



## ANEJO 12. ESTUDIO DE DINÁMICA LITORAL

### ÍNDICE

<b>1. ALCANCE DEL ESTUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. MOTIVACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. FUENTE DE DATOS .....</b>	<b>4</b>
<b>4. ESTUDIO DEL CLIMA MARÍTIMO: OLEAJE.....</b>	<b>6</b>
4.1 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLEAJE – AGUAS PROFUNDAS .....	6
4.2 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLEAJE EN LAS ZONAS DE ESTUDIO .....	9
4.2.1 Introducción .....	9
4.2.2 Emisario submarino en Cala Savina.....	10
4.3 RÉGIMEN MEDIO DEL CLIMA DE OLEAJE – AGUAS PROFUNDAS .....	11
4.3.1 Altura de ola significativa .....	11
4.3.2 Período de oleaje .....	15
4.4 RÉGIMEN MEDIO DEL CLIMA DE OLEAJE – ZONAS DE ESTUDIO .....	20
4.4.1 Introducción .....	20
4.4.2 Altura de ola significativa – Cala Savina .....	20
<b>5. DATOS PARA CALCULAR LOS ESFUERZOS EN LOS EMISARIOS .....</b>	<b>23</b>
5.1 INTRODUCCIÓN.....	23
5.2 EMISARIO SUBMARINO EN CALA SAVINA.....	24
<b>6. PROFUNDIDAD DE CIERRE .....</b>	<b>27</b>
6.1 INTRODUCCIÓN.....	27
6.2 CÁLCULO TEÓRICO DE LA PROFUNDIDAD DE CIERRE .....	27
6.3 EVIDENCIA DE LA PROFUNDIDAD DE CIERRE SOBRE EL LECHO MARINO EN LA UBICACIÓN DEL EMISARIO ACTUAL.....	28
<b>7. TRANSPORTE POTENCIAL EN LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>37</b>
7.1 METODOLOGÍA.....	37



7.2 CALA SAVINA .....	38
<b>8. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS .....</b>	<b>40</b>
8.1 PROCEDENCIA DE MATERIALES.....	40
8.1.1 Canteras y yacimientos .....	40
<b>9. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>41</b>
<b>10. SIMULACIONES REALIZADAS .....</b>	<b>43</b>
<b>11. RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>44</b>
11.1 ESTADO DE LAS CORRIENTES.....	44
11.2 SERIES TEMPORALES DE CORRIENTES .....	44

APÉNDICE Nº 1.- DATOS DE CAMPO

APÉNDICE Nº 2.- BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

APÉNDICE Nº 3.-PLANOS

## ANEJO 12. ESTUDIO DE DINÁMICA LITORAL

### 1. ALCANCE DEL ESTUDIO

En este estudio de dinámica litoral para los proyectos constructivos para la adecuación y legalización del emisario submarino de Formentera se han planteado los siguientes apartados.

- Definición del clima marítimo del oleaje en la zona, a través de las correspondientes frecuencias de presentación sectorial y regímenes medios direccionales, de los datos en aguas profundas y en las zonas cercanas de estudio.
- Estudio de la capacidad de transporte litoral del tramo de costa en estudio.
- Definición de la profundidad de corte del tramo de costa.

### 2. MOTIVACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO

Este anejo se ha elaborado en cumplimiento de la Ley 22/88, de 28 de Julio, de Costas y de los artículos 91 y 93 del Reglamento General Desarrollo y Ejecución de la Ley de Costas (en adelante RGDELC), aprobado por Real Decreto 1471/89, se presenta el siguiente estudio.

Según el artículo 91 del RGDELC se indica que todo proyecto que “contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente y de los efectos de las actuaciones previstas.”. En el artículo 93 del RGDELC se especifican los siguientes puntos a contemplar en dicho estudio básico de dinámica litoral:

- a) Estudio de la capacidad de transporte litoral.
- b) Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.
- c) Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escalares.
- d) Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.
- e) Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.
- f) Naturaleza geológica de los fondos.
- g) Condiciones de la biosfera submarina.
- h) Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.
- i) Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.
- j) Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias.

Dentro del marco de actuaciones que implica el tipo de obra a ejecutar en el presente proyecto, este anejo cumple con los requerimientos de la Ley de Costas en los apartados a) y c) del artículo 93 del RGDELIC.

Respecto al apartado b), se debe entender que realizar un estudio del balance sedimentario y la evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible, sólo sería de aplicación en tanto que la obra a proyectar incluyera actuaciones y/o estructuras que pudieran modificar el actual balance sedimentario y la evolución natural de la línea de costa. Dado que el alcance de la actuación proyectado en el presente proyecto (adecuaciones localizadas del emisario existente) no comporta tales variaciones en términos de dinámica litoral, no se considera necesario dicho estudio. Además, hay que tener en consideración que el fondo marino en el ámbito de la actuación proyectada es en su totalidad un fondo de naturaleza rocosa y por tanto pierde el sentido de analizar balances sedimentarios ni evaluar la evolución de la línea de costa.

El apartado g) se cumpliría en la metodología constructiva planteada para el emisario submarino. En el primer tramo marino del emisario, a lo largo del cual discurre en su totalidad enterrado, únicamente se prevé la protección del mismo con áridos de diferente granulometría. La aportación y colocación de este material, controlada y localizada, no tendrá afección a las praderas de *Posidonia Oceanica* dado que no existen en este punto, como se verá más adelante.

Además de esta protección localizada con material granular, el proyecto prevé la sustitución de tramos del emisario que actualmente queda apoyado sobre el fondo marino. El tramo que queda apoyado corresponde con la mayor presencia de Praderas de *Posidonia Oceanica*. En dicho tramo no se prevé la realización de ningún tipo de excavación ni aporte de material granular, únicamente se sustituirá el tramo existente por otro de similares características, se lastrará convenientemente y se retirarán del fondo marino los restos de actuaciones pasadas que han quedado dejadas en el fondo marino.

### 3. FUENTE DE DATOS

El conjunto de datos considerado para este estudio corresponde a datos WANA (obtenidos por el Departamento de Clima Marítimo de Puertos del Estado mediante retroanálisis con un modelo de predicción de oleaje a partir de datos de viento) y a los datos registrados por la boya escalar de Cap de Pera (red REMRO de Puertos del Estado).

Los datos WANA proporcionan un registro continuo de valores, si bien la fiabilidad de los valores obtenidos depende de la bondad del modelo predictivo, y a su vez, de la fiabilidad de los datos de viento disponibles.

Para cada una de las zonas de los emisarios submarinos se ha empleado un nodo de la red WANA (que se extiende por toda la costa española). Dicho nodo ha de ser el más cercano para que los datos sean de la máxima fiabilidad.

EMISARIO SUBMARINO	NODO WANA	LATITUD	LONGITUD
Cala Savina (Formentera)	2058030	38°45'00"	1°15'00"

Tabla 1. Relación de nodos WANA empleados en el emisario a estudiar,

Estos nodos se han considerado que estaban situados en aguas profundas. En la Figura 1 se muestra el emplazamiento de los nodos WANA en las Islas Baleares, señalándose los correspondientes al presente proyecto. El período de registro que se ha empleado abarca des del 14 de enero de 1996 hasta el 25 de octubre del 2004, es decir, un total de 8. La información recogida se limita únicamente a la variable altura de ola significativa  $H_s$ , definida a partir de una caracterización estadística del oleaje irregular como el valor medio del tercio de olas más altas del registro, el período de pico del oleaje  $T_p$  y la dirección media del oleaje  $\alpha_m$ . Estos datos WANA también incluyen el valor de la velocidad del viento media  $V_m$  y su dirección media del viento en el nodo especificado.

Los datos de la boya de Cap de Pera presentan dos importantes limitaciones: en primer lugar, no dan información direccional del oleaje; y en segundo lugar, el registro no es continuo, existiendo huecos (o periodos sin registro) superiores a un mes. La boya de Cap de Pera es una boya de tipo escalar de la marca Datawell (modelo Waverider). Su emplazamiento corresponde a las coordenadas 39°39'6" – 3°29'6" E, y está fondeada a una profundidad media de 48 metros.

El período de registro de la boya considerado en este estudio abarca desde el 23 de Mayo de 1989 hasta 12 de Mayo de 2004, es decir, un total de 15 años. La información recogida se limita únicamente a la variable altura de ola significativa espectral  $H_{m0}$ , definida como cuatro veces la raíz cuadrada del momento de orden cero del espectro o área encerrada por la función de densidad espectral, la cual puede considerarse coincidente con el valor de altura de ola significativa,  $H_s$ , y el período de pico del oleaje  $T_p$ .

Dado que los datos instrumentales de una boya son mucho más fiables que los datos WANA obtenidos mediante retroanálisis, especialmente en los valores de altura de ola significativa y periodo pico, y puesto que el conjunto de datos WANA proporciona la información direccional del oleaje, sería interesante y/o necesario corregir los valores de la altura de ola, mediante el contraste de registros entre datos WANA y de boya, siempre y cuando los datos de las boyas sea de suficiente calidad como para poder ser útiles en dicha corrección.

De anteriores estudios comparativos y estudiando los datos de la boya de Cap de Pera, se ha observado que los registros son muy discontinuos y el número de datos útiles son pocos comparados con los que se obtienen de los datos WANA.

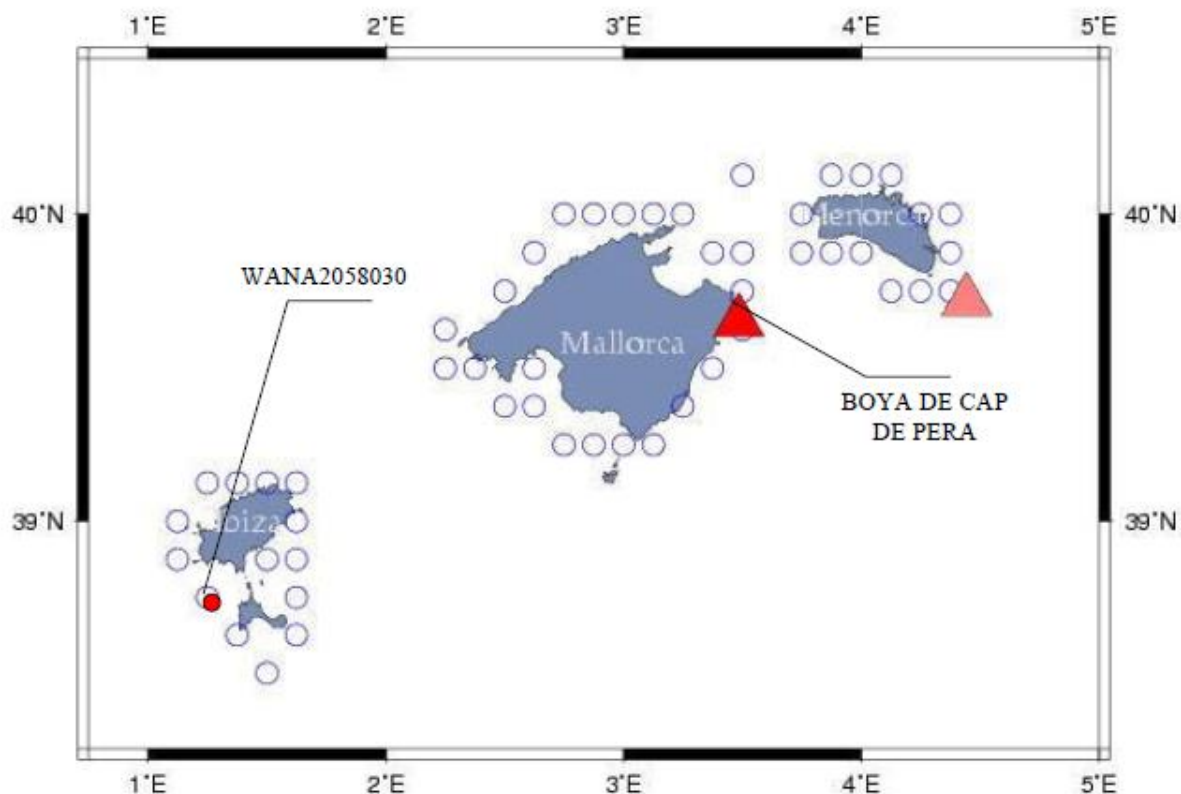


Imagen 1. Emplazamiento de los nodos WANA empleados y de la boya de Cap de Pera.

## 4. ESTUDIO DEL CLIMA MARÍTIMO: OLEAJE

### 4.1 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLEAJE – AGUAS PROFUNDAS

La distribución sectorial del oleaje (en sectores de  $22,5^\circ$ ) puede apreciarse en las tablas de encuentros de altura de ola significativa y direcciones de oleaje y su frecuencia de presentación (Tablas 2 y 3, nodo WANA2058030). En la figura 2a se muestran dichos resultados ilustrados en una rosa de oleaje.

Dichas tablas y figuras muestran una clara predominancia de los oleajes procedentes de sudoeste (sector SW), frente al resto de oleajes, debido a que la mayor parte de las direcciones de incidencia están bajo el efecto sombra de la propia isla de Formentera y de la isla de Ibiza.

Hs (m) \ Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Escalar
0 - 0.5	445	358	451	574	975	1569	1776	832	656	1062	1652	690	407	368	639	672	13126
0.5 - 1	204	144	115	191	406	373	183	98	128	683	2086	751	415	255	302	322	6656
1 - 1.5	32	23	20	33	49	43	10	7	20	156	966	373	193	150	154	124	2353
1.5 - 2	2	6	4	6	2	12	6	1	5	74	497	183	126	72	75	45	1116
2 - 2.5	4	2	1	4	2	6	0	0	8	54	201	105	61	34	26	15	523
2.5 - 3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	26	116	84	54	18	17	4	321
3 - 3.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	70	23	28	10	7	6	153
3.5 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	29	21	10	5	2	2	72
4 - 4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	5	6	0	1	2	30
4.5 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	2	0	11
5 - 5.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	3	1	0	0	0	12
5.5 - 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
6 - 6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
6.5 - 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<b>Subtotal</b>	<b>690</b>	<b>533</b>	<b>591</b>	<b>809</b>	<b>1434</b>	<b>2003</b>	<b>1975</b>	<b>938</b>	<b>817</b>	<b>2071</b>	<b>5643</b>	<b>2242</b>	<b>1301</b>	<b>912</b>	<b>1225</b>	<b>1193</b>	<b>24377</b>

Tabla 2. Tabla de encuentros de altura de ola significativa – dirección para el oleaje (Nodo WANA2058030)

Hs (m) \ Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Escalar
0 - 0.5	0.01825	0.01469	0.01850	0.02355	0.04000	0.06436	0.07286	0.03413	0.02691	0.04357	0.06777	0.02831	0.01670	0.01510	0.02621	0.02757	0.53846
0.5 - 1	0.00837	0.00591	0.00472	0.00784	0.01666	0.01530	0.00751	0.00402	0.00525	0.02802	0.08557	0.03081	0.01702	0.01046	0.01239	0.01321	0.27304
1 - 1.5	0.00131	0.00094	0.00082	0.00135	0.00201	0.00176	0.00041	0.00029	0.00082	0.00640	0.03963	0.01530	0.00792	0.00615	0.00632	0.00509	0.09653
1.5 - 2	0.00008	0.00025	0.00016	0.00025	0.00008	0.00049	0.00025	0.00004	0.00021	0.00304	0.02039	0.00751	0.00517	0.00295	0.00308	0.00185	0.04578
2 - 2.5	0.00016	0.00008	0.00004	0.00016	0.00008	0.00025	0.00000	0.00000	0.00033	0.00222	0.00825	0.00431	0.00250	0.00139	0.00107	0.00062	0.02145
2.5 - 3	0.00004	0.00000	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00107	0.00476	0.00345	0.00222	0.00074	0.00070	0.00016	0.01317
3 - 3.5	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00033	0.00287	0.00094	0.00115	0.00041	0.00029	0.00025	0.00628
3.5 - 4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00012	0.00119	0.00086	0.00041	0.00021	0.00008	0.00008	0.00295
4 - 4.5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00008	0.00057	0.00021	0.00025	0.00000	0.00004	0.00008	0.00123
4.5 - 5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00021	0.00016	0.00000	0.00000	0.00008	0.00000	0.00045
5 - 5.5	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00008	0.00021	0.00012	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00049
5.5 - 6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00004	0.00004
6 - 6.5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00008
6.5 - 7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00004
Subtotal	0.02831	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08496	0.23149	0.09197	0.05337	0.03741	0.05025	0.04894	1.00000



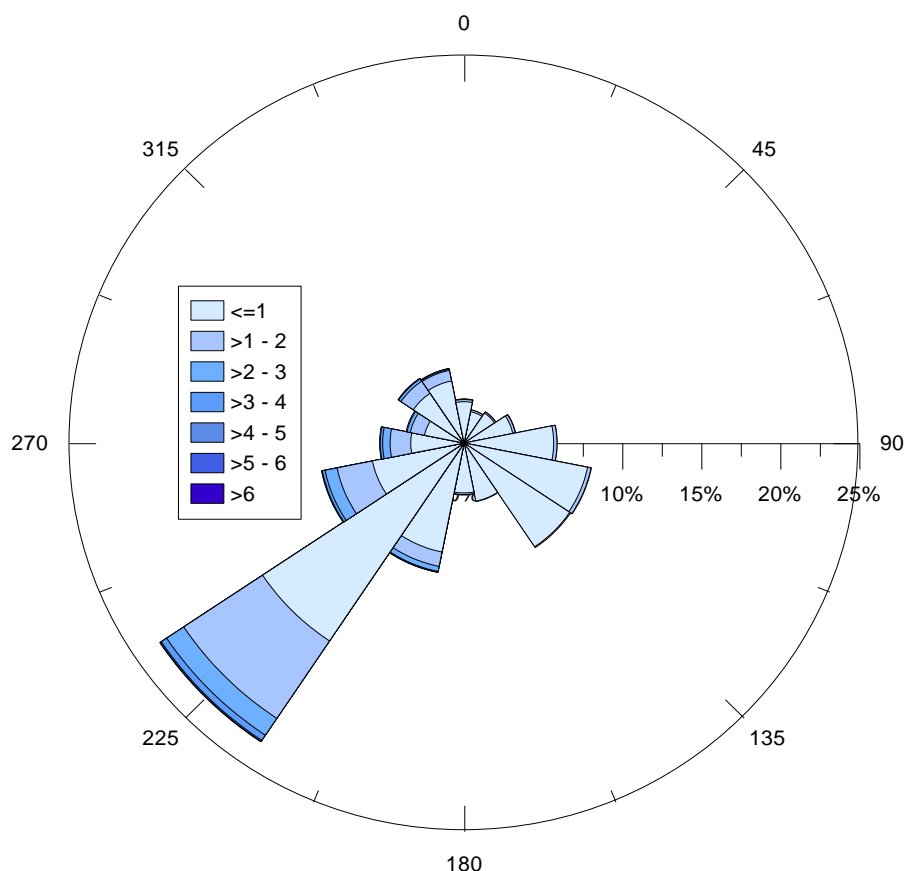


Imagen 2a. Rosa de oleaje de la altura de ola significativa,  $H_s$  (Nodo WANA2058030, en m)

## 4.2 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLAJE EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

### 4.2.1 Introducción

Para determinar el oleaje en las distintas zonas de estudio, particularizando así la información procedente de los puntos WANA en aguas profundas, se debe propagar la base de datos de oleaje (la serie completa) a pie de los emisarios.

La propagación de esta base de datos hasta una profundidad objetivo supone la propagación de todos y cada uno de los oleajes que la conforman hasta esa profundidad.

Para propagar toda la serie de datos se admite un modelo de propagación aproximado (asomeramiento + refracción), basado en la Ley de Snell sobre una batimetría recta y paralela. Esta batimetría queda definida por la alineación de la costa y la pendiente media de la misma.

Así, cada dato de la serie de datos es propagado hasta la profundidad objetivo por componentes con sus correspondientes periodos y direcciones. Una vez alcanzada la profundidad objetivo se reconstruye la altura de ola, seleccionando el periodo y la dirección de ésta.

Una vez determinada la dirección de la ola propagada hasta la profundidad objetivo, se descartan aquellas direcciones que quedan fuera del ángulo de afección de un tramo de costa. Este ángulo se ha tomado a partir del punto de máxima profundidad de un emisario (sobre los 30-35 metros) y trazando dos visuales de lado a lado, siendo tangentes a los salientes o elementos que interrumpan el paso del oleaje.

Finalmente se verifica si la altura de ola compuesta es mayor que la altura de ola de rotura, estimada como  $0.8h$ , donde  $h$  es la profundidad objetivo. De superarse esta altura, se modifica la altura compuesta haciéndola coincidir con  $0.8h$ .

#### ***4.2.2 Emisario submarino en Cala Savina***

Para la propagación de la serie de datos WANA se ha partido de los siguientes elementos de partida:

- Nodo WANA: 2058030
- Número de datos iniciales: 24377
- Profundidad objetivo: 30 m
- Ángulo de la normal a la costa respecto al norte:  $300^\circ$
- Angulo menor de afección de oleaje, respecto al norte:  $22.5^\circ$
- Angulo mayor de afección de oleaje, respecto al norte:  $270^\circ$

Los resultados se muestran a continuación en la siguiente rosa de oleaje, propagada a la profundidad objetivo (figura 2b)

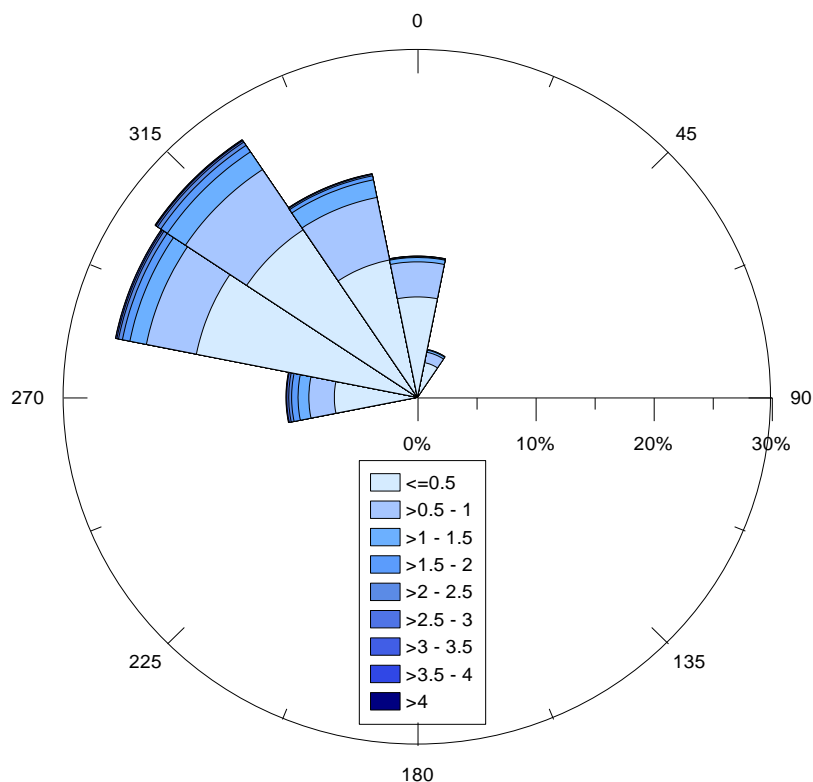


Imagen 2b. Rosa de oleaje de la altura de ola significativa,  $H_s$ .

### 4.3 RÉGIMEN MEDIO DEL CLIMA DE OLEAJE – AGUAS PROFUNDAS

#### 4.3.1 Altura de ola significativa

El régimen medio de cualquier variable ambiental relaciona los diversos niveles de la misma con la probabilidad de que dichos niveles no sean superados en un periodo de tiempo igual a un año medio.

Se han representado las funciones de distribución de altura de ola significativa  $H_s$  asociadas a las tablas de encuentros (Tablas 4 y 5). Se analizan las funciones correspondientes a la altura de ola escalar y a las direcciones de mayor contenido energético y frecuencia, es decir el oleaje procedente de los sectores SW y WSW.

La probabilidad de no-excedencia de una determinada altura de ola se obtiene como el cociente entre el número de observaciones que hay por debajo de ella y el total de observaciones de la dirección considerada. Por ello debe tenerse presente que las probabilidades deducidas directamente de un régimen direccional así elaborado son probabilidades condicionadas, que indican la probabilidad de no-excedencia para cada nivel de la variable, condicionada a que el oleaje tenga la dirección considerada. Por este motivo las probabilidades de excedencia obtenidas de cualquiera de dichas funciones de distribución direccionales condicionadas deben ser multiplicadas por la probabilidad de que el oleaje se presente en dicha dirección.



Las funciones de distribución así obtenidas se han ajustado por mínimos cuadrados a funciones de distribución tipo Asuntota III o Weibull biparamétricas ( $A=0$ ) y posteriormente representadas en papel probabilística Weibull. En la Figura 3 se muestran las gráficas correspondientes al oleaje compuesto escalar, y en la Figura 4, las funciones correspondientes a las direcciones SW y WSW.

Hs (m) \ Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Escalar
0.5	0.01825	0.01469	0.01850	0.02355	0.04000	0.06436	0.07286	0.03413	0.02691	0.04357	0.06777	0.02831	0.01670	0.01510	0.02621	0.02757	0.53846
1.0	0.02662	0.02059	0.02322	0.03138	0.05665	0.07967	0.08036	0.03815	0.03216	0.07158	0.15334	0.05911	0.03372	0.02556	0.03860	0.04078	0.81150
1.5	0.02794	0.02154	0.02404	0.03274	0.05866	0.08143	0.08077	0.03844	0.03298	0.07798	0.19297	0.07441	0.04164	0.03171	0.04492	0.04586	0.90803
2.0	0.02802	0.02178	0.02420	0.03298	0.05874	0.08192	0.08102	0.03848	0.03319	0.08102	0.21336	0.08192	0.04681	0.03466	0.04800	0.04771	0.95381
2.5	0.02818	0.02186	0.02424	0.03315	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08323	0.22160	0.08623	0.04931	0.03606	0.04906	0.04832	0.97526
3.0	0.02822	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08430	0.22636	0.08967	0.05152	0.03680	0.04976	0.04849	0.98843
3.5	0.02826	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08463	0.22923	0.09062	0.05267	0.03721	0.05005	0.04873	0.99471
4.0	0.02826	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08475	0.23042	0.09148	0.05308	0.03741	0.05013	0.04882	0.99766
4.5	0.02826	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08483	0.23100	0.09168	0.05333	0.03741	0.05017	0.04890	0.99889
5.0	0.02826	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08483	0.23120	0.09185	0.05333	0.03741	0.05025	0.04890	0.99934
5.5	0.02831	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08492	0.23141	0.09197	0.05337	0.03741	0.05025	0.04890	0.99984
6.0	0.02831	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08492	0.23141	0.09197	0.05337	0.03741	0.05025	0.04894	0.99988
6.5	0.02831	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08492	0.23149	0.09197	0.05337	0.03741	0.05025	0.04894	0.99996
7.0	0.02831	0.02186	0.02424	0.03319	0.05883	0.08217	0.08102	0.03848	0.03352	0.08496	0.23149	0.09197	0.05337	0.03741	0.05025	0.04894	1.00000

Tabla 3. Frecuencia acumulada de presentación de oleaje (Nodo WANA2058030)

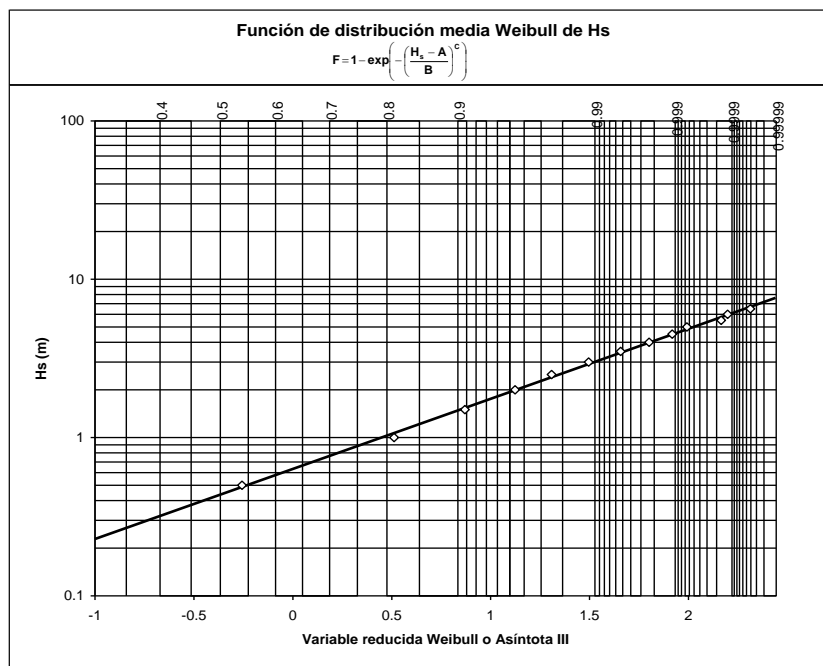


Imagen 3. Función de distribución media Weibull de la altura significativa escalar, Hs (Nodo WANA2058030)

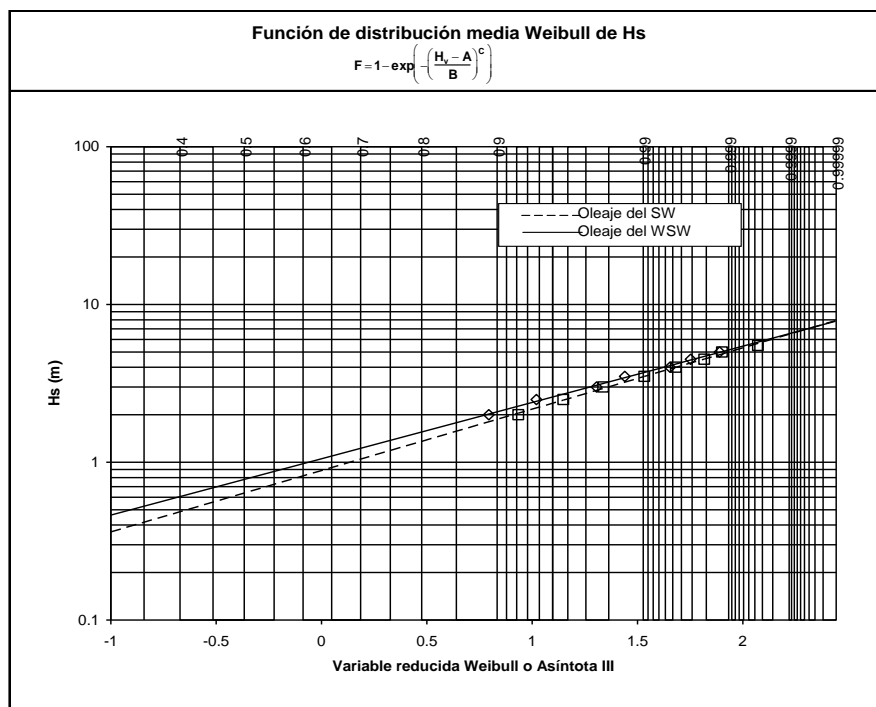


Imagen 4. Función de distribución media Weibull de la altura significativa direccionales, Hs (Nodo WANA2058030)

Los coeficientes de correlación  $r$ , así como los parámetros  $B$  y  $C$  obtenidos en los ajustes se detallan a continuación:

Oleaje total escalar	$r = 0.99909$	$B = 0.63370$	$C = 0.98060$
Oleaje total, dirección SW	$r = 0.99991$	$B = 0.88719$	$C = 1.11722$
Oleaje total, dirección WSW	$r = 0.99991$	$B = 1.05197$	$C = 1.21595$

#### 4.3.2 Período de oleaje

Las tablas de encuentros altura de ola-período de oleaje se establecen a partir del número de casos en los que, para un período o rango de períodos dado, la altura de ola significativa se mantiene dentro de un intervalo de valores establecido. Con este objeto se dispone en el eje de ordenadas la variable período con un incremento de 0,5 segundos y en el de abscisas las alturas de ola con incremento de medio metro. Así sumando los valores de la tabla por columnas se obtiene el número total de casos en el que el oleaje registrado tiene una altura dada y sumando por filas se tiene el número total de casos en el que el oleaje tiene un cierto período.

En la Tabla 6 se presenta la tabla de encuentros  $H_s$ - $T_p$  que presenta un total de 24377 valores registrados entre los años 1996 y 2004. La frecuencia de presentación del período de pico se puede observar en la Tabla 7. La función de distribución obtenida se ha ajustado a una función de distribución media Weibull (Figura 5), obteniéndose los siguientes parámetros:

Período pico escalar	$r = 0.99664$	$B = 5.42667$	$C = 2.65625$
----------------------	---------------	---------------	---------------

Tp (s)	Hs (m)														Total
	0-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5-5.5	5.5-6	6-6.5	6.5-7	
1-1.5	45														45
1.5-2	284														284
2-2.5	1503	4													1507
2.5-3	2946	161													3107
3-3.5	1329	573													1902
3.5-4	2565	1537	103	2											4207
4-4.5	1055	802	157	4											2018
4.5-5	989	713	237	23	2										1964
5-5.5	878	659	369	74	10	1									1991
5.5-6	744	713	340	199	27	1									2024
6-6.5	405	620	316	237	107	18	4								1707
6.5-7	221	437	318	191	140	91	25	2							1425
7-7.5	11	5	6	2											24
7.5-8	117	274	224	156	87	79	49	24	6	1	1				1018
8-8.5	26	122	173	121	65	49	21	23	10	4	1	1			616
8.5-9		1	1	3	2										7
9-9.5	6	29	77	61	44	45	27	14	5	3	8				319
9.5-10					1										1
10-10.5	2	5	29	33	29	21	18	5	7	2			1	1	153
10.5-11				2		1	1								4
11-11.5		1	3	8	9	13	5	4	2	1	2		1		49
11.5-12															0
12-12.5						2	3								5
<b>Total</b>	<b>13126</b>	<b>6656</b>	<b>2353</b>	<b>1116</b>	<b>523</b>	<b>321</b>	<b>153</b>	<b>72</b>	<b>30</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2437</b>

Tabla 4. Tabla de encuentros de período de pico – altura de ola significativa (Nodo WANA2058030)



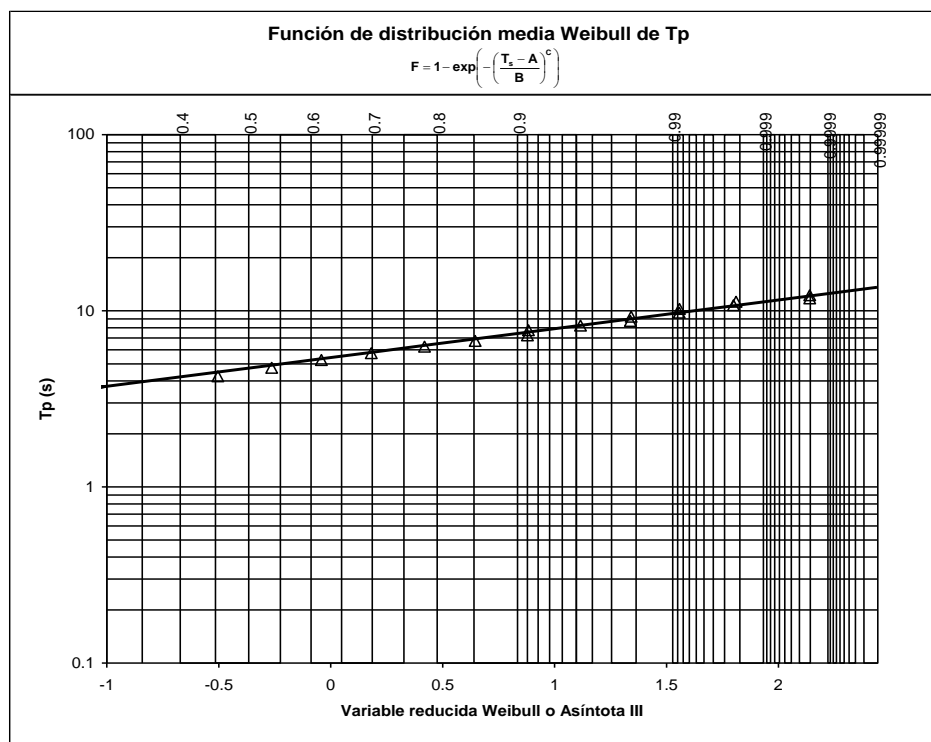


Imagen 5. Función de distribución media Weibull del período pico escalar, Tp (Nodo WANA2058030)

Tp(s)	F(Tp)
1.75	0.00185
2.25	0.01350
2.75	0.07532
3.25	0.20277
3.75	0.28080
4.25	0.45338
4.75	0.53616
5.25	0.61673
5.75	0.69840
6.25	0.78143
6.75	0.85146
7.25	0.90992
7.75	0.91090
8.25	0.95266
8.75	0.97793
9.25	0.97822
9.75	0.99130
10.25	0.99134
10.75	0.99762
11.25	0.99778
11.75	0.99979
12.25	0.99979



12.75	1.00000
1.75	0.00185

Para calcular la correlación entre la altura de ola visual  $H_s$  y el período  $T_p$  se ha calculado para cada intervalo de  $H_s$  el valor promedio de los diferentes  $T_p$  registrados. La función de correlación se obtiene interpolando por mínimos cuadrados a una función analítica tomando como pares de valores de interpolación el valor medio de un intervalo de alturas de ola y período asociado calculado como el promedio de todos los periodos registrados en dicho intervalo de alturas de ola.

En particular se estudian dos tipos de curvas:

- Lineal  $T_p = a H_s + b$
- Potencial  $T_p = a H_s^c + b$
- Exponencial  $T_p = a e^{c H_s} + b$

El ajuste lineal ofrece un coeficiente de correlación de  $r = 0,92454$  y unos parámetros:

- $a = 0.86330$
- $b = 4.39202$

Para el ajuste exponencial se ha variado el valor de “c” hasta conseguir un coeficiente de correlación máximo de valor  $r = 0,99808$  y como parámetros

- $a = -7.18002$
- $b = 9.86819$
- $c = -0.39$

Para el ajuste potencial también se ha variado el valor de “c” hasta conseguir un máximo coeficiente de correlación  $r = 0,99819$  para los parámetros:

- $a = 7.12499$
- $b = -1.87912$
- $c = 0,25$

Las gráficas de las funciones de correlación anteriores se muestran en las Figuras 6, 7 y 8.

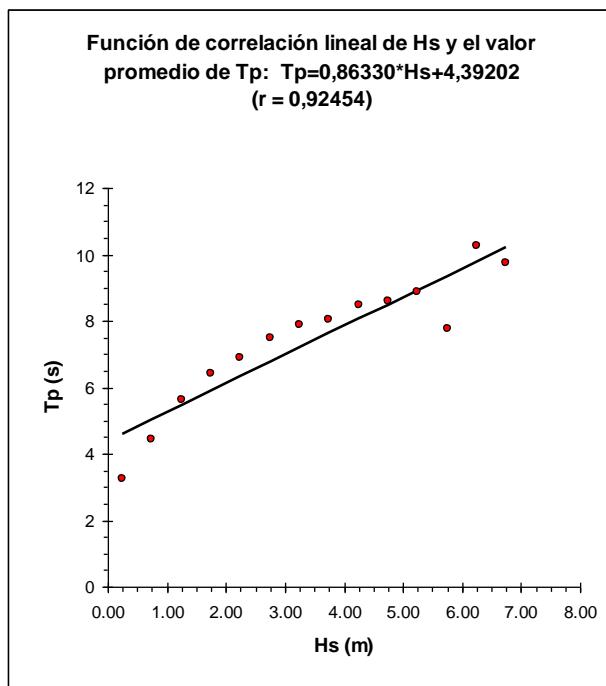


Imagen 6. Gráfica de la función de correlación lineal de Hs y Tp medio (Nodo WANA2058030)

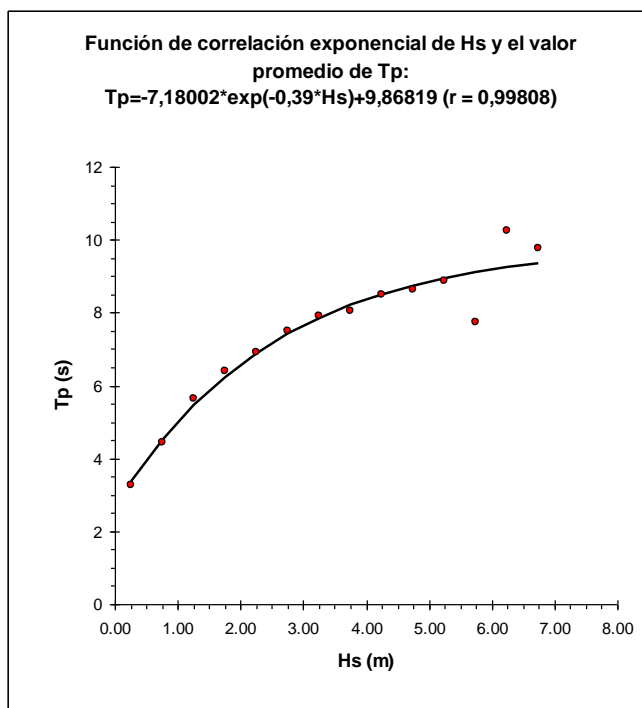


Imagen 7. Gráfica de la función de correlación exponencial de Hs y Tp medio (Nodo WANA2058030)

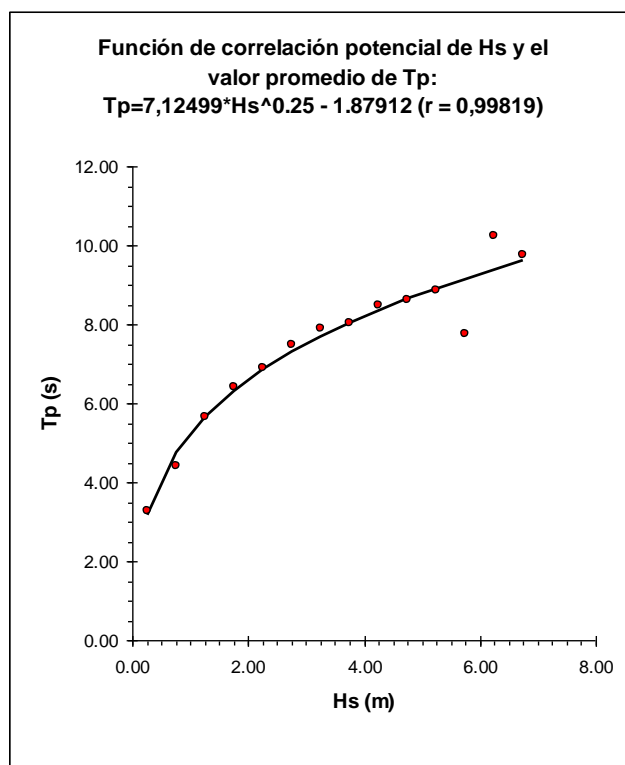


Imagen 8. Gráfica de la función de correlación potencial de Hs y Tp medio (Nodo WANA2058030)

## 4.4 RÉGIMEN MEDIO DEL CLIMA DE OLAJE – ZONAS DE ESTUDIO

### 4.4.1 Introducción

Siguiendo los pasos del apartado 4.4.1 de este estudio, se plantea el estudio del régimen medio del clima de oleaje en función de las distintas zonas de estudio de este proyecto.

Se debe indicar que dicho estudio se limita a la altura de ola significativa, dado que el período se mantiene constante a lo largo de la propagación del oleaje hasta las aguas de las zonas de estudio.

### 4.4.2 Altura de ola significativa – Cala Savina

Se han representado las funciones de distribución de altura de ola significativa Hs asociadas a las tablas de encuentros de oleaje ya propagado. Se analizan las funciones correspondientes a la altura de ola escalar y a las direcciones de mayor contenido energético y frecuencia, es decir el oleaje procedente de los sectores WNW y NW.

Las funciones de distribución así obtenidas se han ajustado por mínimos cuadrados a funciones de distribución tipo Asuntota III o Weibull biparamétricas ( $A=0$ ) y posteriormente representadas en papel probabilística Weibull. En la Figura 9 se muestran las gráficas correspondientes al oleaje compuesto escalar, y en la Figura 10 se muestran las funciones correspondientes a las direcciones WNW y NW.

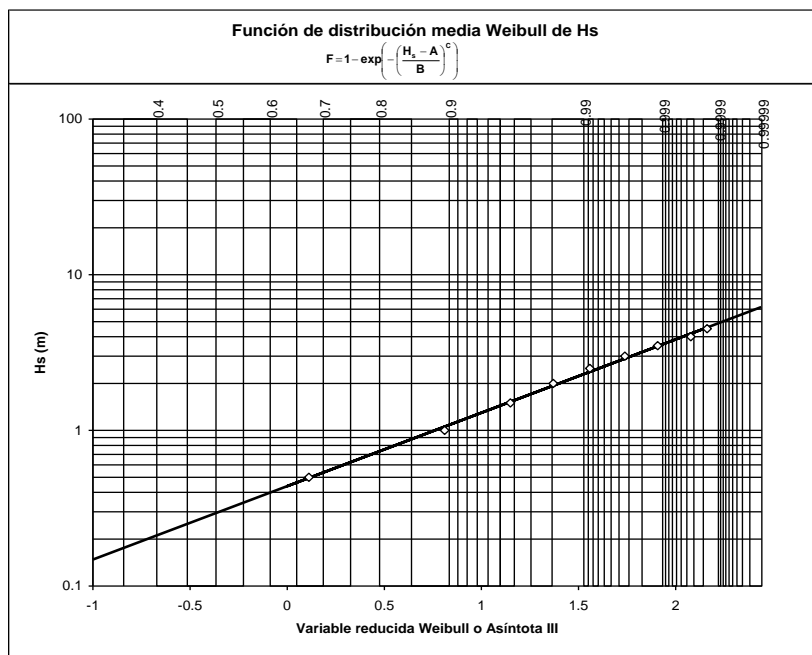


Imagen 9. Función de distribución media Weibull de la altura significativa escalar, Hs (Emisario en Cala Savina)

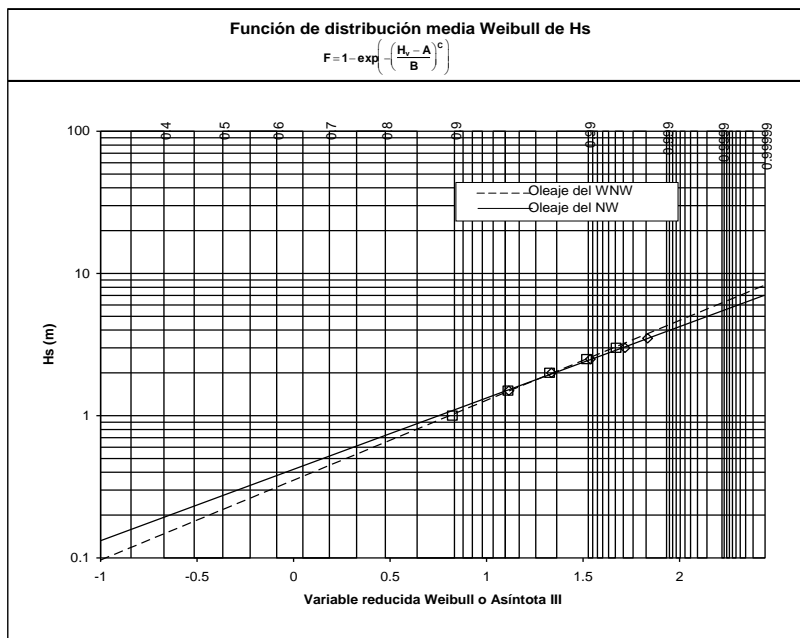


Imagen 10. Función de distribución media Weibull de la altura significativa direccionales, Hs (Emisario en Cala Savina)

Los coeficientes de correlación  $r$ , así como los parámetros  $B$  y  $C$  obtenidos en los ajustes se detallan a continuación:

Oleaje propagado escalar	$r = 0.99875$	$B = 0.43803$	$C = 0.92070$
Oleaje propagado , dirección WNW	$r = 0.99987$	$B = 0.35119$	$C = 0.77308$
Oleaje propagado , dirección NW	$r = 0.99995$	$B = 0.4917$	$C = 0.86552$

De estos datos se obtienen las tablas de altura de ola que no son excedidas cierto tanto por ciento durante un año medio (tablas 8, 9 y 10). En dichas tablas se ha marcado la altura de ola en la profundidad de propagación del caso estudiado en este apartado, correspondiente a un % de excedencia de 99.80, lo que indica que esa altura de ola solo se verá superada en un 0.2% de los casos en un año medio, dato más que suficiente para dimensionar los muertos de los emisarios.

Hs (m)	% de excedencia	Tp (s)
0.5	84.38%	4.0
1	94.30%	5.0
1.5	97.84%	5.9
2	99.16%	6.6
2.5	99.66%	7.2
<b>2.8</b>	<b>99.81%</b>	<b>7.5</b>

Tabla 5. Alturas significantes (Hs) de ola según un % de no excedencia en Cala Savina con su período pico asociado (Tp) según el régimen de clima medio.,

Hs (m)	% de excedencia	Tp (s)
0.5	96.61%	4.0
1	98.67%	5.0
1.5	99.42%	5.9
2	99.73%	6.6
<b>2.2</b>	<b>99.80%</b>	<b>6.8</b>

Tabla 6. Alturas significantes (Hs) de ola según un % de no excedencia en Cala Savina con su período pico asociado (Tp) según el régimen de clima medio, para el oleaje procedente del sector WNW.

Hs (m)	% de excedencia	Tp (s)
0.5	95.97%	4.0
1	98.45%	5.0
1.5	99.37%	5.9
2	99.73%	6.6
<b>2.2</b>	<b>99.81%</b>	<b>6.8</b>

Tabla 7. Alturas significantes (Hs) de ola según un % de no excedencia en Cala Savina, con su período pico asociado (Tp) según el régimen de clima medio,

Estos datos permitirán que se puedan obtener las velocidades y aceleraciones en los distintos puntos de estudio del emisario de Cala Savina.

## 5. DATOS PARA CALCULAR LOS ESFUERZOS EN LOS EMISARIOS

### 5.1 INTRODUCCIÓN

El cálculo de los esfuerzos sobre los emisarios submarinos que están colocados sobre el lecho marino que permitan dimensionar los muertos o anclajes pertinentes requieren evaluar las velocidades y aceleraciones en las profundidades donde se van a ubicar los emisarios submarinos o los tramos reparados de estos.

A continuación se muestra la metodología empleada para obtener dichas velocidades y aceleraciones, partiendo de la teoría lineal de ondas de Airy. La formulación empleada para la velocidad horizontal es la siguiente:

$$U_x = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh\left(\frac{2\pi(z+d)}{L}\right)}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \cdot \cos \theta \text{ en m/s}$$

donde:

H: Altura de ola (m)

g = 9.81 m/s<sup>2</sup> (aceleración de la gravedad)

T: Periodo pico asociado a la ola (s)

L: Longitud de onda asociado a la ola (m)

d: Calado (m)

z: Profundidad desde el nivel medio (m)

θ: Fase de la onda

Como se puede observar, la velocidad máxima es obtendrá para θ=2π.

La aceleración horizontal se define como:

$$A_x = \frac{g\pi H}{L} \frac{\cosh\left(\frac{2\pi(z+d)}{L}\right)}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \cdot \sin \theta \text{ en m/s}^2$$

En este caso, la aceleración es máxima para  $\theta=\pi/2$ . Como se puede observar, ambas variables se hallan desfasadas en  $\pi/2$ .

Estas formulaciones solo son válidas en lo que se denominan aguas intermedias, que vienen definidas como aquellas que son de transición entre aguas profundas y aguas someras. Se evalúa que estamos en aguas intermedias si se cumple que:

$$\frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$$

## 5.2 EMISARIO SUBMARINO EN CALA SAVINA

Para el caso de este emisario submarino, se ha propagado la ola que solo es superada un 0.2% de las veces según el régimen medio del oleaje a distintas profundidades (cada 5 metros) aplicando la misma metodología que se ha empleado en el apartado 4.5.

A continuación, se muestra la tabla de propagación de dos temporales (Tabla 11), procedentes de las direcciones más energéticas y de mayor frecuencia de todo el oleaje que afecta en un año medio la costa en estudio. Se dan los datos cada 5 metros de profundidad desde la inicial (obtenida en el apartado 4.5) hasta los 5 metros de profundidad.

Con estos datos se procede a evaluar las velocidades y aceleraciones máximas que existirán aproximadamente en el fondo marino (0.5 metros por encima de este), donde quedarán ubicados los emisarios submarinos (Tabla 12).

	Inicial	PROPAGACIÓN				
Rango profundidades (m)	30	25	20	15	10	5
Hs (m)	2.80	2.75	2.69	2.66	2.68	2.91
L (m)	85.69	83.79	80.43	74.76	65.40	49.38
Tp (s)	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
Sector	WNW					
Angulo (°)	292.50	292.67	292.96	293.46	294.28	295.69

	Inicial	PROPAGACIÓN				
Rango profundidades (m)	30	25	20	15	10	5
Hs (m)	2.80	2.75	2.69	2.65	2.67	2.88
L (m)	85.69	83.79	80.43	74.76	65.40	49.38
Tp (s)	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
Sector	NW					
Angulo (°)	315.00	314.66	314.06	313.05	311.39	308.58

Tabla 8. Propagación de dos temporales en dos direcciones distintas hasta la profundidad de 5 metros.





	d (m)	Hs (m)	Tp (s)	L (m)	z (m)	d/L	0.04<d/L<0.5	Ux max(m/s)	Ax max (m/s²)
<b>WNW</b>	<b>30</b>	2.80	7.50	85.69	-29.5	0.3501	AGUAS INTERMEDIAS	<b>0.2634</b>	<b>2.5562</b>
<b>WNW</b>	<b>25</b>	2.75	7.50	83.79	-24.5	0.2984	AGUAS INTERMEDIAS	<b>0.3622</b>	<b>3.5146</b>
<b>WNW</b>	<b>20</b>	2.69	7.50	80.43	-19.5	0.2487	AGUAS INTERMEDIAS	<b>0.4945</b>	<b>4.7987</b>
<b>WNW</b>	<b>15</b>	2.66	7.50	74.76	-14.5	0.2006	AGUAS INTERMEDIAS	<b>0.6875</b>	<b>6.6704</b>
<b>WNW</b>	<b>10</b>	2.68	7.50	65.40	-9.5	0.1529	AGUAS INTERMEDIAS	<b>1.0074</b>	<b>9.7721</b>
<b>WNW</b>	<b>5</b>	2.91	7.50	49.38	-4.5	0.1013	AGUAS INTERMEDIAS	<b>1.7963</b>	<b>17.4094</b>
<b>NW</b>	<b>30</b>	2.80	7.50	85.69	-29.5	0.3501	AGUAS INTERMEDIAS	<b>0.2634</b>	<b>2.5562</b>
<b>NW</b>	<b>25</b>	2.75	7.50	83.79	-24.5	0.2984	AGUAS INTERMEDIAS	<b>0.3622</b>	<b>3.5146</b>
<b>NW</b>	<b>20</b>	2.69	7.50	80.43	-19.5	0.2487	AGUAS INTERMEDIAS	<b>0.4945</b>	<b>4.7987</b>
<b>NW</b>	<b>15</b>	2.65	7.50	74.76	-14.5	0.2006	AGUAS INTERMEDIAS	<b>0.6849</b>	<b>6.6453</b>
<b>NW</b>	<b>10</b>	2.67	7.50	65.40	-9.5	0.1529	AGUAS INTERMEDIAS	<b>1.0037</b>	<b>9.7357</b>
<b>NW</b>	<b>5</b>	2.88	7.50	49.38	-4.5	0.1013	AGUAS INTERMEDIAS	<b>1.7778</b>	<b>17.2299</b>

Tabla 9. Velocidades y aceleraciones máximas en cada profundidad de propagación, medio metro por encima del lecho marino

## 6. PROFUNDIDAD DE CIERRE

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Aunque en el caso concreto del emisario de Formentera no tiene afección el cambio de perfil del fondo marino dado que es de naturaleza rocosa, se evalúa la profundidad teórica de cierre y se contrasta su evidencia con la filmación submarina realizada. Se define la profundidad de cierre como aquella profundidad en la cual los movimientos transversales del sedimento debidos al oleaje son prácticamente nulos. Hallermeier (1978) propone la siguiente expresión:

$$h^* = 1.75 H_{s12} - 57.9 \left( \frac{H_{s12}^2}{g T_{2s}} \right)$$

donde:

$h^*$  = profundidad de cierre (m)

$H_{s12}$  = altura de ola significativa superada en 12 horas al año (m)

$T_s$  = periodo significativo asociado (s)

Esta profundidad nos permite determinar a partir de qué profundidad podemos asegurar que el lecho marino es estable en fondos arenosos y no va a sufrir variaciones por culpa del clima marítimo de la zona.

### 6.2 CÁLCULO TEÓRICO DE LA PROFUNDIDAD DE CIERRE

Se ha partido de la serie completa de datos WANA del punto WANA2058030. Un total de 24377 datos forman el archivo que contiene además de la fecha y hora de predicción, la altura de ola significativa espectral, el periodo de pico espectral, la dirección media de procedencia del oleaje, la velocidad media del viento y la dirección media del viento.

De la serie de datos WANA proporcionados por Puertos del Estado, se han tomado dichos datos anualmente. También se han determinado el número de datos de salida del modelo WAM anualmente, porque existen series anuales con vacíos temporales. Una vez limpiadas dichas series, se han ordenado por altura de ola decreciente. Determinando la cantidad de datos tomados cada año respecto al total de horas anuales reales, se obtiene qué tanto por ciento de datos corresponden a la altura de ola superada en 12 horas al año. En resumen se muestran las siguientes tablas de resultados (tablas 13 y 14).

Con la serie ordenada por altura de ola decreciente por años, se toma el tanto por ciento de representación de 12 horas anuales respecto al total anual. De este modo, si se multiplica dicho tanto por ciento por el número de datos, podemos determinar en que posición de la serie ordenada por altura de ola decreciente se halla  $H_{s12}$ . Con ese

dato, nos remitimos a las series anuales y determinamos que Hs aparece en la serie en dicha posición. En casi todos los años, se ha de tomar la posición 4, excepto en el 2001 y el 2004 (la 3). En la serie completa se toma la posición 38 de la serie ordenada por altura decrecientes. El periodo pico asociado a Hs12, es decir, Tp12, se determina mediante la correlación con una ecuación potencial de la altura de ola Hs y el Tp (capítulo anterior de este documento). Con estos datos ya se puede aplicar la formulación de Hallermeier (1978).

Con las  $h^*$  calculadas para cada año, podemos realizar una media anual, cuyo valor es de 6.10 metros. El valor de  $h^*$  de la playa a estudiar lo tomaremos del estudio de la serie completa de datos, obteniéndose una profundidad de corte de 5.97 m.

### 6.3 EVIDENCIA DE LA PROFUNDIDAD DE CIERRE SOBRE EL LECHO MARINO EN LA UBICACIÓN DEL EMISARIO ACTUAL

Para la redacción del presente proyecto se ha efectuado una filmación marina con objeto de observar el estado actual que presenta todo el recorrido del emisario. Con esta filmación se ha podido evidenciar cual es el efecto de la energía del oleaje sobre el fondo marino.

Se ha analizado con detalle el transecto desde la cota -6 m (inicio de la profundidad de cierre teórica) hasta la cota 0. En ella se observa como a la cota -6 el efecto del oleaje no tiene incidencia ni sobre el lecho marino ni sobre la propia alineación donde se ubica el emisario. Esta situación se mantiene hasta la cota -3.8 m, en donde se empieza a notar el efecto del oleaje sobre el fondo marino. Como se observa en la imagen nº16 que se muestra a continuación, a partir de esta cota se observa una reducción de la densidad poblacional de algas fotófilas en el fondo y completa inexistencia de ellas sobre la vertical donde se ubica el emisario enterrado. Por lo que respecta al ámbito concreto donde se ubica el emisario el efecto del oleaje desde la cota -3.8 hasta la cota 0<sup>1</sup>, a parte de la falta de presencia de biocenosis se observa como en algunas zonas más que otras el material de relleno que protege al emisario ha desaparecido, quedando al descubierto la zanja que se ejecutó en su día para albergar el emisario. Desde la parte terrestre, correspondiendo con la cota 0 comentada, se observa como el emisario queda enterrado y protegido con hormigón. Esta protección de hormigón que se observa en las últimas fotografías que se presentan en este apartado, alcanza el ámbito marino, con una longitud aproximada de unos 20 metros desde la orilla y alcanzando una profundidad de 1 metro.

Los efectos que tiene la energía del oleaje en la zona de rompientes sobre la instalación actual son:

---

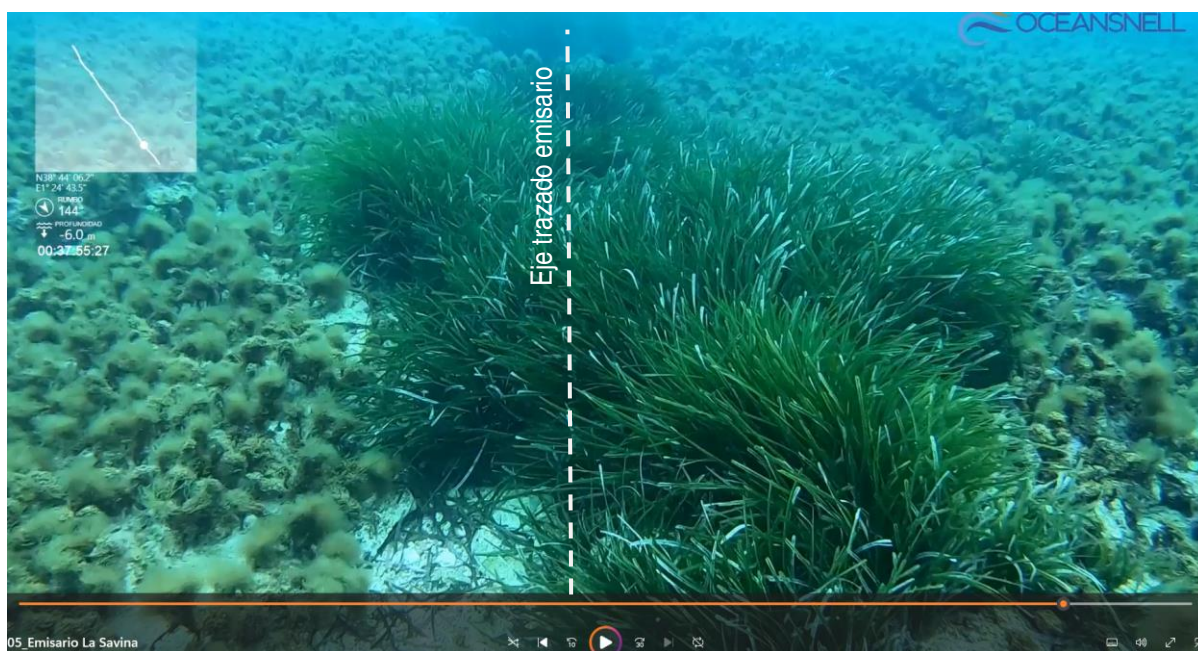
<sup>1</sup> La filmación marina alcanza la cota -2.3 m.

- Falta de presencia de biocenosis.
- Afloramiento de los laterales de la zanja que se ejecutó en su día para albergar el emisario por pérdida de material de relleno.

Por tanto, se podría concluir que si bien la profundidad teórica de cierre es la cota -5.97 m, el efecto de la energía del oleaje no tiene efecto real hasta la cota -3.8 m. Esto es debido básicamente a la naturaleza del fondo rocoso que presenta la costa en todo el ámbito estudiado. El efecto del oleaje se evidencia de la siguiente forma:

- En el fondo marino (a modo genérico): Falta de presencia de biocenosis. Bajas densidades poblacionales de algas fotófilas.
- En la zona concreta donde se ubica el emisario: Falta completa de biocenosis. Perdida de material de relleno que se empleó para dejar enterrado el emisario.

A continuación, se muestran fotogramas de la filmación que pretenden justificar el análisis expuesto:



*Imagen 11 Prof = 6m. Presencia de matas de posidonia oceanica sobre la vertical del emisario y alta densidad poblacional de algas fotófilas en el entorno. Evidencia la falta de energía del oleaje para generar efectos visibles sobre el fondo marino.*



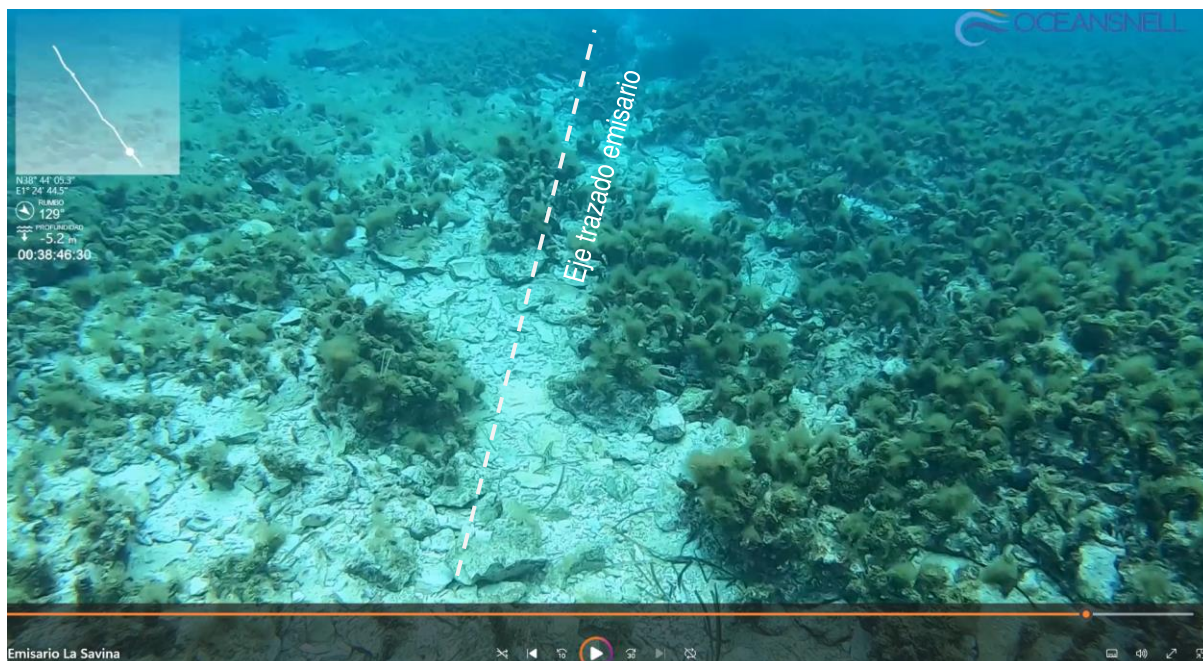


Imagen 12 Prof = 5.2m. Presencia constante de algas fotófilas sobre la traza donde se ubica el emisario y alta densidad poblacional en el entorno. Evidencia la falta de energía del oleaje para generar efectos visibles sobre el fondo marino.

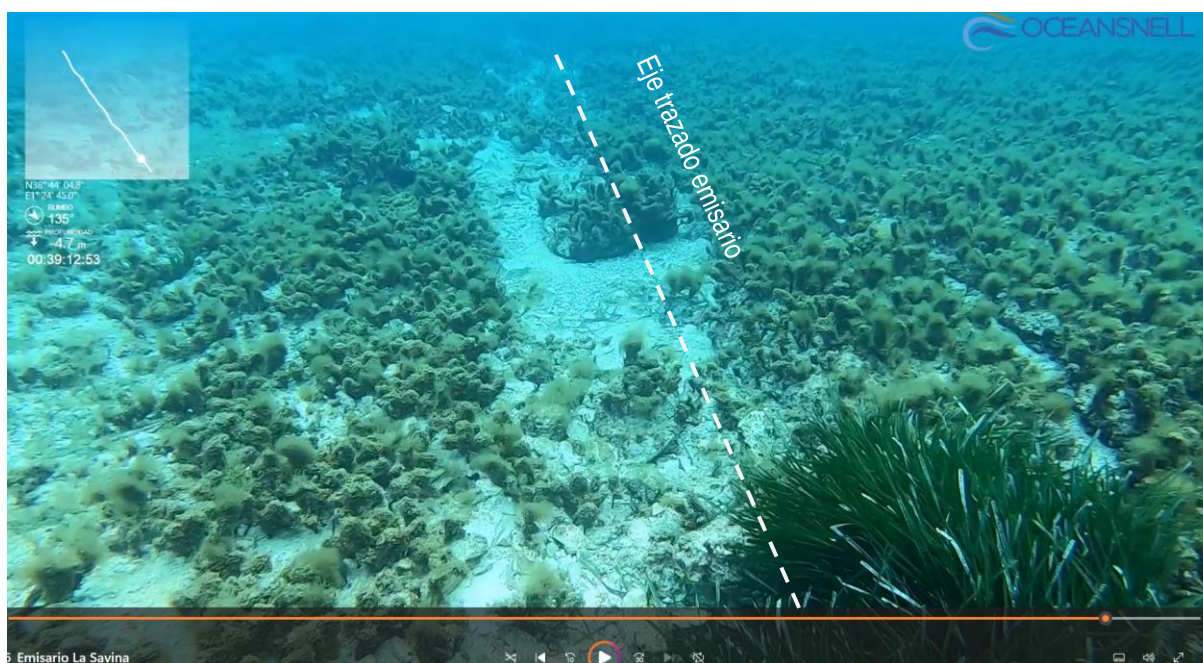


Imagen 13 Prof = 4.7m. Presencia constante de algas fotófilas y matas de posidonia oceanica sobre la traza donde se ubica el emisario y alta densidad poblacional de algas en el entorno. Evidencia la falta de energía del oleaje para generar efectos visibles sobre el fondo marino.





Imagen 14 Prof = 4.5m. Presencia constante de algas fotófilas y matas de posidonia oceanica sobre la traza donde se ubica el emisario y alta densidad poblacional de algas y dispersión de matas de posidonia en el entorno. Evidencia la falta de energía del oleaje para generar efectos visibles sobre el fondo marino.

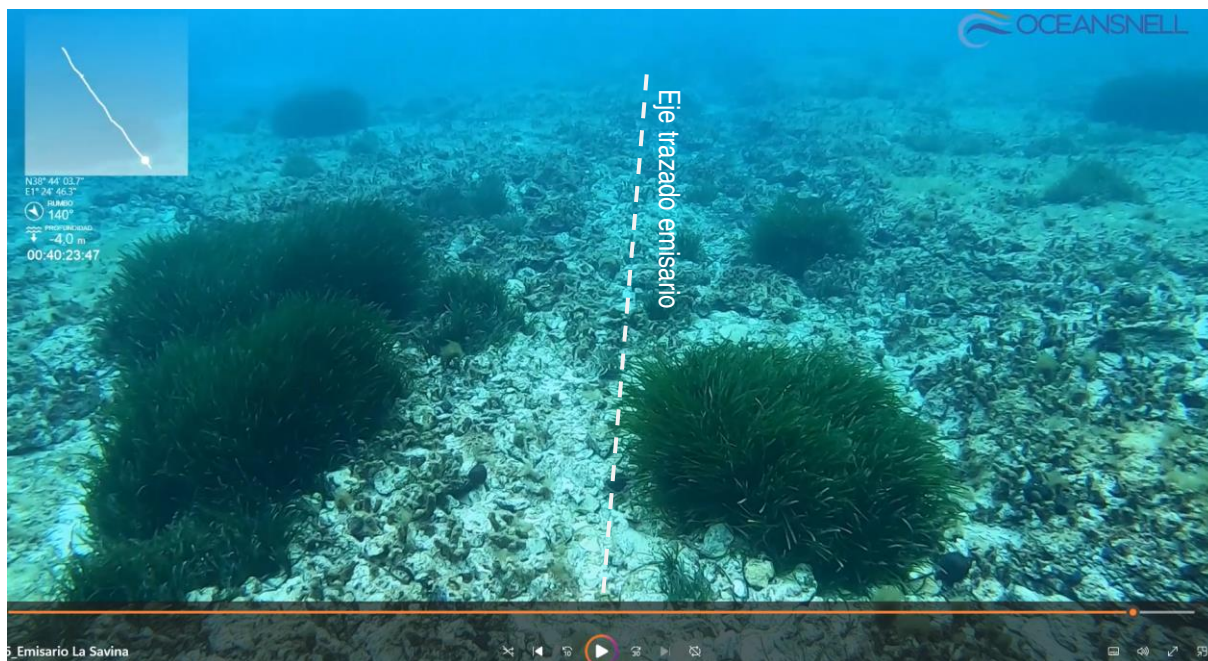


Imagen 15 Prof = 4.0m. Presencia constante de algas fotófilas y matas de posidonia oceanica sobre la traza donde se ubica el emisario y alta densidad poblacional de algas y dispersión de matas de posidonia en el entorno. Evidencia la falta de energía del oleaje para generar efectos visibles sobre el fondo marino.



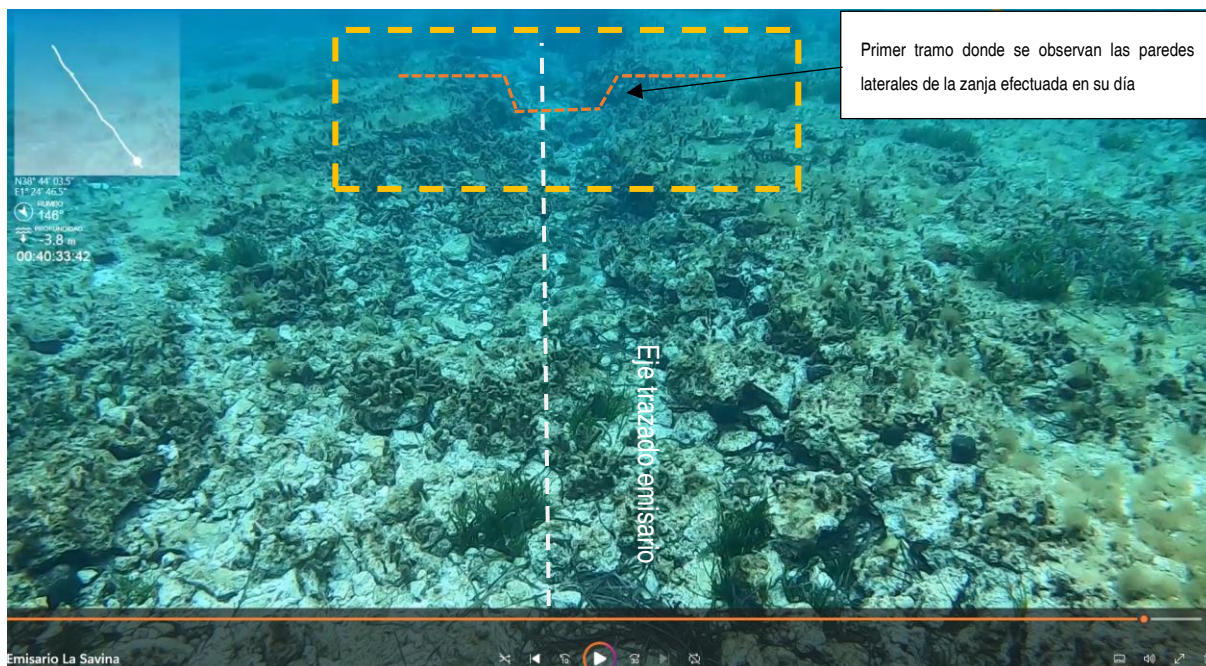


Imagen 16 Prof = 3.8 m. Reducción de la biocenosis presente sobre la vertical donde se ubica el emisario. Identificación de áridos empleados en el relleno de la zanja. Reducción de la densidad de algas fotófilas y presencia esporádica de matas de posidonia en el entorno.

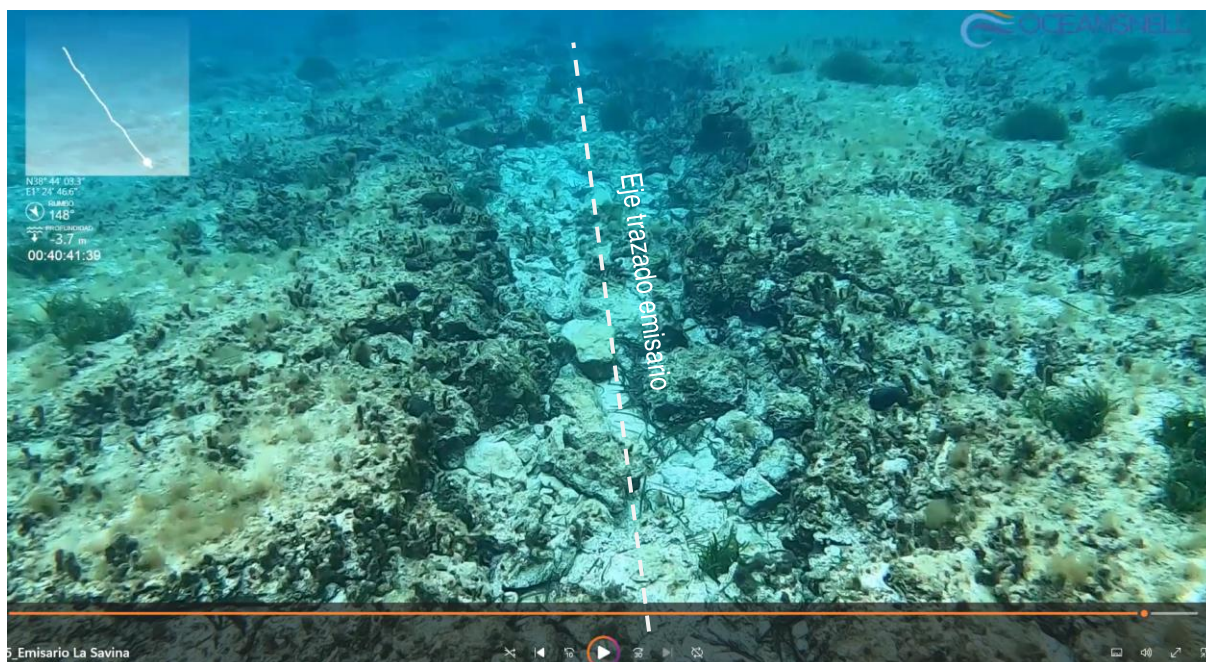
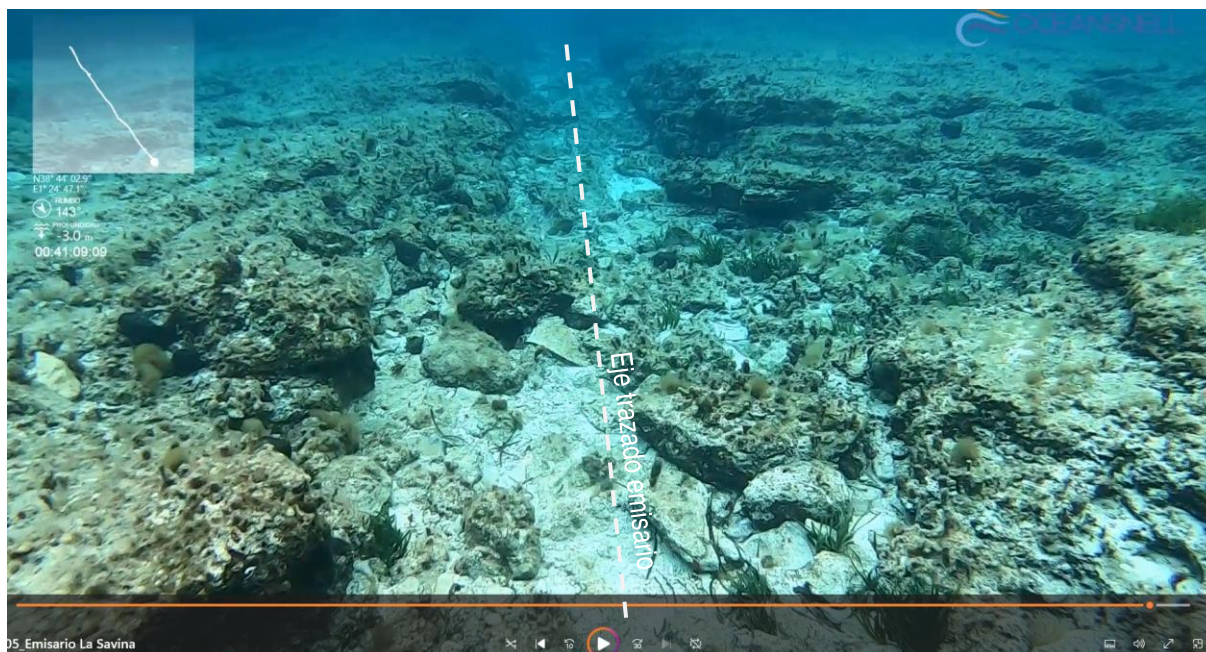
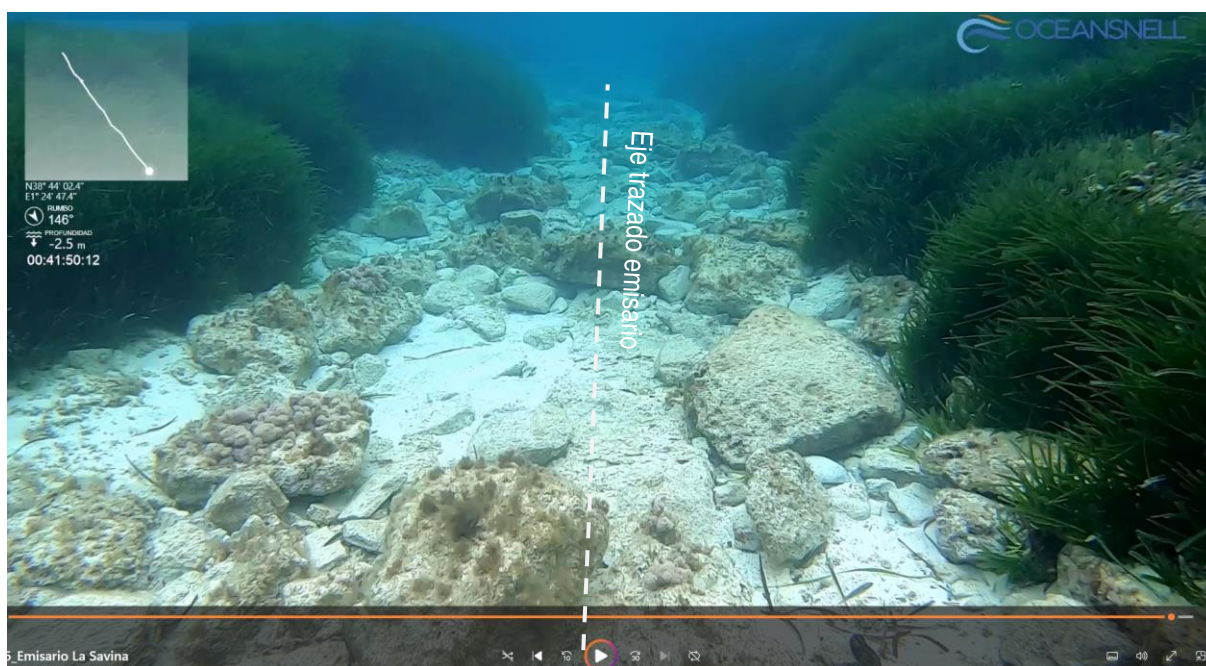


Imagen 17 Prof = 3.7 m. Sin presencia de biocenosis sobre la vertical donde se ubica el emisario. Se observan las paredes laterales de la zanja realizada en su día para albergar el actual emisario. Reducción de la densidad de algas fotófilas y presencia esporádica de matas de posidonia en el entorno. El estado que presenta el ámbito exacto del emisario evidencia que la energía procedente del oleaje sí tiene afección sobre el fondo marino, generando arrastres y desplazamientos en el material granular fino. Estos arrastres solo se observan en el ámbito de la zanja ejecutada, en el resto, dada la naturaleza rocosa, no hay desplazamiento de material ni cambios de perfil.





*Imagen 18 Prof = 3.0 m. Mínima presencia de biocenosis sobre la vertical donde se ubica el emisario. Se observan las paredes laterales de la zanja realizada en su día para albergar el actual emisario. Reducción de la densidad de algas fotófilas y presencia esporádica de matas de posidonia en el entorno. El estado que presenta el ámbito exacto del emisario evidencia que la energía procedente del oleaje sí tiene afección sobre el fondo marino, generando arrastres y desplazamientos en el material granular fino. Estos arrastres solo se observan en el ámbito de la zanja ejecutada, en el resto, dada la naturaleza rocosa, no hay desplazamiento de material ni cambios de perfil.*



*Imagen 19 Prof = 2.5 m. Inexistencia de biocenosis en el ámbito de la zanja que alberga el actual emisario. Alta densidad de matas de posidonia oceanica. No se identifican los laterales de la zanja ya que han sido invadidos por las matas de posidonia. Esto significa que existe poco arrastre de materiales. Se observa estabilidad.*





*Imagen 20 Prof = 2.0 m. Inexistencia de biocenosis en el ámbito de la zanja que alberga el actual emisario. Alta densidad de matas de posidonia oceanica. Sí se identifican los laterales de la zanja . Se observa el fondo rocoso den entorno*



*Imagen 21 Prof = 0 m. Transición entre tramo terrestre y tramo marino del emisario actual. Se observa la protección de hormigón y el entorno completamente de naturaleza rocosa.*

	SERIES ANUALES									SERIE COMPLETA DE DATOS
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
MESES DE DATOS/ TOTALES	2823	2920	2920	2917	2821	2539	2740	2712	1985	24377
ENERO	143	248	248	248	248	219	248	244	113	1959
FEBRERO	232	224	224	224	232	220	216	216	167	1955
MARZO	248	248	248	248	248	248	240	232	244	2204
ABRIL	240	240	240	240	240	212	236	240	204	2092
MAYO	248	248	248	248	248	244	245	216	240	2185
JUNIO	240	240	240	240	240	184	191	184	220	1979
JULIO	248	248	248	248	232	61	240	244	236	2005
AGOSTO	248	248	248	248	232	203	240	228	197	2092
SEPTIEMBRE	240	240	240	240	240	228	220	184	187	2019
OCTUBRE	248	248	248	248	208	248	200	248	177	2073
NOVIEMBRE	240	240	240	240	220	228	220	236	0	1864
DICIEMBRE	248	248	248	245	233	244	244	240	0	1950

Tabla 10. Estudio de la serie de datos del nodo WANA año por año y la serie completa, determinando número de datos registrados y las zonas sin datos.



Años de datos:	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	S.COMPLETA
Días totales anuales:	366	365	365	365	366	365	365	365	366	2557
Horas totales anuales:	8784	8760	8760	8760	8784	8760	8760	8760	8784	61368
% representación 12 h	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.16%
Posición $H_{s12}$ en serie:	3.86	4.00	4.00	4.00	3.85	3.48	3.75	3.72	2.71	38.13
$H_{s12}$ correspondiente (m):	4.5	4.9	3.3	3.7	5.1	4.6	4.4	5.2	4	4.3
$T_{p12}$ asociado a $H_{s12}$ (s):	8.5	8.7	7.7	8.0	8.8	8.6	8.4	8.9	8.2	8.4
$h^*$ calculada (m):	6.22	6.71	4.70	5.21	6.96	6.34	6.10	7.08	5.59	<b>5.97</b>

Tabla 11. Estudio de la serie de datos año por año, determinando número de datos registrados.

## 7. TRANSPORTE POTENCIAL EN LA ZONA DE ESTUDIO

### 7.1 METODOLOGÍA

Introducir la comprobación del transporte potencial en la zona de estudio responde a dar cumplimiento al punto a) del artículo 93 del Reglamento de Costas. En este apartado se hace dicha comprobación y se analiza el significado del resultado obtenido y se evalúa que afección real tiene en el caso concreto del presente proyecto.

Es muy importante recalcar que el cálculo de transporte de material que se presenta en este apartado es teórico y potencial, es decir, la máxima capacidad de transporte de material en caso de que el fondo marino sea arenoso. La comprobación que se realiza en este apartado no significa que realmente se produzca el transporte de material, su significado se debe interpretar como la capacidad teórica de transporte en el ámbito de estudio y poder tener información de cómo se comportaría el material arenoso en caso de que existiese.

El ámbito de estudio está formado en su totalidad por un fondo rocoso cuyo perfil no se ve afectado por el transporte de sedimentos.

Con la serie de datos WANA propagada hasta el punto de rotura es posible obtener una estimación del transporte potencial de sedimentos.

Para ello se hace uso de dos de las formulaciones más empleadas en la literatura, la del CERC y la de Kamphuis:

*CERC*

$$\text{Transporte} = K1 * (1./8. * 1025 * 9.81 * H_s^2) * c_g * \sin(\theta) * \cos(\theta)$$

con

$$c_g = 0.5 * (1 + 2. * w_n * h_b / \sinh(2. * w_n * h_b)) * 2. * \pi / w_n / T_p$$

donde:

$\theta$ : ángulo formado por la onda con la normal a la línea de costa

$w_n$ : número de onda

$h_b$ : profundidad de rotura

Kamphuis

$$\text{Transporte} = K2 H_s^2 * T_p^{1.5} * \text{slope}^{0.75} * D50^{-.25} * (\sin(\text{abs}(2. * \theta)))^{0.6}$$

donde:

slope = pendiente media del perfil de playa.

Los valores K1 y K2 son factores de calibrado. En este caso se han empleado los

valores propuestos por Schoones and Theron (1994,1996):

K1=1355

K2=71293

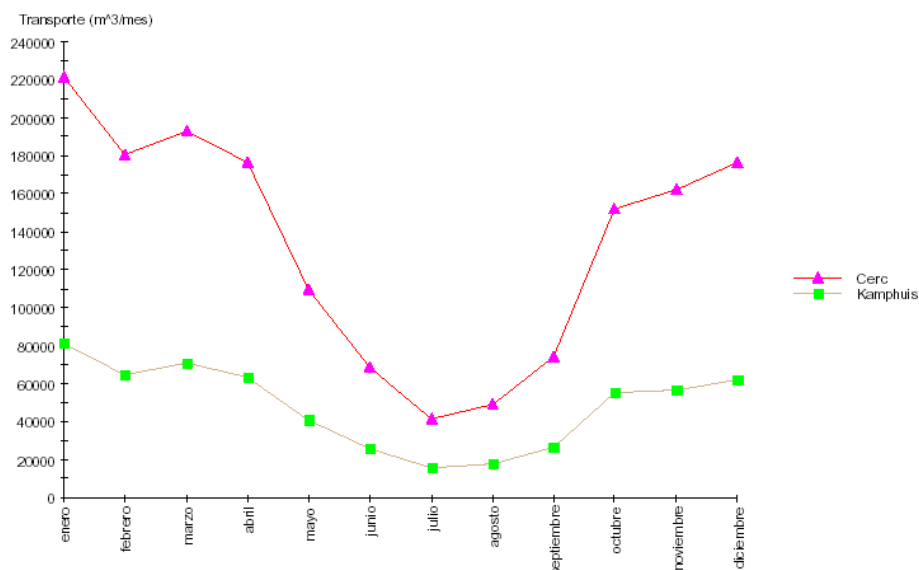
Las formulaciones anteriores se aplican a cada estado de mar definido en los datos propagados hasta el punto de rotura, pudiéndose calcular el transporte bruto (sin atender a su sentido) y el neto (integrándolo por sentidos).

A continuación se muestran los datos obtenidos de dichos cálculos, realizados mediante el modulo ODIN, del Sistema de Modela Costero (SMC) desarrollado por la Universidad de Cantabria para el Ministerio de Medio Ambiente.

## 7.2 CALA SAVINA

La figura 22 muestra el cálculo del transporte medio mensual bruto de la zona de estudio en Cala Savina y en la figura 23 se muestra el transporte medio mensual neto. En ambos casos el transporte se considera positivo de derecha a izquierda, según la orientación de la costa tomada.

Transporte medio mensual bruto

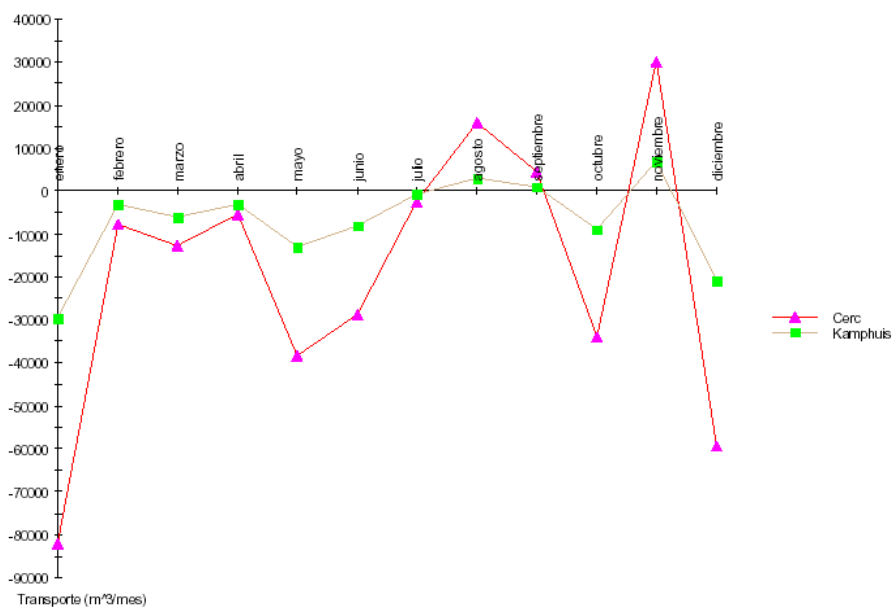


Coordenadas: (Lon: 1°22'12", Lat: 38°43'34" - Área: IX)

Orientación de la playa: 210°

Imagen 22. Transporte potencial medio mensual bruto del tramo de costa de estudio de Cala Savina.

Transporte medio mensual neto



Transporte neto medio anual

Coordenadas: (Lon: 1°22'12", Lat: 38°43'34" - Área: IX)

Orientación de la playa: 210°

Cerc: -220256.64 m³/año  
Kamphuis: -83139.10 m³/año

Imagen 23. Transporte potencial medio mensual neto del tramo de costa de estudio de Cala Savina.

Como se puede observar en la gráfica, en el perfil de playa existe una erosión ya que la mayoría del transporte es negativo, es decir se quita material de la costa.

## 8. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS

### 8.1 PROCEDENCIA DE MATERIALES

#### *8.1.1 Canteras y yacimientos<sup>2</sup>*

Debida a la falta de canteras en las proximidades del emisario de Formentera, se emplearán canteras ubicadas en Ibiza para la extracción de áridos.

La extracción de áridos en dicha isla se realiza en los materiales rocosos calcáreos del Mioceno inferior y Jurásico inferior-medio mediante explotaciones a cielo abierto.

Los depósitos rocosos de edad Terciaria están constituidos por calizas blancas, algo amarillentas en capas de 0,8-1 m de potencia y subhorizontales.

En los yacimientos de edad Jurásico se explotan las calizas, calizas dolomíticas y dolomías que se presentan en capas de 0,80 a 1 m de potencia, generalmente con buzamientos que no sobrepasan los 20º y con una fisuración importante, se explotan en las laderas de los cerros con buenos frentes y sin problemas de desmonte pues el recubrimiento suele ser delgado. Actualmente se encuentran sobre este tramo casi todas las explotaciones de calizas para áridos de la isla de Ibiza.

A continuación se incluye un inventario de las canteras existentes (actualmente activas) en Ibiza, así como de sus características. Ver también las fichas de canteras correspondientes a cada una de ellas en el anexo.

*Ca'n Orbay II.*

*Ctra PM-803. Ibiza- San José. Desvío en P.K. 4+300*

Coordenadas UTM: (357.000, 4.305.200)

Nº Explotaciones: 1

Material explotado: Calizas y dolomías del Lías-Dogger (Jurásico)

*Canal d'en Capità.*

*Ctra. C-731 Ibiza-San Antonio. Desvío en P.K. 2+000*

---

<sup>2</sup> Extraído del Mapa de Rocas Industriales escala 1: 200.000 del ITGE, 1975





Coordenadas UTM: (361.400, 4.309.900)

Nº Explotaciones: 1

Material explotado: Calizas y dolomías del Lías-Dogger (Jurásico)

*Ca'n Chumeu.*

*Ctra PM-803. Ibiza- San José. Desvío en P.K. 1+500*

Coordenadas UTM: (359.600, 4.308.800)

Nº Explotaciones: 1

Material explotado: Calizas y dolomías del Lías-Dogger (Jurásico)

*Hermanos Parrot.*

*Nuestra Señora de Jesús.*

Coordenadas UTM: (367.600, 4.310.900)

Nº Explotaciones: 1

Material explotado: Calizas y dolomías del Lías-Dogger (Jurásico)

Si es necesario la aportación de áridos o si los procedentes de canteras no son válidos también se han añadido posibles puntos de prestamos o yacimientos granulares (ver fichas en las figuras 7 a 11 del apéndice 4).

Debido a que por la legislación medio ambiental es extremadamente dificultosa la apertura de nuevas explotaciones, se han estudiado canteras inactivas cercanas.

De todas ellas destacan dos: una cantera inactiva en la zona septentrional del Puig de Na Parentona, que explotaba las dolomías y calizas del Triásico, y un yacimiento de arenas del cuaternario, en las cercanías de Es Puig.

## 9. INTRODUCCIÓN

A efectos de analizar las corrientes existentes en la actualidad en la zona de interés para el estudio del efecto del emisario submarino en Formentera (Isla de Formentera), se ha realizado su simulación mediante el contrastado modelo matemático MIKE 21, desarrollado por el Danish Hydraulic Institute de Dinamarca.

Las simulaciones realizadas han utilizado los datos de batimetrías de cartas náuticas a la escala adecuada y datos de campo para la calibración de las corrientes mediante correntímetro portátil y experiencias con biplanos. (Ver Anexo I. Datos de campo).

En el área del mar Balear rige la corriente general del Mediterráneo en dirección sur-oeste, que se encuentra con la procedente del estrecho al sur del cabo de la Nao, tomando conjuntamente la dirección este al sur de las Baleares.

Pero la influencia de todas estas corrientes se puede considerar nula, dado que su velocidad en superficie no supera normalmente un nudo, y que, además, su dirección y velocidad superficiales cambian de acuerdo con el viento que rige en cada momento.

Por tanto, las corrientes en Baleares no tienen una predominancia definida, tal como puede ocurrir en el levante español, sino que dependiendo de la isla y de la fachada de dicha isla las corrientes predominan en un sentido o en otro. En el caso concreto de la zona de Mallorca, existe, por una parte una corriente en sentido noroeste – sureste entre las islas de Ibiza y Mallorca, al tiempo que también se detectan corrientes con trayectorias en forma de remolino, es decir, pueden darse en cualquier dirección.

Dado que no existe una clara predominancia se ha simulado en modelo numérico en condiciones normales de flujo.

Por otra parte, para las simulaciones numéricas es de gran importancia que las corrientes del modelo tengan características semejantes a la realidad, por lo cual el modelo debe ser calibrado de forma que las velocidades que en este se obtengan tengan magnitudes semejantes a las que en la naturaleza se hayan medido.

En nuestro caso, con motivo del “Estudio de regularización de los emisarios de Ibiza”, en Noviembre de 2004, se ha realizado una campaña de campo de medida de corrientes con biplanos en la que se registraron corrientes en dirección NE-SO, con valores de velocidad medios comprendidos entre 5 y 12 cm/sgs.

Las características de las simulaciones han sido:

- Número de nodos: 190 x 140
- Tamaño de malla: 35 x 35 m
- Time step: 15 sgs.
- Duración de la simulación 72 horas

El modelo calcula elevaciones y flujos en dos direcciones en cada paso de tiempo y en cada punto del modelo.

La batimetría empleada en el modelo se representa en la fig. 1.1.

En los Planos 1 a 6, se representa, en dos momentos de la simulación, el estado de las corrientes.

## 10. SIMULACIONES REALIZADAS

Las simulaciones hidrodinámicas planteadas, corresponden a la selección de tres situaciones meteorológicas distintas, con vientos en calma y dos situaciones de los vientos predominantes y representativos en cada zona de estudio de acuerdo con las rosas de vientos del Instituto Nacional de Meteorología. Sólo se han simulado vientos que fuercen a las corrientes a dirigirse a costa, es decir, no se han considerado vientos que soplen desde tierra.

Con respecto a la marea, su efecto en la zona de estudio se considera muy pequeño, con lo que se ha incorporado como *input* al modelo una marea de tipo sinusoidal de periodo 45000 segundos, con un rango máximo de marea de unos 0.3 m.

Descripción	Viento	Simulación
Formentera (Formentera)	Calma	A
Formentera (Formentera)	O 6 m/s	B
Formentera (Formentera)	SO 6 m/s	C

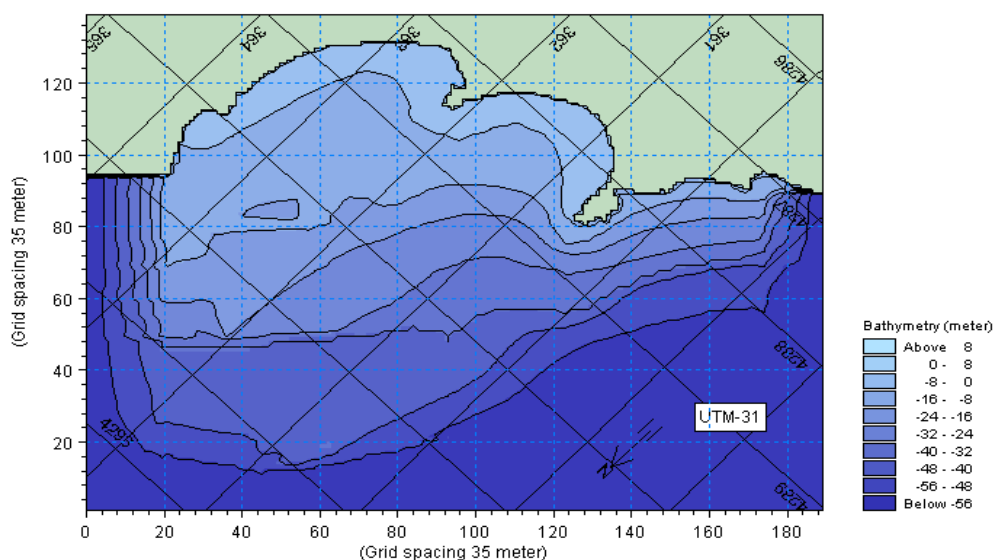


Ilustración 1. Batimetría utilizada en el modelo. Entorno emisario de Formentera

## 11. RESULTADOS OBTENIDOS

### 11.1 ESTADO DE LAS CORRIENTES

Para cada una de las simulaciones se han obtenido los correspondientes gráficos de representación vectorial de las corrientes para dos situaciones (relacionadas con períodos de mareas; llenante y vaciante). En estos gráficos las isolíneas representan la velocidad de la corriente, mientras que los vectores representan la dirección e intensidad del flujo en cada nodo de la malla.

Los gráficos presentados se detallan a continuación:

- Situación A Sin viento Planos 1 y 2
- Situación B Viento Oeste Planos 3 y 4
- Situación C Viento SO Planos 5 y 6

En la digitalización de la batimetría, no se ha considerado la presencia del Estany Pudent ni el Estany del Peix, por entender que no se verán afectados y facilitar los cálculos en el modelo.

Como se observa en la batimetría utilizado se ha simulado la entrada de un flujo ENE-OSO.

Es una zona con corrientes, de dirección e intensidad irregular, además de estar abierta a los vientos predominantes del lugar, es decir, del primer, tercer y cuarto cuadrante.

La zona de interés para el estudio de dilución de las aguas del emisario de Formentera, se caracteriza por la formación de dos pequeñas bahías abiertas expuestas a las corrientes y oleajes procedentes del ONO.

Al acercarse a costa, la disminución de la altura de la columna de agua y el efecto de rozamiento con el fondo provocan un freno en la velocidad de las corrientes. Los valores de las corrientes más cerca de costa, se sitúan entorno a 0,01-0,05 m/s.

El factor dominante en la generación del campo de corrientes en esta zona de costas son los vientos, según se puede ver en los planos las diferencias de corrientes pueden ser del orden de 0,025-0,2 m/s, según los vientos.

El pequeño efecto que pueda tener la marea se contrarresta con la dirección general de las corrientes en esta zona, provocando una atenuación o aceleración de este flujo.

### 11.2 SERIES TEMPORALES DE CORRIENTES

Para cada una de las simulaciones se han obtenido los correspondientes gráficos de representación vectorial de las corrientes para dos situaciones (relacionadas con períodos de mareas; llenante y vaciante). En estos gráficos las isolíneas representan la velocidad de la corriente, mientras que los vectores representan la dirección e intensidad del flujo en cada nodo de la malla.



Los gráficos presentados se detallan a continuación:

- Situación A Sin viento Planos 1 y 2
- Situación B Viento Oeste Planos 3 y 4
- Situación C Viento SO Planos 5 y 6

En la digitalización de la batimetría, no se ha considerado la presencia del Estany Pudent ni el Estany del Peix, por entender que no se verán afectados y facilitar los cálculos en el modelo.

Como se observa en la batimetría utilizado se ha simulado la entrada de un flujo ENE-OSO.

Es una zona con corrientes, de dirección e intensidad irregular, además de estar abierta a los vientos predominantes del lugar, es decir, del primer, tercer y cuarto cuadrante.

La zona de interés para el estudio de dilución de las aguas del emisario de Formentera, se caracteriza por la formación de dos pequeñas bahías abiertas expuestas a las corrientes y oleajes procedentes del ONO.

Al acercarse a costa, la disminución de la altura de la columna de agua y el efecto de rozamiento con el fondo provocan un freno en la velocidad de las corrientes. Los valores de las corrientes más cerca de costa se sitúan en torno a 0,01-0,05 m/s.

El factor dominante en la generación del campo de corrientes en esta zona de costas son los vientos, según se puede ver en los planos las diferencias de corrientes pueden ser del orden de 0,025-0,2 m/s, según los vientos.

El pequeño efecto que pueda tener la marea se contrarrestar con la dirección general de las corrientes en esta zona, provocando una atenuación o aceleración de este flujo.

## **APÉNDICE 1 – DATOS DE CAMPO**

## Calidad del agua

En el caso de la calidad de las aguas se han tomado diversas muestras en 5 puntos diferentes y en el punto de rotura. Todos están georeferenciados en la tabla "aguas" y son los mismos para todos los parámetros muestreados. Para nitratos, fosfatos y sólidos en suspensión se han obtenido valores tanto en superficie como en fondo.

### AGUAS

Muestra	Hora	Posición UTM	Z punto (m)	Secchi (m)	Z muestra (m)	T° (°C)	pH	Salinidad (g/l)	Conduc. mS/cm	Oxígeno (mg/l)	Saturación (% O <sub>2</sub> )
Punto 1	15:35	361571E 4289155N	20 m	18 m	Superficie	23,7	8,19	37,80	51,60	7,70	92,2
Boca					5 m	23,4	8,20	38,00	51,70	7,89	96,1
					10 m	23,6	8,20	37,90	51,60	8,01	88,6
					15 m	23,3	8,20	38,00	51,70	7,04	85,8
					20 m	23,4	8,20	38,00	51,70	7,94	91,4
Punto 2	16:00	361472E 4289297N	23 m	17 m	Superficie	23,7	8,08	37,90	51,60	7,05	81,0
					5 m	23,7	8,19	37,90	51,70	7,64	82,9
					10 m	23,6	8,18	37,90	51,60	7,35	88,9
					15 m	23,6	8,16	37,90	51,80	6,70	76,7
					23 m	23,4	8,23	37,90	51,80	7,50	83,4
Punto 3	16:30	361415E 4289192N	21 m	18,5 m	Superficie	23,7	8,18	37,90	51,60	6,63	80,3
					5 m	23,6	8,19	38,10	51,80	6,89	79,3
					10 m	23,5	8,18	37,90	51,80	6,96	74,6
					15 m	23,5	8,19	38,00	51,70	6,08	70,0
					21 m	23,5	8,15	38,00	51,60	7,00	77,0
Punto 4	16:50	361706E	15 m	Fondo	Superficie	23,7	8,18	37,90	51,60	7,14	78,0

		4289181N									
					5 m	23,6	8,18	37,90	51,70	7,14	95,6
					10 m	23,6	8,17	37,90	51,70	7,20	80,9
					15 m	23,6	8,18	37,90	51,70	6,46	80,0
Punto 5	17:10	362003E 4288526N	5 m	Fondo	Superficie	23,6	8,15	37,90	51,60	8,58	91,6
Costa					5 m	23,6	8,19	37,90	51,80	6,77	78,0
Rotura	9:30	361738E 4288904N	12,2 m	Fondo	Superficie	23,5	8,20	37,90	55,40	6,28	90,9
					1 m	23,5	8,19	37,90	55,40	5,78	83,0
					2 m	23,5	8,19	37,90	53,40	5,76	82,7
					3 m	23,5	8,19	37,90	55,40	5,35	77,3
					5 m	23,5	8,18	37,90	55,40	4,29	64,8
					10 m	23,5	8,18	37,90	55,40	4,90	70,1
					12,2 m	23,4	8,16	37,90	51,70	5,33	73,8

Los valores observados son los habituales para agua de mar. La transparencia del agua (Secchi) no es mala, alcanzando en todos los puntos la profundidad de 17 metros como mínimo. No se observa termoclina ni disminución de la temperatura en ninguna de las zonas muestreadas. La salinidad se mantiene estable entre valores de 37,8 g/l y 38,1 g/l. Los niveles de saturación del oxígeno se mantienen entre 96,1% y 64,8%.



## NITRATOS Y FOSFATOS

Muestra	N-Nitrato (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-Nitrito	Fosfato (mg/l)	
80654	0,034	0,299	0,006	0,01	Boca S
80655	0,056	0,493	0,004	0,01	Boca F
80656	0,076	0,669	0,004	0,01	Punto 2 S
80657	0,036	0,317	0,004	0	Punto 2 F
80658	0,036	0,317	0,004	0	Punto 3 S
80659	0,056	0,493	0,004	0,01	Punto 3 F
80660	0,036	0,317	0,004	0	Punto 4 S
80661	0,036	0,317	0,004	0	Punto 4 F
80662	0,036	0,317	0,004	0	Punto 5 S
80663	0,056	0,493	0,004	0	Punto 5 F
80664	0,056	0,493	0,004	0,01	Rotura S
80665	0,056	0,493	0,004	0,01	Rotura F

Los niveles de fosfatos son inapreciables, observándose valores iguales a 0,01 mg/l e incluso valores de 0 mg/l. Los niveles de nitrógeno de nitritos son iguales a 0.004 mg/l en todos los puntos excepto en el punto boca superficie en el que es un poco mayor (0,006 mg/l). El rango de este parámetro en el agua de mar oscila entre 0 y 0.015 mg/l, lo que indica que los valores observados son bajos. Los resultados de los nitratos son más elevados, situándose entre 0,669 mg/l (punto 2 superficie) y 0,299 mg/l (boca superficie). El N de los nitratos en el agua de mar oscila entre 0.001 y 0.6 mg/l. Este hecho indica que la concentración de N-Nitrato es, al igual que la concentración de N-Nitrito, baja.

### SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

muestra	peso filtro (g)	peso seco (g)	vol. Filtrado (l)	s.totales (mg/l)	peso cenizas (g)	s.Vol. (mg/l)	C.O. (%)
Boca S	0,1082	0,1313	2	11,55	0,1266	2,35	1,18
Boca F	0,1079	0,1309	2	11,50	0,1266	2,15	1,08
Punto 2S	0,1088	0,1261	2	8,65	0,1212	2,45	1,23
Punto 2F	0,1088	0,1273	2	9,25	0,1224	2,45	1,23
Punto 3S	0,1097	0,1306	2	10,45	0,1241	3,25	1,63
Punto 3F	0,1096	0,1363	2	13,35	0,1302	3,05	1,53
Punto 4S	0,1089	0,1278	2	9,45	0,1213	3,25	1,63
Punto 4F	0,1117	0,1304	2	9,35	0,1212	4,60	2,30
Punto 5S	0,1089	0,1319	2	11,50	0,1248	3,55	1,78
Punto 5F	0,109	0,1396	2	15,30	0,1308	4,40	2,20
Rotura F	0,1087	0,1297	2	10,50	0,1232	3,25	1,63
Rotura S	0,1081	0,1299	2	10,90	0,123	3,45	1,73

El valor máximo de sólidos en suspensión se da en el punto 5 en el fondo (15,3 mg/l) y el mínimo se obtiene en el punto 2 en superficie (8,65 mg/l). En el punto 5 fondo también aparece el máximo para carbono orgánico (2,2%).

**APÉNDICE 2 – BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA  
LÍNEA DE COSTA**



## APÉNDICE 2. BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

### ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. METODOLOGÍA .....	3
3. BALANCE SEDIMENTARIO .....	4
4. CÁLCULO DE LA EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE PLAYA .....	5
4.1 HERRAMIENTAS DE CALCULO .....	5
4.2 CÁLCULO A PARTIR DE DATOS.....	5

## APÉNDICE 2. BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

### 1. INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se desarrolla la metodología que se ha utilizado en el cálculo de la estabilidad y la evolución de una playa. Es importante resaltar que las formulaciones propuestas aceptan una serie de hipótesis de partida que han de ser conocidas por el proyectista al objeto de evitar usos indebidos de las mismas. Estas hipótesis previas se concretan en:

- Dimensionalidad de los procesos.
- Escala espacial y temporal de los procesos.

#### Dimensionalidad de los procesos

Todos los procesos hidrodinámicos y sedimentarios que acontecen en una playa son, en mayor o menor medida, procesos tridimensionales. Sin embargo, las limitaciones de las herramientas, formulaciones e incluso de nuestra capacidad de entendimiento de dichos procesos no nos permiten analizar dichos procesos en toda su complejidad. De este modo, surge como primera y más importante hipótesis de trabajo en el estudio de la estabilidad de una playa, la relativa a la ortogonalidad de los movimientos longitudinales y transversales de la misma.

De acuerdo con esta hipótesis de ortogonalidad, cualquier movimiento de una playa, como por ejemplo el ocurrido tras un temporal, puede ser analizado estudiando los movimientos longitudinales y transversales de la misma, los cuales se asume que son independientes entre sí. Nótese que la hipótesis de ortogonalidad permite analizar la estabilidad de una playa estudiando por separado:

- Estabilidad del perfil de playa (eje transversal)
- Estabilidad de la planta de la playa (eje longitudinal).

La hipótesis de ortogonalidad es, en general, suficientemente aproximada a la realidad, especialmente en playas abiertas con estados morfodinámicos extremos (disipativas o reflejantes). En playas con estados morfodinámicos intermedios, o en playas encajadas con una forma en planta de gran curvatura, existe, sin embargo, una notable interacción planta-perfil, por lo que el análisis por separado del perfil y la planta debe realizarse con cautela.

#### Escala espacial y temporal de los procesos

Las diferentes dinámicas que afectan a una playa se presentan en escalas espaciales que van desde los centímetros (turbulencia), hasta las decenas de kilómetros (marea) y en escalas temporales que van desde los segundos (olas) hasta las décadas (ascenso del nivel medio del mar). Como respuesta a dichas dinámicas la morfología de la playa cambia, a su vez, dentro de todas esas escalas: centímetros-kilómetros, segundos-decadas...

A pesar de la potencia de cálculo de los ordenadores, y de los intentos realizados en esa dirección, no es posible (ni adecuado) calcular los cambios que acontecen en las escalas superiores, por integración de los procesos de las escalas inferiores. Esto es debido a la falta de una teoría unificada de transporte de sedimentos que retenga la influencia de todos los efectos que se producen en las diferentes escalas espaciales y temporales.

Esta carencia de teoría unificada da lugar a que los procesos que ocurren en diferentes escalas (de tiempo o espacio) deban ser analizados con diferentes herramientas o formulaciones. Es necesario, por tanto, conocer cuál es la escala de interés en cada problema particular y utilizar la formulación adecuada a dicha escala de interés.

Las escalas de las diferentes dinámicas y respuestas morfológicas de las playas suelen ser clasificadas en: Micro escala, Meso escala y Macro escala de acuerdo con la dimensión espacial y en corto plazo, medio plazo y largo plazo.

En un Proyecto de emisarios las escalas de interés son la Meso escala (decenas-centenas de metro), Macro escala (km) y el largo plazo (años), pues son quienes definen la evolución del relleno a lo largo de la vida útil de la obra. Los elementos de escalas inferiores (por ejemplo, la erosión producida por un temporal) sólo son relevantes si sus efectos permanecen en el tiempo, o en el espacio, en unidades cercanas a las de interés (por ejemplo, meses), o si su efecto provoca el fallo funcional de la obra (por ejemplo, el oleaje alcanza el trasdós de la playa).

La estimación se realizará, por tanto, con criterios y herramientas de largo plazo verificándose, posteriormente, que los eventos de corto plazo no provocan el fallo de la obra.

## 2. METODOLOGÍA

- Se acepta, como hipótesis inicial, la ortogonalidad de los movimientos longitudinales y transversales de una playa. Consecuentemente, se admite que la estabilidad de la misma puede ser analizada estudiando la estabilidad de su forma en planta y su perfil.
- Se separa el análisis de la estabilidad y evolución de la playa de acuerdo con las diferentes escalas de variabilidad de la misma. En particular se analiza la estabilidad a Largo Plazo (años), Medio Plazo (estaciones) y Corto Plazo (temporal).
- Para cada una de estas escalas de interés se analiza la estabilidad y evolución de la forma en planta y perfil.

Datos: Batimetría inicial	
	Oleaje y niveles en la frontera
	Parámetros del sedimento
Módulo Hidrodinámico:	
	Oleaje a lo largo del perfil
	Corrientes a lo largo del perfil
	Transporte de Sedimentos perpendicular a la costa
Módulo Morfológico	



(Evolución de la Batimetría)

### 3. BALANCE SEDIMENTARIO

El balance sedimentario de la zona de estudio es un cómputo, en términos de macro escala, de los aportes y pérdidas existentes en la zona de estudio. Este cómputo ha de ser tal que permita: (1) establecer las condiciones de contorno de los modelos de evolución, en el caso de playas abiertas, o (2) la constatación de que la playa es una playa encajada sin aportes o pérdidas externas.

La realización de un balance sedimentario tiene como primer elemento la identificación de los elementos más relevantes, esto es, fuentes de sedimentos, sumideros de sedimentos, tipos de sedimentos y mecanismos de transporte.

Entre las fuentes usuales se encuentran:

- Erosión de acantilados.
- Aportes de torrentes.
- Aportes biogénicos.
- Aportes desde la plataforma continental.
- Aportes debidos a viento.
- Aportes humanos (regeneraciones, vertidos de dragado, ...).

Entre los sumideros usuales se encuentran:

- Depósito en estuarios, puertos y otras estructuras.
- Depósito en el trasdós de la playa por viento y/u olas.
- Transporte hacia la plataforma continental.
- Descomposición de la arena.
- Extracción humana.

Los mecanismos de transporte fundamentales a considerar son:

- Transporte longitudinal debido al oleaje.
- Transporte transversal debido al oleaje.
- Transporte debido a la acción de corrientes de marea y viento.
- Transporte eólico.
- Transporte humano.

En el apartado 7 del Estudio se ha determinado el transporte potencial.

Se diferencian dos tipos de equilibrio en función de las condiciones de contorno presentes en la bahía.

1. Equilibrio estático: No entra ni sale sedimento en la bahía, el transporte longitudinal a lo largo de la playa es nulo.

2. Equilibrio dinámico: Existe transporte longitudinal de sedimento. No obstante, el volumen de sedimento que entra y sale de la bahía es idéntico por tratarse de una bahía en equilibrio.

El transporte longitudinal de sedimento es muy sensible al oleaje incidente, a las actuaciones en zonas costeras próximas y a la variabilidad del régimen de aportación de sedimento. Se define como equilibrio dinámico ya que variaciones en el transporte longitudinal dan lugar a remodelados de la bahía y se adoptan diferentes posiciones de equilibrio. En el caso extremo de que cese el transporte longitudinal se llega a la bahía en equilibrio estático.

Por bahía de equilibrio entendemos aquella expresión matemática que permite definir completamente la forma en planta de una playa localizada entre dos headlands, en situación de equilibrio. La zona de estudio puede considerarse como una playa encajada.

#### **4. CÁLCULO DE LA EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE PLAYA**

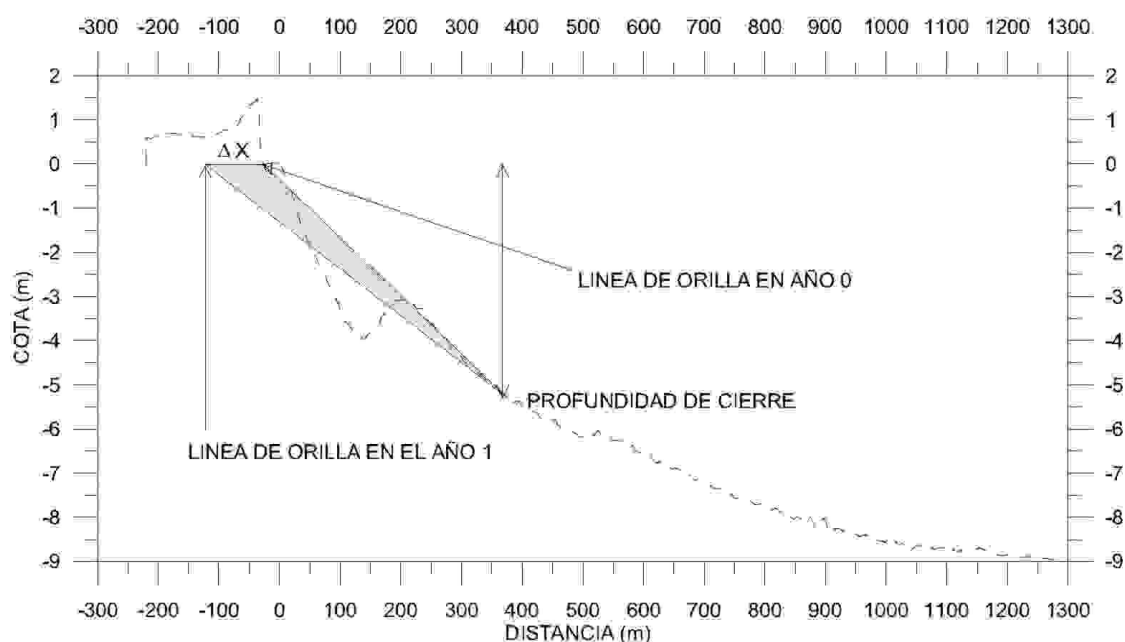
##### **4.1 HERRAMIENTAS DE CALCULO**

- 1.CARTAS BATIMÉTRICAS –PERFILES DE PLAYA –VUELOS AÉREOS (FOTOGRAMETRÍA).
- 2.CARACTERÍSTICAS DEL OLAJE.
- 3.CARACTERÍSTICAS DEL SEDIMENTO.

##### **4.2 CÁLCULO A PARTIR DE DATOS**

- 1.POR SIMPLE COMPARACIÓN DE VOLUMENES ENTRE BATIMETRÍAS DE DISTINTOS AÑOS.
- 2.POR COMPARACION DE PERFILES DE PLAYA.
- 3.A PARTIR DE LA POSICIÓN DE LA LÍNEA DE ORILLA.

En el estudio de dinámica litoral se ha obtenido la profundidad de cierre que se usará para el cálculo, por lo que el método utilizado es este último. Para ello también se ha contado con el cálculo del transporte por el oleaje.

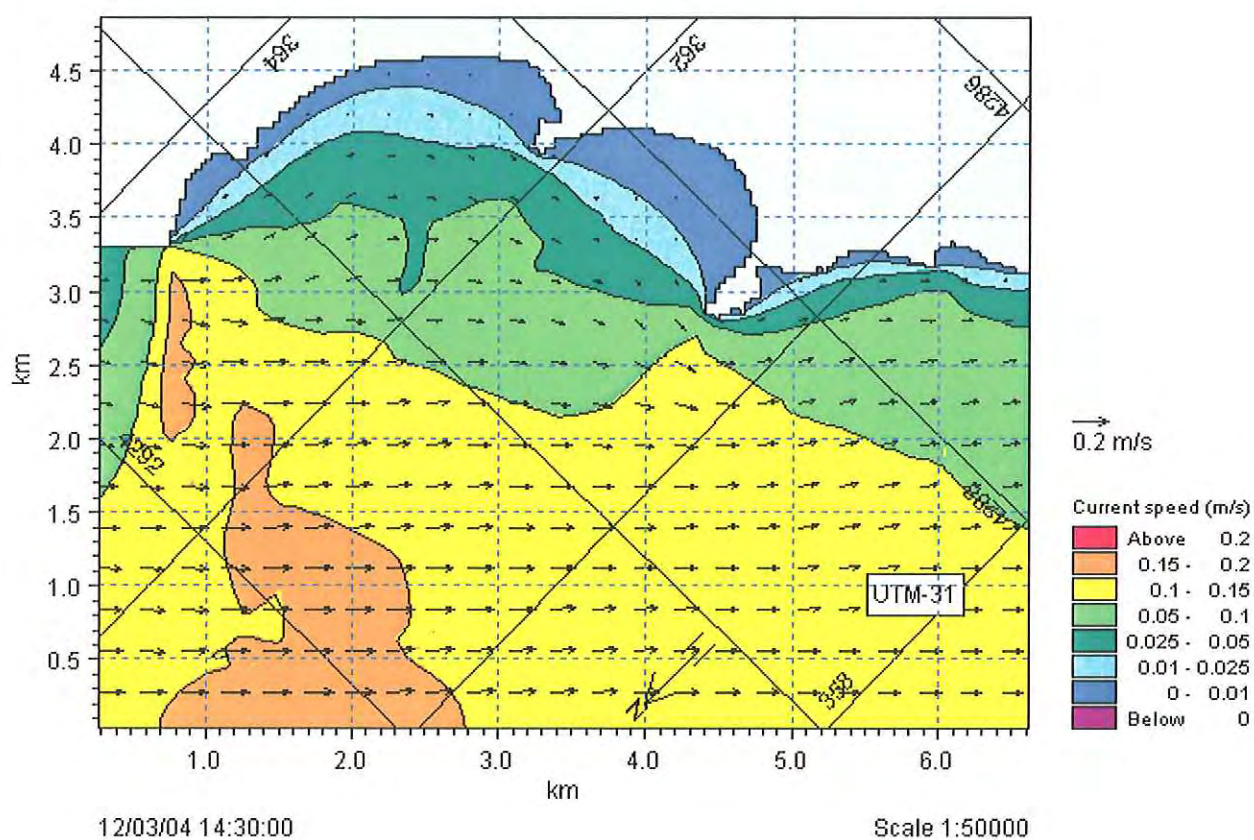


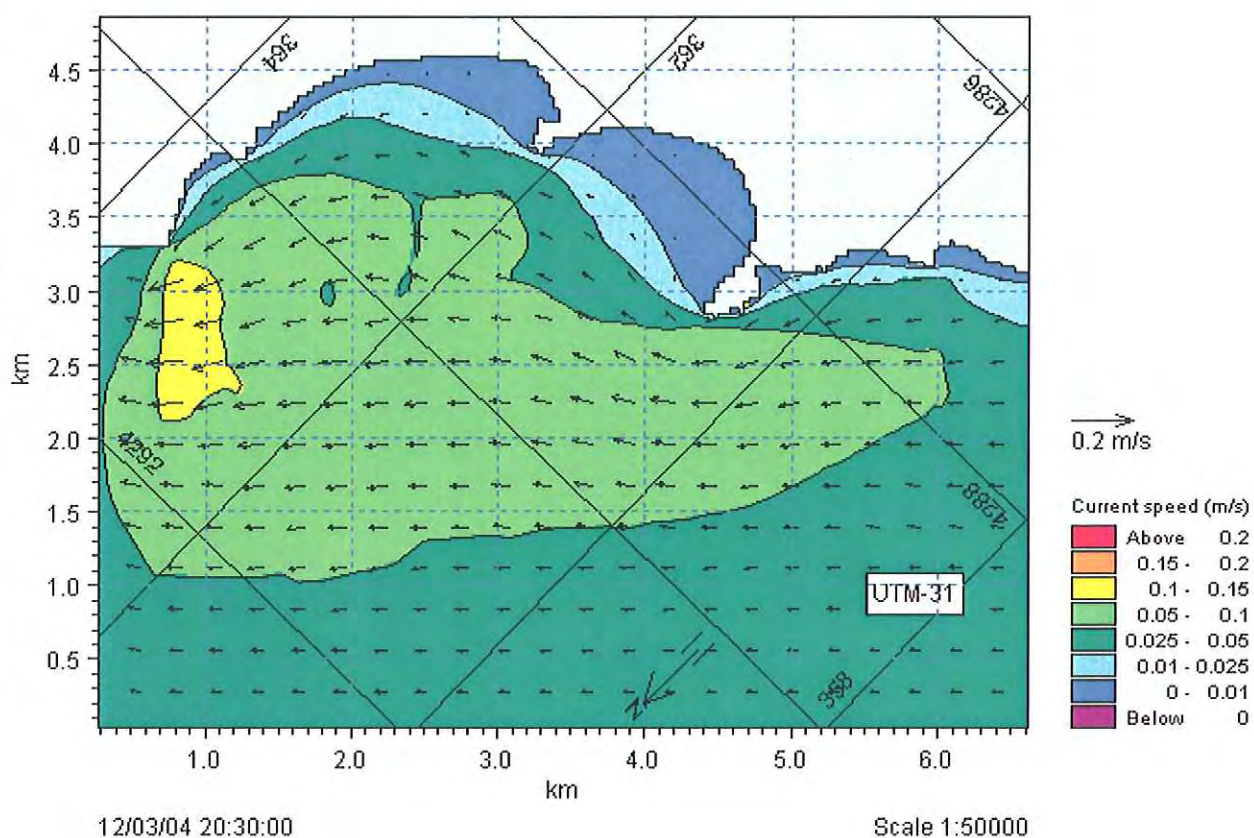
La formulación usada corresponde a la ecuación de Hallermeier:

$$d_c = 2,28H_s - 68,5 \left( \frac{H_s^2}{gT_s^2} \right)$$

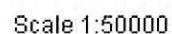
A partir de las tablas incluidas en el apartado 6 de cálculo de la profundidad de cierre se ha obtenido un valor de 7.974 met

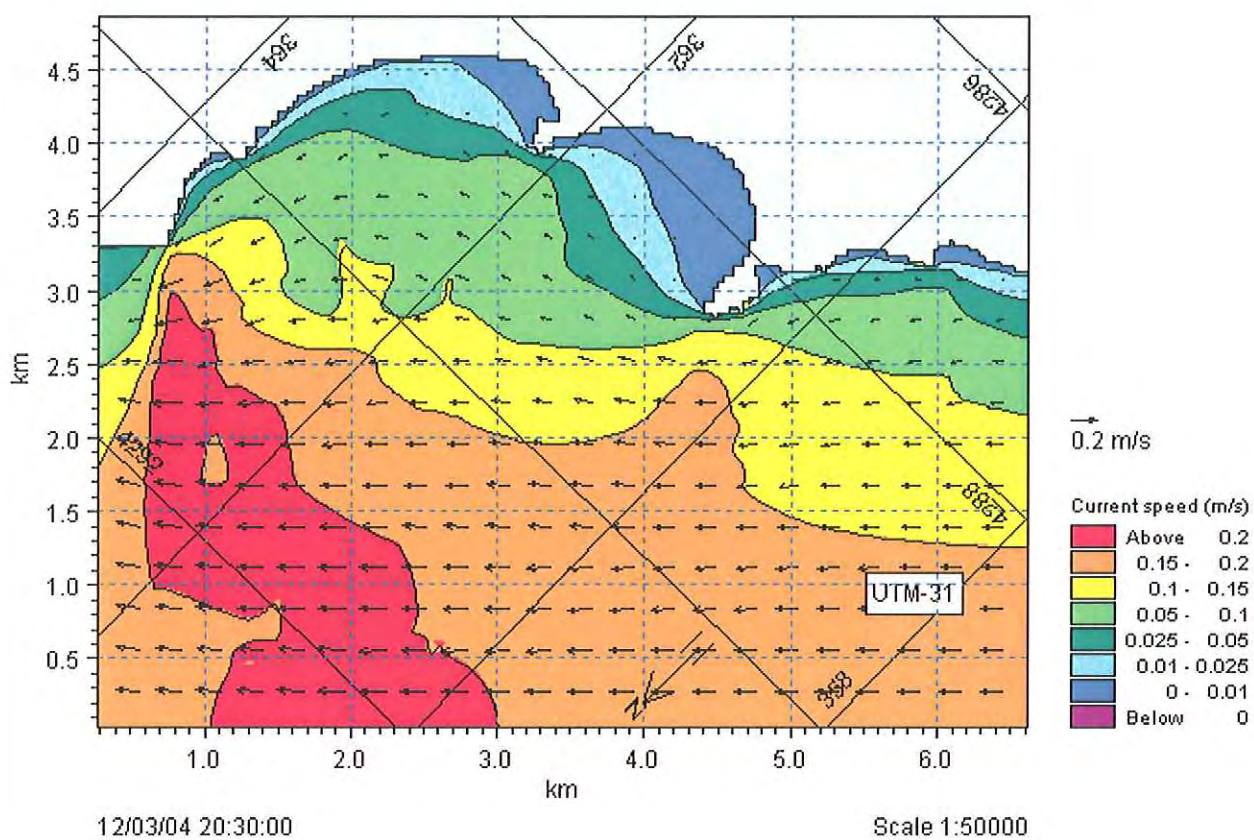
## APÉNDICE 3 – PLANOS



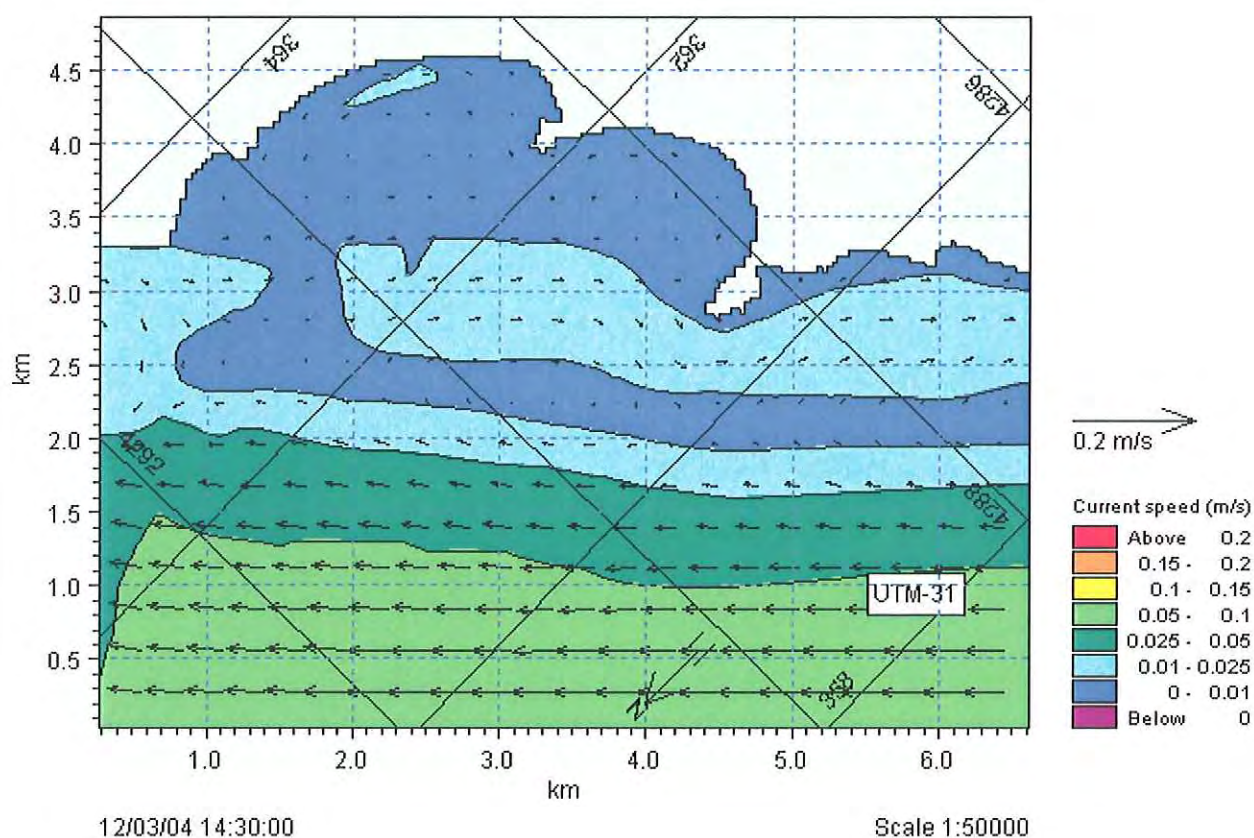


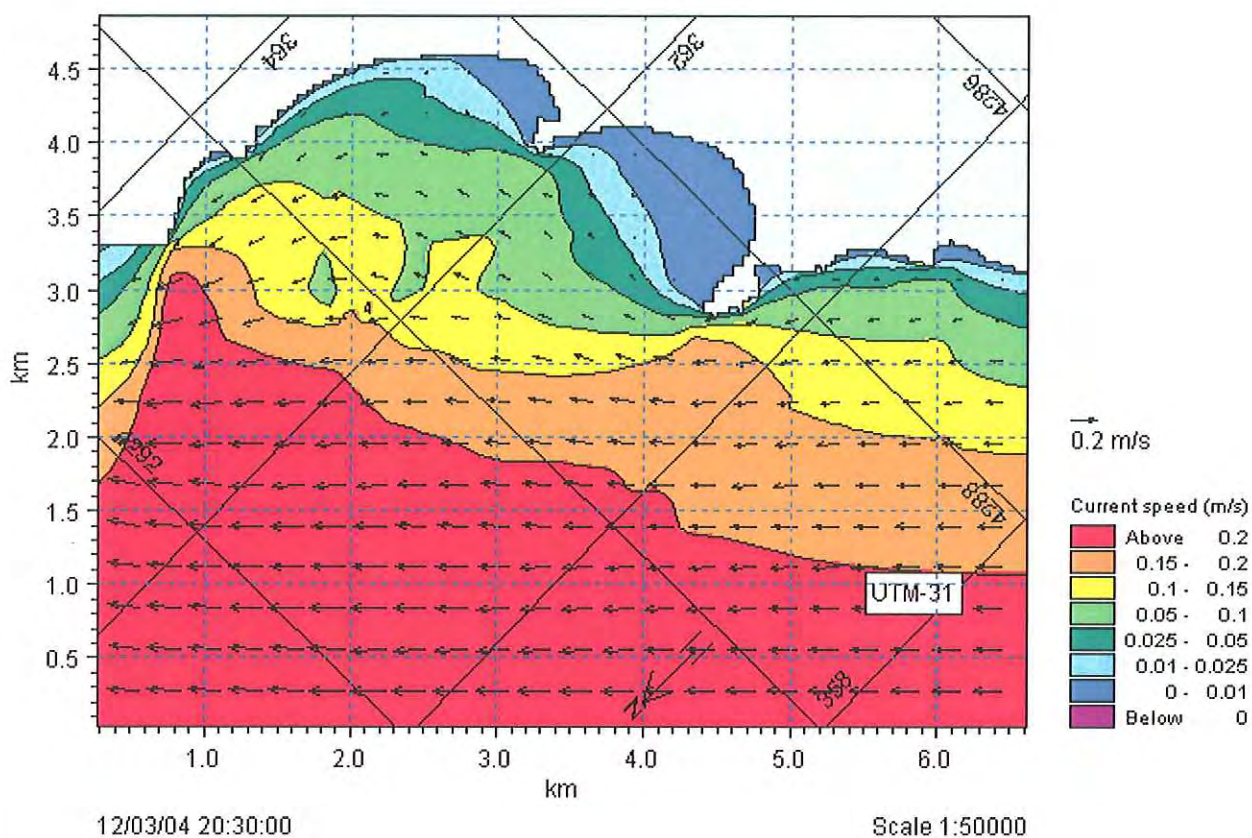




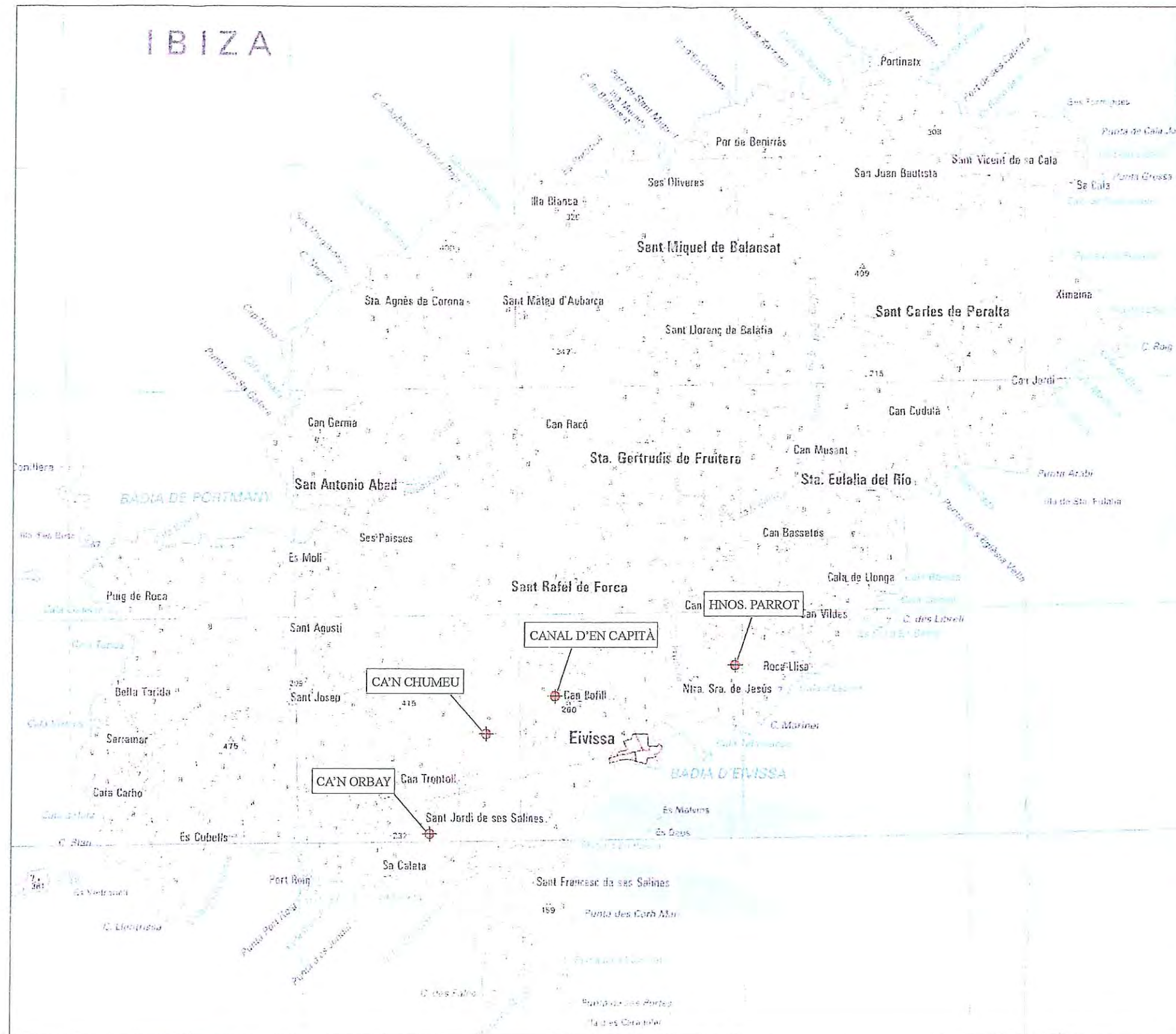














FICHA DE CANTERAS Nº: 1

DATOS BÁSICOS

DENOMINACIÓN DE LA CANTERA: CA'N ORBAY II TÉRMINO MUNICIPAL: T. M. San José

UBICACIÓN DE LA CANTERA: Se accede por la carretera PM-803, que comunica Ibiza con San José, por el desvío a izquierda en el P.K.4+300.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: X: 357.000 Y: 4.503.000

DATOS PROPIEDAD

NOMBRE PROPIETARIO: Juan Cardona TELÉFONO: 971 30 82 44

EMPRESA EXPLOTADORA: ARIDOS Y PREFABRICADO S.L. TELÉFONO: 971 31 12 42

INSTALACIONES CON QUE CUENTA: A pie de cantera: molinos primarios y secundarios y planta machaqueo de arenas.

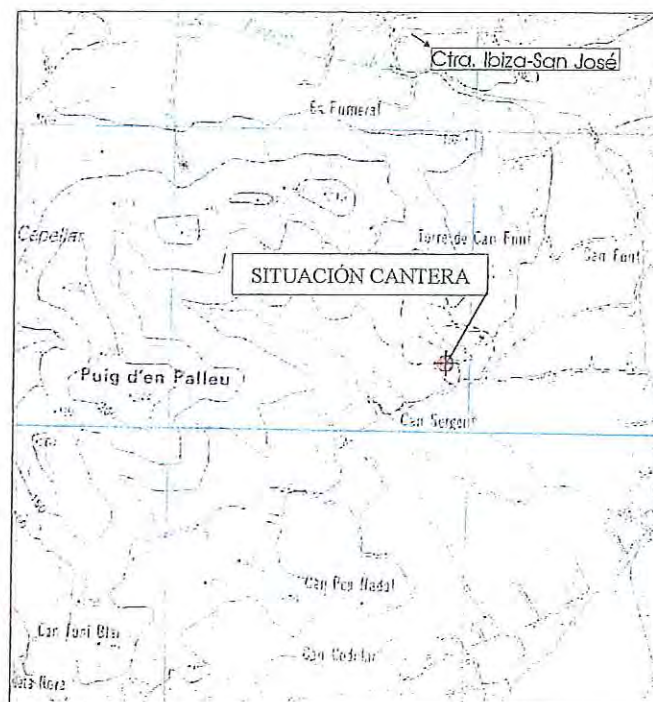
MATERIAL EXPLOTADO

LITOLOGIA: Dolomías y calizas dolomíticas del Jurásico inferior, se presentan en bancos o masivas, con fracturación media.

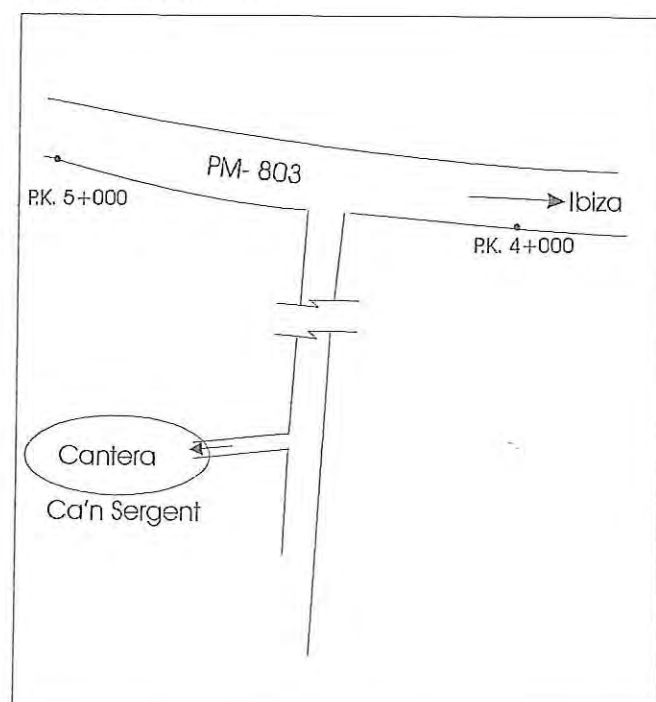
USO AL QUE SE DESTINA: Hormigones y áridos para carreteras.

VOLUMEN ÚTIL DE EXPLOTACIÓN: CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN:

MAPA DE SITUACIÓN 1:25.000:



CROQUIS DE ACCESO:



ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRAS

	M1	M2	M3
Peso específico aparente(g/cm³):			
Peso específico real (g/cm³):			
Absorción del agua (%):			
Estabilidad al MgSO₄ (%):			
Contenido en CaCO₃ (%):			
Contenido en S²⁻(%):			
Contenido en HS(%):			
Contenido en H₂SO₄(%):			
Adhesividad al betún (% superficie de árido cubierto):			
Coefficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.):			
Coefficiente de desgaste de Los Ángeles:			
Friabilidad:			
Índice de lajas:			
Equivalente de arena (%):			

OBSERVACIONES:

No poseían ensayos de laboratorio.

FOTOGRAFÍAS:





## FICHA DE CANTERAS Nº: 2

### DATOS BÁSICOS

DENOMINACIÓN DE LA CANTERA:  TÉRMINO MUNICIPAL:

UBICACIÓN DE LA CANTERA:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: X:  Y:

### DATOS PROPIEDAD

NOMBRE PROPIETARIO:  TELÉFONO:

EMPRESA EXPLOTADORA:  TELÉFONO:

INSTALACIONES CON QUE CUENTA:

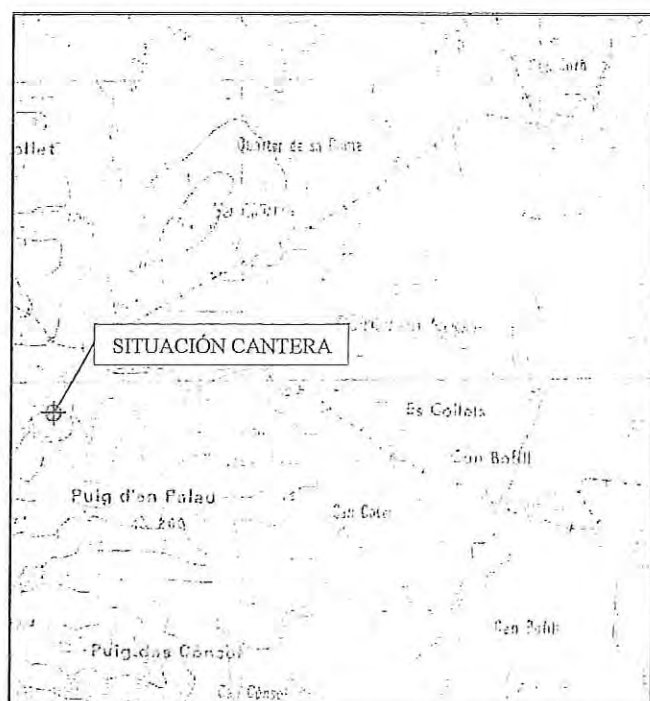
### MATERIAL EXPLOTADO

LITOLOGÍA:

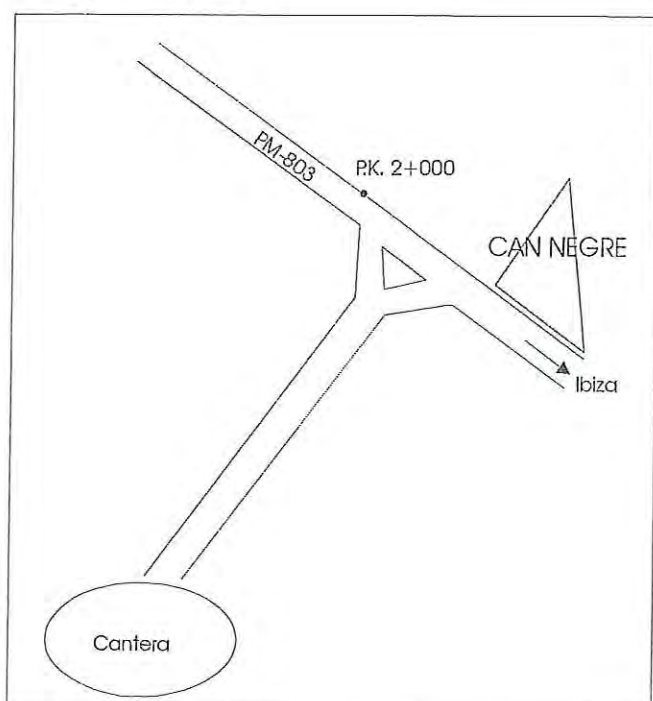
USO AL QUE SE DESTINA:

VOLUMEN ÚTIL DE EXPLOTACIÓN:  CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN:

### MAPA DE SITUACIÓN 1:25.000:



### CROQUIS DE ACCESO:



ENSAYOS DE LABORATORIO	MUESTRAS		
	M1(Arenas)	M2(Gravas)	M3
Peso específico aparente(g/cm³):			
Peso específico real (g/cm³):			
Absorción del agua (%):			
Estabilidad al MgSO <sub>4</sub> (%):			
Contenido en CaCO <sub>3</sub> (%):			
Contenido en S <sup>2-</sup> (%):			
Contenido en HS(%):			
Contenido en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%):			
Adhesividad al betún (% superficie de árido cubierto):			
Coefficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.):			
Coefficiente de desgaste de Los Ángeles:	7,52 %		
Friabilidad:			
Índice de lajas:			
Equivalente de arena (%):		72	

### OBSERVACIONES:

**M1:** Módulo granulométrico: 5,26      Tamaño máximo: 10  
 Contenido en finos: 1,17 %  
 Coeficiente de forma: 0,26  
 Contenido en cloruros (Cl): 0,01 %  
 Compuestos de azufre (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>):  
 Sulfatos solubles en agua: inapreciable  
 Sulfatos solubles en HCl: 0,02 %  
 Sulfatos como oxidación de sulfuros: no contiene

**M2:** Módulo granulométrico: 2,95      Tamaño máximo: 5  
 Contenido en finos: 8,4 %  
 Contenido en cloruros (Cl): 0,01 %  
 Azul de Metileno: 0,73 g/gr. de finos  
 Compuestos de azufre (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>):  
 Sulfatos solubles en agua: inapreciable  
 Sulfatos solubles en HCl: 0,02 %  
 Sulfatos como oxidación de sulfuros: no contiene

### FOTOGRAFÍAS:





PETICIONARIO:

GEOLOGIA DE MALLORCA S.L.  
Vial 3, nave 2B. Pol. Son Llaüt. Sta. Maria  
Tlf: 971 62 09 09. Fax: 971 62 09 08

## FICHA DE CANTERAS N°: 3

## DATOS BÁSICOS

DENOMINACIÓN DE LA CANTERA:	CA'N CHUMEU	TÉRMINO MUNICIPAL:	T. M. San José
-----------------------------	-------------	--------------------	----------------

UBICACIÓN DE LA CANTERA: Se accede por la carretera PM-803 Ibiza y San José, por el desvío en el P.K. 1+500 (Barrio Ca'n Bellotera).

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: X: 359.600 Y: 4.308.800

### DATOS PROPIEDAD

NOMBRE PROPIETARIO:	Antonio Torres Planells	TELÉFONO:	971 39 06 42
---------------------	-------------------------	-----------	--------------

EMPRESA EXPLOTADORA:	HORMICEX. GRUPO VALENCIANA DE CEMENTOS	TELÉFONO:	971 31 13 12
----------------------	--	-----------	--------------

INSTALACIONES CON QUE CUENTA:

## MATERIAL EXPLOTADO

**LITOLOGIA:** Dolomías y calizas dolomíticas del Jurásico inferior, se presentan en bancos o masivas, con fracturación media.

USO AL QUE SE DESTINA:	Hormigones y áridos para carreteras.
------------------------	--------------------------------------

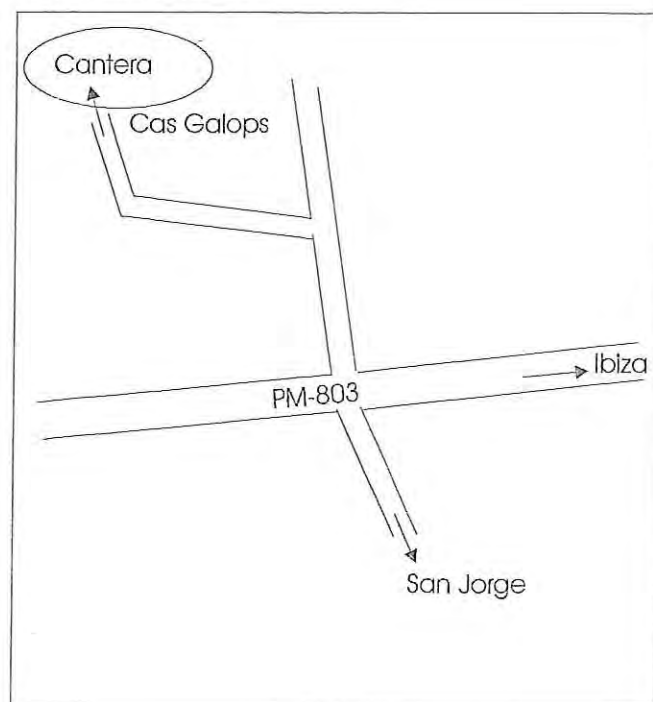
VOLUMEN ÚTIL DE EXPLOTACIÓN:

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN:

MAPA DE SITUACIÓN 1:25,000:



## CROQUIS DE ACCESO:



## ENSAYOS DE LABORATORIO

## MUESTRAS

M1

M2

M3

Peso específico aparente(g/cm<sup>3</sup>):

Peso específico real ( $\text{g/cm}^3$ ):

Absorción del agua (%):

Estabilidad al  $\text{MgSO}_4$  (%):

Contenido en  $\text{CaCO}_3$  (%):

Contenido en S<sup>2-</sup>(%):

Contenido en HS(%):

Contenido en  $H_2SO_4$ (%):

Adhesividad al betón (% superficie de árido cubierto):

Coeficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.):

Coeficiente de desgaste de Los Angeles:

Friabilidad:

Índice de lajas:

Equivalente de arena (%):

## OBSERVACIONES:

No poseían ensayos de laboratorio.

FOTOGRAFÍAS:





FICHA DE CANTERAS Nº: 4

DATOS BÁSICOS

DENOMINACIÓN DE LA CANTERA: HNOS. PARROT TÉRMINO MUNICIPAL: T. M. Santa Eularia del Río

UBICACIÓN DE LA CANTERA: Se accede desde la población de Nuestra Señora de Jesús.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: X: 367.600 Y: 4.310.900

DATOS PROPIEDAD

NOMBRE PROPIETARIO: Hermanos Parrot TELÉFONO: 971 31 48 11

EMPRESA EXPLOTADORA: TELÉFONO:

INSTALACIONES CON QUE CUENTA:

MATERIAL EXPLOTADO

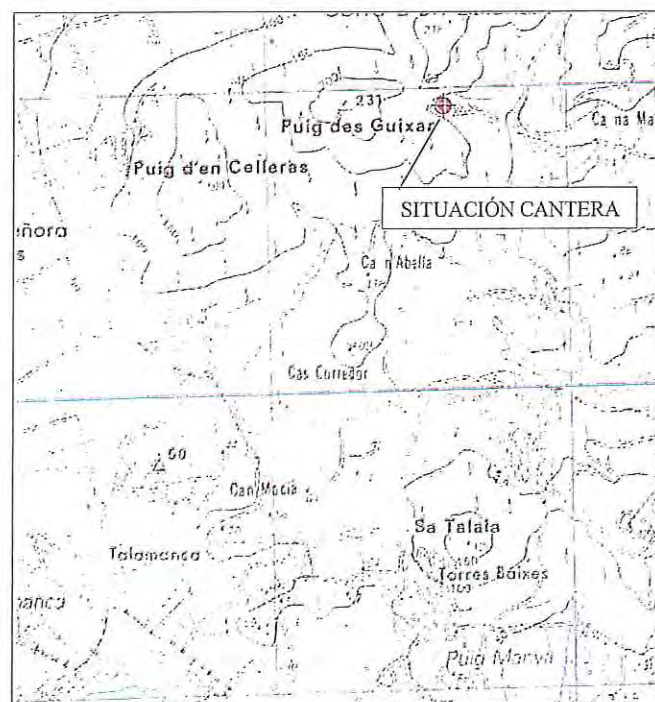
LITOLOGIA: Dolomías y calizas dolomíticas del Jurásico inferior, se presentan en bancos o masivas, con fracturación media.

USO AL QUE SE DESTINA: Hormigones y áridos para carreteras.

VOLUMEN ÚTIL DE EXPLOTACIÓN:

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN:

MAPA DE SITUACIÓN 1:25.000:



CROQUIS DE ACCESO:



ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRAS

M1

M2

M3

Peso específico aparente(g/cm³):

Peso específico real (g/cm³):

Absorción del agua (%):

Estabilidad al MgSO₄ (%):

Contenido en CaCO₃ (%):

Contenido en S²(%):

Contenido en HS(%):

Contenido en H₂SO₄(%):

Adhesividad al betún (% superficie de árido cubierto):

Coefficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.):

Coefficiente de desgaste de Los Ángeles:

Friabilidad:

Índice de lajas:

Equivalente de arena (%):

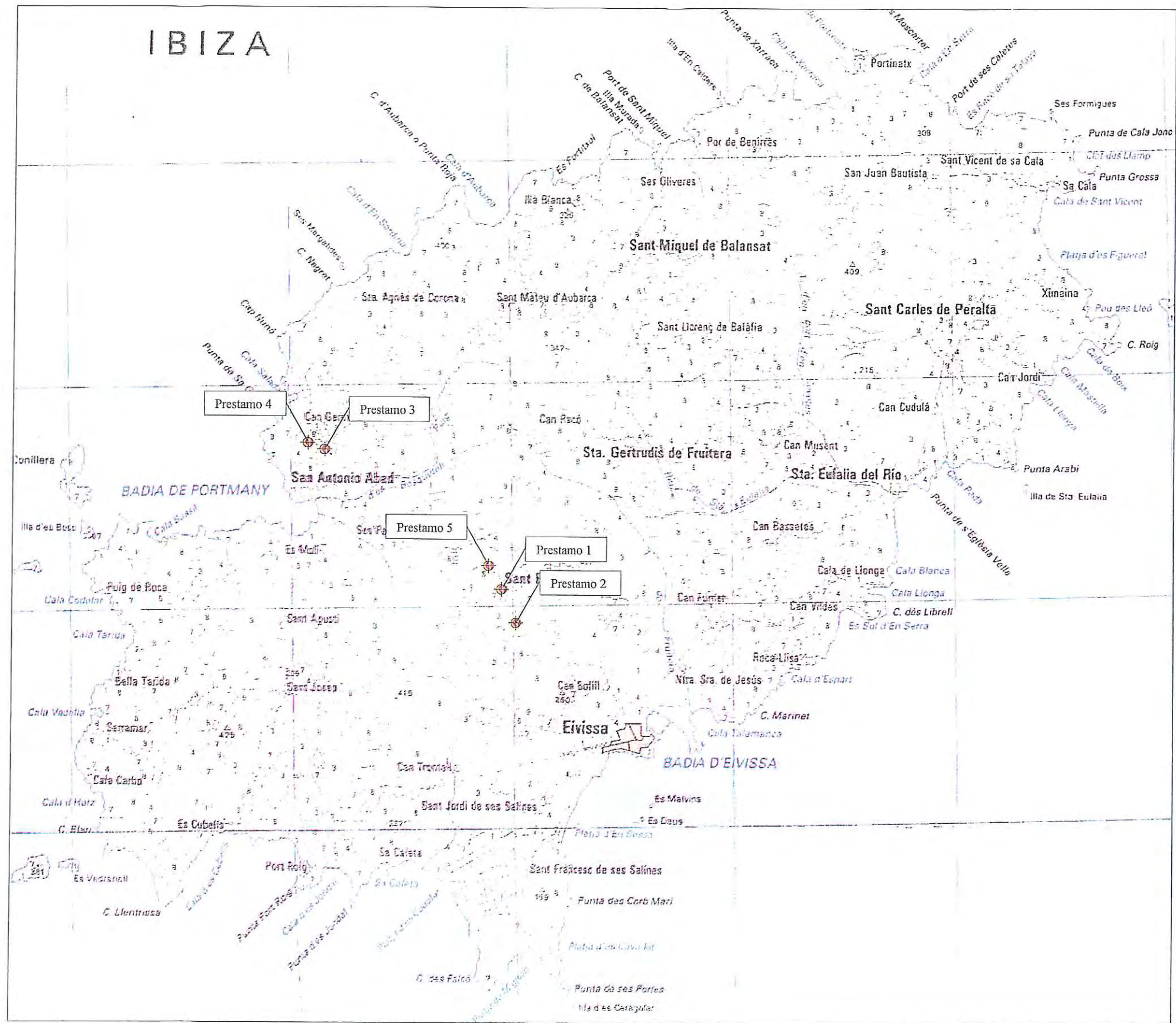
OBSERVACIONES:

Ver partes de ensayos correspondientes

FOTOGRAFÍAS:









**PRESTAMO O YACIMIENTO GRANULAR N°: 1**

**DATOS BÁSICOS**

DENOMINACIÓN:  TÉRMINO MUNICIPAL:

UBICACIÓN:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: X:  Y:

**DATOS PROPIEDAD**

NOMBRE PROPIETARIO:  TELÉFONO:

EMPRESA EXPLOTADORA:  TELÉFONO:

**MATERIAL EXPLOTADO**

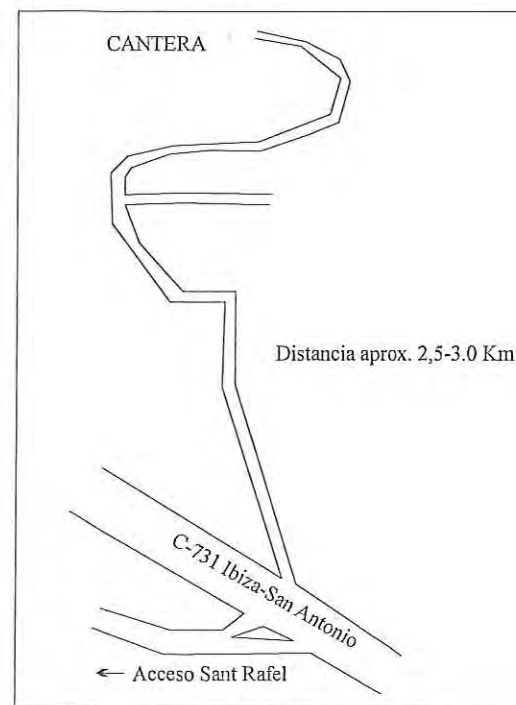
LITOLOGIA:

VOLUMEN ÚTIL DE EXPLOTACIÓN:  CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN:

**MAPA DE SITUACIÓN 1:25.000:**



**CROQUIS DE ACCESO:**



ENSAYOS DE LABORATORIO	MUESTRAS		
	M1	M2	M3
Clasificación granulométrica (I.U.C.S.):			
Límite líquido:			
Límite plástico:			
Peso específico aparente (g/cm³):			
Peso específico real (g/cm³):			
Humedad natural:			
Contenido en CaCO <sub>3</sub> (%):			
Contenido en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%):			
Absorción del agua (%):			
Estabilidad al MgSO <sub>4</sub> (%):			
Contenido en S <sup>2+</sup> (%):			
Contenido en HS (%):			
Adhesividad al betún (% superficie de árido cubierto):			
Coefficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.):			
Coefficiente de desgaste de Los Ángeles:			
Friabilidad:			
Índice de lajas:			
Equivalente de arena (%):			

**OBSERVACIONES:**

Se accede frente al desvío de Sant Rafael, en el P.K. 7+600.  
A la entrada de la cantera existen algunos montones de material ya preparado (grava).  
El interior de la cantera está parcialmente relleno con bloques y trozos de caliza de grandes dimensiones.

**FOTOGRAFÍAS:**









## PRESTAMO O YACIMIENTO GRANULAR Nº: 5

### DATOS BÁSICOS

DENOMINACIÓN: Yacimiento de arenas cuaternarias TÉRMINO MUNICIPAL: San Antonio de Portmany

UBICACIÓN: Cercanías de Es Puig (desvío aproximado en el P.K. 9+050)

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: X: 3.59.12 Y: 43.14.25

### DATOS PROPIEDAD

NOMBRE PROPIETARIO: TELÉFONO:

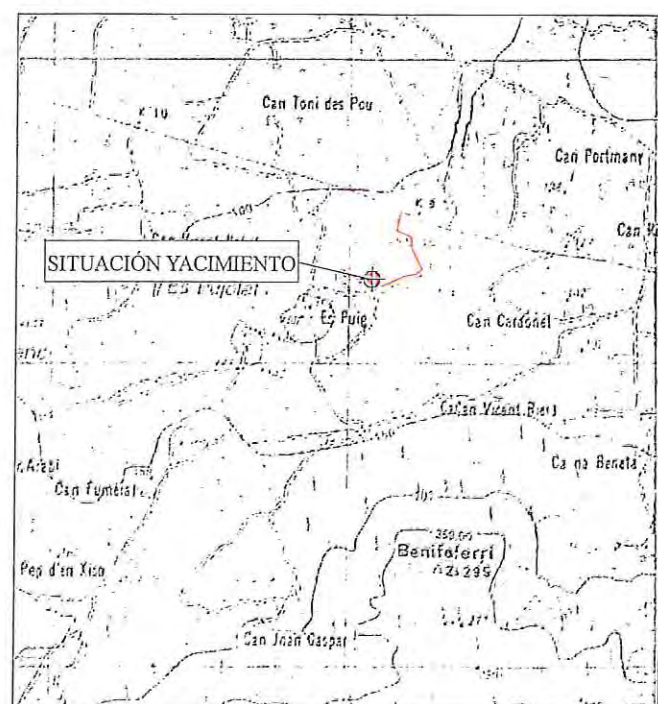
EMPRESA EXPLOTADORA: Excavaciones Garcia S.L. TELÉFONO: 609 66 45 78

### MATERIAL EXPLOTADO

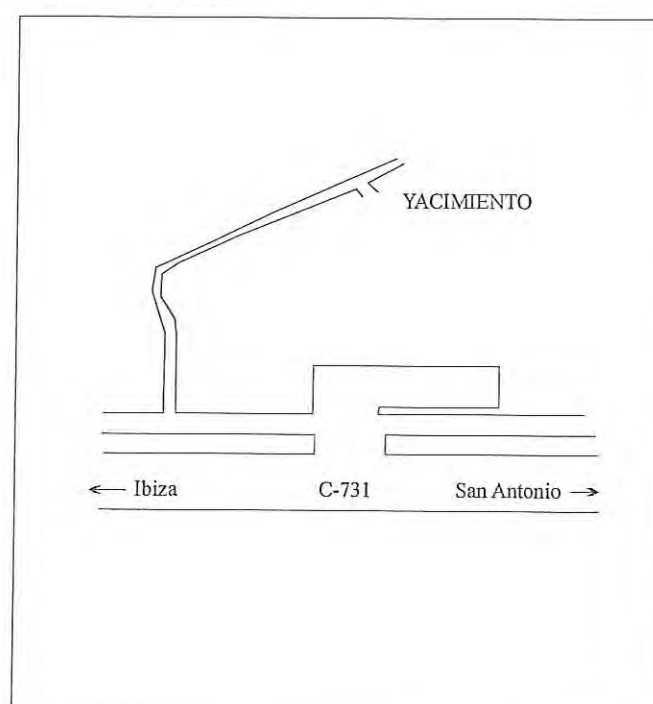
LITOLOGIA: Arenas cuaternarias

VOLUMEN ÚTIL DE EXPLOTACIÓN: CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN:

### MAPA DE SITUACIÓN 1:25.000:



### CROQUIS DE ACCESO:



### ENSAYOS DE LABORATORIO

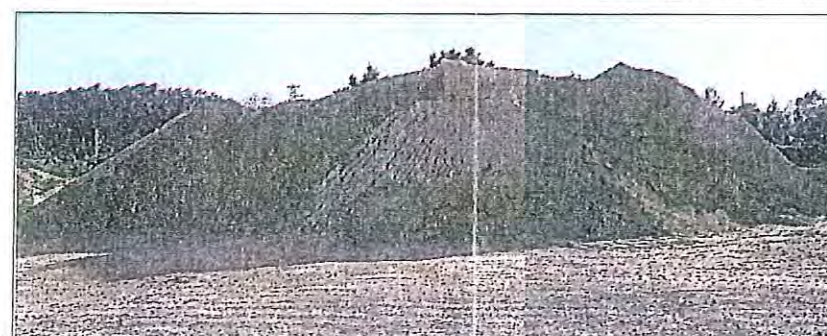
### MUESTRAS

	M1	M2	M3
Clasificación granulométrica (I.U.C.S):			
Límite líquido:			
Límite plástico:			
Peso específico aparente (g/cm³):			
Peso específico real (g/cm³):			
Humedad natural:			
Contenido en CaCO <sub>3</sub> (%):			
Contenido en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%):			
Absorción del agua (%):			
Estabilidad al MgSO <sub>4</sub> (%):			
Contenido en S <sup>2-</sup> (%):			
Contenido en HS (%):			
Adhesividad al betún (% superficie de árido cubierto):			
Coefficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.):			
Coefficiente de desgaste de Los Ángeles:			
Friabilidad:			
Índice de lajas:			
Equivalente de arena (%):			

### OBSERVACIONES:

Se trata de un solar donde se han realizado numerosas excavaciones para extraer arena.  
Cuenta con instalaciones propias.

### FOTOGRAFÍAS:





## PRESTAMO O YACIMIENTO GRANULAR Nº: 3

### DATOS BÁSICOS

DENOMINACIÓN:  TÉRMINO MUNICIPAL:

UBICACIÓN:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: X:  Y:

### DATOS PROPIEDAD

NOMBRE PROPIETARIO:  TELÉFONO:

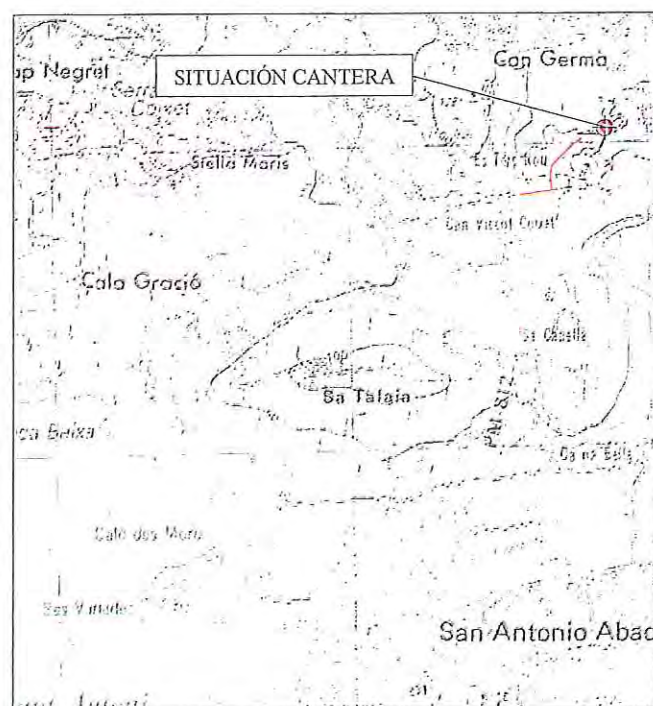
EMPRESA EXPLOTADORA:  TELÉFONO:

### MATERIAL EXPLOTADO

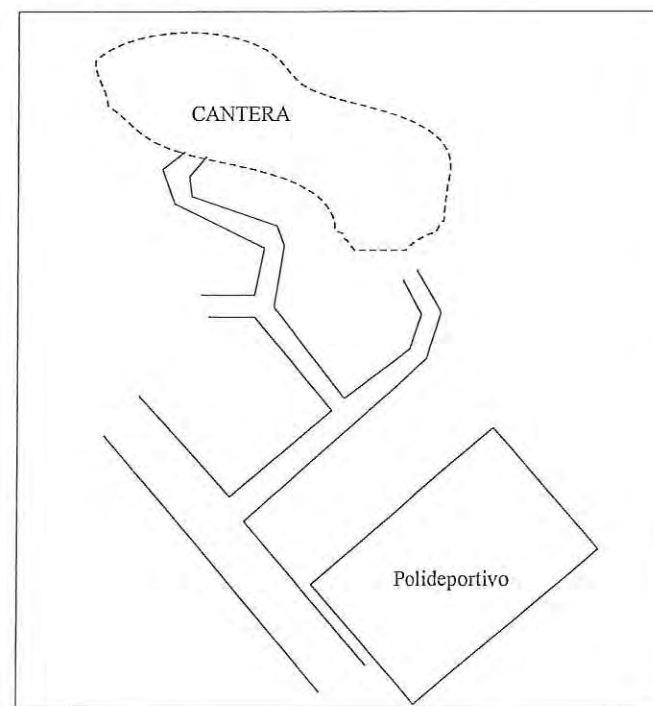
LITOLOGIA:

VOLUMEN ÚTIL DE EXPLOTACIÓN:  CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN:

### MAPA DE SITUACIÓN 1:25.000:



### CROQUIS DE ACCESO:

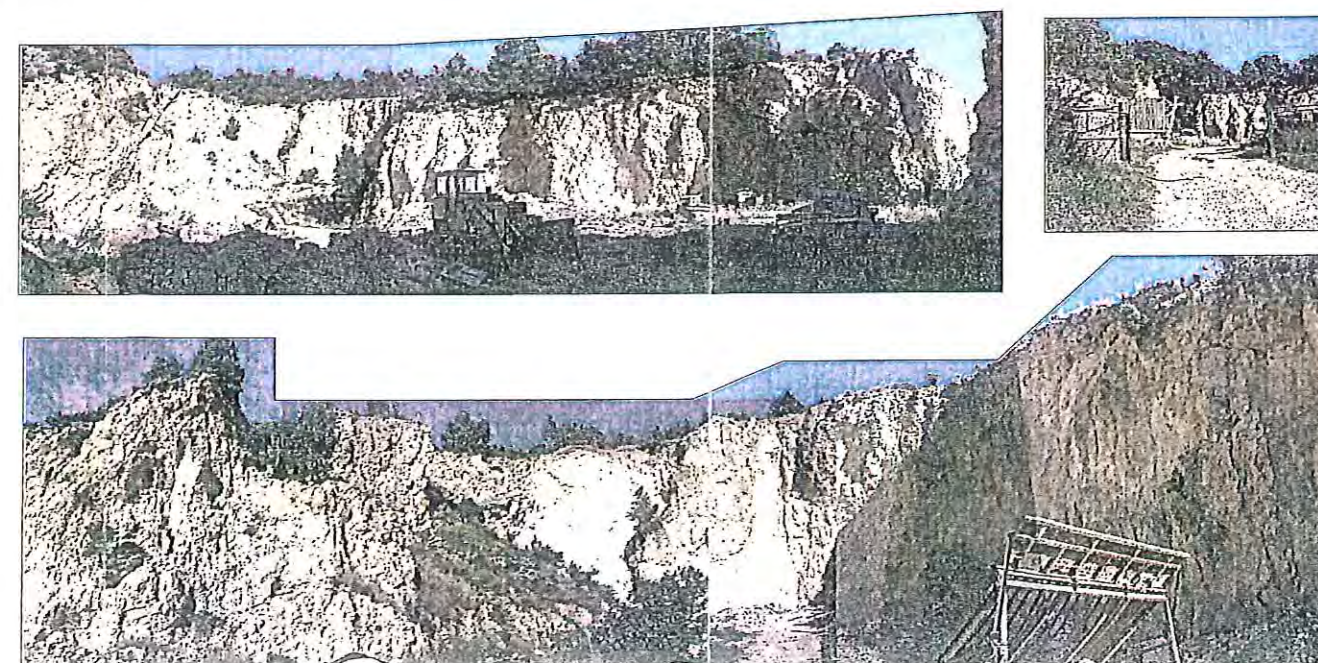


ENSAYOS DE LABORATORIO	MUESTRAS		
	M1	M2	M3
Clasificación granulométrica (I.U.C.S.):			
Límite líquido:			
Límite plástico:			
Peso específico aparente (g/cm³):			
Peso específico real (g/cm³):			
Humedad natural:			
Contenido en CaCO <sub>3</sub> (%):			
Contenido en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%):			
Absorción del agua (%):			
Estabilidad al MgSO <sub>4</sub> (%):			
Contenido en S <sup>2-</sup> (%):			
Contenido en HS (%):			
Adhesividad al betún (% superficie de árido cubierto):			
Coefficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.):			
Coefficiente de desgaste de Los Ángeles:			
Friabilidad:			
Índice de lajas:			
Equivalente de arena (%):			

### OBSERVACIONES:

Es de fácil acceso.  
La cantera se encuentra parcialmente rellena con restos de construcciones y residuos sólidos urbanos.  
Existen dos cribas pero ambas están muy dañadas.

### FOTOGRAFÍAS:





## PRESTAMO O YACIMIENTO GRANULAR N°: 4

### DATOS BÁSICOS

DENOMINACIÓN:  TÉRMINO MUNICIPAL:

UBICACIÓN:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: X:  Y:

### DATOS PROPIEDAD

NOMBRE PROPIETARIO:  TELÉFONO:

EMPRESA EXPLOTADORA:  TELÉFONO:

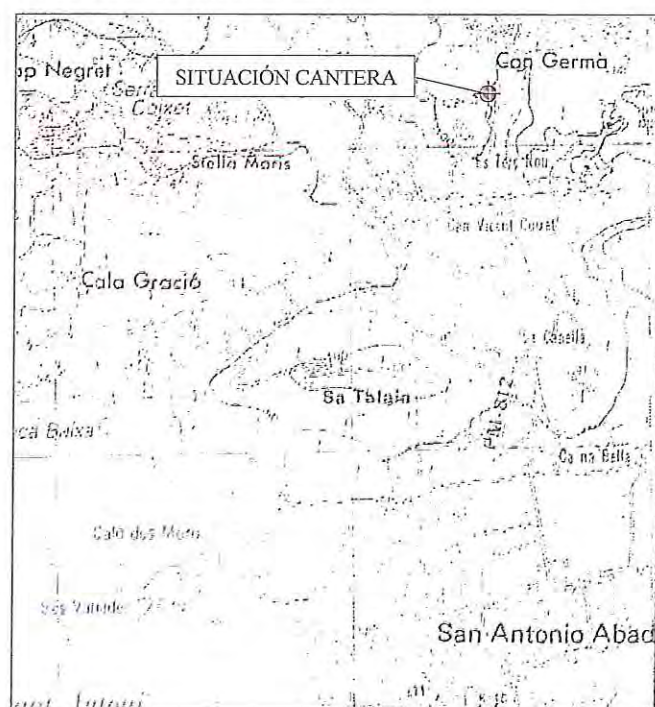
### MATERIAL EXPLOTADO

LITOLOGIA:

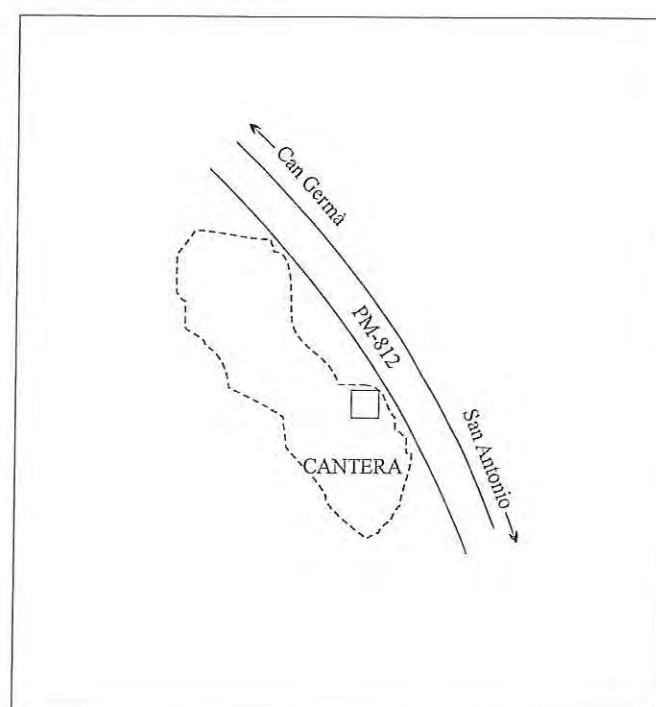
VOLUMEN ÚTIL DE EXPLOTACIÓN:

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN:

### MAPA DE SITUACIÓN 1:25.000:



### CROQUIS DE ACCESO:



ENSAYOS DE LABORATORIO	MUESTRAS		
	M1	M2	M3
Clasificación granulométrica (I.U.C.S):			
Límite líquido:			
Límite plástico:			
Peso específico aparente(g/cm³):			
Peso específico real (g/cm³):			
Humedad natural:			
Contenido en CaCO <sub>3</sub> (%):			
Contenido en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%):			
Absorción del agua (%):			
Estabilidad al MgSO <sub>4</sub> (%):			
Contenido en S <sup>2+</sup> (%):			
Contenido en HS(%):			
Adhesividad al betún (% superficie de árido cubierto):			
Coefficiente de Pulimento Acelerado (C.P.A.):			
Coefficiente de desgaste de Los Ángeles:			
Friabilidad:			
Índice de lascas:			
Equivalente de arena (%):			

### OBSERVACIONES:

Es de fácil acceso.  
Su reexplotación es muy problemática ya que limita con viviendas, el impacto visual es muy grande y se encuentra ya integrada en el entorno

### FOTOGRAFÍAS:

