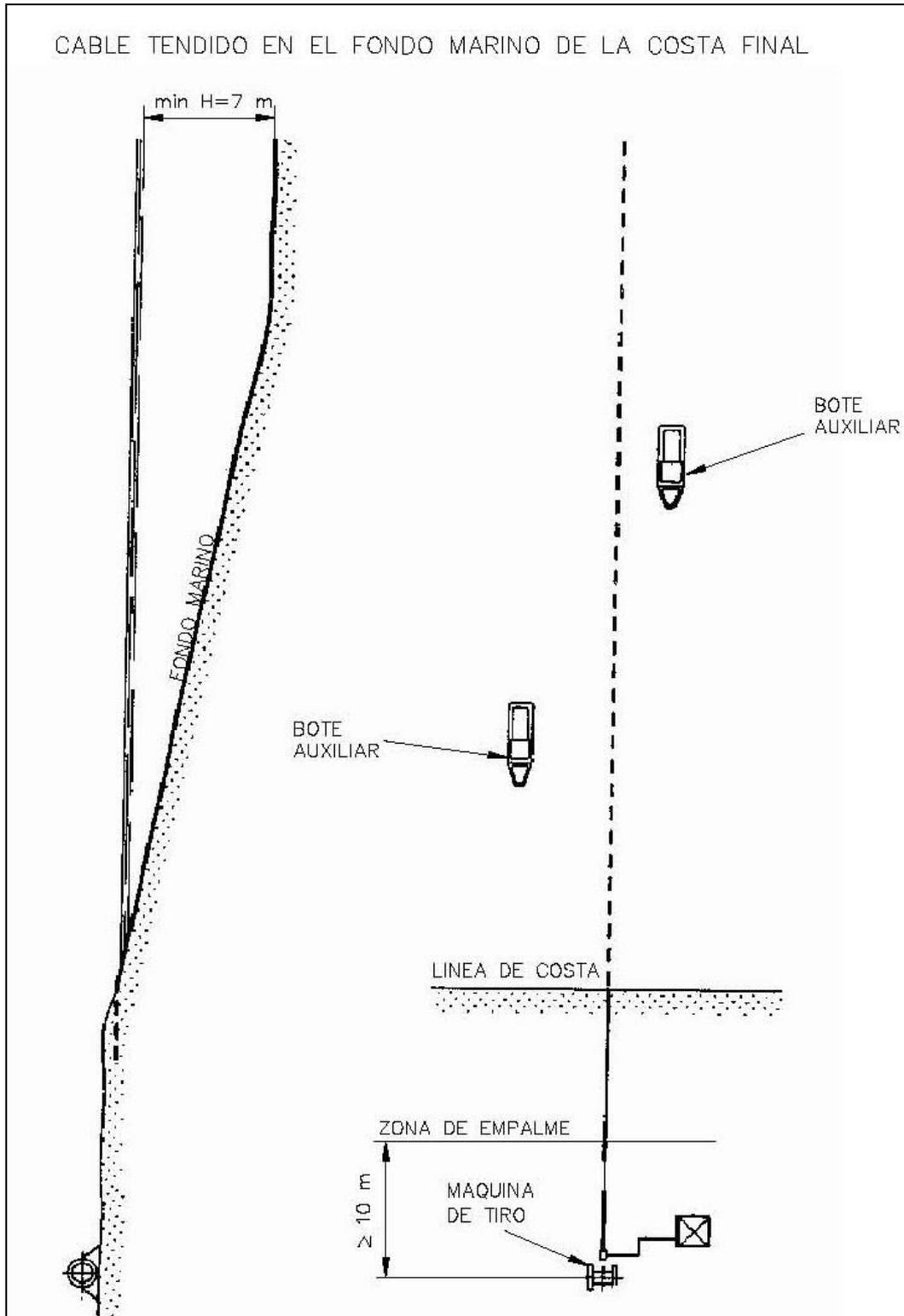


Figura 26. Cable tendido en el fondo marino

5.3.7.2 Tendido cable subterráneo

El tendido de los cables de potencia consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por los rodillos o tubos situados en la canalización. Antes de empezar el tendido de los cables habrá que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin antes de iniciar el tendido de los cables se realizará un nuevo mandrilado de todos los tubos de la instalación utilizando los mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo.

Igualmente, antes de empezar el tendido de los cables se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo y así mismo poder asignar el extremo de la instalación desde donde se debe realizar el esfuerzo de tiro. En el caso de trazado con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente. Las bobinas se situarán alineadas con la traza de la línea. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no será superior a 10°.

Si existiesen curvas o puntos de paso dificultoso, próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible situar la bobina en ese extremo a fin de que el coeficiente de rozamiento sea el menor posible.

El traslado de las bobinas se realizará mediante vehículo transportándose siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral. Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha.

En el caso de que la bobina esté protegida con duelas de madera, debe cuidarse la integridad de las mismas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior, con el consiguiente peligro para el cable.

El manejo de la misma se debe efectuar mediante grúa quedando terminantemente prohibido el desplazamiento de la bobina rodándola por el suelo. La bobina se suspenderá mediante una barra de dimensiones suficientes que pase por los agujeros centrales de los platos. Las cadenas o sirgas de izado tendrán un separador por encima de la bobina que impida que se apoyen directamente sobre los platos.

Estará terminantemente prohibido el apilamiento de bobinas. El almacenamiento no se deberá hacer sobre suelo blando, y deberá evitarse que la parte inferior de la bobina esté permanentemente en contacto con agua. En lugares húmedos es aconsejable disponer de una ventilación adecuada, separando las bobinas entre sí. Si las bobinas tuvieran que estar almacenadas durante un período largo, es aconsejable cubrirlas para que no estén expuestas directamente a la intemperie.

Para realizar el tendido de los cables se empleará el sistema de tiro con freno y cabrestante. Tanto el cabrestante como la máquina de frenado deberán estar anclados sólidamente al suelo para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

El cabrestante se utilizará para tirar de los cables por medio de cables piloto auxiliares y estará accionado por un motor autónomo. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de un dinamómetro con objeto de controlar el esfuerzo de tiro en cada momento y de un mecanismo que interrumpa la tracción automáticamente cuando ésta sobrepase el esfuerzo programado. Antes del inicio de los trabajos de tendido, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizara en función de las tracciones a realizar.

La máquina de frenado estará compuesta por un sistema de gatos hidráulicos, eje soporte de bobina y dispositivo hidráulico de frenado, debiendo elevar la bobina del orden de 0.1 a 0.15 m respecto del suelo para hacer posible el giro de la misma. Los pies de soporte del eje deberán estar dimensionados para asegurar la estabilidad de la bobina durante su rotación.

El dispositivo de frenado deberá ser reversible, poder actuar de cabrestante en caso de necesidad y disponer de dinamómetro. El cable al salir de la bobina se mantendrá a la tensión mecánica suficiente para que no se produzcan flojedades.

Cuando la bobina esté suspendida por el eje, de forma que pueda hacerse rodar, se quitarán las duelas de protección, de forma que ni ellas ni el útil empleado para desclavarlas puedan dañar al cable, y se inspeccionará la superficie interior de las tapas para eliminar cualquier elemento saliente que pudiera dañar al cable (clavos, astillas, etc.).

Durante el tendido, en todos los puntos estratégicos, se situarán los operarios necesarios provistos de radioteléfonos y en disposición de poder detener la operación de inmediato. Los radioteléfonos se probarán antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido.

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina.

La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma alrededor de su eje.

Durante el tendido hay que proteger el cable de las bocas del tubo para evitar daños en la cubierta. Para conseguirlo se colocará un rodillo a la entrada del tubo, que conduzca el cable por el centro del mismo, o mediante boquillas protectoras.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobre los rodillos y tubos.

El desenrollado deberá ser lento, para evitar que las capas superiores penetren entre las inferiores debido a la presión con el consiguiente trabado del cable.

La extracción del cable, tirando del mismo, deberá estar perfectamente sincronizada con el frenado de la bobina. Al dejar de tirar del cable habrá que frenar inmediatamente la bobina, ya que de lo contrario la inercia de la bobina hará que ésta siga desenrollando cable, lo que llevará a la formación de un bucle.

Estará terminantemente prohibido someter al cable a esfuerzos de flexión que pueden provocar su deformación permanente, con formación de oquedades en el aislamiento y la rotura o pérdida de sección en las pantallas.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo de la bobina con objeto de detectar los posibles deterioros.

La tracción de tendido de los cables será como máximo del 60% de la máxima especificada por el fabricante y como mínimo la necesaria para que, venciendo la resistencia en la máquina de frenado, puedan desplegarse los cables, debiendo mantenerse constante durante el tendido de éstos.

La velocidad de tendido será del orden de 2.5 a 5 m por minuto y será preciso vigilar en todo momento que no se produzcan esfuerzos laterales importantes con las aletas de la bobina.

La unión del cable con el piloto se realizará por medio de un cabezal de tiro y manguito giratorio de modo que el esfuerzo de tiro se aplique directamente al conductor del cable.

Se deberá realizar un estudio de las tracciones necesarias para efectuar el tendido, con el fin de que debido al trazado de la línea, no sea preciso sobrepasar las tracciones antes mencionadas.

Con objeto de disminuir el rozamiento, y por tanto el esfuerzo de tiro, se podrá utilizar grasa neutra en la cubierta exterior del cable antes de introducirlo en el tubo.

Igualmente, para reducir el esfuerzo de tiro se podrán usar arquetas intermedias utilizando rodillos a la entrada y a la salida de los tubos. Los rodillos se colocarán elevados respecto al tubo, para evitar el rozamiento entre el cable y el tubo. En el caso de que las arquetas sean provisionales, se les dará continuidad, una vez tendido el cable, mediante tubos cortados o medias cañas que, a su vez, serán hormigonados.

Se deberá tener especial cuidado cuando el tendido de la bobina llegue a su final, ya que se deberá tener previsto un sistema, que sujete la cola del cable y a la vez mantenga la tensión de tendido.

En el caso de temperaturas inferiores a 5 °C, el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C no se permitirá realizar el tendido del cable.

Una vez instalado el cable, deben taparse las bocas de los tubos para evitar la entrada de gases, aguas o roedores, mediante la aplicación de espuma de poliuretano que no esté en contacto con la cubierta del cable.

En ningún caso se dejarán en la canalización y zona de elaboración de las botellas terminales los extremos del cable sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Lo mismo es aplicable al extremo de cable que haya quedado en la bobina. Para este cometido, se deberán usar manguitos termorretráctiles.

En el extremo del cable en el que se vaya a confeccionar una botella terminal se eliminará una longitud de 2.5 m, ya que al haber sido sometidos los extremos del cable a mayor esfuerzo, puede presentarse desplazamiento de la cubierta en relación con el resto del cable.

5.3.8 COMUNICACIONES

5.3.8.1 *Tramo subterráneo*

Para el sistema de comunicaciones se tenderán cables dieléctricos antirroedores monomodo de 48 fibras ópticas que mantendrá el mismo trazado que el cable de potencia. Estos cables irán alojados en los tubos de comunicaciones de diámetro 40 mm.

5.3.8.2 *Tramo submarino*

Para el sistema de comunicaciones en el tramo submarino se integrará un cable de fibra óptica dentro de cada uno de los cables submarinos de alta tensión:

Características Físicas	Unidad	Valor nominal
Diámetro exterior	mm	10
Peso en aire	kg/km	90
Peso en agua	kg/km	10
Radio mínimo de curvatura	mm	75
Rango de temperatura de tendido	°C	(-20 – 60)
Rango de temperatura de operación	°C	(-40 – 85)
Rango de temperatura de almacenaje	°C	(-40 – 60)
Carga de trabajo	kN	1
Resistencia de aplastamiento (IEC 60794-3)	kN	2
Resistencia de impacto (IEC 60794-4)	J	20

Características Ópticas (elemento SM-G.652D)	Unidad	Valor nominal
Longitud de onda	nm	1310/1550
Atenuación @ 1310 nm	dB/km	< 0.36
Atenuación @ 1550 nm	dB/km	< 0.23
Dispersión cromática @ 1550 nm	Ps/nm·km	< 18
Dispersión de longitud de onda	nm	1300 - 1324
Dispersión de pendiente	p/nm ² ·km	< 0,090
PMD – Dispersión de polarización de modo	Ps/km ^{1/2}	< 0,2
Índice efectivo de refracción @ 1310 / 1550 nm	(N _{eff})	1.47
Diámetro de la fibra revestida	μm	125
Diámetro protegido	μm	250

5.3.9 SEÑALIZACIÓN

En los tramos que discurren por entornos rurales o periurbanos se instalarán hitos de señalización según especificación técnica de RED ELÉCTRICA ET068.

En la siguiente tabla se indica los tramos en los que se deberán instalar los hitos, pero no se indica la ubicación exacta de cada hito.

ISLA DE LANZAROTE	
P.K. Inicio	p.k. Final
0 + 050	0 + 500

ISLA DE FUERTEVENTURA	
P.K. Inicio	p.k. Final
0 + 030	0 + 580

El hito de señalización estará compuesto por:

- Hito de hormigón polímero de color rojo con forma de prisma rectangular.
- Anclaje galvanizado en caliente con alambres expansores.

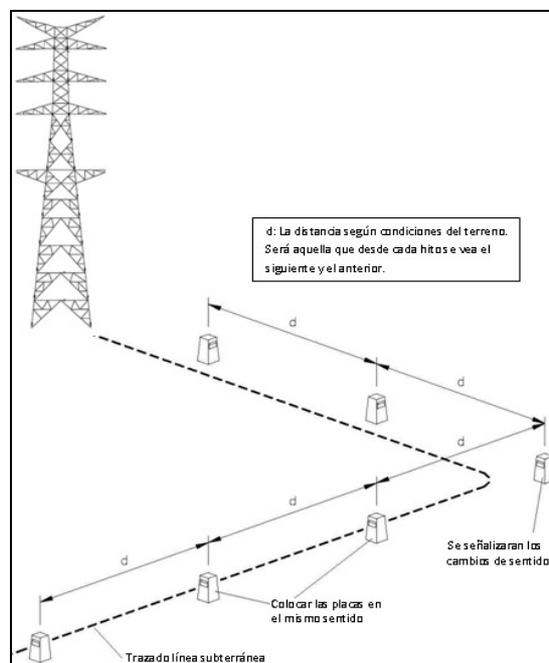
Adicionalmente, en una de las caras del hito se colocará una placa de identificación con el teléfono de emergencia y el logotipo de RED ELÉCTRICA.



En la placa de identificación de cada hito de señalización se grabará la siguiente información:

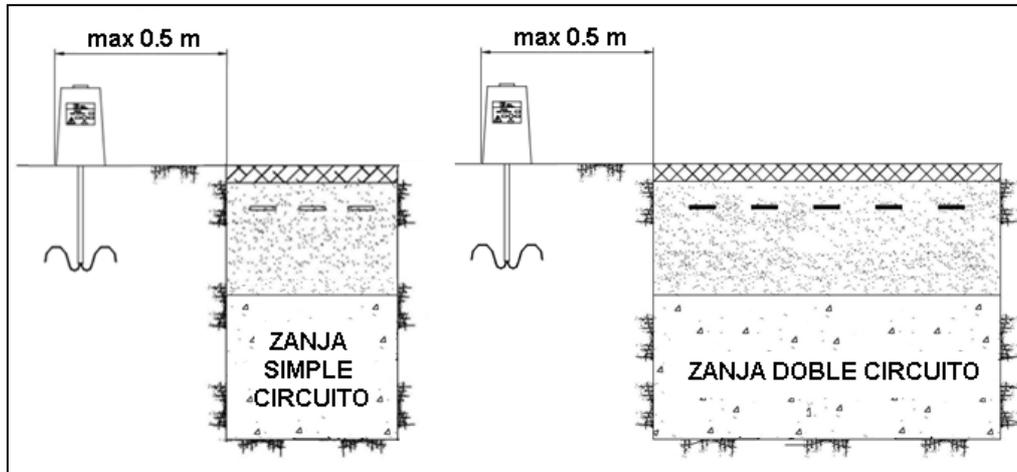
- Nivel de tensión, en kV.
- Distancia en horizontal desde el hito hasta el eje de la canalización, en metros, con un decimal.
- Profundidad de la arista superior del prisma de hormigón respecto al nivel del terreno, en metros, con un decimal.

Los hitos de señalización se instalarán a lo largo de la traza de la línea, considerando una distancia máxima relativa de 50 metros entre hitos, siendo indispensable que desde cualquiera de ellos se vea al menos el anterior y el posterior. Se señalarán también los cambios de sentido del trazado, marcándose el inicio y final de la curva, y el punto medio.



Los hitos se ubicarán fuera de la vertical de la zanja, a un lado de la misma. Asimismo, en aquellos casos en los que la canalización discorra por caminos o viales de acceso, el hito nunca deberá invadir los mismos, instalándose en la linde del vial.

5.4. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS



5.4.1 NORMAS GENERALES SOBRE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

Los cables de energía eléctrica cruzarán por debajo de las instalaciones existentes en la medida de lo posible. En los casos en los que la profundidad sea excesiva se podrá considerar una configuración de los cables en un plano horizontal, con el fin de garantizar la correcta disipación de calor.

En la siguiente tabla se indican las condiciones que deben cumplir los cruzamientos y paralelismos de los cables subterráneos con otros servicios, en los distintos casos particulares.

Instalación afectada	Tipo de afección	Condiciones
Otros cables de energía eléctrica: líneas de BT y líneas de AT	Cruce	≥ 25 cm entre cables de energía eléctrica. Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurren por debajo de los de baja tensión
	Paralelismo	≥ 25 cm entre cables de energía eléctrica
Cables de telecomunicación	Cruce	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones. Distancia del punto de cruce al empalme ≥ 1 m
	Paralelismo	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones
Agua	Cruce	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a ≥ 1 m del punto de cruce
	Paralelismo	20 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a ≥ 1 m del punto de cruce. Distancia mínima ≥ 20 cm en proyección horizontal. Entre aristas importantes de agua y cables eléctricos ≥ 1 m, La canalización de agua por debajo del nivel de los cables eléctricos
Gas	Cruce	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable ≥ 40 cm. Empalmes y juntas a ≥ 1 m
	Paralelismo	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable ≥ 40 cm. Empalmes y juntas a ≥ 1 m

Instalación afectada	Tipo de afección	Condiciones
Saneamiento de pluviales y fecales	Cruce	Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas
	Paralelismo	-
Calles y carreteras	Cruce	Canalización entubada hormigonada. ≥ 0.8 m desde la parte superior del tubo a la rasante del terreno. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del vial
	Paralelismo	-
Ferrocarriles	Cruce	Canalización entubada hormigonada. ≥ 1.1 m desde la parte superior del tubo a la cara inferior de la traviesa. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del ferrocarril
	Paralelismo	-

1. En paralelismo se procurará evitar que los cables eléctricos queden en el mismo plano vertical que el servicio afectado.

2. Deberán tenerse en cuenta los condicionantes de cada Ayuntamiento así como las condiciones establecidas por cada organismo afectado.

5.4.2 RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

La relación de servicios afectados por cruzamientos y paralelismos con la línea de transporte eléctrica y de comunicaciones es la siguiente.

Fuerteventura

CRUZAMIENTOS

Nº de cruzamiento	Tipo de cruzamiento	Descripción del cruzamiento / Organismo propietario	Comunidad	Provincia	Municipio	COORDENADAS UTM REGCAN95	
						X	Y
27	Electricidad	Red Electrica de España S.A.U.	Canarias	Las Palmas	Oliva, La	609352.13	3180966.25

En caso de que se detectará la existencia de otras infraestructuras subterráneas o canalizaciones, se deberán mantener las distancias mínimas descritas anteriormente.

Lanzarote

CRUZAMIENTOS

Nº de cruzamiento	Tipo de cruzamiento	Descripción del cruzamiento / Organismo propietario	Comunidad	Provincia	Municipio	COORDENADAS UTM REGCAN95	
						X	Y
1	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617332.15	3193739.71
2	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617343.57	3193725.07
3	Telefono	Telefonica de España S.A.U.	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617390.90	3193667.34
4	Saneamiento	Ayuntamiento Yaiza	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617391.39	3193666.04
5	Electricidad	Endesa Distribución Eléctrica S.L.	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617396.43	3193655.24
6	Saneamiento	Ayuntamiento Yaiza	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617398.94	3193647.57
7	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617400.13	3193639.60
8	Saneamiento	Ayuntamiento Yaiza	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617407.54	3193616.09
9	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617405.79	3193601.72
10	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617400.92	3193596.63
11	Telefono	Telefonica de España S.A.U.	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617277.22	3193437.20
12	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617272.79	3193428.30
13	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617156.94	3193300.08
14	Canal Pluviales	Cabildo de Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617152.60	3193283.75
15	Canal Pluviales	Cabildo de Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617132.26	3193252.37
16	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
17	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
18	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
19	Canal Pluviales	Cabildo de Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
20	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
21	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
22	Abastecimiento	Canal Gestion Lanzarote	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
23	Electricidad	Endesa Distribución Eléctrica S.L.	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
24	Electricidad	Endesa Distribución Eléctrica S.L.	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
25	Saneamiento	Ayuntamiento Yaiza	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52
26	Electricidad	Red Elctrica de España S.A.U.	Canarias	Las Palmas	Yaiza	617074.47	3193167.52

PARALELISMO

Canal de pluviales, gestionado por el Cabildo de Lanzarote, desde el p.k. 0+800 hasta el p.k. 1+650 de la línea subterránea.

5.5. ACTUACIONES VINCULADAS CON LAS PERFORACIONES DIRIGIDAS

5.5.1 EJECUCIÓN DE LAS PERFORACIONES HORIZONTALES

Perforación piloto

Es la primera de las operaciones del proceso propiamente dicho. En esta fase el objetivo es introducir un varillaje según el trazo previsto diseñado inicialmente, conectando la cata de entrada con la de salida. Es la fase más importante del proceso, ya que se deberán tener en cuenta los parámetros del diseño realizados. El navegador deberá estar atento a las reacciones del terreno para realizar las correcciones o vicios que pueda tomar el equipo por diferencias de dureza del terreno.

Desde una cata inicial se introduce en el terreno un cabezal de perforación dirigido, en este caso de 9 7/8" (251mm) durante el transcurso de la perforación. Este está unido a un varillaje, por donde se inyectan los lodos. En el cabezal perforador, por medio de toberas se aumenta la velocidad de los lodos para obtener un mayor poder erosionador.

Este cabezal tridimensional dirigido perfora un túnel inyectando el fluido de perforación a presión regulada. El terreno perforado es transportado por el mismo fluido al punto de entrada.

En terrenos duros, cohesivos se utiliza un sistema de motor de lodos (Mud motor) que permite accionar un cabezal de perforación que excava el terreno.

Sistema de navegación

El sistema de navegación que se empleará para realizar la perforación piloto será MGS (Paratrak II):

Este sistema consiste en tender un cable de 2.5 mm a lo largo de todo el trazado de la perforación (planta). Es necesario el tendido de este cable de navegación por encima del eje de las perforaciones, para permitir el correcto guiado, así como un cable a una distancia aproximada de 60 m o superior para permitir el cierre del anillo superficial de guiado.

Este cable formará un circuito cerrado que genera un campo magnético controlado que permite localizar en todo momento la sonda acoplada al cabezal de perforación. El operador, navegador, actuará como en el caso anterior definiendo las maniobras a adoptar para garantizar el buen desarrollo de la perforación siguiendo el trazado previsto hasta la salida en el punto predefinido.

Al salir la perforación se topografiará este punto, para verificar exactamente la posición y situación, para verificarlo y si es correcto proceder a los trabajos de ensanche.

Operaciones de ensanche

Es la operación que se llevará a cabo justo después de la perforación piloto. Una vez el cabezal llega al punto exacto de salida, es cuando se monta el ensanchador de manera que se agranda la perforación a un diámetro superior, y así sucesivamente hasta llegar al diámetro necesario para instalar el tubo.

Esta operación del proceso de perforación igual como la perforación piloto, erosiona el terreno por medio de inyección de fluido a alta presión, que junto con la rotación del ensanchador permite el aumento del diámetro del micro túnel.

Montaje sistema limpieza y recalibrado

Una vez abierto el diámetro necesario, será necesario, como tarea previa a la instalación del tubo, una limpieza del micro túnel, y verificación del diámetro de ensanche para garantizar que no existen puntos de subdiámetro.

Esta fase del proceso es realizada de forma semejante a los trabajos de perforación.

5.5.2 LOGÍSTICA DEL TUBO

Está prevista la instalación de un único diámetro de tubo.

Los tubos estarán fabricados en polietileno de alta densidad (PEAD) tipo PE 100, serán de color negro con bandas rojas.

Las características mecánicas, dimensionales y de material primera, así como ensayos realizados a las muestras obtenidas durante el proceso de fabricación cumplirán el procedimiento de REE código ET204 edición 1/28.02.14 para los tubos de HDPE de banda roja.

Para el tubo de comunicaciones, este cumplirá con lo descrito en la especificación ET203 edición 1/14.02.14, para evitar confusiones.

Las superficies interna y externa de los tubos deben presentar un aspecto liso y estar limpias y exentas de marcas, cavidades y otros defectos superficiales de tamaño tal que pudieran causar heridas a instaladores o dañar las superficies de otros tubos de PE o las cubiertas de los cables aislados.

Los extremos del tubo siempre se cortarán de forma limpia y perpendicular al eje del mismo.

La unión de los tubos se realizará a tope, según estándar DVS-2207-1. Una vez soldado cada uno de los tubos, se procederá, por medio de una herramienta especial a quitar la soldadura residual interior (cordón de soldadura interior), antes de continuar con el proceso. La soldadura a tope es un sistema muy habitual para la soldadura de grandes canalizaciones. De manera resumida, consiste en calentar los extremos de los tubos a unir con una placa calefactora que está a una temperatura de 210 ± 10 °C, y aplicar, a continuación, una determinada presión cuyo valor está normalizado.

La soldadura interior podrá eliminarse, excepto en los tramos donde la longitud requiera de la unión entre dos tramos con más de dos tubos ya soldados. En estos casos, no será posible la eliminación de esta soldadura.

Los tubos se suministrarán en barras de 13 m.

5.5.3 INSTALACIÓN DEL TUBO

Es el proceso crítico del trabajo, ya que durante esta maniobra no podrá pararse el proceso, por lo tanto deberá haberse previsto cualquier incidencia que pudiera ocurrir.

El tubo conectado detrás del ensanchador (varillaje) y tirando con la máquina, será introducido en el interior de la perforación de forma progresiva y sin peligro, ya que la suspensión compuesta por lodos actuará como medio deslizante y reducirá el rozamiento contra las paredes del micro túnel.

Una vez empezada la maniobra de instalación de la tubería en la perforación, no será posible detener el proceso, ya que se asumirá el riesgo de perder la propia perforación excavada.

Progresivamente se irán retirando las varillas empleadas para la ejecución de la perforación y se irá introduciendo el tubo en la perforación hasta completar la maniobra.

Una vez instalada, la tubería ya instalada continuará libre de tensiones y sostenida por una suspensión de lodos una vez consolidada.

La instalación de la tubería se realizará con el tubo cerrado, es decir, evitando que el material natural entre en el interior del tubo de Ø500mm, quedando el interior ya limpio una vez instalado en la PHD.

5.5.4 LIMPIEZA Y RECOGIDA DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN

Desmovilización de la maquinaria

Una vez terminada la instalación de la tubería en el micro túnel, se empezarán los trabajos de desmontaje de los equipos, empezando por las interconexiones de los sistemas hidráulico, eléctrico y del circuito de lodos.

Todo el material será recogido y preparado para la carga.

Paralelamente a estas maniobras, deberán realizarse los trabajos de secado y tratamiento de los lodos bentoníticos de la perforación.

Carga de camiones

El material de perforación es cargado en los camiones para ser retirado de la obra.

La zona queda limpia de maquinaria, siendo posible la retirada de las vallas y reduciendo la zona del vallado de obra, a la zona del pozo de entrada.

5.5.5 LOGÍSTICA DEL LODO

Características del fluido de perforación

Bentonitas

La bentonita es una roca compuesta esencialmente por minerales del grupo de las esmécticas, independientemente de cualquier connotación genética.

Los criterios de clasificación utilizados por la industria se basan en su comportamiento y propiedades físico-químicas; así la clasificación industrial más aceptada establece tipos de bentonitas en función de su capacidad de hinchamiento en agua:

- Bentonitas altamente hinchables o sódicas
- Bentonitas poco hinchables o cálcicas
- Bentonitas moderadamente hinchables o intermedias

Bentonitas para Lodos de perforación

A pesar de los importantes cambios que van sufriendo con el tiempo las formulaciones de los lodos de perforación este sigue siendo uno de los mercados más importantes de las bentonitas.

Las funciones que debe cumplir el lodo son:

- Extracción del detritus y limpieza del fondo del pozo
- Enfriamiento de la herramienta de perforación
- Control de presiones de formación y estabilización de las paredes
- Mantenimiento en suspensión del detritus
- Transmisión de potencia hidráulica al tricono
- Permitir la adición de agentes densificantes

Detritus de perforación

Recibe el nombre de detritus el material que llega del frente de perforación en suspensión con el fluido de perforación, siendo el material que la cabeza perforadora está excavando.

Tratamiento del lodo de perforación

Los fluidos de perforación, se preparan en la unidad de mezcla, debidamente preparada y equipada con ventury.

Una vez mezclada la bentonita con el agua, es necesario un breve tiempo de maduración o curado, en el que se consigue el fluido de las características deseadas. Este proceso de curado, habitualmente se realiza en tanques contiguos equipados para estas tareas.

Este fluido es inyectado, a través de las bombas de alta presión, dentro de la perforación, erosionando el terreno y seccionando cuttings y detritus que pone en suspensión y que transporta.

Al llegar a la cata, llegan lodos de perforación, formados por el propio fluido de perforación (mezcla de bentonita y agua) juntamente con los detritus del frente perforado.

Esta mezcla, debe bombearse desde la cata de entrada hasta la unidad de reciclaje para poder separar los dos componentes, (1) fluidos y (2) detritus, obteniendo en ese momento, fluidos de perforación limpios, que se reutilizarán, y detritus que deberán tratarse como residuo de construcción (material ya seco).

Está previsto disponer en la obra de un equipo de centrífuga 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 (1) fluidos.

Tratamiento del detritus (sólido)

Una vez pasado por los equipos de reciclaje, se separan los cuttings de la perforación, que son expulsados del sistema y acopiados, para permitir la carga en camiones / contenedores para transportar a vertedero o revalorizar en la obra.

5.5.6 CARACTERÍSTICAS DE LA PERFORACIÓN DIRIGIDA EN LANZAROTE

La salida al mar de la línea eléctrica mediante una perforación horizontal dirigida se considera viable con una longitud propuesta de 531 metros.

Se prevé un terreno rocoso formado por coladas basálticas. Dichas coladas están atravesadas por múltiples diques sub-verticales de mayor resistencia a la erosión.

La cota de salida propuesta es -10,74 metros. Se trata de una zona arenosa de poca potencia donde se observan afloramientos rocosos. Se trata de una zona de aparente estabilidad para la salida perforación.

El punto de salida de la PHD mantiene una distancia de 36,87 metros con la actual línea eléctrica de enlace con Fuerteventura, evitando así riesgos en la zona de salida y el tendido del cable de navegación.

La ejecución de la perforación dirigida requerirá, en tierra, la ocupación temporal de una superficie que permita albergar la máquina de perforación horizontal (PHD). Del mismo modo, debe preverse la necesidad de un acceso que permita la máquina alcanzar el punto de la perforación dirigida.

Para la PHD de salida al mar se propone la ocupación total del parking al lado del paseo marítimo, así como parte de este para el emplazamiento del equipo de perforación.

El área total de ocupación es de 3045 m².

El acceso a la zona de trabajo es particularmente bueno, ya que se sitúa al final de una amplia calle asfaltada.

Para la ejecución de la perforación diseñada, se recomienda el uso de un equipo de 100Tn de capacidad de tiro, para la instalación del tubo previsto.

Se trata de una máquina de perforación horizontal dirigida accionada por motor diésel a partir del cual realiza todos los movimientos mediante accionamiento hidráulico. Se pueden destacar como principales características mecánicas:

- Fuerza de empuje: de 0 KN - 500 KN.
- Fuerza de tiro a tracción: de 0 KN - 1000 KN.
- Ángulos de inclinación de la torre de perforación: de 12° a 22°.

El suministro de agua se prevé de la red existente y que abastece actualmente a los hoteles de la zona.

La zona propuesta para la preparación y soldadura del tubo a instalar es la misma calle de acceso a la obra, concretamente siguiendo el lateral o zona de aparcamiento de vehículos.

Una vez finalizada la perforación, se empezarán los trabajos de desmontaje de los equipos, empezando por las interconexiones de los sistemas hidráulico, eléctrico y del circuito de lodos.

Todo el material será recogido y preparado para la carga.

Paralelamente a estas maniobras, deberán realizarse los trabajos de secado y tratamiento de los lodos bentoníticos de la perforación.

El material de perforación es cargado en los camiones para ser retirado de la obra.

La zona queda limpia de maquinaria, siendo posible la retirada de las vallas y reduciendo la zona del vallado de obra, a la zona del pozo de entrada.

5.5.7 CARACTERÍSTICAS DE LA PERFORACIÓN DIRIGIDA EN FUERTEVENTURA

El eje diseñado se considera viable con una longitud propuesta de 495 metros.

Se prevé un terreno rocoso y abrasivo formado por una sucesión de coladas basálticas. Las acumulaciones basálticas se prevén homogéneas de orden métrico. No se observan alineaciones formadas por diques ni en los afloramientos terrestres ni en la morfología marina. No se descarta acumulaciones sub-horizontal de materiales piroclásticos entre cada colada.

Las inspecciones marinas mediante filmaciones y sondeos manuales realizados confirman un fondo marino rocoso sin acumulaciones de arena.

La cota de salida propuesta es -10,39 metros. El punto de salida de la PHD se prevé estable y de pendiente suave y uniforme. Se considera una profundidad adecuada para los trabajos marinos.

El emplazamiento de los equipos de PHD deberá adecuarse y aplanarse, siendo necesario modificar ligeramente la morfología de la zona, para permitir el correcto asentamiento de los equipos de perforación.

El área total de ocupación es de unos 4.000 m².

El acceso a la zona de trabajo no es complicado pero es a través de pistas que posiblemente requerirán adecuaciones.

Se propone acceder por el camino existente paralelo a la zona, cruzando los muretes existentes.

Para la ejecución de la perforación diseñada, se recomienda el uso de un equipo de 100Tn de capacidad de tiro, para la instalación del tubo previsto, dada la naturaleza de la roca existente.

Se trata de una máquina de perforación horizontal dirigida accionada por motor diésel a partir del cual realiza todos los movimientos mediante accionamiento hidráulico. Se pueden destacar como principales características mecánicas:

- Fuerza de empuje: de 0 KN - 500 KN.
- Fuerza de tiro a tracción: de 0 KN - 1000 KN.
- Ángulos de inclinación de la torre de perforación: de 12° a 22°.

La zona propuesta para la preparación y soldadura del tubo a instalar es el mismo camino propuesto para acceder a la obra.

Se ha desestimado el eje inicialmente previsto, situado en una plataforma elevada, ya que con la distancia existente no es posible librar el pequeño acantilado, siendo más apropiado para la ejecución de la PHD mover el punto de inicio a la planicie situada más al oeste, que queda unos 3m más baja, y que a la vez, tiene un suave pendiente a lo largo de todo el trazado de la PHD, considerando que estaremos en este caso dentro de una misma colada, y por lo tanto, en una formación más homogénea.

Con este cambio, conseguiremos posiblemente una mejor formación geológica, y a la vez, mejoraremos el riesgo de fugas de fluido por el propio terreno, debido a la presión hidrostática del fluido

No ha sido posible localizar un punto de suministro de agua en la zona, siendo este un factor clave para poder ejecutar la PHD.

Una vez finalizada la perforación, se empezarán los trabajos de desmontaje de los equipos, empezando por las interconexiones de los sistemas hidráulico, eléctrico y del circuito de lodos.

Todo el material será recogido y preparado para la carga.

Paralelamente a estas maniobras, deberán realizarse los trabajos de secado y tratamiento de los lodos bentoníticos de la perforación.

El material de perforación es cargado en los camiones para ser retirado de la obra.

La zona queda limpia de maquinaria, siendo posible la retirada de las vallas y reduciendo la zona del vallado de obra, a la zona del pozo de entrada.

5.6. PROCEDIMIENTO DE DESMANTELAMIENTO DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 KV SC PLAYA BLANCA – LA OLIVA.

Se describe en este apartado el procedimiento para la recuperación del cable tanto en el trazado terrestre como el marino.

5.6.1 INFORME AMBIENTAL DEL TRAZADO DEL CABLE EXISTENTE

Será necesario realizar un informe ambiental previo al proyecto de recuperación del cable submarino.

Para la realización del diagnóstico del estado de la zona de estudio del trazado del cable será necesario obtener informes sobre los siguientes aspectos del medio:

- Estudio topobatimétrico
- Estudio geomorfológico de los fondos marinos

Se revisará la delimitación de las áreas con presencia de sedimentos, cobertura rocosa, comunidades de interés, etc.

Las áreas deberán quedar perfectamente distribuidas por categorías, posicionando los límites con técnicas de posicionamiento diferencial.

Los revisiones de los datos obtenidos por la investigación del *Side Scan Sonar* se complementará con los registros videográficos y fotográficos de los fondos marinos de manera que los registros obtenidos por el Sonar sean calibrados *in situ* de manera que la delimitación de estructuras geomorfológicas y ecosistemas marinos esté contrastada con la toma de datos en las zonas en que pueda haber modificaciones de trazado.

- Estudio geofísico con perfilador de fondo

Delimitar la potencia del sedimento en aquellas áreas sin cobertura rocosa y profundidad de enterramiento del cable.

Determinar la presencia de material rocoso sub-superficial

- Estudio de Clima Marítimo y Dinámica Litoral

En las zonas de salida y aterraje de los cables eléctricos se revisarán los estudios pertinentes de Clima Marítimo y Dinámica litoral con los siguientes objetivos:

- Garantizar la no afección de la obra sobre la dinámica litoral y transporte sedimentario
- Garantizar la no afección de los fenómenos de dinámica marina (procesos erosivos, oleaje, etc.) sobre la obra de retirada del cable.
- Tener unos parámetros de base para establecer el Plan de Vigilancia Ambiental a desarrollar durante las fases de dragado y tendido del cable eléctrico sumergido.

- Estudio de la calidad de las aguas

Se revisará la determinación de la composición de las aguas propias de la zona de estudio en aquellos parámetros considerados como relevantes en el estado de la calidad del agua. Asimismo determinará, si existe, el grado de contaminación en el entorno del área de estudio debido a aportes terrestres (tales como vertidos costeros), presencia de emisarios submarinos, u otras fuentes de contaminación.

Las muestras de agua de mar se tomarán por medio de botella oceanográfica tipo Niskin, en varias estaciones representativas a lo largo del recorrido del cable y a diferentes profundidades.

- Caracterización granulométrica y química de los sedimentos marinos

Para la caracterización granulométrica y química de los sedimentos marinos, se llevó a cabo la toma de un número representativo de muestras de sedimento superficial en puntos estratégicamente distribuidos a lo largo de la traza y debidamente posicionados con sus coordenadas sobre la zona de estudio. Se cogerán un número de muestras representativas del sustrato tipo de esta área entre las batimétricas de -1m y la profundidad límite.

- Estudio de biocenosis inicial y contaminación de fondo

Se revisará la información obtenida y su interpretación en las zonas de los cables y en los cambios de trazado a partir de las informaciones bibliográficas y la toma de datos en la campaña marina realizada para la redacción del estudio de impacto ambiental del proyecto, realizado mediante un muestreo sistemático en el que se analizan muestras en puntos prefijados y transectos.

Nuevo muestreo de fondos blandos mediante extracción de muestra de sedimento representativa, filtrando la muestra a través de una luz de malla de 500 micras (para obtener los organismos de macrofauna bentónica), y fijando las muestras obtenidas para su conservación hasta el momento de su estudio.

Rascado de superficies igualmente seleccionadas previamente por su representatividad. Sobre una superficie mínima de 20 x 20 cm extrayendo la totalidad de los organismos adheridos al sustrato rocoso, procediendo a la conservación de la muestra posterior como en el caso del sustrato blando.

Observación de la distribución de las comunidades bentónicas a través de transectos en inmersión con escafandra autónoma, destinados a la observación directa y obtención del registro fotográfico o de video de las poblaciones bentónicas; éste último también puede acometerse mediante el empleo de cámara de arrastre (video remolcado georreferenciado).

Durante los recorridos de inmersión se tomarán notas de los parámetros descriptivos de los aspectos bionómicos y topográficos del fondo, incluyendo la localización espacial de los mismos.

A partir de esta recopilación de información se procederá, a revisar la descripción pormenorizada del ecosistema marino, en la que se analice el funcionamiento general del mismo desde un punto de vista biológico, su situación, la eutrofización presente, las sucesiones y poblaciones presentes, su madurez y estabilidad.

El objetivo de dicho diagnóstico estará vinculado a la toma de decisiones para la conveniencia o no de recuperación del cable del lecho marino evaluando los efectos ambientales que la retirada del cable podría producir sobre el medio y concluyendo la conveniencia o no de la retirada del mismo teniendo en cuenta la metodología de trabajo que sería necesario emplear y los impactos ambientales que se prevén.

También será necesaria la evaluación de los efectos de la retirada del cable sobre otros aspectos del medio físico, biológico y socioeconómico.

5.6.2 RECUPERACIÓN DEL CABLE SUBMARINO

Para la retirada del cable del lecho submarino sería necesaria la utilización de un barco cablero provisto de una plataforma giratoria que pueda albergar la longitud del cable existente.

El barco deberá estar equipado con sistemas de posicionamiento GPS dinámicos para seguir exactamente la trayectoria del cable tendido y mantenerse fijo cuando las condiciones del mar requieran suspender durante unas horas de recogida del cable.

El método, a grandes rasgos, puede describirse como sigue:

Para comenzar las operaciones de recuperación 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 cargado al barco desde el punto de salida de la perforación dirigida mediante un piloto que recupere el primer tramo en la bobina.

Una vez recuperado el piloto e incorporado el extremo del cable submarino, el barco procede a recorrer la traza del cable correspondiente hasta la llegada en la costa recuperándolo en la bobina instalada en el propio barco. El barco deberá avanzar lentamente siguiendo la traza del mismo, enrollando el cable desde la bodega del barco de forma paulatina y ajustada al avance del mismo. El cable se incorpora a la bodega del barco siguiendo las poleas y guías dispuestas en la cubierta, ascendiendo por la popa y siguiendo una amplia curva desde el fondo marino. De esta forma el cable se irá recuperando paulatinamente desde el fondo marino.

En su avance el barco de recuperación del cable va recuperando el cable, siguiendo en todo momento la trayectoria prefijada, utilizando para ello el sistema de posicionamiento dinámico. La navegación estará basada en el uso del DGPS (Diferencial Global Positioning System). El GPS 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 GPS sobre el horizonte.

La velocidad de recuperación del cable estará condicionada por la profundidad, el perfil del fondo marino e información obtenida del informe marino desarrollado antes del tendido y del posterior estudio realizado sobre los parámetros de recuperación entre los que se habrán tenido en cuenta los condicionantes contemplados en el Informe Ambiental del trazado del cable existente así como los técnicos derivados: posicionamiento del barco de tendido, posición del vehículo de control remoto (ROV), velocidad de suministro del cable, tensión del cable y ángulo de la bobina de tendido, longitud del cable ya tendido, profundidad, velocidad y dirección del viento.

Durante el proceso de recuperación se realizará una monitorización del proceso en el lecho marino mediante un vehículo de control remoto – el ROV – que operará desde 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 con el objeto de mantener un control y registro de todo el proceso y poder monitorizar la labor de extracción. El ROV tiene mayores restricciones meteorológicas que el barco cablero.

En las proximidades del punto de llegada a tierra y antes de comenzar las operaciones terrestres, el barco se detendrá cuidadosamente de la alineación de la ruta final del cable de forma que deje su popa libre para las operaciones de recuperación y será situado en su posición final utilizando su sistema de posicionamiento dinámico para la recuperación del tramo final de cable submarino una vez independizado de la cámara de empalme del extremo final.

5.6.3 RECUPERACIÓN DEL CABLE DE PERFORACIÓN DIRIGIDA

El cable situado en los tramos donde para su tendido se empleó una técnica de perforación dirigida será recuperado desde tierra una vez independizado del cable submarino, actuando en la cámara de empalme situada en la salida de la perforación dirigida en mar.

Para su extracción se empleará el sistema de tiro y cabrestante. Tanto el cabrestante como la máquina de frenado deberán estar anclados sólidamente al suelo para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

El cabrestante se utilizará para tirar de los cables por medio de cables piloto auxiliares y estará accionado por un motor autónomo. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de un dinamómetro con objeto de controlar el esfuerzo de tiro en cada momento y de un

mecanismo que interrumpa la tracción automáticamente cuando ésta sobrepase el esfuerzo programado. Antes del inicio de los trabajos de tendido, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizara en función de las tracciones a realizar.

Durante la recogida del cable, en todos los puntos estratégicos, se situarán los operarios necesarios provistos de radioteléfonos y en disposición de poder detener la operación de inmediato. Los radioteléfonos se probarán antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido.

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina.

La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma alrededor de su eje.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobre los rodillos y tubos.

La tracción de recogida de los cables será como máximo del 60% de la máxima especificada por el fabricante y como mínimo la necesaria para que, venciendo la resistencia en la máquina de frenado, puedan desplegarse los cables, debiendo mantenerse constante durante el tendido de éstos.

La unión del cable con el piloto se realizará por medio de un cabezal de tiro y manguito giratorio de modo que el esfuerzo de tiro se aplique directamente al conductor del cable.

Se deberá realizar un estudio de las tracciones necesarias para efectuar la recogida, con el fin de que debido al trazado de la línea, no sea preciso sobrepasar las tracciones antes mencionadas.

En el caso de temperaturas inferiores a 5 °C, el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C no se permitirá realizar la recogida del cable.

5.6.4 RECUPERACIÓN DEL CABLE TERRESTRE

La recuperación de los cables de potencia consiste en recoger los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por los rodillos o tubos situados en la canalización. Igualmente, antes de empezar las labores de recogida de los cables se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo y así mismo poder asignar el extremo de la instalación desde donde se debe realizar el esfuerzo de tiro. En el caso de trazado con pendiente es preferible realizar el tiro en sentido descendente. Las bobinas de recogida se situarán alineadas con la traza de la línea. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no será superior a 10°.

Si existiesen curvas o puntos de paso dificultoso, próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible situar la bobina en ese extremo a fin de que el coeficiente de rozamiento sea el menor posible.

El traslado de las bobinas se realizará mediante vehículo transportándose siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral. Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha.

El manejo de la misma se debe efectuar mediante grúa quedando terminantemente prohibido el desplazamiento de la bobina rodándola por el suelo. La bobina se suspenderá mediante una barra de dimensiones suficientes que pase por los agujeros centrales de los platos. Las cadenas o sirgas de izado tendrán un separador por encima de la bobina que impida que se apoyen directamente sobre los platos.

Para realizar la recogida de los cables se empleará el sistema de tiro y cabrestante. Tanto el cabrestante como la máquina de frenado deberán estar anclados sólidamente al suelo para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

El cabrestante se utilizará para tirar de los cables por medio de cables piloto auxiliares y estará accionado por un motor autónomo. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de un dinamómetro con objeto de controlar el esfuerzo de tiro en cada momento y de un mecanismo que interrumpa la tracción automáticamente cuando ésta sobrepase el esfuerzo programado. Antes del inicio de los trabajos de tendido, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizara en función de las tracciones a realizar.

Durante la recogida del cable, en todos los puntos estratégicos, se situarán los operarios necesarios provistos de radioteléfonos y en disposición de poder detener la operación de inmediato. Los radioteléfonos se probarán antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido.

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina.

La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma alrededor de su eje.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobre los rodillos y tubos.

La tracción de recogida de los cables será como máximo del 60% de la máxima especificada por el fabricante y como mínimo la necesaria para que, venciendo la resistencia en la máquina de frenado, puedan desplegarse los cables, debiendo mantenerse constante durante el tendido de éstos.

La unión del cable con el piloto se realizará por medio de un cabezal de tiro y manguito giratorio de modo que el esfuerzo de tiro se aplique directamente al conductor del cable.

Se deberá realizar un estudio de las tracciones necesarias para efectuar la recogida, con el fin de que debido al trazado de la línea, no sea preciso sobrepasar las tracciones antes mencionadas.

En el caso de temperaturas inferiores a 5 °C, el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C no se permitirá realizar la recogida del cable.

5.6.5 ZANJAS EN TRAMOS TERRESTRES

Como se ha descrito en los apartados anteriores los cables eléctricos están soterrados en todo su recorrido en zanja tipo que tendrá unas dimensiones de 700 mm de anchura y 1300 mm de profundidad.

Si existiese algún requerimiento, necesidad o condicionante por el que fuese necesaria retirar los materiales que constituyen la zanja en su totalidad o en los tramos necesarios sería necesario proceder a la apertura de la propia zanja extrayendo los materiales constructivos y compilándolos por categorías para realizar posteriormente su gestión como residuos inertes de construcción. Igualmente sería necesario proceder para la extracción de las cámaras de empalme.

Posteriormente sería necesario relleno de la zanja con tierras de préstamo, consolidado de la misma y restauración del firme existente a las condiciones originales.

III.-PLANOS PROYECTO

Plano 1.- Proyecto Interconexión eléctrica submarina a 132kV
Lanzarote-Fuerteventura.

Plano 2.- Entrada cable en la costa de Lanzarote y Fuerteventura.



LEYENDA GENERAL

- - - - Límite término municipal
- Ríos y torrentes
- Carreteras
- Caminos y pistas forestales
- Edificaciones e Infraestructuras
- Curvas de nivel directoras (cada 50 m)
- Curvas de nivel simples (cada 10 m)
- Curvas batimétricas (cada 5 m)

INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS EN PROYECTO

- L/132 kV SC Playa Blanca - La Oliva**
- Trazado soterrado terrestre cable a 132 kV Playa Blanca-La Oliva
- Trazado soterrado marino cable a 132 kV Playa Blanca-La Oliva
- Tramo soterrado con Perforación Horizontal Dirigida
- Cámaras de empalme

IMPLANTACIÓN PROYECTADA DE LAS NUEVAS SUBSTACIONES A 132 kV

- Playa Blanca (Lanzarote)
- La Oliva (Fuerteventura)

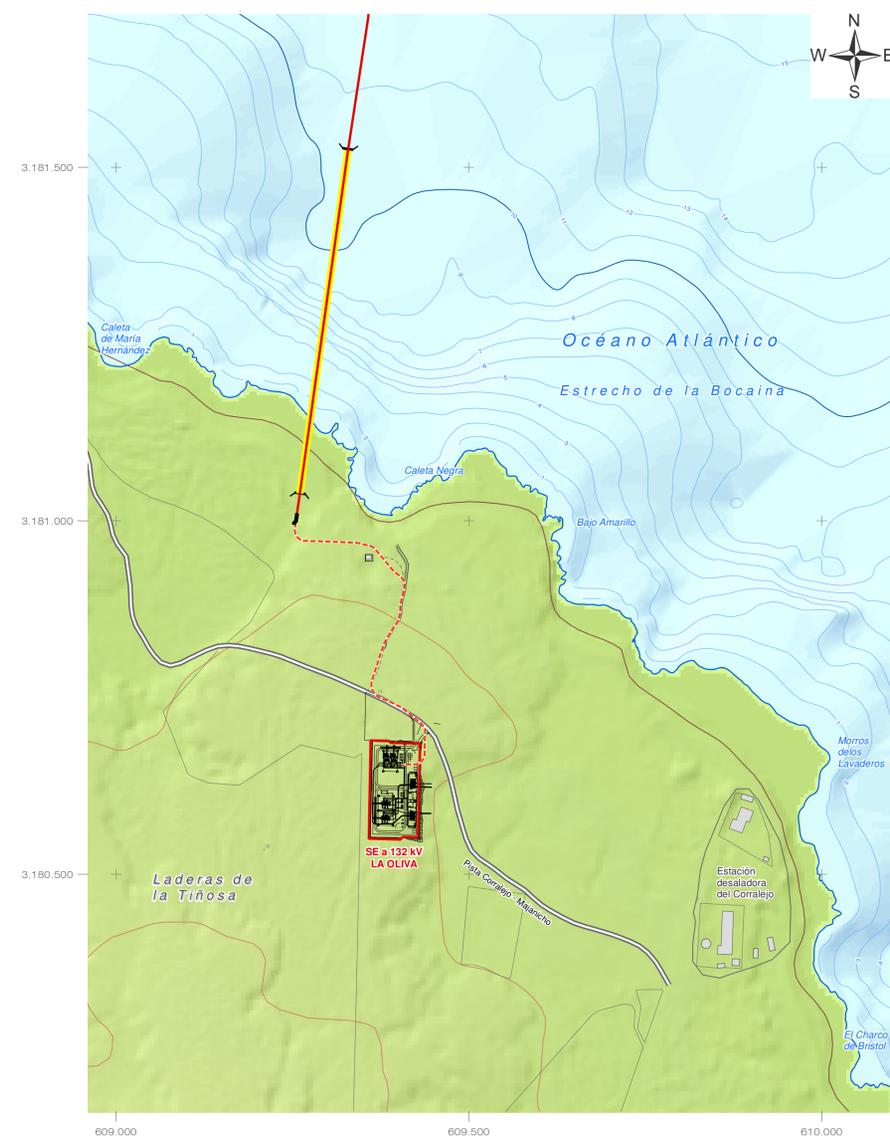
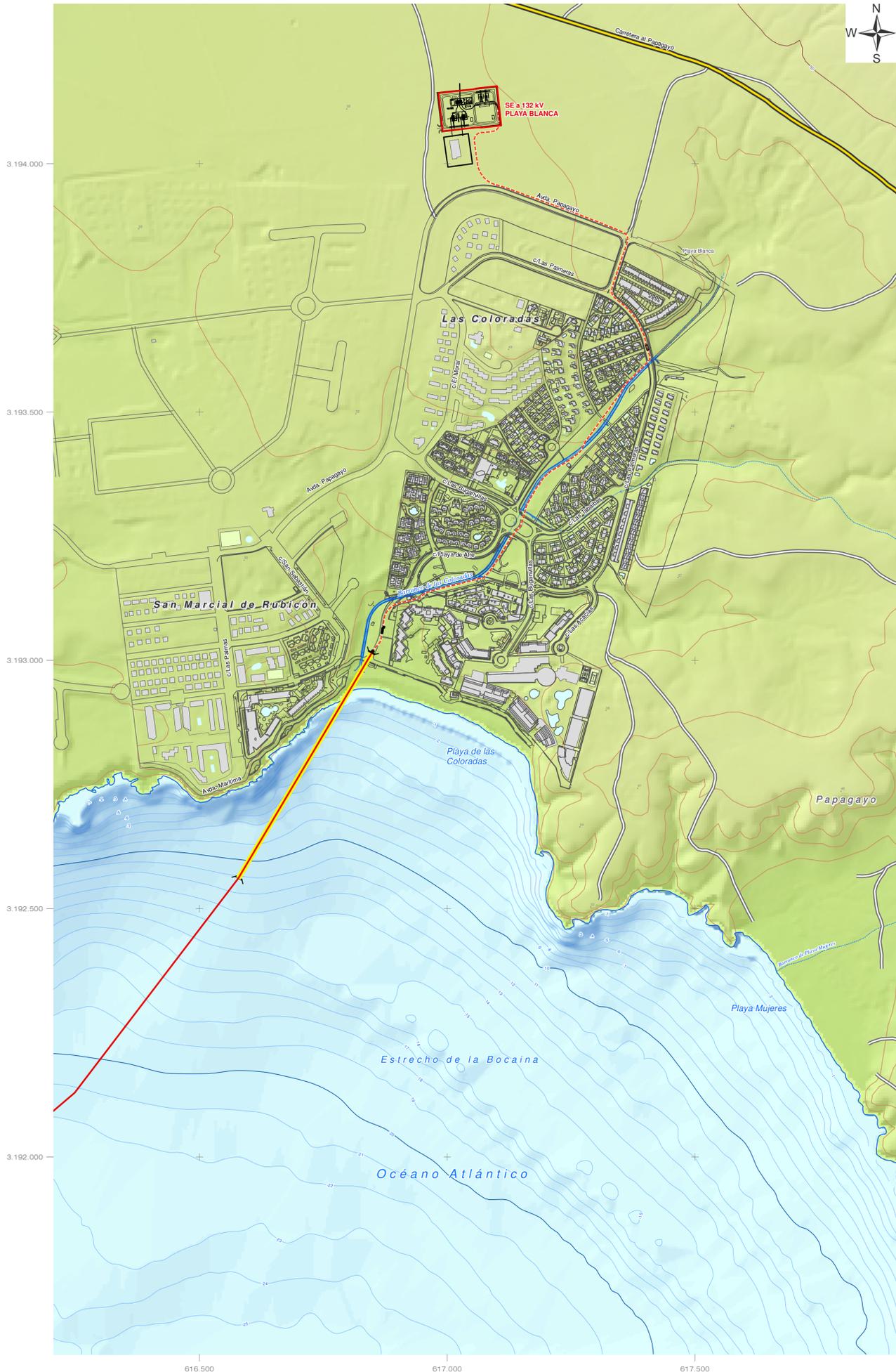


TÍTULO DEL PROYECTO:
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA SUBMARINA A 132 kV LANZAROTE-FUERTEVENTURA. CABLE A 132 kV, SIMPLE CIRCUITO, PLAYA BLANCA (LANZAROTE) – LA OLIVA (FUERTEVENTURA)

ANEXO EVALUACIÓN EFECTOS CAMBIO CLIMÁTICO

TÍTULO DEL PLANO:	HOJA:	Nº DE PLANO:
PROYECTO	1	1
EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS:	ESCALA:	FECHA:
10 metros	1:30.000	ABRIL 2019
ESCALA GRÁFICA:		





LEYENDA GENERAL

- Límite término municipal
- Ríos y torrentes
- Carreteras
- Caminos y pistas forestales
- Edificaciones e Infraestructuras
- Curvas de nivel directoras (cada 50 m)
- Curvas de nivel simples (cada 10 m)
- Curvas batimétricas (cada 10 m)
- Curvas batimétricas (cada 1 m)

INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS EN PROYECTO

- Trazado soterrado terrestre cable a 132 kV Playa Blanca-La Oliva
- Trazado soterrado marino cable a 132 kV Playa Blanca-La Oliva
- Tramo soterrado con Perforación Horizontal Dirigida
- Cámaras de empalme

IMPLANTACIÓN PROYECTADA DE LAS NUEVAS SUBESTACIONES A 132 kV



TÍTULO DEL PROYECTO:
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA SUBMARINA A 132 kV LANZAROTE-FUERTEVENTURA. CABLE A 132 kV, SIMPLE CIRCUITO, PLAYA BLANCA (LANZAROTE) – LA OLIVA (FUERTEVENTURA)

ANEXO EVALUACIÓN EFECTOS CAMBIO CLIMÁTICO

TÍTULO DEL PLANO:	HOJA:	Nº DE PLANO:
ENTRADA CABLE EN LA COSTA DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA	1	2
EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS:	ESCALA:	FECHA:
10 metros	1:5.000	ABRIL 2019

