

1 OBJETO

El siguiente documento tiene por objeto describir los productos y servicios de asistencia técnica topográfica realizados en Calabardina, a petición de la Ingeniería **BETANCOURT INGENIEROS S.L.P.**

2 TRABAJOS

Los trabajos han sido realizados por personal cualificado y equipos especializados, en éste caso embarcación semirígida tipo ZODIAC, equipado con GPS centimétrico y ecosonda (monohaz), para la realización del estudio batimétrico en las zonas profundas. Para las zonas someras se ha utilizado un DRONE náutico equipado con los mismos aparatos topográficos, todos ellos gobernado desde tierra por control remoto.



IMAGEN 1: Drone Náutico equipado con GPS y ecosonda.



IMAGEN 2: Embarcación.

Durante la toma de datos batimétricos se ha registrado el fondo mediante grabación de video, así como la posición georreferenciada de la cámara, dando como resultado filmación coordinada o VIDEO GEORREFERENCIADO.

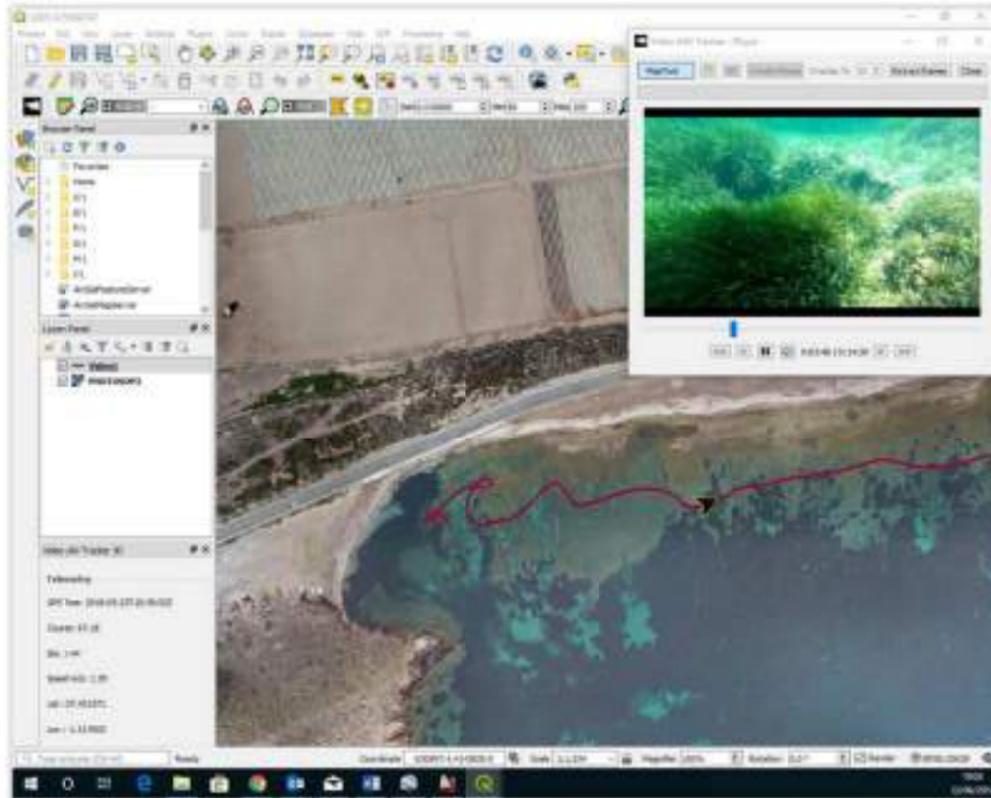


IMAGEN 3: Video georeferenciado sobre ortofoto realizada con DRONE.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DE BATIMETRÍA

La Batimetría es la técnica utilizada para el levantamiento del relieve de superficies subacuáticas.

Al igual que en los levantamientos convencionales, se hallaron las coordenadas (X, Y, Z), de los puntos del fondo marino de la zona de estudio. Las pasadas se realizaron con una separación media de 10 metros, y dentro de cada pasada se grabó un punto por segundo de media, obteniendo así un levantamiento con detalle de la zona de estudio y sus accidentes.

El método consiste en:

- **Navegación:** Inicialmente se determina una línea de contorno que permita la navegación con seguridad para evitar que la embarcación encalle. El sistema permite indicar la ruta a seguir para no crear zonas de solape no deseados, guiando la embarcación por unos perfiles predeterminados que definen el fondo del vaso con precisión.

- **Captura de datos:** Mediante la sincronización de los datos recibidos por el instrumento de medidas de profundidad (ecosonda) con el instrumento que indica planimétricamente donde se ha producido esta medida de la profundidad (GPS en RTK) se obtienen las coordenadas en cada punto.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA.

Para la toma de puntos topográficos en la zona de estudio de detalle emergida se han usado dos métodos.

-Topografía clásica.

Mediante GPS bifrecuencia, marca TOPCON, se han registrado puntos de control, líneas de fachadas de edificaciones, el límite de la zona sumergida, obteniendo así datos suficientes para poder integrar los datos de la zona sumergida con el relieve externo.

-Fotogrametría.

Mediante el uso de DRONE aéreo se ha realizado una ORTOFOTO de la zona de estudio. El trabajo con DRONE proporciona dos productos. El primer producto es la ortofoto, donde se puede apreciar el estado actual de la zona, emergida y sumergida, todo ello en verdadera magnitud, dando la posibilidad de realizar medidas fieles. El segundo producto es un modelo digital de la zona emergida por restitución fotogramétrica. Mediante puntos de apoyo tomados con GPS se integran en un mismo modelo digital los datos de superficie sumergida y emergida, proporcionando un único modelo 3D digital de la zona.

Se han instalado dos bases topográficas con coordenadas en Sistema de referencia ETRS89 cuyas coordenadas son las siguientes:

BR1.-	X= 631672.827	Y= 4143920.089	Z= 3.871
BR2.-	X= 630979.028	Y= 4143794.937	Z= 2.027



2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DE VIDEOS GEORREFERENCIADOS.

En éste apartado se trata de describir el flujo de trabajo para poder realizar y trabajar un video georeferenciado en la plataforma/software libre QGIS.

Contrata de Topografía e Ingeniería

Javier Jara Jiménez +34 679 65 47 43 javier.jara@ctin.es WWW.CTIN.ES

Contrata de Topografía e Ingeniería

Javier Jara Jiménez +34 679 65 47 43 javier.jara@ctin.es WWW.CTIN.ES

Mediante el siguiente procedimiento se unen, un recorrido registrado mediante GPS y un video. Una vez relacionados quedan conectadas la línea tiempo con la línea posición, de tal manera que se visualiza en simultáneo la imagen grabada sobre la posición de la cámara. La posición de la cámara se puede superponer sobre la línea de recorrido, sobre un mapa, ortofoto, o cualquier capa georreferenciada.

Además, es posible extraer la imagen correspondiente a un punto de coordenadas perteneciente al recorrido.

2.3.1 REQUISITOS DEL SISTEMA

OPCIÓN 1

- QGIS 2.18.16
- PLUGIN VIDEO UAV TRACKER 1.2.3.1
- K-LITE (CODECS DE VIDEO).
- VIDEO
- TRAK en formato GPX del recorrido del video.

OPCIÓN 2 (RECOMENDABLE)

- QGIS 2.99.0
- PLUGIN VIDEO UAV TRACKER 2.1
- K-LITE (CODECS DE VIDEO).
- VIDEO
- TRAK en formato GPX del recorrido del video.

2.3.2 FLUJO DE TRABAJO

UNIÓN DEL VIDEO Y EL RECORRIDO

Una vez instalado el software descrito, se ejecuta el plugin UAV TRACKER.

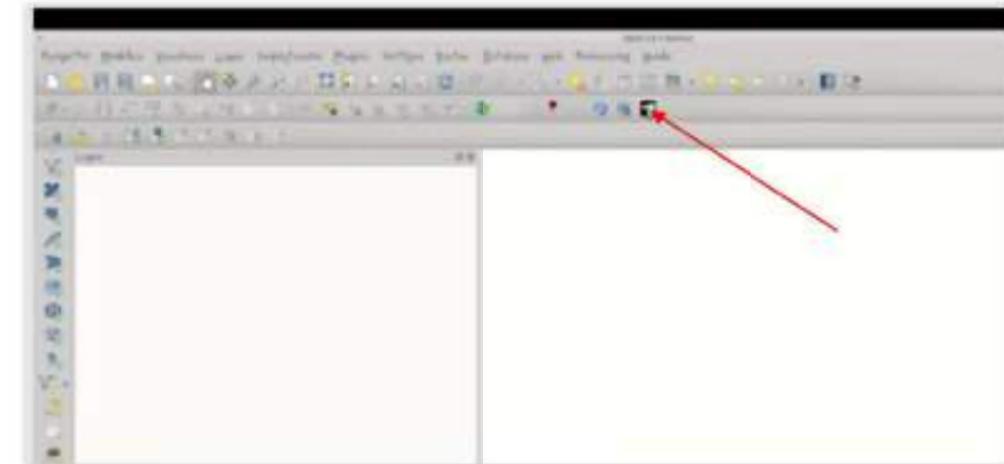


IMAGEN 3: Anotaciones.

En la pestaña open se selecciona el video, el archivo GPX.

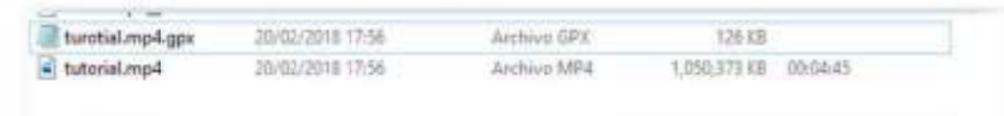
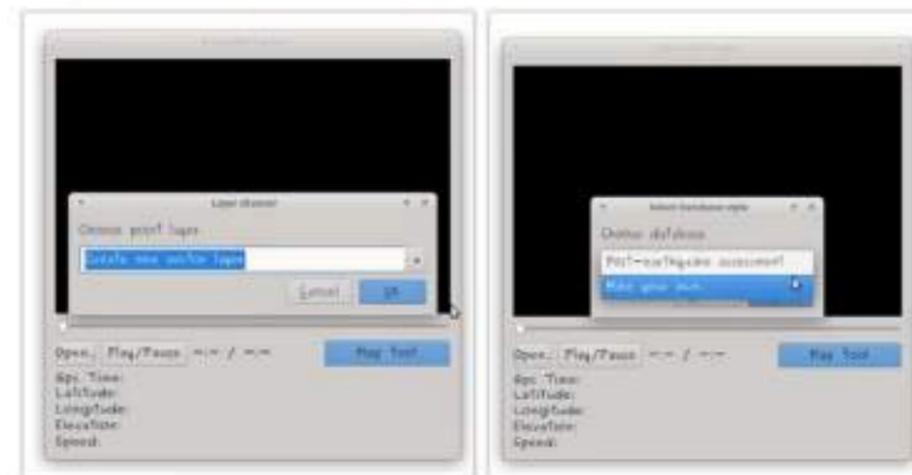


IMAGEN 4: Anotaciones.

Se crea una capa vectorial, en la que podremos posteriormente hacer todas las anotaciones que se consideren oportunas (finalidad de los videos) a la que se le insertan los siguientes campos:



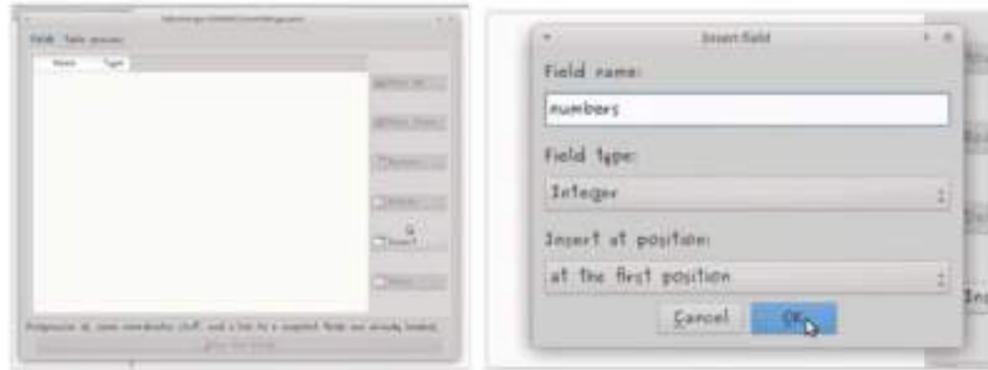
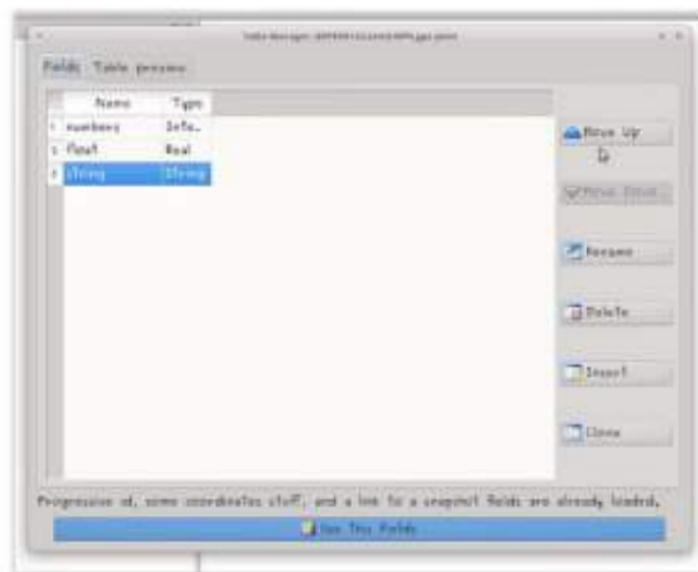
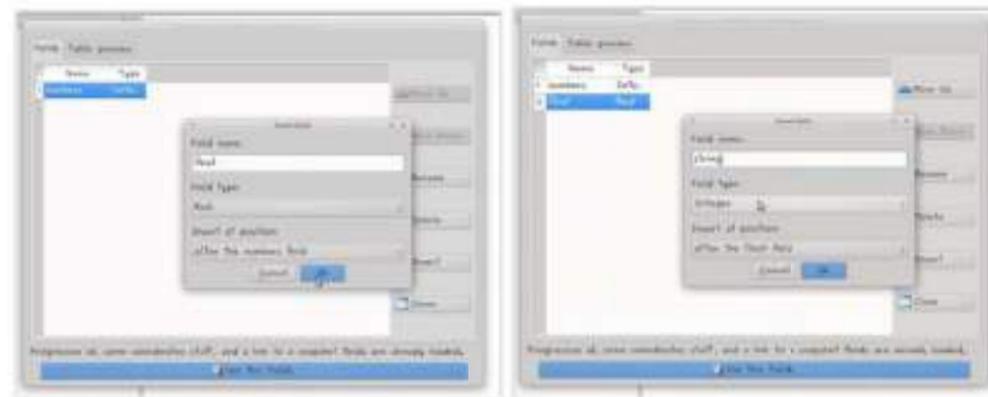


IMAGEN 5: Anotaciones.



Contrata de Topografía e Ingeniería

IMAGEN 6: Anotaciones.

Clicamos en USE THIS FIELDS.

Con éstos pasos ya tenemos el video georreferenciado funcionando. Mediante la herramienta MAP TOOL podemos hacer que el video se desplace al punto deseado.

CAPTURAS DE PUNTOS DE INTERÉS

Mediante el icono mostrado en la imagen, se abrirá un menú para crear un punto. Este punto se almacenará en la capa vectorial (shp) creada en los pasos anteriores, dándonos la opción de realizar anotaciones. La orden a su vez descargará una imagen georreferenciada correspondiente al FRAME en curso.

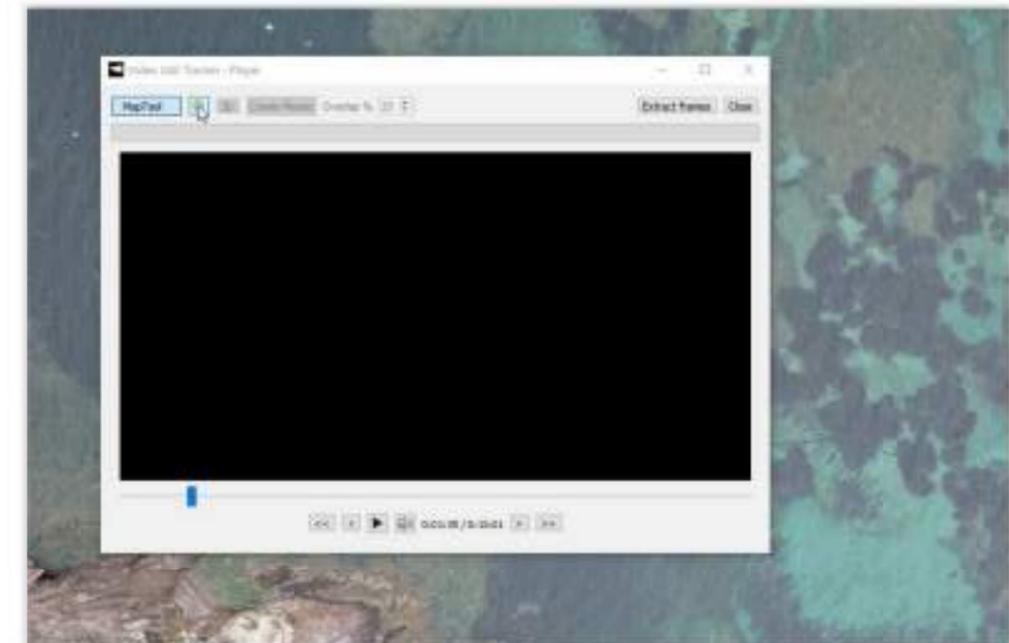


IMAGEN 8: Anotaciones.

Contrata de Topografía e Ingeniería



IMAGEN 9: Anotaciones.

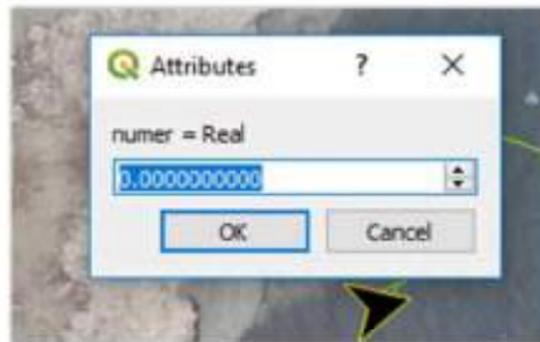


IMAGEN 10: Anotaciones.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DE CARTOGRAFÍA BIONÓMICA.

Para los trabajos de CARTOGRAFÍA BIONÓMICA, se ha utilizado tanto la ortofografía realizada mediante equipo volador no tripulado, UAV o DRONE, como los videos georreferenciados.

Mediante la observación del fondo marino se ha clasificado según los siguientes grupos:

-ARENAS

-ROCAS

-POSEIDÓNEA OCEÁNICA

-CIMODOZEA NOSODA (Sobre roca)

-CIMODOZEA NOSODA (Sobre Arena)

-CÚMULO DE POSEIDÓNEA OCEÁNICA NECROSADA

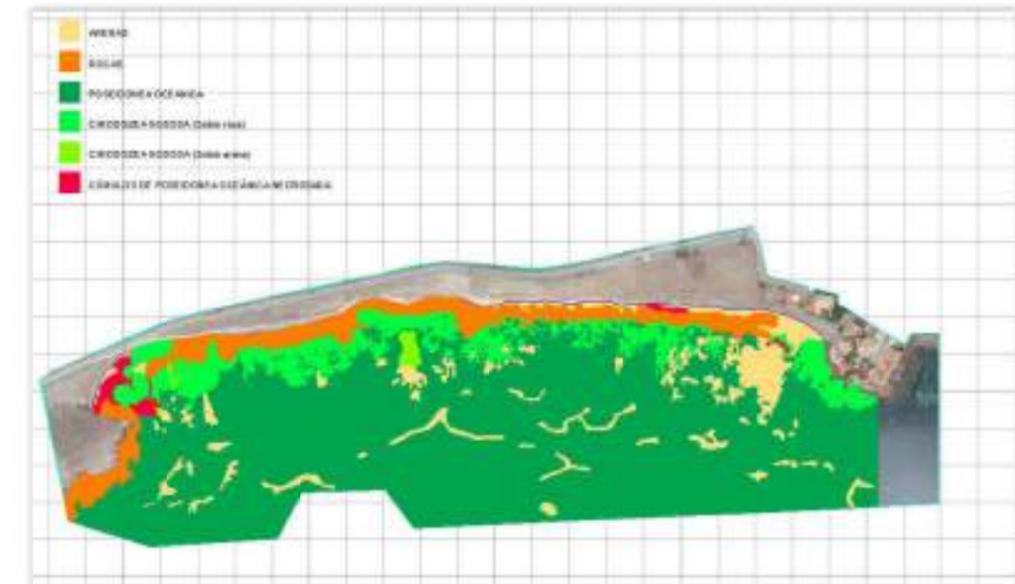


IMAGEN 11: Cartografía bionómica. Estudio basado en ortofoto RGB + Video Georreferenciado.

La imagen RGN obtenida ha sido tratada y clasificada según el software LEOWORKS, software libre de la European Space Agency, para ratificar los resultados obtenidos mediante la clasificación visual.

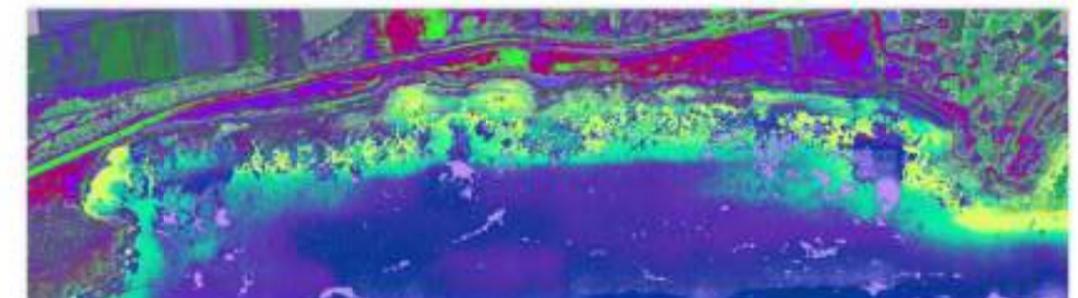


IMAGEN 11: Cartografía bionómica. Estudio basado en ortofoto RGB + Video Georreferenciado.

3 EQUIPO DE TRABAJO

Los medios y equipos de trabajo empleados fueron los siguientes:

- 1 Ingeniero Técnico Agrícola especializado en trabajos topográficos y de batimetría, con carnet de piloto de DRONES.
- 1 Equipo GPS TopCon Bifrecuencia y con capacidad de trabajar en NTRIP de precisión centimétrica.
- Embarcación de rescate tipo ZODIAC.
- DRONE náutico.
- Drone aéreo.
- Personal auxiliar.
- Sonda batimétrica Monohaz.

4 LISTADO DE ENTREGABLES

En documentación digital ANEXA se hacen entrega de los siguientes productos:

- Plano de estudio batimétrico. Escala 1:2.500. Formato A1. Curvas de nivel a 0.5m.
- Plano de estudio batimétrico. Escala 1:2.500. Formato A1. Mapa de alturas.
- Plano de caracterización bionómica. Escala 1:2.500. Formato A1.
- Plano de topografía de detalle. Escala 1:500. Formato A3.
- Ortofoto georreferenciada. Pixel 6cm.
- Videos georreferenciados. MP4+GPX+SHAPE. Unidos en Qgis (archivos VUT).
- Videos de los recorridos sobre mapa de recorrido.
- Superficie batimétrica en formato XML.

5 CONTROL DE CALIDAD

Para la realización de los trabajos se han usado equipos verificados según el plan de calidad.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Fecha de emisión: 30/06/2017
	CONTROL DE EQUIPOS	Fecha de revisión: 01/07/2017

FICHA DE VERIFICACION DEL GPS

NOMBRE DEL EQUIPO

EQUIPO N°

MARCA : TOPCON

MODEL : HIPER PRO

N° SERIE : 3414457

PATRÓN: Vértice geodésico de Loma Larga (Murcia)

(X= 644271,780; Y= 4198937,838; Z= 441,851)

MEDIDAS EQUIPO			APTO/NO APTO FIRMA y FECHA
Coordenada X	Coordenada Z	Coordenada Y	
644271,782	4198937,832	441,841	01/07/2017 - APFG

F-11-03

Responsable de Verificación de equipos:
JAVIER JARA JIMENEZ Coleg N° 1711, Dni: 08878853W

VERIFICACIÓN SONDA
08/04/2018

Numero	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Sup	Z - Sup
1	664011.049	4187105.652	218.562	218.551	0.011
2	664011.617	4187105.482	218.475	218.466	0.009
3	664013.202	4187104.724	218.049	218.046	0.003
4	664015.522	4187106.154	217.573	217.525	0.048
5	664017.060	4187109.008	217.115	217.107	0.008
6	664019.030	4187111.747	217.218	217.221	-0.003
7	664021.211	4187114.333	217.208	217.193	0.015
8	664023.533	4187116.867	217.186	217.170	0.016
9	664026.087	4187119.268	217.004	216.969	0.035
10	664028.543	4187121.388	216.774	216.759	0.015
11	664031.375	4187123.643	216.483	216.465	0.018
12	664034.107	4187125.631	215.941	215.927	0.014
13	664036.771	4187127.370	215.776	215.761	0.015
14	664039.870	4187129.258	215.174	215.157	0.017
15	664042.197	4187130.781	214.976	214.962	0.014
16	664043.469	4187132.319	214.911	214.897	0.014
17	664044.353	4187133.399	214.909	214.895	0.014
18	664045.603	4187134.812	214.864	214.853	0.011
19	664047.876	4187136.639	214.726	214.708	0.020
20	664050.968	4187137.122	213.995	213.974	0.021
21	664054.106	4187138.536	213.210	213.200	0.010
22	664056.115	4187140.838	213.199	213.189	0.010
23	664057.997	4187142.765	213.115	213.106	0.009
24	664060.233	4187144.803	213.019	213.022	-0.003
25	664062.427	4187146.860	213.785	213.793	-0.008
26	664064.642	4187148.422	214.869	214.874	-0.005
27	664066.755	4187150.055	215.808	215.812	-0.004
28	664068.326	4187150.155	216.265	216.312	-0.027
29	664070.045	4187149.394	215.971	216.002	-0.031
30	664072.052	4187148.701	216.633	216.593	0.040
31	664074.570	4187148.234	216.965	216.965	-0.000
32	664076.685	4187146.375	216.906	216.905	0.001
33	664077.868	4187143.977	216.419	216.420	-0.001
34	664079.286	4187142.150	216.033	216.032	0.001

Contrata de Topografía e Ingeniería

35	664081.438	4187140.248	215.378	215.369	-0.011
36	664083.874	4187138.559	215.619	215.618	0.001
37	664086.500	4187137.123	215.710	215.713	-0.003
38	664089.321	4187136.049	215.827	215.834	-0.007
39	664092.390	4187134.990	216.212	216.223	-0.011
40	664093.900	4187132.529	216.780	216.778	-0.018
41	664092.277	4187130.114	216.963	216.996	-0.013
42	664090.471	4187128.254	216.581	216.604	-0.023
43	664088.456	4187126.676	216.754	216.767	-0.013
44	664085.866	4187126.841	216.003	216.015	-0.012
45	664084.538	4187127.568	215.414	215.429	-0.015
46	664083.740	4187128.157	215.369	215.370	-0.001
47	664080.967	4187128.906	214.170	214.166	-0.016
48	664077.120	4187130.401	212.731	212.744	-0.013
49	664073.512	4187130.377	211.648	211.661	-0.013
50	664069.462	4187129.422	211.629	211.628	0.001
51	664065.102	4187129.429	211.621	211.622	-0.001
52	664061.292	4187129.998	211.702	211.702	0.000
53	664058.490	4187129.211	211.802	211.801	0.001
54	664055.585	4187127.703	211.795	211.794	0.001
55	664052.539	4187126.700	211.841	211.841	0.000
56	664049.380	4187126.140	211.892	211.891	0.001
57	664046.313	4187125.040	212.093	212.090	0.003
58	664043.376	4187123.735	212.728	212.713	0.015
59	664041.094	4187121.544	212.967	212.975	0.012
60	664038.867	4187119.156	213.056	213.044	0.012
61	664036.231	4187117.065	213.274	213.269	0.005
62	664033.577	4187114.896	213.598	213.586	0.012
63	664031.003	4187113.007	213.892	213.879	0.013
64	664027.822	4187111.333	214.379	214.368	0.011
65	664025.129	4187109.251	214.748	214.744	0.004
66	664022.750	4187106.896	215.163	215.166	-0.003
67	664020.488	4187104.927	216.253	216.253	0.000
68	664019.535	4187104.283	216.788	216.782	0.006
69	664019.142	4187104.191	216.946	216.936	0.010
70	664018.991	4187104.540	216.912	216.904	0.008
71	664018.139	4187105.231	216.830	216.827	0.003
72	664015.864	4187106.493	217.070	217.067	0.003

Contrata de Topografía e Ingeniería

73	664015.725	4187104.957	217.381	217.379	0.002
74	664018.040	4187103.101	217.520	217.517	0.003
75	664020.896	4187100.764	217.591	217.591	0.000
76	664023.774	4187098.647	217.884	217.882	0.002
77	664026.891	4187096.688	217.889	217.887	0.002
78	664030.367	4187094.469	217.931	217.929	0.002
79	664033.831	4187092.115	218.042	218.038	0.004
80	664037.179	4187089.655	217.941	217.943	-0.002
81	664040.334	4187087.582	218.420	218.417	0.003
82	664043.946	4187085.304	218.393	218.391	0.002
83	664050.642	4187081.329	218.326	218.326	0.000
84	664059.356	4187086.204	217.823	217.827	-0.004
85	664056.819	4187088.983	216.665	216.672	-0.007
86	664053.497	4187091.177	215.079	215.092	-0.013
87	664050.349	4187093.949	214.262	214.265	-0.003
88	664047.002	4187096.096	214.221	214.219	0.002
89	664043.730	4187098.009	214.148	214.145	0.001
90	664040.003	4187099.421	214.363	214.362	0.001
91	664035.915	4187100.966	214.806	214.803	0.003
92	664032.133	4187102.297	214.982	214.981	0.001
93	664028.457	4187103.671	215.301	215.299	0.002
94	664026.938	4187106.602	214.887	214.882	0.005
95	664028.377	4187107.334	214.304	214.301	0.003
96	664032.223	4187107.123	213.597	213.594	0.003
97	664036.052	4187106.101	213.144	213.141	0.003
98	664039.597	4187104.374	212.889	212.887	0.002
99	664043.116	4187102.610	212.786	212.785	0.001
100	664046.493	4187100.591	212.766	212.766	0.000
101	664049.809	4187098.533	212.751	212.754	-0.003
102	664053.076	4187096.361	213.068	213.062	-0.014
103	664056.265	4187094.022	214.458	214.471	-0.013
104	664059.342	4187091.582	215.779	215.794	-0.015
105	664057.662	4187084.595	217.735	217.745	-0.010
106	664056.289	4187086.573	216.686	216.702	-0.016
107	664054.563	4187088.973	215.742	215.758	-0.016
108	664052.970	4187092.119	214.753	214.760	-0.007
109	664051.043	4187094.833	213.906	213.908	-0.002
110	664049.055	4187097.493	213.353	213.350	0.003

Contrata de Topografía e Ingeniería

111	664046.874	4187100.053	212.905	212.902	0.003
112	664044.472	4187102.456	212.608	212.610	-0.002
113	664041.968	4187104.718	212.363	212.365	-0.002
114	664039.344	4187106.795	212.170	212.173	-0.003
115	664036.642	4187108.822	212.019	212.021	-0.002
116	664034.315	4187111.355	212.278	212.286	-0.010
117	664034.476	4187114.607	213.303	213.292	0.011
118	664037.538	4187116.458	213.070	213.065	0.005
119	664057.775	4187106.197	212.173	212.188	-0.015
120	664060.568	4187105.065	213.328	213.341	-0.013
121	664063.812	4187103.851	214.453	214.467	-0.014
122	664066.885	4187102.799	215.560	215.577	-0.017
123	664069.827	4187103.144	216.550	216.564	-0.014
124	664070.002	4187105.794	216.340	216.349	-0.009
125	664068.260	4187107.814	215.181	215.195	-0.014
126	664066.622	4187109.363	214.526	214.534	-0.008
127	664064.436	4187111.349	213.467	213.478	-0.011
128	664062.290	4187112.810	212.472	212.486	-0.014
129	664060.374	4187114.916	211.525	211.538	-0.013
130	664058.604	4187117.405	211.670	211.668	0.002
131	664056.521	4187119.561	211.664	211.664	-0.000
132	664054.291	4187121.821	211.758	211.757	0.001
133	664051.420	4187122.318	211.804	211.803	0.001
134	664048.308	4187123.043	211.865	211.865	0.000
135	664045.843	4187124.693	211.936	211.940	-0.004
136	664043.839	4187126.605	213.234	213.220	0.014
137	664041.910	4187129.223	214.357	214.349	0.008
138	664039.525	4187130.734	215.369	215.362	0.007
139	664037.237	4187132.648	216.352	216.341	0.011
140	664035.400	4187135.089	217.494	217.492	0.002
141	664036.193	4187138.138	218.390	218.376	0.014
142	664038.003	4187140.712	218.044	218.037	0.007
143	664040.079	4187143.228	218.106	218.103	0.003
144	664042.377	4187145.712	218.000	217.992	0.008
145	664044.498	4187148.536	218.510	218.493	0.017
146	664046.728	4187151.149	217.945	217.940	0.005
147	664048.874	4187153.805	217.959	217.962	-0.003
148	664051.205	4187156.410	218.471	218.454	0.017

Contrata de Topografía e Ingeniería

149	664054.245	4187158.120	218.081	218.058	0.023
150	664057.482	4187157.267	217.236	217.202	0.034
151	664060.428	4187155.872	216.742	216.743	-0.001
152	664062.918	4187153.796	216.561	216.549	0.012
153	664065.571	4187152.208	216.426	216.428	-0.002
154	664068.477	4187151.092	216.640	216.837	0.003
155	664071.643	4187150.229	217.065	217.069	-0.004
156	664074.238	4187148.686	217.145	217.142	0.003
157	664077.162	4187147.095	217.112	217.116	-0.004
158	664080.113	4187146.027	217.357	217.363	-0.006
159	664082.926	4187144.166	217.388	217.390	-0.002
160	664085.673	4187142.789	217.417	217.419	-0.002
161	664088.517	4187141.358	217.488	217.492	-0.004
162	664090.647	4187138.915	217.281	217.280	0.001
163	664092.650	4187136.523	216.911	216.913	-0.002
164	664094.293	4187133.752	216.752	216.767	-0.015
165	664093.767	4187130.792	217.150	217.164	-0.014
166	664091.235	4187129.925	216.905	216.904	0.001
167	664088.875	4187131.894	215.706	215.720	-0.014
168	664086.446	4187134.221	214.978	214.981	-0.005
169	664083.625	4187135.581	214.709	214.713	-0.004
170	664080.562	4187136.549	214.517	214.518	-0.001
171	664077.536	4187137.136	214.058	214.061	-0.003
172	664074.835	4187138.490	213.882	213.882	0.000
173	664072.479	4187140.519	214.114	214.115	-0.001
174	664069.486	4187141.974	214.046	214.047	-0.001
175	664066.577	4187142.913	213.755	213.771	-0.016
176	664064.129	4187144.273	213.635	213.638	-0.003
177	664061.663	4187146.438	213.805	213.803	0.002
178	664059.801	4187148.959	214.263	214.266	-0.003
179	664058.405	4187151.760	215.094	215.095	-0.001
180	664056.286	4187153.697	215.978	215.969	0.009
181	664054.023	4187152.560	216.555	216.544	0.011
182	664052.203	4187150.408	216.666	216.653	0.013
183	664050.291	4187148.328	216.683	216.671	0.012
184	664047.754	4187146.994	217.026	217.012	0.014
185	664045.124	4187145.663	217.569	217.554	0.015
186	664043.338	4187143.635	217.668	217.650	0.016

Contrata de Topografía e Ingeniería

187	664041.445	4187141.354	217.668	217.658	0.010
188	664039.710	4187139.236	217.717	217.705	0.012
189	664040.043	4187137.013	217.371	217.356	0.015
190	664042.305	4187135.798	216.345	216.330	0.015
191	664045.083	4187134.354	215.160	215.140	0.020
192	664047.666	4187132.919	214.081	214.067	0.014
193	664050.328	4187131.754	212.990	212.971	0.019
194	664053.224	4187130.726	211.942	211.940	0.002
195	664056.862	4187129.411	211.694	211.690	0.004
196	664060.200	4187128.198	211.759	211.758	0.001
197	664063.257	4187127.141	211.747	211.745	0.002
198	664066.829	4187126.199	211.612	211.611	0.001
199	664069.579	4187124.371	211.572	211.583	-0.011
200	664072.136	4187122.374	212.599	212.613	-0.014
201	664075.114	4187121.274	213.746	213.763	-0.017
202	664076.348	4187121.123	214.740	214.755	-0.015
203	664081.568	4187122.021	215.415	215.432	-0.017
204	664084.950	4187122.509	216.324	216.339	-0.015
205	664087.825	4187121.979	217.201	217.230	-0.029
206	664070.986	4187104.911	216.654	216.665	-0.011
207	664068.478	4187103.151	216.123	216.137	-0.014
208	664065.795	4187102.061	215.848	215.857	-0.009
209	664063.410	4187101.494	215.167	215.179	-0.012
210	664063.593	4187100.354	215.318	215.331	-0.013
211	664066.011	4187099.581	216.137	216.149	-0.012
212	664068.923	4187100.040	216.951	216.962	-0.011
213	664063.799	4187096.663	216.582	216.588	-0.006
214	664062.413	4187099.160	215.471	215.483	-0.012
215	664060.482	4187101.165	215.202	215.204	-0.002
216	664058.452	4187103.152	213.619	213.637	-0.018
217	664056.342	4187104.951	212.552	212.563	-0.011
218	664054.171	4187106.581	212.560	212.558	0.002
219	664051.986	4187108.189	212.523	212.522	0.001
220	664049.878	4187110.008	212.541	212.539	0.002
221	664047.642	4187111.606	212.582	212.580	0.002
222	664045.543	4187113.033	212.576	212.575	0.001
223	664043.562	4187113.935	212.582	212.582	0.000
224	664041.781	4187114.485	212.564	212.564	-0.000

Contrata de Topografía e Ingeniería

225	664040.929	4187114.940	212.554	212.554	-0.000
226	664057.033	4187160.489	218.064	218.048	0.016
227	664056.603	4187158.859	217.542	217.533	0.009
228	664056.511	4187157.012	217.045	217.033	0.012
229	664055.356	4187155.108	216.815	216.786	0.029
230	664053.819	4187153.189	216.769	216.774	0.015
231	664051.820	4187151.712	217.037	217.023	0.014
232	664050.003	4187150.843	217.308	217.296	0.012
233	664048.253	4187149.902	217.642	217.628	0.014
234	664046.589	4187148.920	217.898	217.885	0.013
235	664044.951	4187148.196	218.238	218.225	0.013
236	664042.300	4187146.004	218.067	218.078	0.009
237	664041.842	4187143.249	218.163	218.144	0.019
238	664041.418	4187140.004	217.508	217.493	0.015
239	664039.353	4187136.896	217.180	217.170	0.010
240	664036.746	4187134.262	217.359	217.334	0.025
241	664033.941	4187131.886	217.536	217.520	0.016
242	664031.484	4187129.439	217.761	217.746	0.015
243	664028.889	4187126.475	217.852	217.838	0.014
244	664026.590	4187123.877	217.919	217.905	0.014
245	664024.327	4187120.598	217.810	217.796	0.014
246	664022.031	4187117.597	217.726	217.714	0.012
247	664019.728	4187114.875	217.794	217.779	0.015
248	664018.714	4187111.482	217.348	217.340	0.008
249	664020.243	4187108.480	216.395	216.379	0.016
250	664023.424	4187108.153	215.302	215.292	0.010
251	664025.896	4187110.238	214.838	214.828	0.010
252	664028.572	4187113.130	214.771	214.754	0.017
253	664031.160	4187115.664	214.584	214.569	0.015
254	664033.002	4187117.881	214.557	214.542	0.015
255	664035.187	4187120.199	214.501	214.486	0.015
256	664037.386	4187122.227	214.337	214.325	0.012
257	664039.606	4187124.208	214.149	214.134	0.015
258	664041.918	4187126.092	213.918	213.900	0.018
259	664044.166	4187128.030	213.898	213.872	0.026
260	664046.109	4187130.302	213.647	213.631	0.016
261	664047.368	4187132.786	213.826	213.860	-0.034
262	664048.403	4187135.798	214.229	214.216	0.013

Contrata de Topografía e Ingeniería

263	664050.009	4187138.420	214.427	214.408	0.019
264	664052.246	4187140.488	214.265	214.270	0.015
265	664053.992	4187142.711	214.260	214.248	0.012
266	664054.968	4187145.677	214.657	214.645	0.012
267	664055.593	4187148.840	215.203	215.192	0.011
268	664057.045	4187151.578	215.368	215.357	0.009
269	664059.139	4187153.771	215.716	215.721	-0.005
270	664061.344	4187155.774	216.566	216.579	-0.013
271	664063.671	4187157.622	217.504	217.537	-0.033
272	664064.534	4187157.594	218.322	218.314	0.008
273	664063.927	4187157.107	217.753	217.733	0.020
274	664065.944	4187157.006	218.150	218.153	-0.003
275	664066.192	4187156.135	218.365	218.366	-0.001
276	664078.947	4187149.417	218.278	218.281	-0.003
277	664096.805	4187131.090	218.267	218.266	0.001
278	664093.902	4187132.947	217.172	217.047	0.125
279	664091.388	4187135.131	216.204	216.206	-0.002
280	664089.006	4187137.014	216.217	216.218	-0.001
281	664086.302	4187139.218	216.333	216.335	-0.002
282	664083.674	4187141.238	216.490	216.499	-0.009
283	664080.887	4187143.517	216.703	216.699	0.004
284	664078.032	4187145.747	216.852	216.858	-0.006
285	664075.288	4187148.042	217.011	217.014	-0.003
286	664072.504	4187150.288	217.251	217.249	0.002
287	664069.668	4187152.566	217.450	217.455	-0.005
288	664067.030	4187154.564	217.544	217.554	-0.010
289	664064.049	4187156.804	217.735	217.746	-0.011
290	664061.373	4187158.657	217.762	217.767	-0.005
291	664057.718	4187158.652	217.491	217.456	0.035
292	664059.578	4187156.484	216.865	216.877	0.008
293	664061.599	4187154.332	216.477	216.479	-0.002
294	664063.653	4187152.212	216.175	216.176	-0.001
295	664065.666	4187150.314	215.929	215.921	0.008
296	664067.891	4187148.363	215.777	215.782	-0.005
297	664070.333	4187146.491	215.498	215.491	0.007
298	664072.221	4187145.315	215.588	215.588	-0.000
299	664073.673	4187144.663	215.657	215.660	-0.003
300	664074.600	4187144.510	215.823	215.826	-0.003

Contrata de Topografía e Ingeniería

301	664075.565	4187144.684	216.040	216.044	-0.004
302	664077.323	4187144.412	216.328	216.335	-0.009
303	664079.516	4187143.139	216.340	216.342	-0.002
304	664081.029	4187142.669	216.483	216.466	0.017
305	664084.046	4187141.240	216.640	216.641	-0.001
306	664087.877	4187138.987	216.508	216.512	-0.004
307	664091.015	4187136.661	216.497	216.503	-0.006
308	664093.821	4187134.280	216.638	216.650	-0.012
309	664093.092	4187133.119	216.538	216.558	-0.020
310	664089.543	4187134.629	215.682	215.688	-0.006
311	664085.984	4187137.075	215.321	215.336	-0.015
312	664082.466	4187138.784	215.496	215.495	0.001
313	664079.359	4187140.070	215.372	215.369	0.003
314	664078.399	4187141.274	215.112	215.115	-0.003
315	664073.137	4187143.499	215.072	215.076	-0.004
316	664070.144	4187146.188	215.384	215.387	-0.003
317	664067.770	4187149.388	215.828	215.827	-0.001
318	664065.793	4187153.190	216.727	216.801	-0.074
319	664064.302	4187156.852	217.425	217.480	-0.055
320	664062.358	4187157.806	217.827	217.816	0.011
321	664060.286	4187158.463	217.515	217.523	-0.008
322	664058.710	4187159.956	217.661	217.661	-0.000
323	664054.191	4187157.530	217.673	217.680	0.013
324	664052.858	4187156.303	217.820	217.805	0.015
325	664052.293	4187155.313	217.788	217.774	0.014
326	664052.199	4187154.335	217.656	217.642	0.014
327	664053.324	4187154.053	217.249	217.231	0.018
328	664054.447	4187154.459	216.963	216.944	0.019
329	664054.858	4187155.652	216.999	216.991	0.008
330	664055.326	4187157.749	217.423	217.414	0.009
331	664057.412	4187159.971	217.697	217.689	0.008
332	664060.195	4187159.945	217.987	217.966	0.021
333	664062.584	4187158.671	218.073	218.078	-0.005
334	664065.113	4187157.034	218.072	218.074	-0.002
335	664067.608	4187155.359	217.998	217.996	0.000
336	664070.126	4187153.652	217.939	217.941	-0.002
337	664072.807	4187151.726	217.894	217.877	0.017
338	664075.902	4187149.595	217.767	217.763	0.004

Contrata de Topografía e Ingeniería

339	664078.997	4187147.448	217.702	217.702	0.000
340	664082.052	4187145.185	217.578	217.579	-0.001
341	664085.170	4187143.127	217.485	217.484	0.001
342	664088.240	4187141.015	217.484	217.482	0.002
343	664091.241	4187138.762	217.307	217.309	-0.002
344	664094.427	4187136.653	217.209	217.215	-0.006
345	664097.352	4187134.380	217.553	217.559	-0.006
346	664091.781	4187128.624	217.736	217.749	-0.013
347	664088.936	4187126.132	217.066	217.076	-0.010
348	664085.962	4187125.621	216.169	216.182	-0.013
349	664083.135	4187124.419	215.657	215.672	-0.015
350	664080.720	4187122.352	215.393	215.395	-0.002
351	664078.533	4187120.267	215.220	215.234	-0.014
352	664076.184	4187118.401	215.060	215.073	-0.013
353	664074.156	4187116.361	214.832	214.846	-0.014
354	664071.802	4187114.170	214.710	214.724	-0.014
355	664069.414	4187112.321	214.504	214.517	-0.013
356	664067.038	4187110.768	214.095	214.110	-0.015
357	664064.590	4187108.606	213.882	213.896	-0.014
358	664061.478	4187108.004	212.758	212.775	-0.017
359	664058.702	4187109.649	212.063	212.071	-0.008
360	664056.435	4187111.548	211.564	211.570	-0.006
361	664054.036	4187113.885	211.627	211.626	0.001
362	664053.916	4187116.976	211.668	211.668	0.000
363	664055.635	4187119.460	211.723	211.722	0.001
364	664057.794	4187122.143	211.720	211.719	0.001
365	664059.973	4187124.473	211.667	211.666	0.001
366	664062.271	4187126.682	211.727	211.726	0.001
367	664064.657	4187128.745	211.673	211.671	0.002
368	664066.999	4187130.544	211.694	211.693	0.001
369	664069.789	4187132.424	211.683	211.683	0.000
370	664072.512	4187134.083	211.793	211.798	-0.005
371	664075.350	4187135.592	212.450	212.460	-0.010
372	664077.218	4187137.075	213.698	213.731	-0.033
373	664078.497	4187138.449	214.517	214.521	-0.004
374	664080.033	4187140.325	215.412	215.409	0.003
375	664081.689	4187142.468	216.200	216.208	-0.008
376	664081.282	4187144.978	217.214	217.219	-0.005

Contrata de Topografía e Ingeniería

377	664079.258	4187146.712	217.444	217.445	-0.001
378	664077.264	4187148.296	217.610	217.612	-0.002
379	664074.985	4187148.984	217.392	217.389	0.003
380	664072.733	4187149.673	217.156	217.158	-0.002
381	664070.266	4187148.283	216.395	216.385	0.010
382	664069.204	4187146.246	215.428	215.421	0.007
383	664068.143	4187144.271	214.618	214.608	0.010
384	664066.786	4187142.074	213.678	213.672	0.006
385	664064.931	4187139.592	212.516	212.518	-0.002
386	664062.800	4187137.281	211.869	211.869	0.001
387	664060.604	4187135.334	211.825	211.825	-0.000
388	664058.027	4187133.531	211.818	211.819	-0.001
389	664055.022	4187131.938	211.912	211.911	0.001
390	664052.218	4187130.865	211.942	211.942	0.000
391	664049.032	4187129.558	212.446	212.440	0.006
392	664046.169	4187128.133	212.991	212.980	0.011
393	664043.147	4187127.073	213.615	213.599	0.016
394	664040.311	4187126.006	214.257	214.247	0.010
395	664037.147	4187124.709	214.845	214.834	0.011
396	664034.054	4187123.883	215.504	215.492	0.012
397	664031.721	4187122.212	215.913	215.900	0.013
398	664029.572	4187119.881	216.057	216.043	0.014
399	664027.199	4187117.380	216.150	216.136	0.014
400	664025.092	4187114.998	216.155	216.142	0.013
401	664023.904	4187112.091	215.720	215.710	0.010
402	664022.919	4187109.123	215.502	215.490	0.012
403	664023.854	4187106.472	215.231	215.231	0.000
404	664026.474	4187106.703	215.093	215.081	0.012
405	664029.484	4187108.401	213.799	213.796	0.003
406	664032.109	4187110.251	212.993	212.986	0.007
407	664034.176	4187112.527	212.903	212.897	0.006
408	664039.302	4187117.065	212.523	212.521	0.002
409	664042.003	4187118.996	212.174	212.174	-0.000
410	664044.827	4187120.888	211.923	211.922	0.001
411	664047.713	4187122.492	211.923	211.922	0.001
412	664050.684	4187124.069	211.822	211.822	0.000
413	664053.344	4187125.789	211.844	211.843	0.001
414	664055.869	4187128.425	211.750	211.753	-0.003

Contrata de Topografía e Ingeniería

415	664057.786	4187131.314	211.829	211.828	0.001
416	664059.856	4187134.065	211.841	211.841	0.000
417	664062.069	4187136.661	211.808	211.810	-0.002
418	664064.388	4187139.115	211.834	211.850	-0.016
419	664066.674	4187141.284	213.041	213.044	-0.003
420	664069.040	4187143.701	214.271	214.277	-0.006
421	664071.659	4187146.080	215.286	215.296	-0.010
422	664074.215	4187148.300	216.547	216.589	-0.042
423	664076.867	4187149.931	217.652	217.662	-0.010
424	664081.321	4187146.272	218.039	218.035	0.004
425	664079.695	4187143.879	217.025	217.012	0.013
426	664076.330	4187143.705	215.977	215.979	-0.002
427	664073.436	4187145.289	215.783	215.786	-0.003
428	664072.084	4187148.547	216.453	216.450	0.003
429	664071.538	4187151.656	217.190	217.204	-0.014
430	664070.204	4187154.687	218.133	218.175	-0.042
431	664067.664	4187156.166	218.244	218.250	-0.006
432	664064.672	4187156.685	218.003	218.001	0.002
433	664063.093	4187154.367	217.118	217.082	0.036
434	664060.989	4187152.217	215.751	215.732	0.019
435	664057.920	4187152.957	215.541	215.533	0.008
436	664055.829	4187155.248	216.446	216.440	0.006
437	664053.408	4187157.602	217.510	217.589	-0.079
438	664050.840	4187157.082	218.590	218.577	0.013
439	664051.127	4187154.769	218.286	218.265	0.021
440	664053.442	4187152.834	217.265	217.241	0.044
441	664056.045	4187151.042	215.839	215.824	0.015
442	664058.706	4187149.291	214.763	214.746	0.017
443	664061.444	4187147.682	214.256	214.251	0.005
444	664064.247	4187146.142	214.265	214.267	-0.002
445	664067.090	4187144.683	214.370	214.378	-0.008
446	664069.920	4187143.225	214.431	214.433	-0.002
447	664072.801	4187141.782	214.567	214.568	-0.001
448	664075.699	4187140.436	214.687	214.689	-0.002
449	664078.591	4187139.084	214.823	214.825	-0.002
450	664081.547	4187137.910	215.017	215.019	-0.002
451	664084.566	4187136.893	215.265	215.264	0.001
452	664087.534	4187135.600	215.497	215.500	-0.003

Contrata de Topografía e Ingeniería

453	664088.945	4187132.989	215.307	215.324	-0.017
454	664087.809	4187130.044	215.830	215.842	-0.012
455	664084.584	4187130.051	215.176	215.184	-0.008
456	664082.167	4187131.980	213.773	213.790	-0.017
457	664079.583	4187134.938	213.879	213.882	-0.003
458	664077.217	4187138.081	214.129	214.135	-0.006
459	664075.163	4187140.856	214.646	214.652	-0.006
460	664072.982	4187143.912	215.199	215.201	-0.002
461	664070.823	4187146.855	215.621	215.615	0.006
462	664068.387	4187150.100	216.326	216.318	0.008
463	664065.886	4187153.299	216.900	216.903	-0.003
464	664063.001	4187156.673	217.407	217.409	-0.002
465	664060.450	4187159.916	217.857	217.869	-0.032
466	664060.807	4187160.230	218.407	218.407	-0.000
467	664060.707	4187158.058	217.598	217.597	-0.001
468	664061.250	4187156.071	216.929	216.907	0.022
469	664060.852	4187155.526	216.812	216.795	0.017
470	664057.832	4187154.585	216.178	216.169	0.009
471	664055.915	4187153.186	216.155	216.136	0.019
472	664053.701	4187151.486	216.393	216.383	0.010
473	664051.330	4187149.506	216.675	216.662	0.013
474	664048.144	4187147.205	216.915	216.902	0.013
475	664045.065	4187144.751	217.359	217.345	0.014
476	664042.269	4187141.831	217.526	217.513	0.013
477	664038.695	4187135.963	217.790	217.775	0.015
478	664033.728	4187132.640	217.831	217.815	0.016
479	664031.023	4187129.635	217.956	217.941	0.015
480	664028.286	4187126.377	217.960	217.951	0.009
481	664025.833	4187123.222	217.935	217.922	0.013
482	664023.577	4187120.140	217.922	217.909	0.013
483	664021.305	4187117.283	217.886	217.873	0.013
484	664019.588	4187114.461	217.824	217.809	0.015
485	664020.289	4187111.527	217.190	217.174	0.016
486	664023.058	4187110.098	215.868	215.849	0.019
487	664026.118	4187111.116	215.095	215.072	0.023
488	664028.909	4187113.902	214.856	214.840	0.016
489	664031.643	4187116.469	214.642	214.627	0.015
490	664034.620	4187119.392	214.501	214.484	0.017

Contrata de Topografía e Ingeniería

491	664038.064	4187122.157	214.171	214.155	0.016
492	664041.157	4187124.952	213.862	213.865	0.017
493	664044.107	4187128.033	213.730	213.832	-0.102
494	664046.925	4187131.293	213.635	213.621	0.014
495	664049.545	4187134.686	213.635	213.621	0.014
496	664052.245	4187138.211	213.713	213.697	0.016
497	664054.718	4187141.461	213.736	213.723	0.013
498	664057.304	4187145.437	213.928	213.915	0.013
499	664059.573	4187148.683	214.251	214.251	-0.000
500	664061.689	4187152.085	215.467	215.472	-0.005
501	664064.086	4187154.400	216.613	216.620	-0.007
502	664067.214	4187153.993	217.467	217.469	-0.002
503	664070.482	4187152.211	217.561	217.551	0.010
504	664071.443	4187149.563	217.027	217.022	0.005
505	664069.896	4187146.551	215.824	215.790	0.034
506	664067.482	4187143.229	214.325	214.321	0.004
507	664064.902	4187140.293	212.618	212.621	-0.003
508	664061.501	4187137.371	211.834	211.834	-0.000
509	664058.141	4187135.296	211.875	211.874	0.001
510	664054.507	4187135.077	211.927	211.926	0.001
511	664051.710	4187137.598	213.464	213.453	0.011
512	664051.335	4187140.961	214.577	214.566	0.011
513	664052.493	4187145.047	215.188	215.175	0.013
514	664054.117	4187149.189	215.710	215.697	0.013
515	664056.083	4187153.258	216.087	216.074	0.013
516	664058.045	4187156.873	216.648	216.652	-0.004
517	664057.754	4187158.388	217.262	217.259	0.003
518	664055.374	4187156.218	217.035	217.017	0.018
519	664053.246	4187153.405	217.101	217.082	0.019
520	664053.012	4187150.429	216.454	216.436	0.018
521	664054.471	4187148.854	215.361	215.330	0.031
522	664056.206	4187143.497	213.982	213.965	0.017
523	664058.297	4187139.788	212.552	212.546	0.006
524	664060.887	4187136.661	211.914	211.910	0.004
525	664063.560	4187133.536	211.832	211.831	0.001
526	664066.308	4187130.444	211.717	211.713	0.004
527	664069.102	4187127.333	211.584	211.568	-0.004
528	664072.226	4187124.813	212.004	212.019	-0.015

Contrata de Topografía e Ingeniería

529	664075.494	4187122.215	213.597	213.611	-0.014
530	664078.785	4187120.585	214.967	215.024	-0.037
531	664081.846	4187121.347	215.777	215.792	-0.015
532	664083.226	4187124.071	215.764	215.793	-0.009
533	664082.089	4187126.971	214.955	214.966	-0.011
534	664079.926	4187129.977	213.592	213.606	-0.014
535	664077.167	4187133.511	212.581	212.597	-0.016
536	664074.535	4187136.565	213.097	213.089	0.008
537	664072.085	4187139.991	213.711	213.715	-0.004
538	664069.616	4187143.356	214.339	214.350	-0.011
539	664067.460	4187146.479	215.014	215.020	-0.006
540	664065.432	4187149.566	215.439	215.444	-0.005
541	664063.178	4187152.726	216.090	216.099	-0.009
542	664060.683	4187156.162	216.595	216.617	-0.022
543	664058.705	4187159.251	217.305	217.310	-0.005
544	664056.898	4187159.442	217.597	217.596	0.001
545	664053.638	4187157.650	217.883	217.868	0.015
546	664051.451	4187155.207	218.014	218.001	0.013
547	664049.325	4187152.348	217.933	217.919	0.014
548	664047.082	4187149.240	217.910	217.892	0.018
549	664045.285	4187146.396	217.803	217.782	0.021
550	664043.504	4187143.220	217.503	217.489	0.014

Responsable de Verificación de equipos:
JAVIER JARA JIMENEZ Coleg N° 1711, Dni: 08678853W

Desviación	<5cm
Apto/No apto	Apto
Fecha Verificación	08/04/2018
Fecha próxima Verificación	08/04/2019

Marcos a 08 de Abril de 2018



Fdo. Javier Jara Jiménez:

Contrata de Topografía e Ingeniería

ANEJO 4. CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA

ANEJO 04. CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA

1	INTRODUCCIÓN	2
2	UNIDADES FISIográfICAS	2
3	RED FLUVIAL.....	2
4	ENCUADRE GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO	3
5	MORFOLOGÍA DE LOS FONDOS.....	4
6	ANÁLISIS DEL SEDIMENTO	5
7	INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES.....	6

APÉNDICE 1. PLANOS CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA

APÉNDICE 2. FICHAS GRANULOMÉTRICAS

1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se analizan las características principales de la playa de La Cola, imprescindibles para poder abordar el diseño de las obras que definen el presente Proyecto de Construcción.

2 UNIDADES FISIAGRÁFICAS

Desde el punto de vista físico la playa de La Cola se localiza, dentro del litoral murciano, en el sector Suroeste, el cual engloba los tramos de costa que se extienden desde Punta de La Azohía a Cala Reona, caracterizada como una costa baja, interrumpida por promontorios montañosos.



Figura 1. Tramo Punta de la Azohía-Cala Reona objeto del Proyecto

La zona situada entre Cabo Cope y Cala Reona, sigue una configuración con relieves abruptos que configuran una costa escarpada de entrantes y salientes que abrigan pequeñas playas encajadas entre tramos acantilados con escasa comunicación sedimentaria entre ellas. De forma general se trata de playas de bolos y sectores costeros Regresivos. Dada la discontinuidad del borde costero, no puede hablarse de una corriente sedimentaria litoral significativa en este sector.

Desde el punto de vista fisiográfico y de gestión del territorio, de acuerdo a la Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa de la DGC, la playa de La Cola se enmarca en la **Unidad Límite de la provincia de Almería - Cabo Cope**.

Esta unidad comienza en el límite entre Calabardina y Cabo Cope y termina en el límite del término municipal de Águilas con Lorca. Tiene una longitud total de 11,7 km, de los cuales de playa son 1,6 km, acantilados 9 km y fangos sobre consolidados 1,1 km. Cabo Cope se caracteriza por ser una costa de acantilados escarpados y a partir de él hacia Lorca se da una alternancia de costa baja con calas encajadas y acantilados bajos y medios.

3 RED FLUVIAL

La red fluvial de la Región de Murcia se articula en torno al río Segura. Su cuenca hidrográfica En la playa de la Cola se identifica un pequeño curso fluvial de 1075 metros de longitud, cuya desembocadura se localiza en la parte central de la misma. Actualmente las pequeñas aportaciones naturales de sedimentos que se producen en la playa provienen de dicho arroyo, siendo de carácter torrencial y de muy poca entidad.

Asimismo existía otro pequeño curso fluvial al Oeste de la playa, hoy desaparecido como consecuencia de la transformación del medio físico, que tiene su continuación en un surco submarino, que posiblemente sea un pequeño sumidero de sedimentos.

En la playa contigua de Calabardina desemboca la Rambla de Taray, de mayor envergadura que la anterior. El transporte de sedimentos entre éstas es reducido, debido a la presencia de un saliente geográfico que reduce considerablemente la comunicación sedimentaria entre ambas playas.

Aparte de estos dos aportes de cierta entidad, existen otros pequeños reguerillos de concentración de agua pluvial que prácticamente hay que "buscar" en ortofotos históricas.

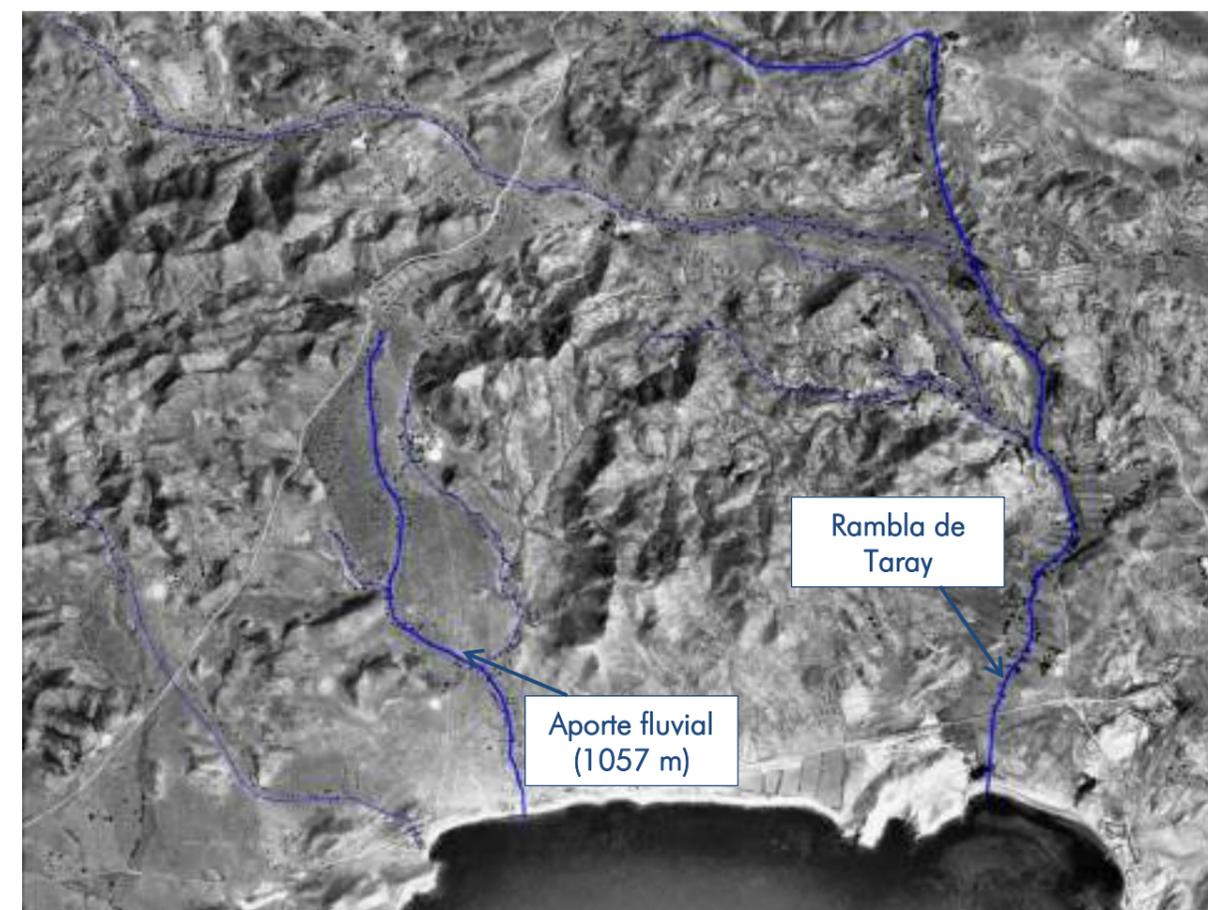


Figura 2. Red fluvial Playa de La Cola 1957



Figura 3. Red fluvial actual Playa de La Cola

Esta es sin duda una de las causas del estado actual de regresión que está sufriendo la playa de la Cola, en la que al tiempo que han desaparecido las aportaciones de sedimento, se encuentra expuesta a las consecuencias del Cambio Climático.

4 ENCUADRE GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

La playa de la Cola se encuentra en las estribaciones de la Sierra de la Almenara que junto con las Sierras de Moreras y Cabo Cope se alzan bruscamente entre los términos municipales de Lorca, Águilas y Mazarrón, cerca del límite entre Murcia y Almería.

El **Mapa Geológico** de España 1:50.000 Hoja de Cope (997B) del IGME, encuadra la zona de estudio dentro del sector suroccidental de la zona Bética. Se identifican cuarcitas, areniscas, filitas y metaconglomerados del complejo Alpujarride inferior así como materiales Porstorogénicos del Cuaternario correspondiente a la playa.

El tramo Paleozoico Alpujarride Inferior está formado por una serie monótona de micaesquistos negros, con granates, estaurólita y cloritoides entre los que se intercalan numerosos bancos de cuarcitas grises oscuras.

Los materiales cuaternarios están representados por los aluviales de las ramblas, en donde predominan las arenas, formadas por fragmentos de esquistos y cuarzo.

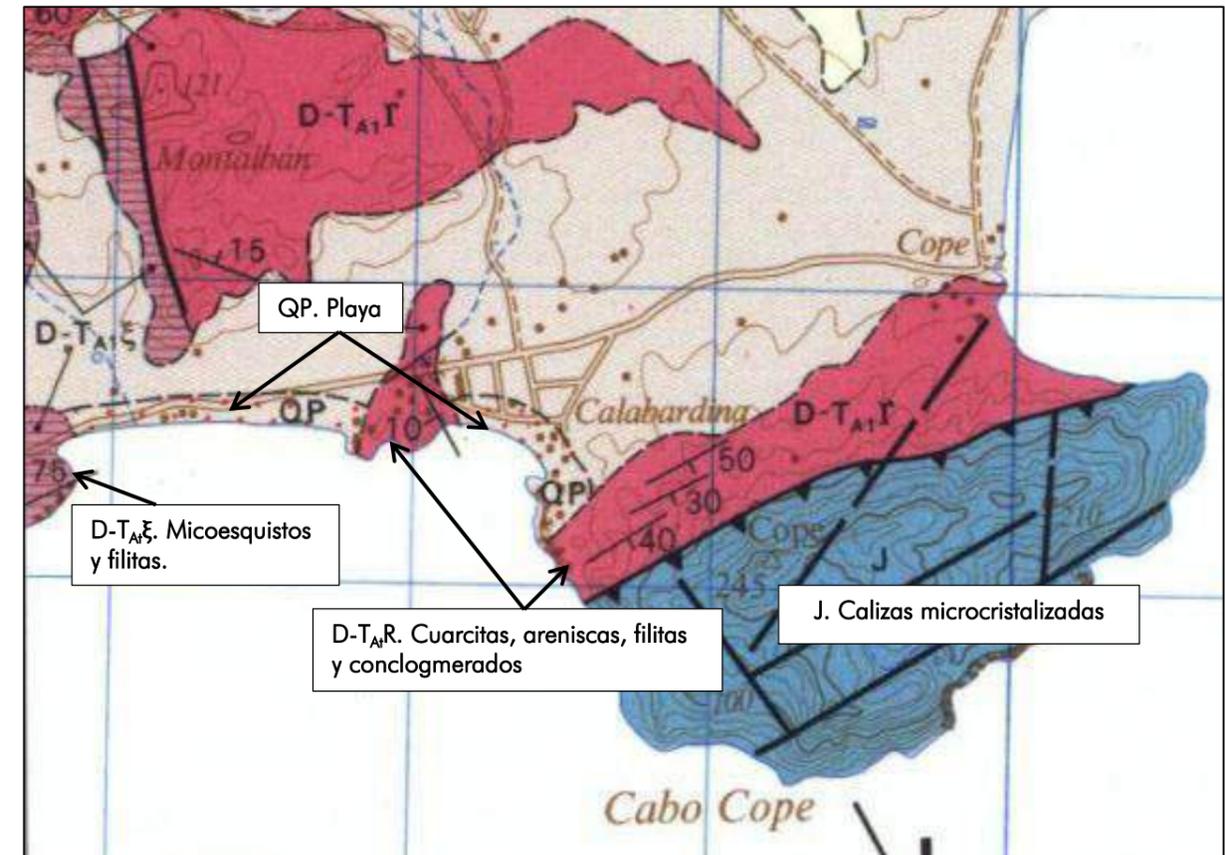


Figura 4. Encuadre geológico zona de actuación

La Playa de la Cola está catalogada como Lugar de Interés Geológico (20997001); Se trata de afloramiento de materiales alpujarrides (micaesquistos feldespáticos, cuarcitas, areniscas y metaconglomerados) atribuibles al tránsito Paleozoico-Triásico. Tiene interés geomorfológico y neotectónico ya que los materiales están fuertemente tectonizados debido a dos sistemas de esquistosidad acompañados por dos sistemas de diaclasas que cortan a los materiales esquistosos en dos bloques perpendiculares.

A pie de línea de costa, la playa está formada por conglomerados de arcillas rojas y areniscas sobre sustrato rocoso del Complejo Alpujarride, fundamentalmente calizas y areniscas.

De Oeste a Este encontramos:

			
<p>Sustrato Rocoso del Complejo Alpujarride. Micaesquistos feldespáticos, cuarcitas, areniscas y metaconglomerados</p>	<p>Frente costero de Arcillas y Areniscas rojas cohesivas</p>	<p>Arenas con fragmentos de esquisto y cuarzo sobre Areniscas Rojas en línea de costa</p>	<p>Sustrato Rocoso del Complejo Alpujarride. Micaesquistos y Filitas</p>

Expuesto esto, se aprecia la clara heterogeneidad geológica a lo largo de la playa de La Cola, que explica, en cierto grado, la irregularidad que presenta el frente.

La respuesta morfodinámica de cada material frente a la actuación del oleaje hace que el perfil de playa resultante en cada transecto presente características distintas. La pendiente de la playa variará longitudinalmente, y con ello la forma de rotura del oleaje, que es el principal agente modelador de una playa.

5 MORFOLOGÍA DE LOS FONDOS

En el litoral sumergido del tramo de estudio se presentan estribaciones de la Sierra del Almenara con micaesquistos, filitas negras y cuarcitas del Cámbrico y Permotrias. Zonas puntuales de conglomerados y areniscas del Plioceno y de conglomerados, dolomías y calizas del Triásico pertenecientes al complejo Maláguide.

En la playa de La Cola los fondos superficiales están formados en su totalidad por fondos blandos (arenas o fangos), que pueden ganar profundidad suavemente y presentan tramos con farerógamas marinas.

La plataforma continental es reducida, variando su anchura entre los 6 km que tiene frente a Punta Parda (Águilas) y los 10 km que tiene cerca de Cabo de Palos. La pendiente media es máxima hasta Cabo Tiñoso, suavizándose a medida que se avanza hacia el límite con Almería. El talud continental comienza entre los 100 y 200 m de profundidad. En este tramo se encuentran cinco cabeceras de cañones submarinos.

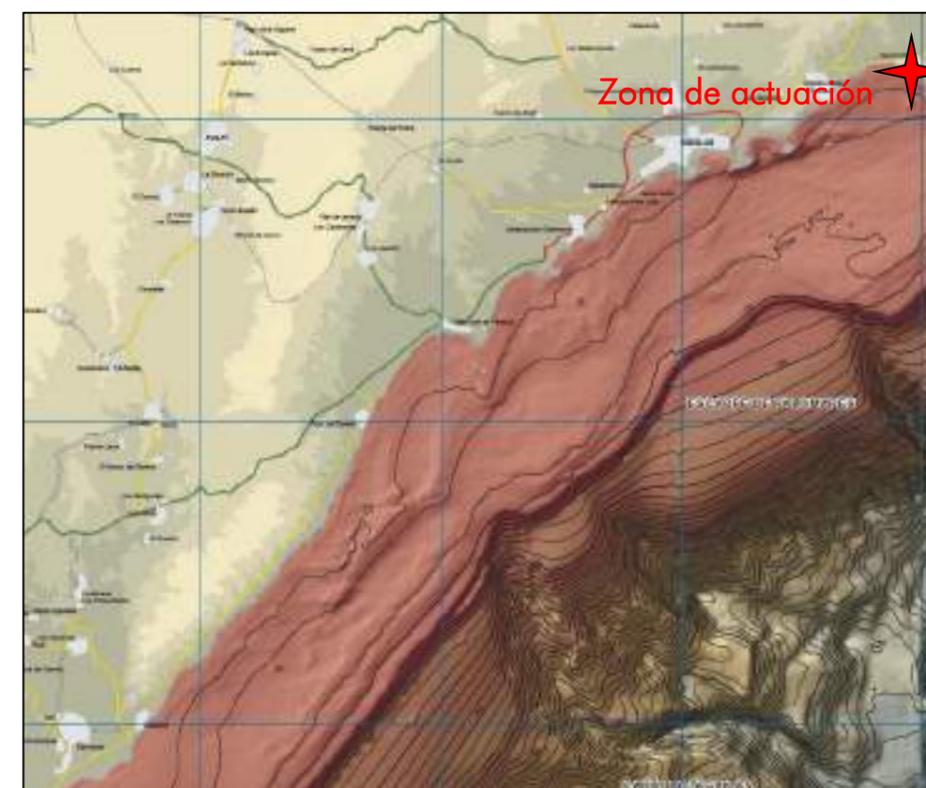


Figura 5. Plataforma continental zona de estudio

El Estudio Ecocartográfico de Las Provincias de Granada, Almería y Murcia incluye un estudio morfológico realizado mediante un Sonar de Barrido Lateral, que emite un haz sónico con una anchura y longitud determinada (rango), que es reflejado por el terreno y recibido de nuevo por la cerámica del Sonar.

Para la playa de La Cola los estudios realizados arrojan en la zona próxima a la línea de costa, para profundidades menores a unos 3 metros, un valor de reflectividad muy alta. Para profundidades mayores predomina una reflectividad media, correspondiente a la ocupación masiva de la *Posidonia Oceánica*, intercalada con una zona de reflectividad baja.

El análisis de la información de barrido también permite identificar diversas formas antrópicas y naturales. En el tramo objeto de estudio destaca un surco natural entre las líneas batimétricas 1,5 y 17, coincidente en la costa con la desembocadura de un antiguo curso fluvial (Figura 2). Este surco supone probablemente un sumidero o vía de escape del sedimento, movilizado por la acción del oleaje, conduciéndolo hacia profundidades indefinidas y produciendo la erosión de la playa.



Figura 6. Formas naturales y antrópicas de la zona de actuación

6 ANÁLISIS DEL SEDIMENTO

La configuración de la playa de La Cola es mixta, una gran parte está compuesta por laja rocosa de baja altura que se alternan con zonas arenosas de tamaño de grano grueso. La playa forma un arco en planta encajada en las lajas rocosas adyacentes.

En el Estudio Ecocartográfico de las Provincias de Granada, Almería y Murcia, diciembre 2009, se incluye un análisis de los sedimentos marinos. Se analizaron transectos perpendiculares a la línea de costa, con unas 7 estaciones de muestreo aproximadamente en cada transecto, en las siguientes profundidades: -5, -10, -15, -20, -30, -40 y -50 metros.



Figura 7. Transecto 052. Estudio sedimentos

En el caso de la Playa de La Cola, el análisis de sedimentos se realiza a partir de las muestras del transecto 052, que arroja los siguientes resultados.

TRANSECTO 052			
Punto	Coordenada z	D50 (mm)	Media D50 (mm)
PLS103M073-0528	2	1,770	1,230
PLS103M073-0529	2	0,799	
PLS103M073-0530	0	1,121	
PLH102M073-0531	-1	alga	
PLH102M073-0532	-3	alga	
PLH102M073-0533	-6	alga	
S052-0333	-10	roca	
S052-0332	-15	roca	
S052-0331	-20	roca	
S052-0330	-29	0,380	
S052-0329	-40	0,410	
S052-0328	-50	0,240	

Tabla 1. Estudio granulométrico

En numerosas muestras no se han obtenido valores del tamaño medio de sedimento debido a la presencia de *Poseidonea Oceánica* y/o sustrato rocoso. En el apéndice 2 del presente se adjuntan las fichas granulométricas de los 12 muestreos de la playa de la cola.

El tamaño medio de grano correspondiente a playa seca es de 1,23 mm, resultando un sedimento de tipo arena/arcilla. Hay que tener en cuenta la heterogeneidad de la arena presente a lo largo de la playa, variando desde grandes lajas y piedras hasta arena fina.



Figura 8. Variación de granulometrías playa de La Cola

Del resto de parámetros, de menor importancia para el presente estudio, únicamente es reseñable la ligera contaminación por cadmio de la playa, al presentar los sedimentos concentraciones de entre 0,7 y 7,5mg/kg de este metal.

7 INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES

Carretera existente

Destaca la proximidad de la carretera comarcal RM-D15 detrás de la playa, que llega incluso a verse afectada por la acción del oleaje en situaciones extremas, especialmente en la zona occidental de la playa, coincidente con el tramo más erosionado.

Arrecifes artificiales

En la playa de Cola se localiza una zona de hundimientos de buques de madera con fines de formación de Arrecifes Artificiales. Estos dispositivos de protección de la costa son recubiertos por gran cantidad de organismos, algas y microfauna que aseguran el alimento de los peces.

Granja marina

Destaca en el entorno de la playa, aunque no muy próximo, una granja marina dedicada a la crianza de peces mediante jaulas flotantes próximas a la isla del fraile, al Oeste de la Playa de la Cola.

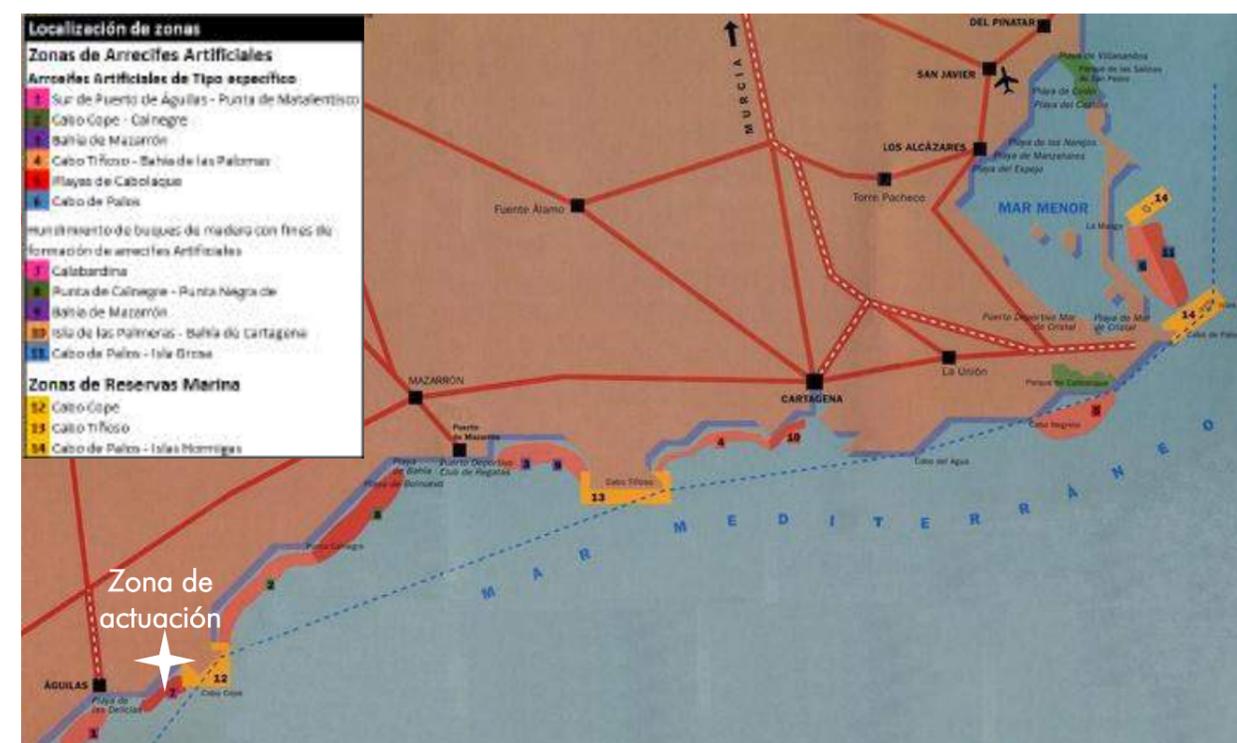
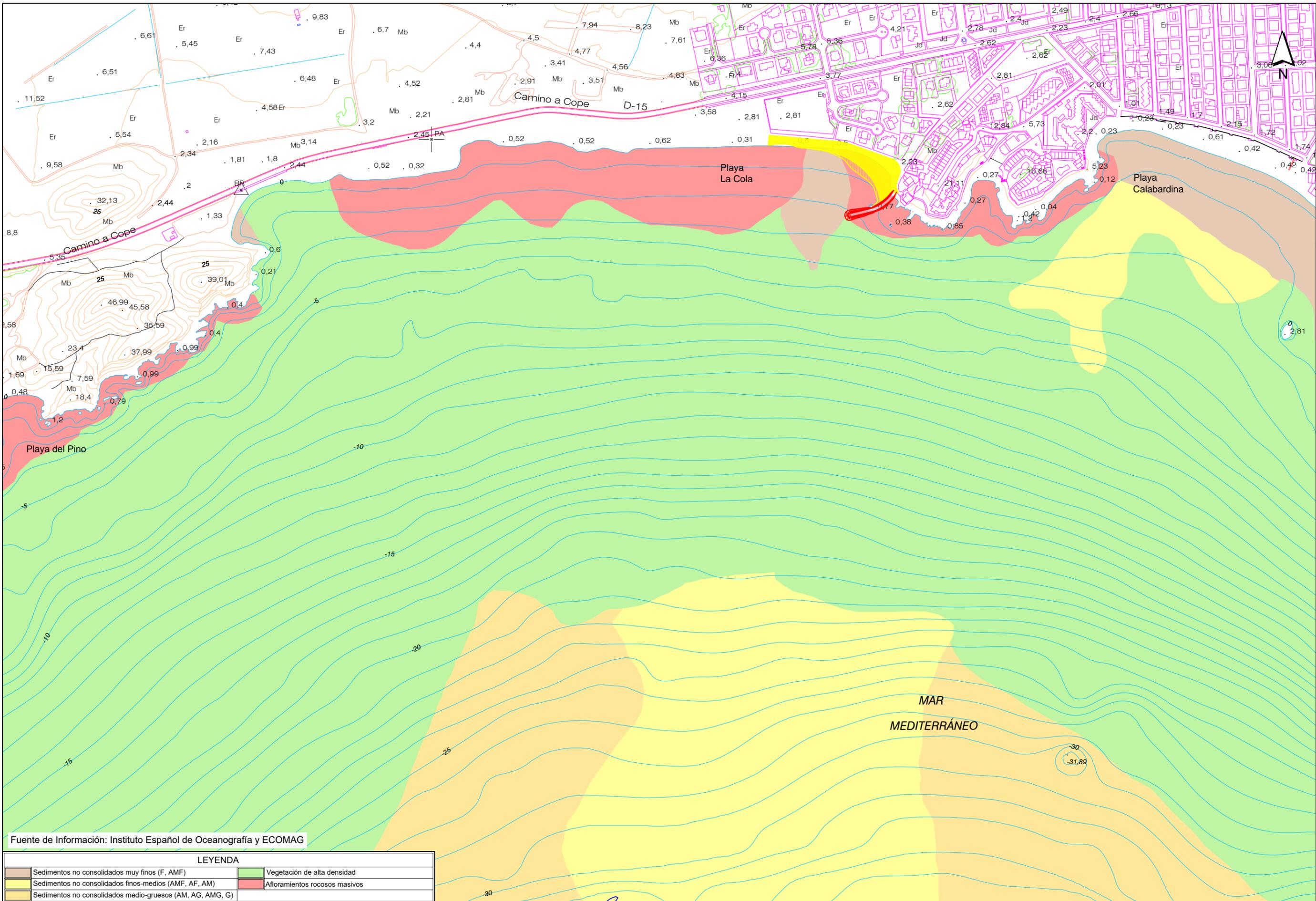


Figura 9. Arrecifes artificiales en la zona de actuación (Fuente: Web CARM)

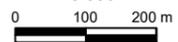
APÉNDICE 1. PLANOS CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA

18/07/2018
 USUARIO: P1_UERTOSYCASTAÑOS_MA_200_CODA1_PCONSTRUCCION1_MEMORIA Y ANEXOS\ANEXO_04_CARACTERIZACION_PLAYA\ANOS\COLA_PC_PL_MORFOLOGIA

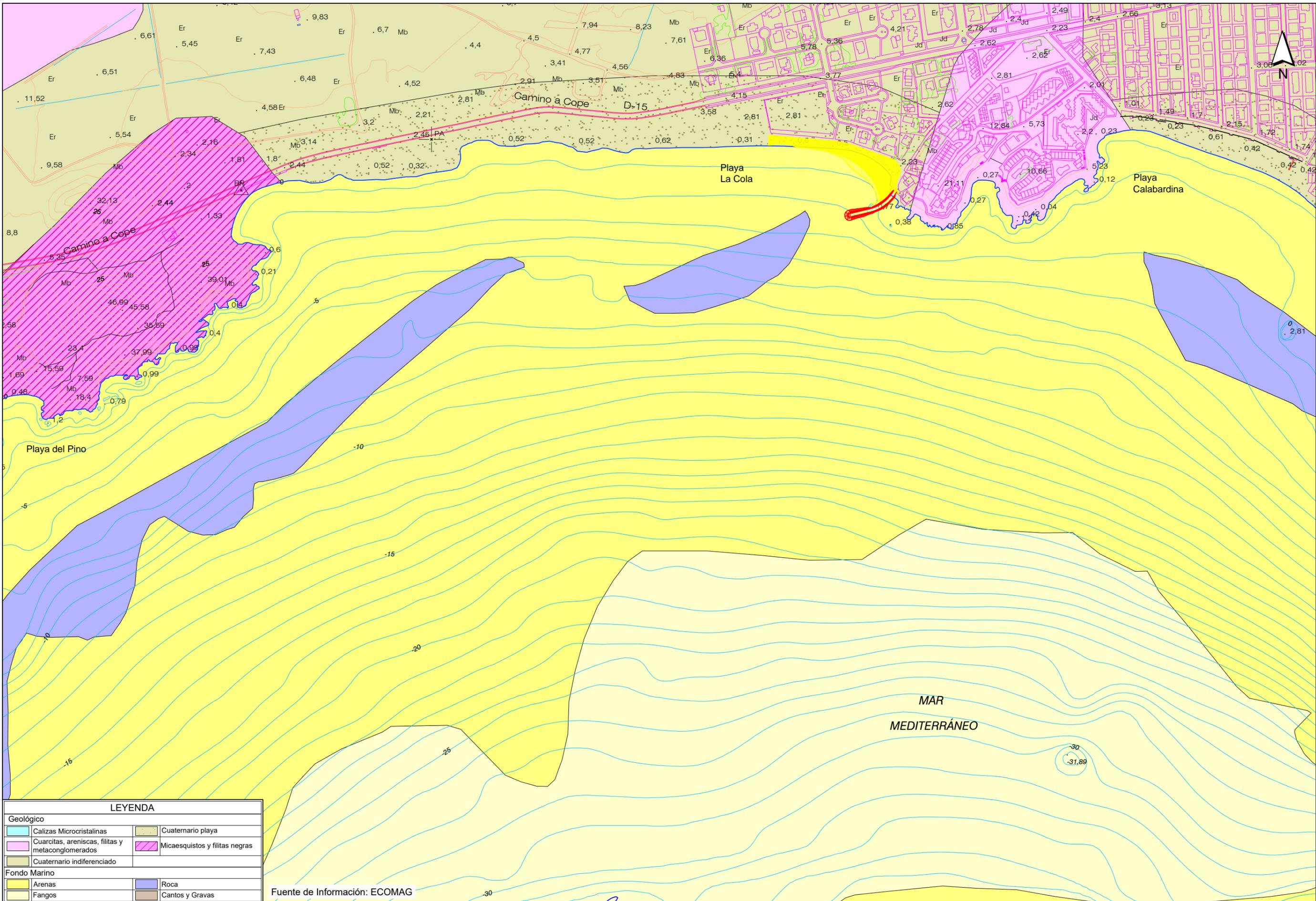


Fuente de Información: Instituto Español de Oceanografía y ECOMAG

LEYENDA	
 Sedimentos no consolidados muy finos (F, AMF)	 Vegetación de alta densidad
 Sedimentos no consolidados finos-medios (AMF, AF, AM)	 Afloramientos rocosos masivos
 Sedimentos no consolidados medio-gruesos (AM, AG, AMG, G)	

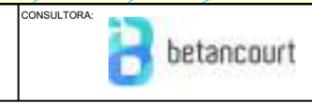
		INGENIERA DIRECTORA DEL PROYECTO:  Dña. ENCARNACIÓN SEGURA TORRES	INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO:  D. SANTIAGO MANZANO MANZANO	ESCALA 1:5.000  FORMATO ORIGINAL LINE A-3	TITULO PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA DE LA COLA. T.M. DE AGUILAS (MURCIA)	CLAVE 30-1449	Nº PLANO 1	DESIGNACIÓN DEL PLANO CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA MORFOLOGÍA	FECHA JULIO 2018
							Hoja 1 de 1		

18/07/2018
 USUARIO: P12_PUERTOS/COSTAS/OS_MA_200_CODA1_PCONSTRUCCION1_MEMORIA Y ANEXOS/ANEXO_04_CARACTERIZACION PLAYA/PLANOS/PLANOS/PL_GEOLOGICO



LEYENDA			
Geológico			
	Calizas Microcristalinas		Cuaternario playa
	Cuarcitas, areniscas, filitas y metaconglomerados		Micaesquistos y filitas negras
	Cuaternario indiferenciado		
Fondo Marino			
	Arenas		Roca
	Fangos		Cantos y Gravas

Fuente de Información: ECOMAG



INGENIERA DIRECTORA DEL PROYECTO:
 Dña. ENCARNACIÓN SEGURA TORRES

INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO:
 D. SANTIAGO MANZANO MANZANO

ESCALA: 1:5.000
 0 100 200 m
 FORMATO ORIGINAL LINE A-3

TÍTULO:
**PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA DE LA COLA.
 T.M. DE AGUILAS (MURCIA)**

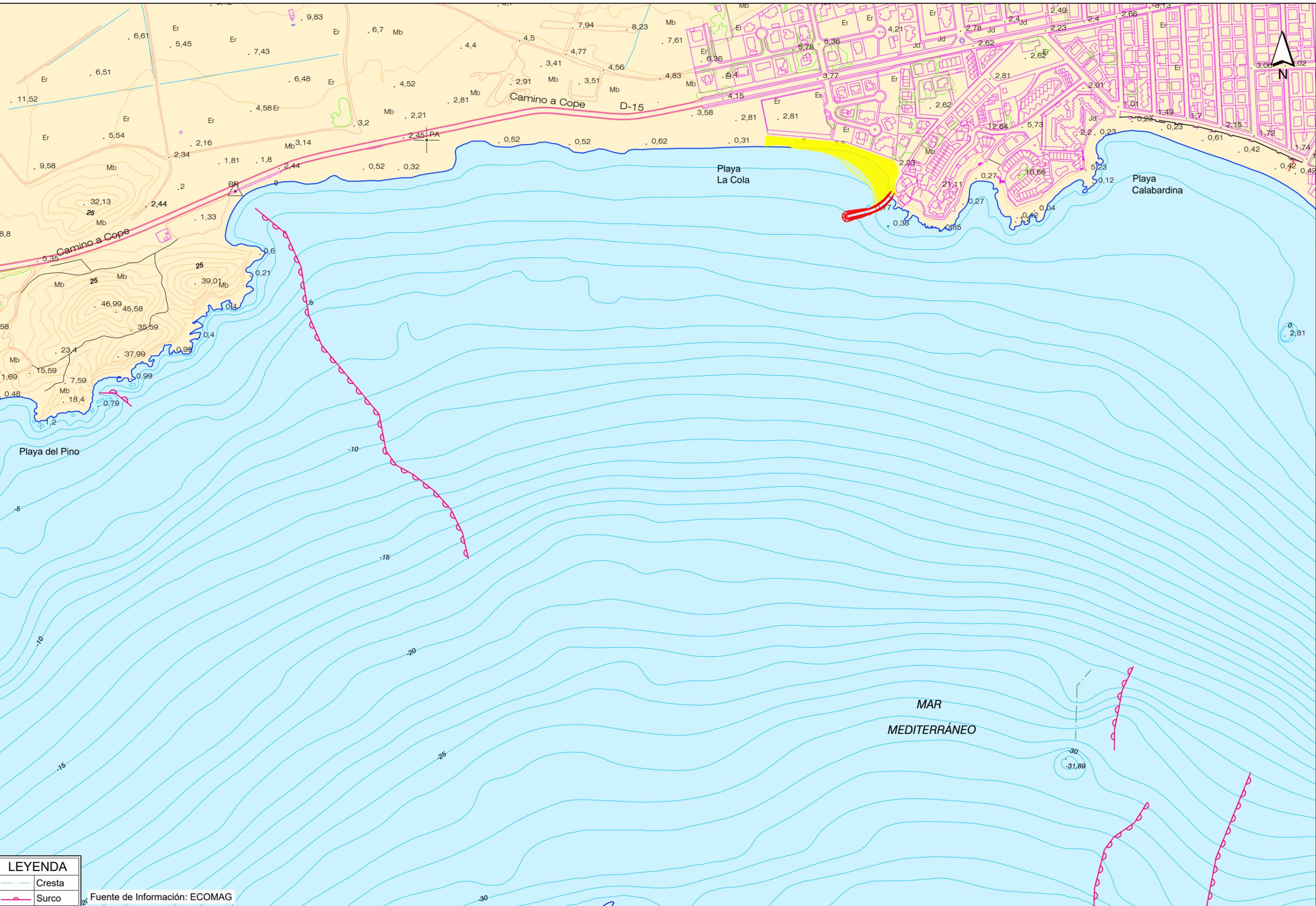
CLAVE:
 30-1449

Nº PLANO:
 2
 Hoja 1 de 1

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
**CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA
 GEOLÓGICO**
 FICHERO DIGITAL: COLA_PC_PL_GEOLOGICO

FECHA:
 JULIO
 2018

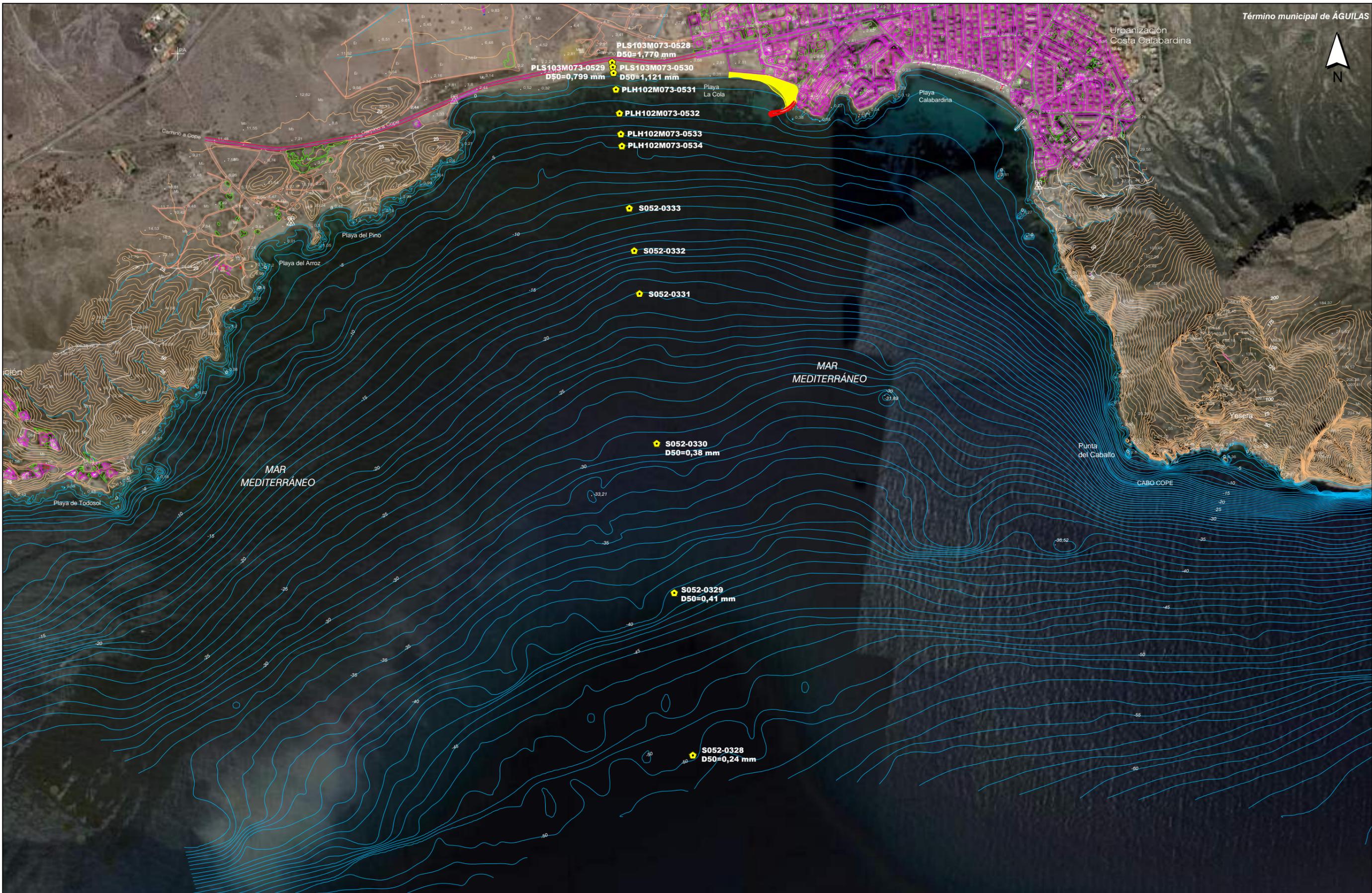
18/07/2018
USUARIO: P1_...
MEMORIA Y ANEJO...
CARACTERIZACIÓN...
PLAYA LA COLA...
PL. GEOTÉCNICO



LEYENDA	
	Cresta
	Surco

Fuente de Información: ECOMAG

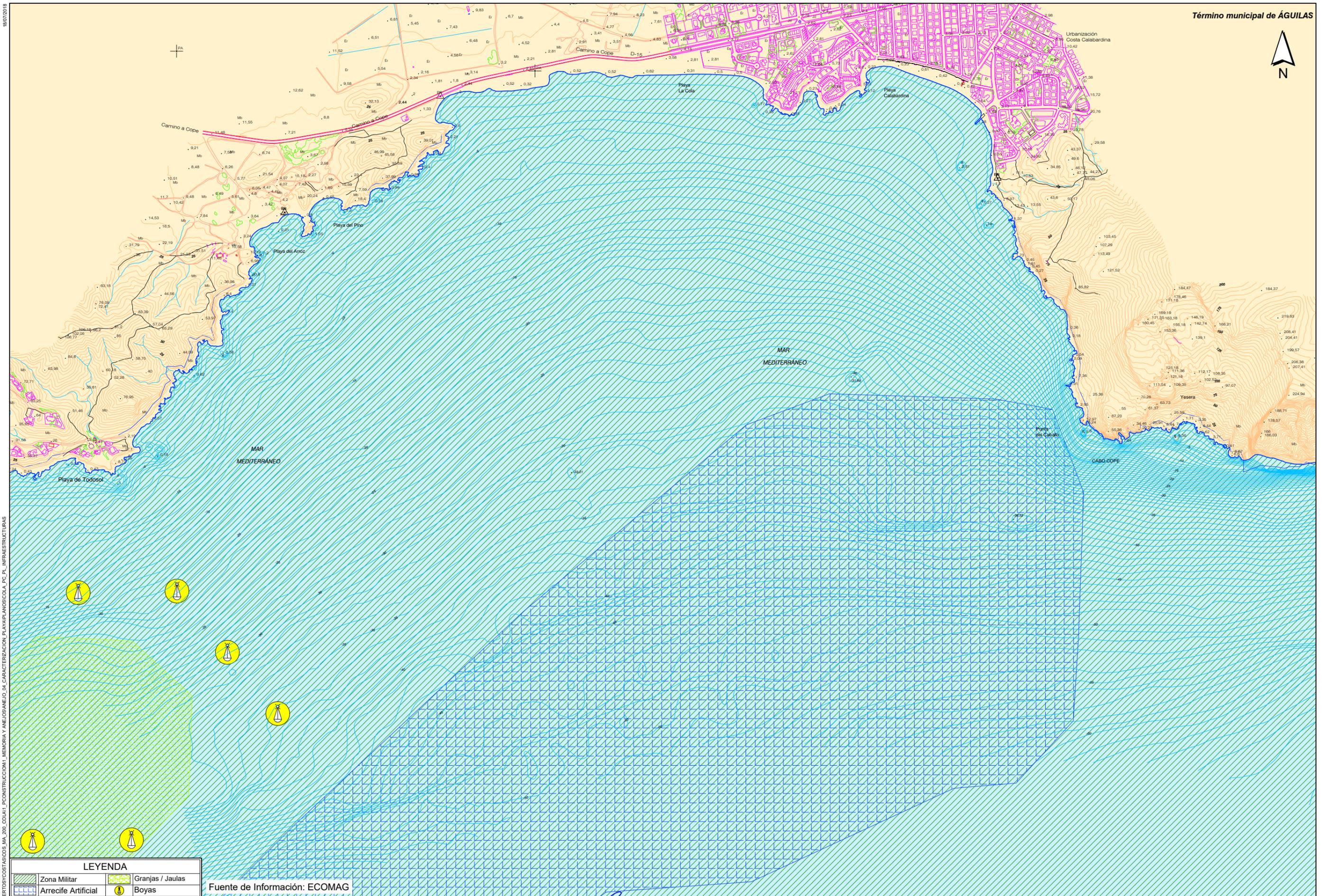
18/07/2018
\\SERVIDOR19_PUERTOS\CD\CASTAOS_MA_200_COJA1_PCONSTRUCCION\MEMORIA Y ANEXOS\ANEXO_04_CARACTERIZACION PLAYA\ANOSICLA_PC_PL_SEDIMENTOS



LEYENDA	
	Muestra Granulométrica

Fuente de Información: ECOMAG

	CONSULTORA: 	INGENIERA DIRECTORA DEL PROYECTO: 	INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO: 	ESCALA: 1:10.000 0 200 400 m FORMATO ORIGINAL LINE A-3	TITULO: PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA DE LA COLA. T.M. DE AGUILAS (MURCIA)	CLAVE: 30-1449	Nº PLANO: 4	DESIGNACION DEL PLANO: CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA CARACTERIZACIÓN DEL SEDIMENTO	FECHA: JULIO
							Hoja 1 de 1		2018



LEYENDA

	Zona Militar		Granjas / Jaulas
	Arrecife Artificial		Boyas

Fuente de Información: ECOMAG

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y DEMOCRACIA DIGITAL

CONSULTORA:

INGENIERA DIRECTORA DEL PROYECTO:

Dña. ENCARNACIÓN SEGURA TORRES

INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO:

D. SANTIAGO MANZANO MANZANO

ESCALA: 1:10.000

0 200 400 m

FORMATO ORIGINAL LINE A-3

TÍTULO:

**PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA DE LA COLA.
T.M. DE ÁGUILAS (MURCIA)**

CLAVE: 30-1449

Nº PLANO: 5

Hoja 1 de 1

DESIGNACIÓN DEL PLANO:

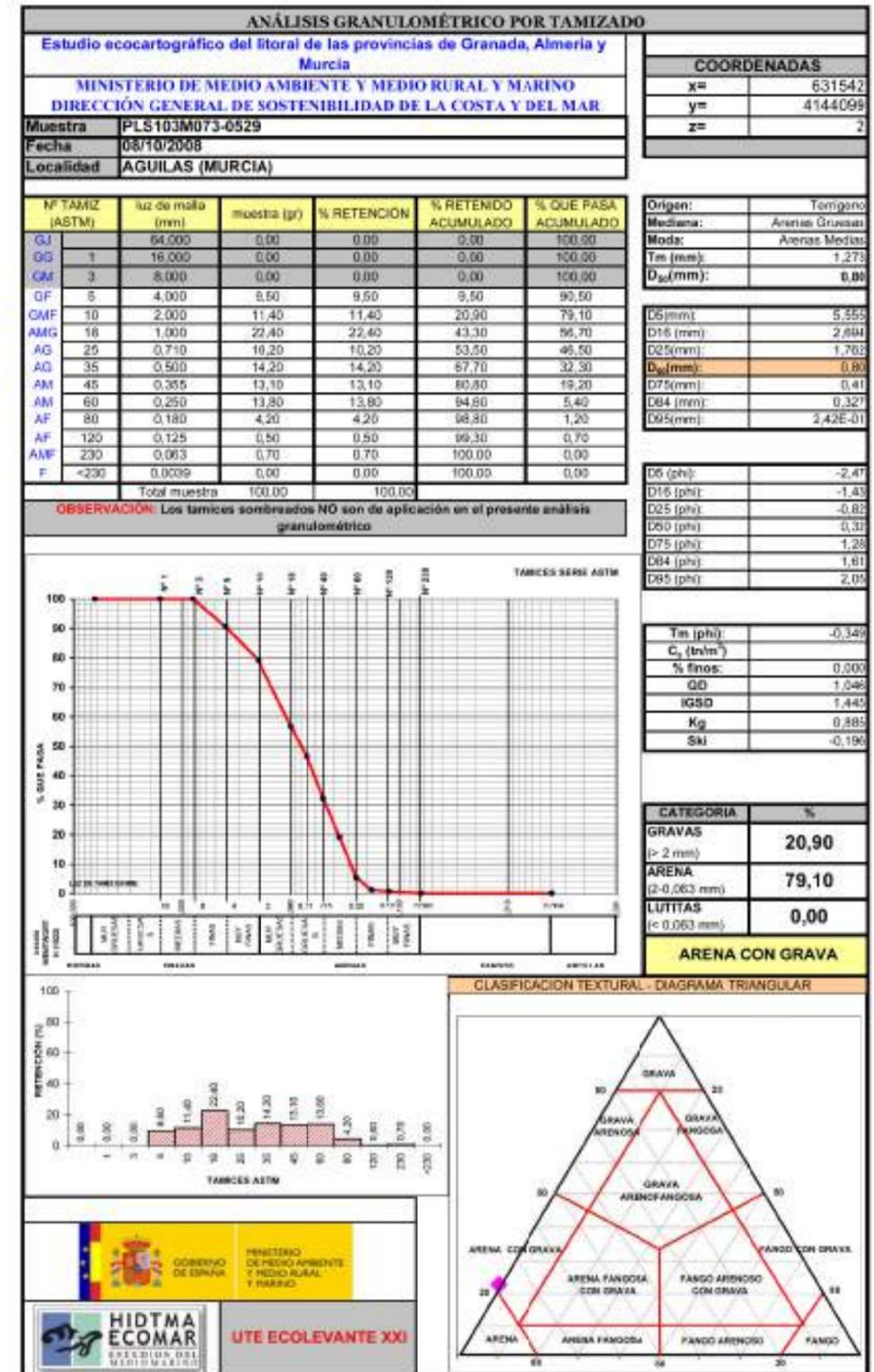
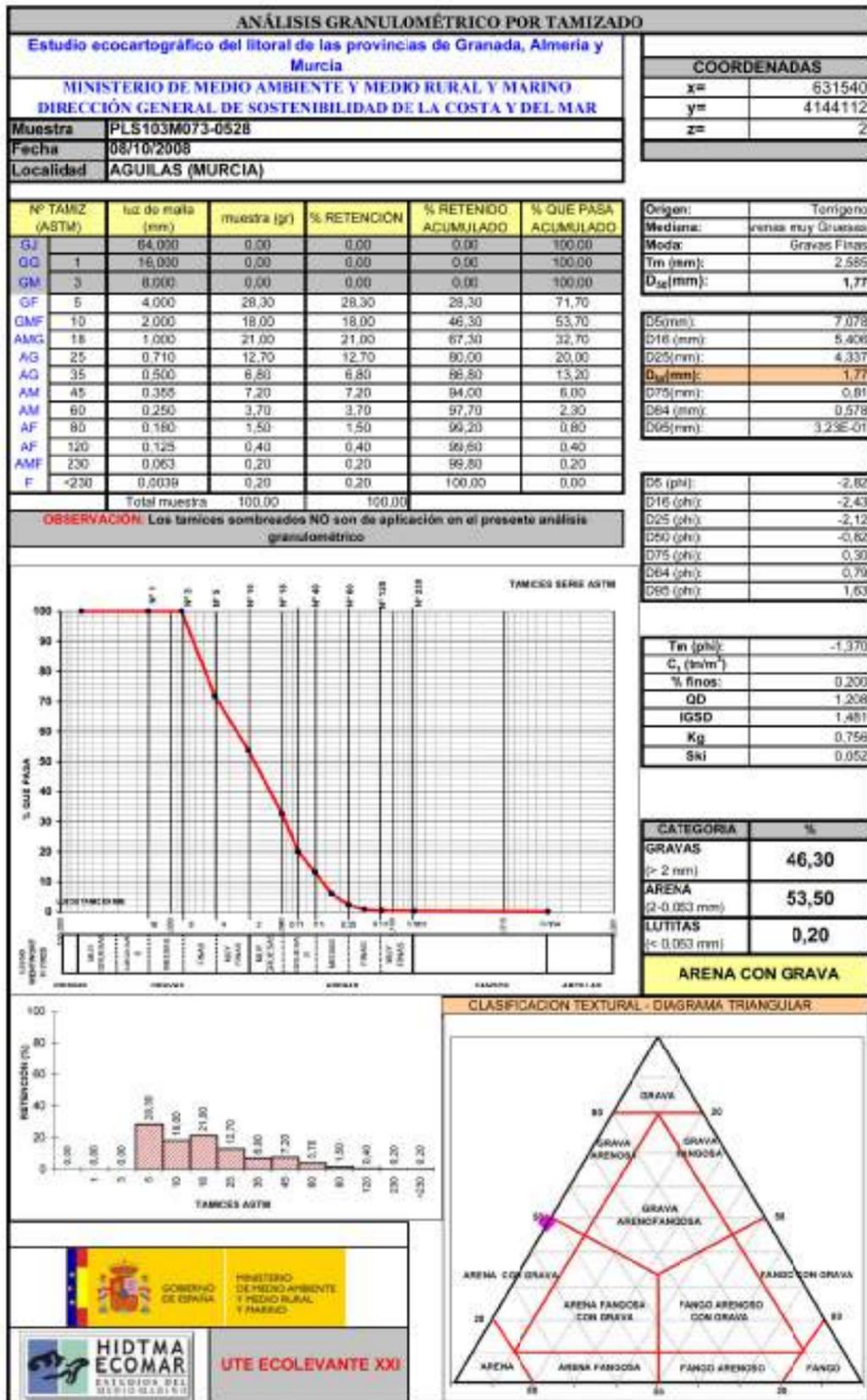
**CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA
INFRAESTRUCTURAS**

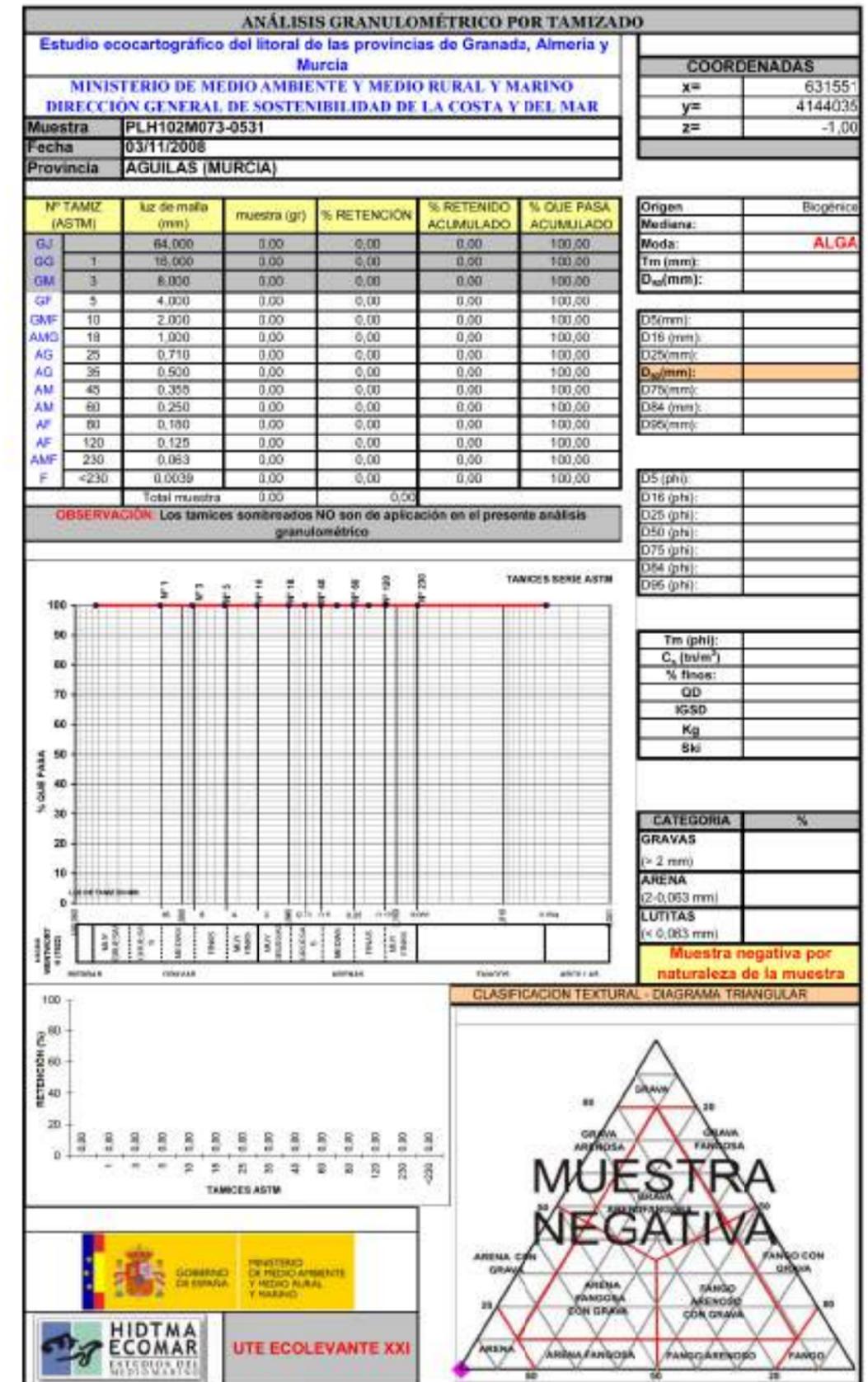
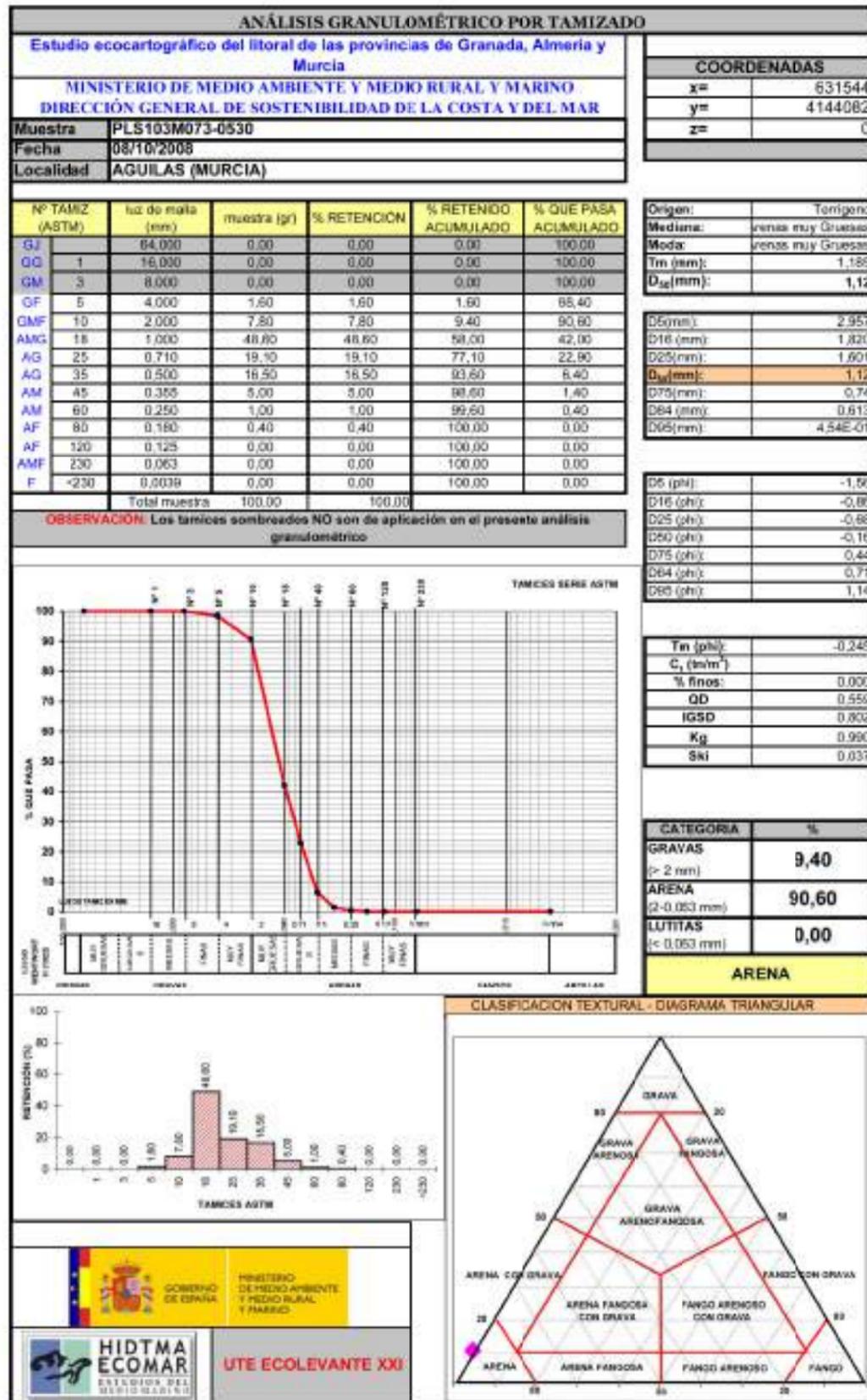
FICHERO DIGITAL: COLA_PC_PL_INFRAESTRUCTURAS

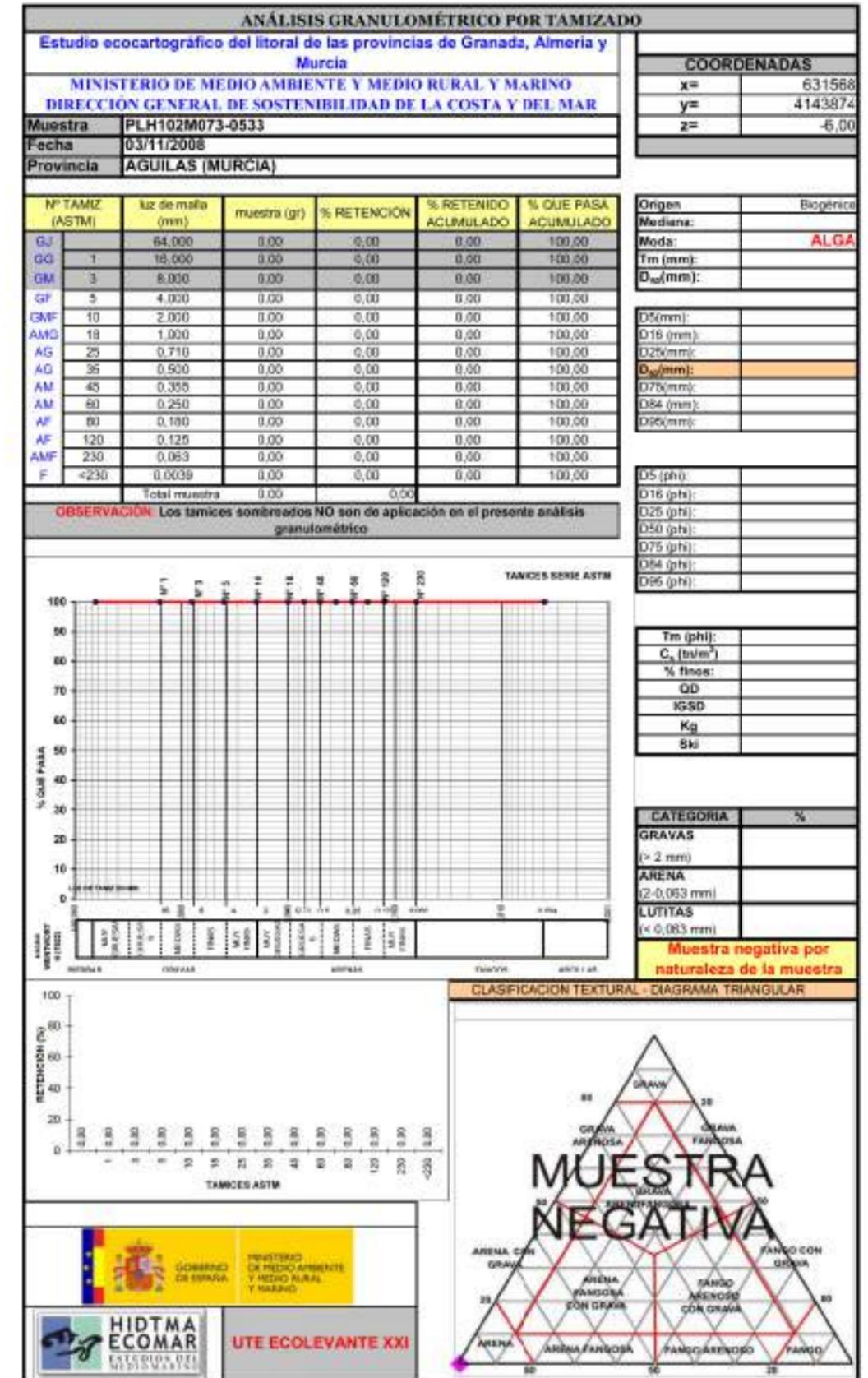
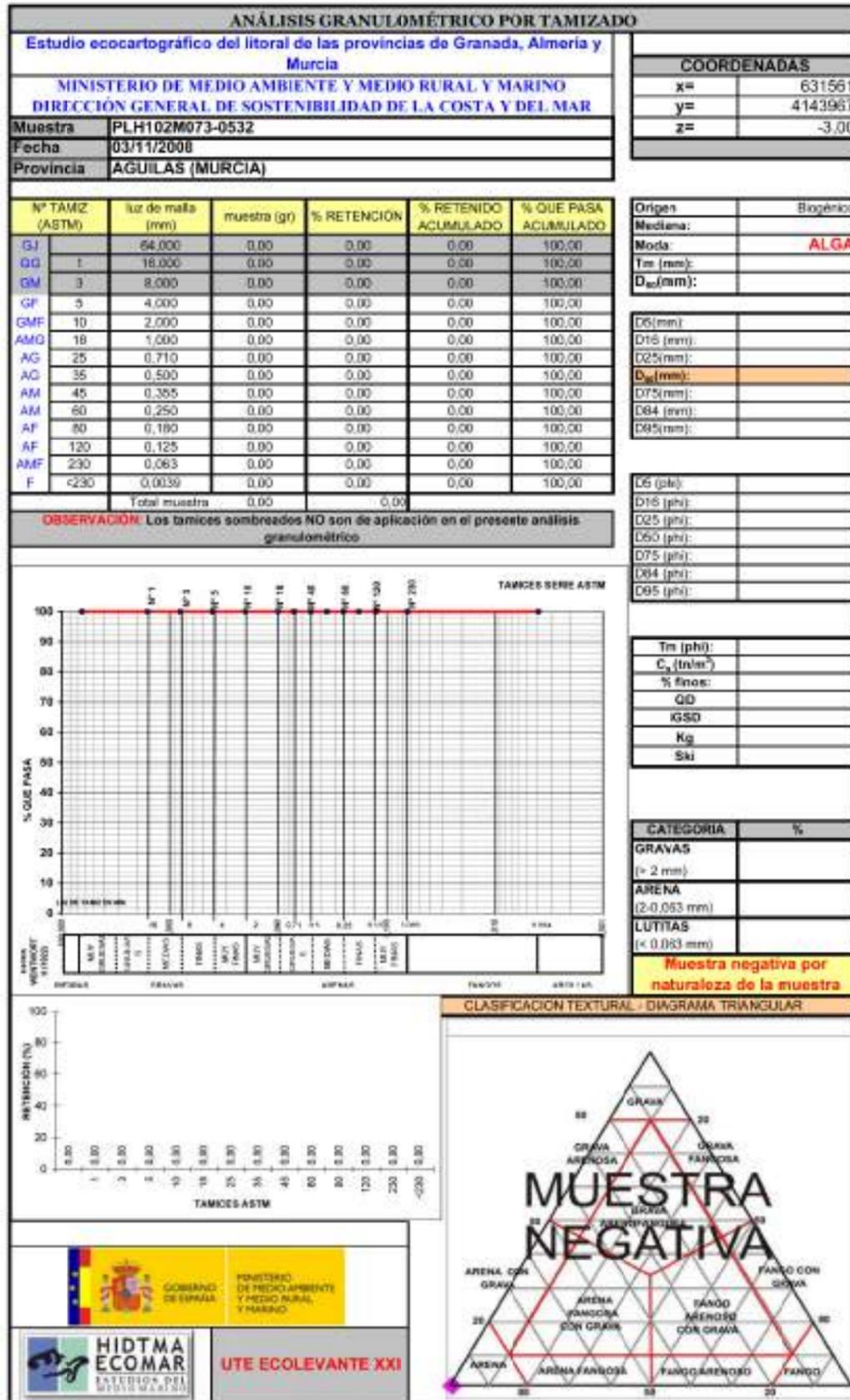
FECHA: JULIO 2018

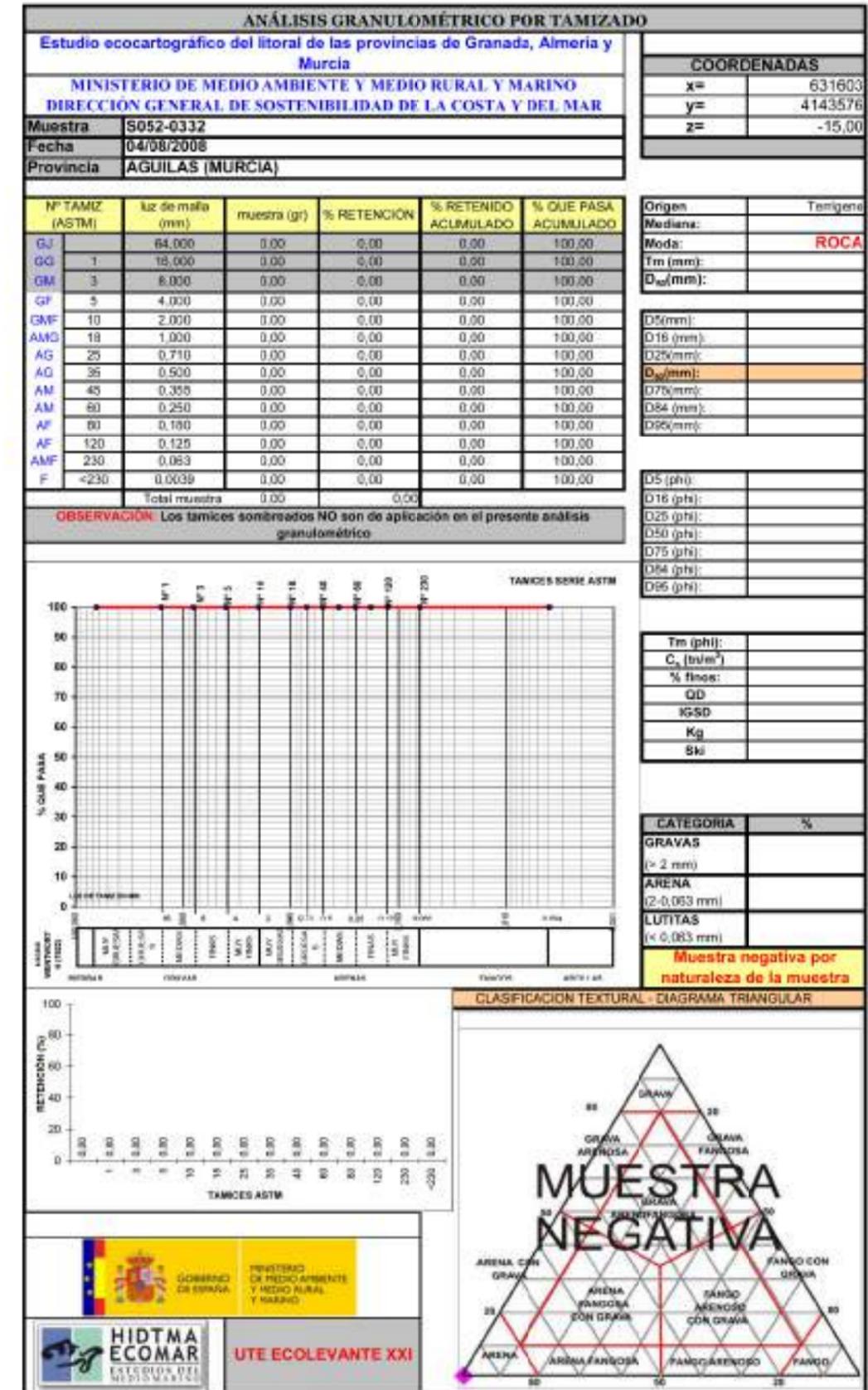
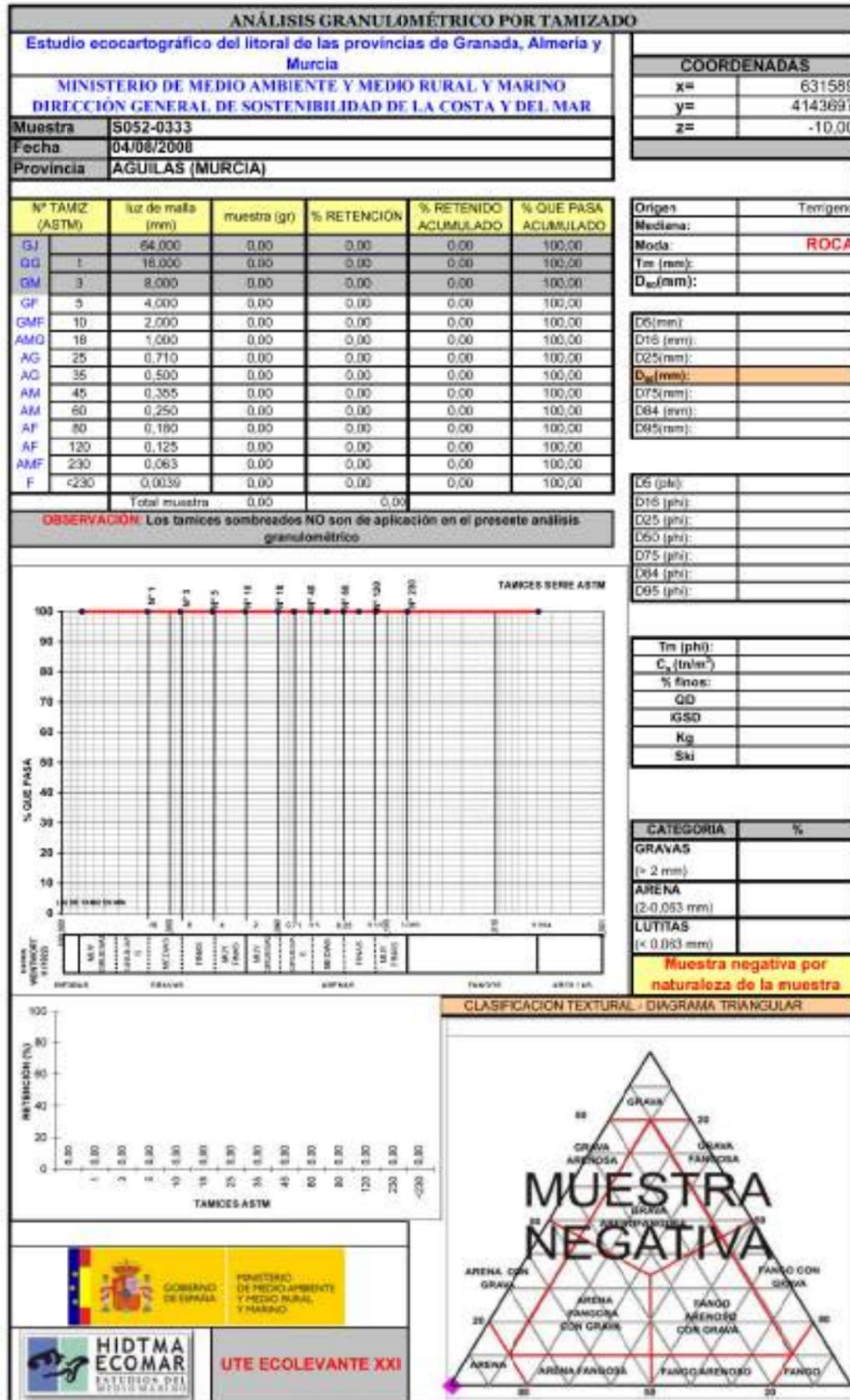
18/07/2018
\\SERVIDOR19_PUERTOS\CASTAÑOS_MA_200_COD\A1_PCONSTRUCCION\MEMORIA Y ANEXOS\MEMO_04_CARACTERIZACION_PLAYA\ANOS\COLA_PC_PL_INFRAESTRUCTURAS

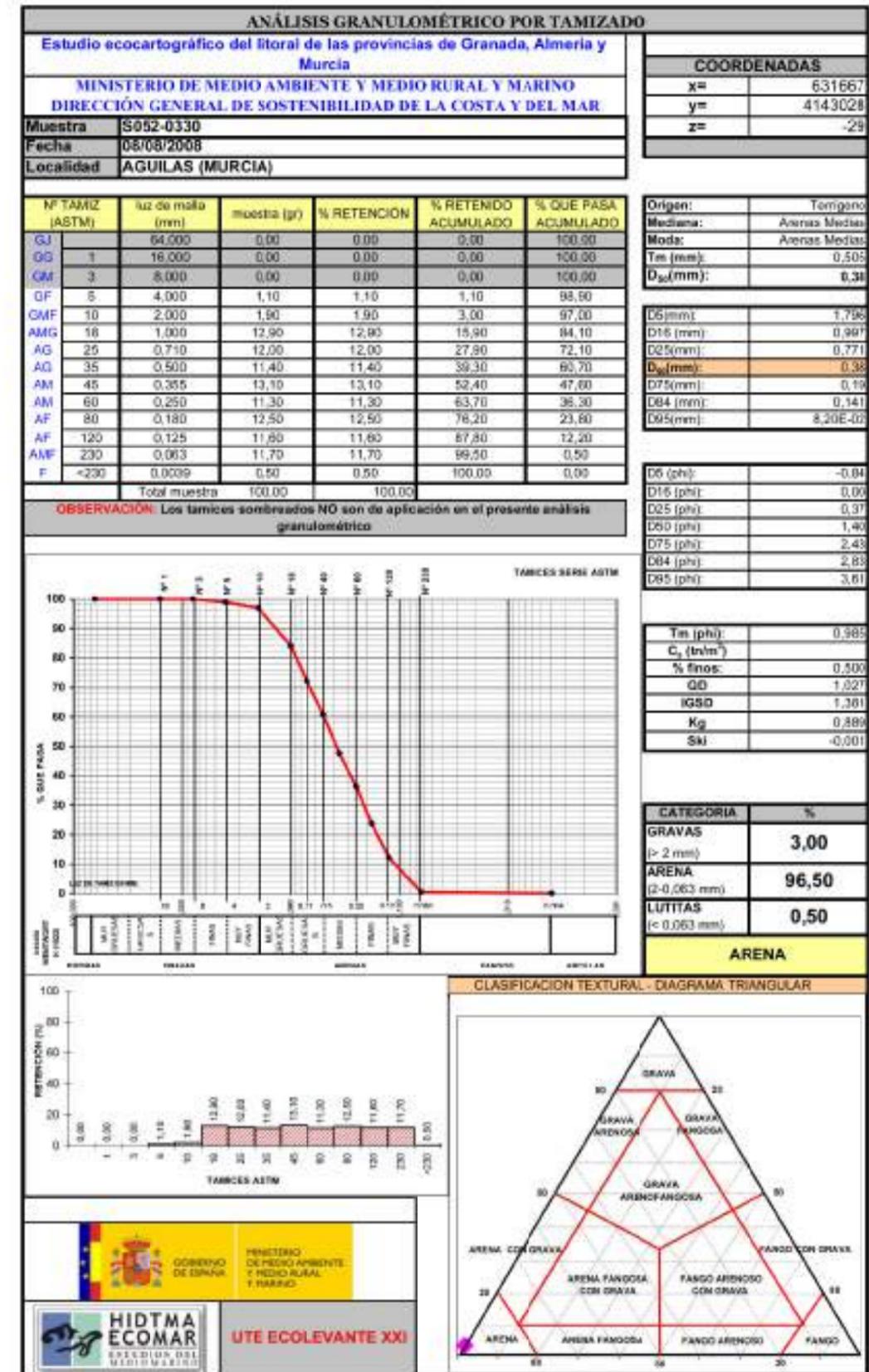
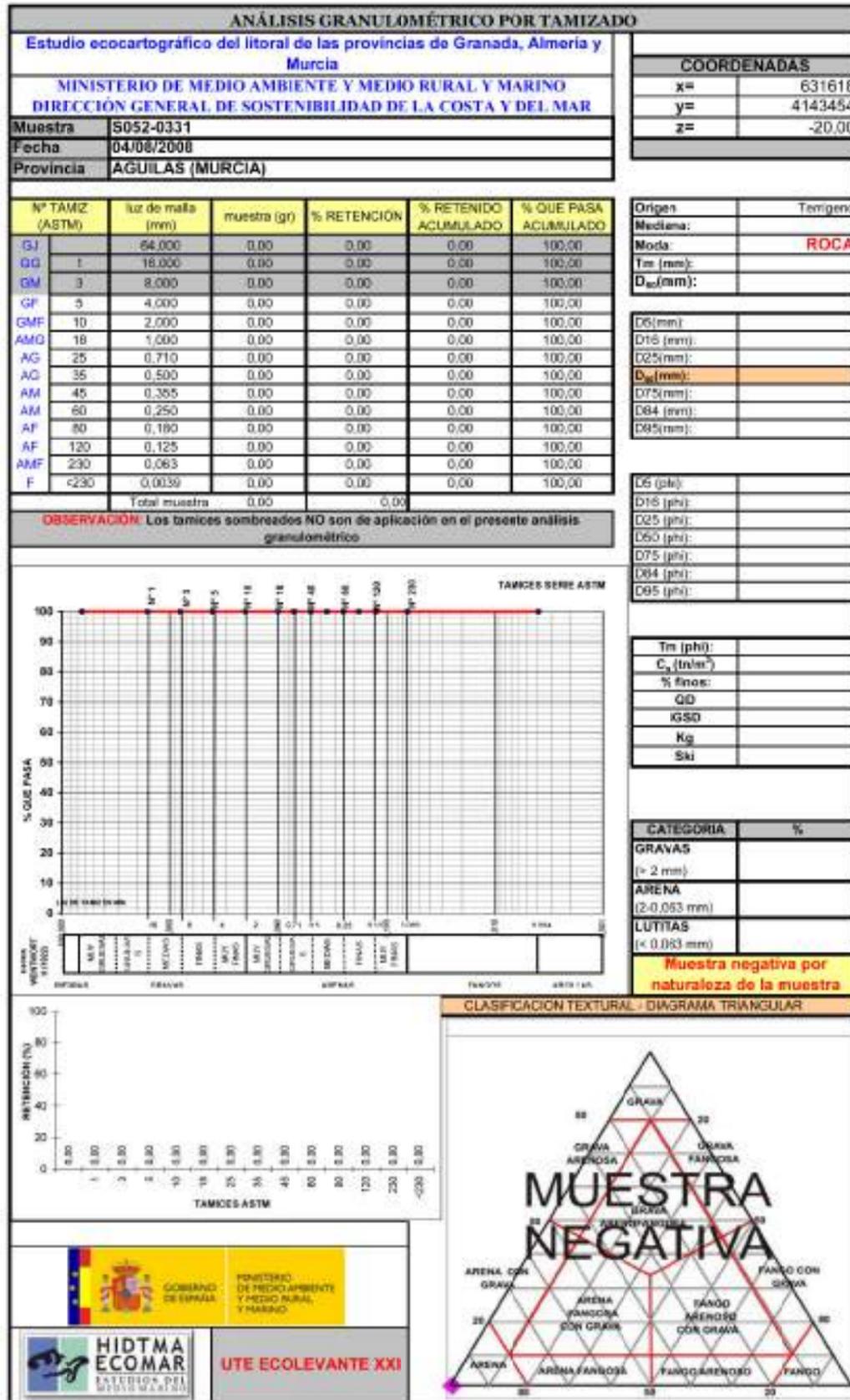
APÉNDICE 2. FICHAS GRANULOMÉTRICAS

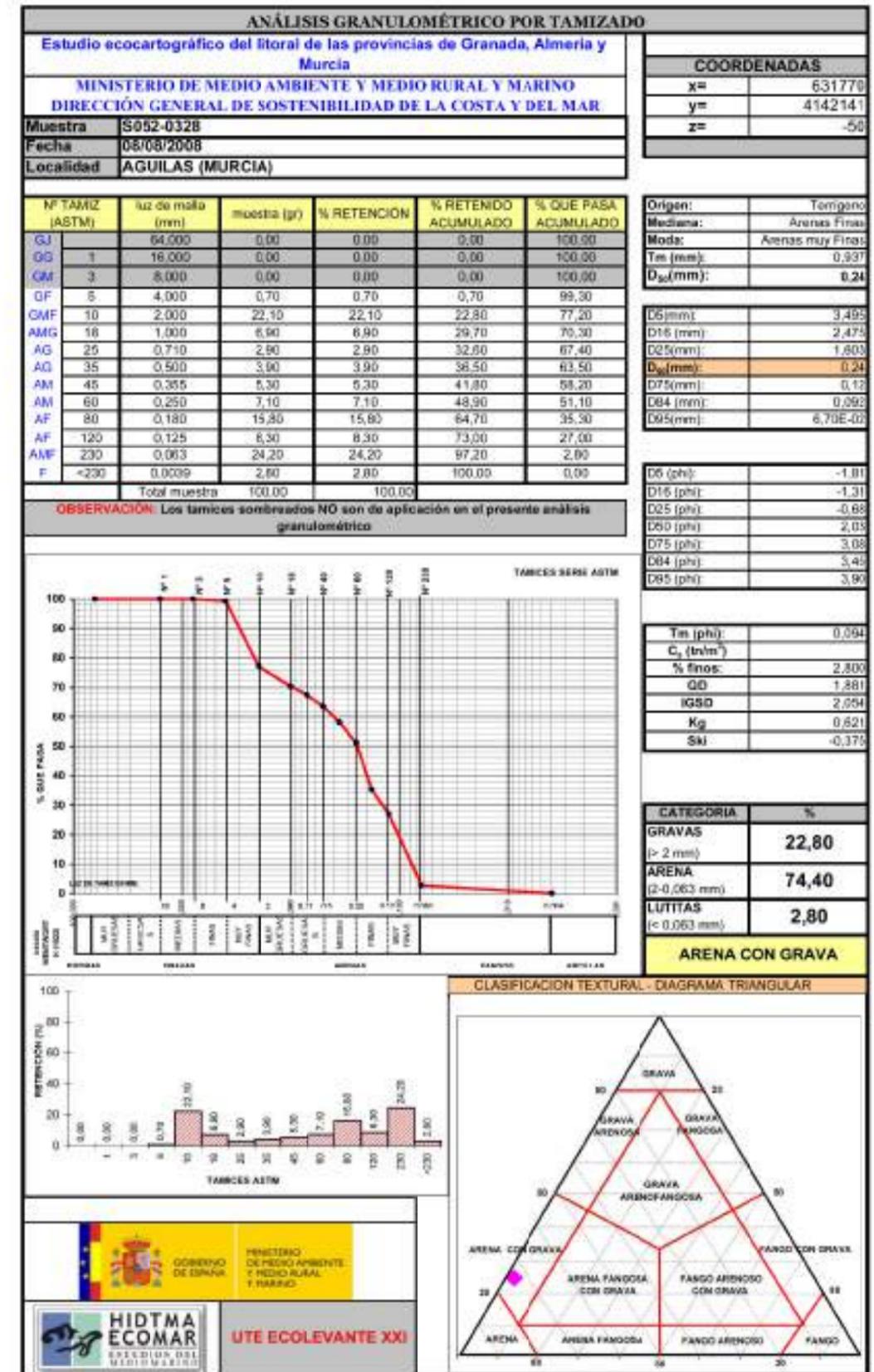
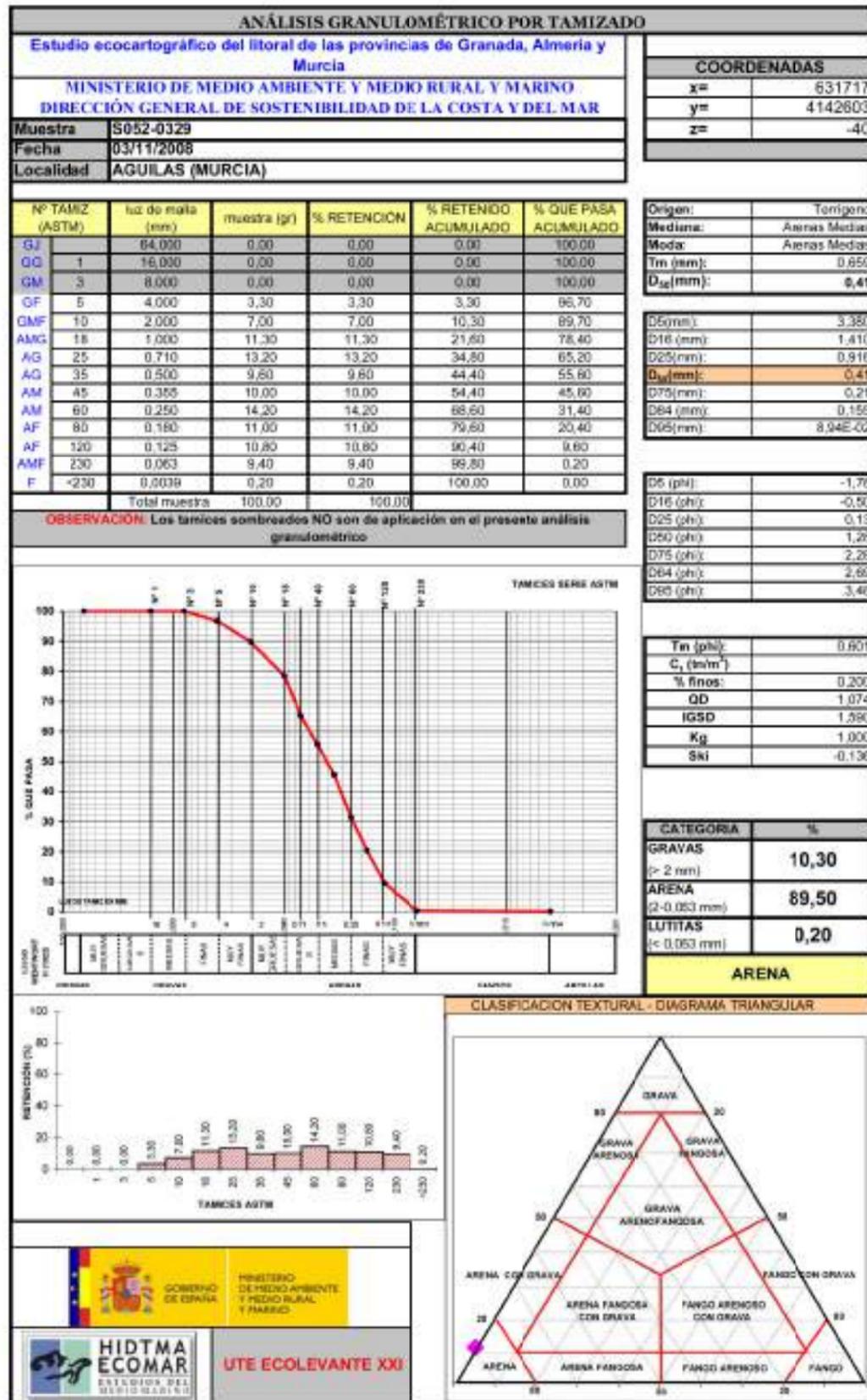












ANEJO 5. CLIMA MARÍTIMO

ANEJO 05. CLIMA MARÍTIMO

1	EMPLAZAMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE LA COSTA	2
2	FUENTES DE DATOS	2
2.1	DATOS PROCEDENTES DE LA ROM 0.3-91.....	2
2.2	BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS DE PUERTOS DEL ESTADO.....	4
2.2.1	VISUALES	4
2.2.2	DATOS INSTRUMENTALES	4
2.2.3	DATOS DE RETROANÁLISIS. CONJUNTO DE PUNTOS SIMAR	6
3	VIENTO.....	7
3.1	RÉGIMEN MEDIO	7
4	NIVEL DEL MAR.....	8
4.1	NIVELES DE REFERENCIA.....	9
4.2	RÉGIMEN MEDIO	10
4.3	VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR EN LA PLAYA DE LA COLA.....	11
5	OLEAJE	11
5.1	OLEAJE EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS	12
5.1.1	DATOS DIRECCIONALES	12
5.1.2	DISTRIBUCIÓN CONJUNTA HS-TP	16
5.1.3	RÉGIMEN MEDIO	19
5.1.4	REGIMEN EXREMAL (GEV)	21
5.2	PROPAGACIÓN DEL OLEAJE	23
5.2.1	SELECCIÓN DE DATOS	23
5.2.2	ELECCIÓN DE LOS PUNTOS OBJETIVOS.....	23
5.2.3	PROPAGACIÓN NUMÉRICA DE LOS DATOS HACIA LA COSTA	24
5.3	OLEAJE EN PUNTOS OBJETIVOS	26
5.3.1	ROSAS DE OLEAJE	28
5.3.1	DISTRIBUCIÓN CONJUNTA HS-TP	29
5.3.2	REGIMEN MEDIO	29
5.3.3	REGIMEN EXTREMAL	29
5.3.4	RÉGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL	30
6	CORRIENTES	31
7	FLUJO MEDIO DE ENERGÍA.....	35

APÉNDICE 1. DATOS SIMAR 2066089

APÉNDICE 2. AJUSTE GEV DIRECCIONAL. PROFUNDIDADES REDUCIDAS

Este anejo tiene por objetivo analizar del **clima marítimo en el entorno de la Playa de La Cola**, en puntos objetivos concretos próximos a la zona donde se pretende actuar.

1 EMPLAZAMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE LA COSTA

La Costa de Murcia se encuentra en el Mar Mediterráneo que se caracteriza por presentar un oleaje suave. Esto se debe principalmente a que la costa mediterránea en general presenta un fetch pequeño en comparación con otros mares más abiertos.

El Mar Mediterráneo está delimitado por la costa peninsular española al norte y por las costas africanas al sur. Al oeste se sitúa el estrecho de Gibraltar y al este se sitúa el resto del mar Mediterráneo.

El fetch máximo de la playa de la Cola, es de 285 km aproximadamente, para una dirección SSW.



Figura 1. Fetch zona de estudio

2 FUENTES DE DATOS

Los agentes climáticos considerados para analizar y estudiar el comportamiento del clima marítimo frente a la playa de la Cola son los siguientes:

- Oleaje
- Corrientes
- Nivel del mar

Las principales fuentes de datos de oleaje que se han utilizado en el presente proyecto son los datos procedentes de la ROM 0.3-91 y los datos de la Red de medidas de Puertos del Estado.

2.1 DATOS PROCEDENTES DE LA ROM 0.3-91

La metodología de caracterización del oleaje en profundidades indefinidas que puede afectar al frente costero objeto del Proyecto parte de la información de Clima Marítimo de la ROM 0.3-91 [1], que establece áreas homogéneas de caracterización del oleaje en aguas profundas para aquellas zonas costeras que presenten fetch semejante para cada una de las direcciones incidentes significativas del oleaje.

La zona que abarca el frente litoral de estudio queda enmarcada en el Área VI (Figura 2).

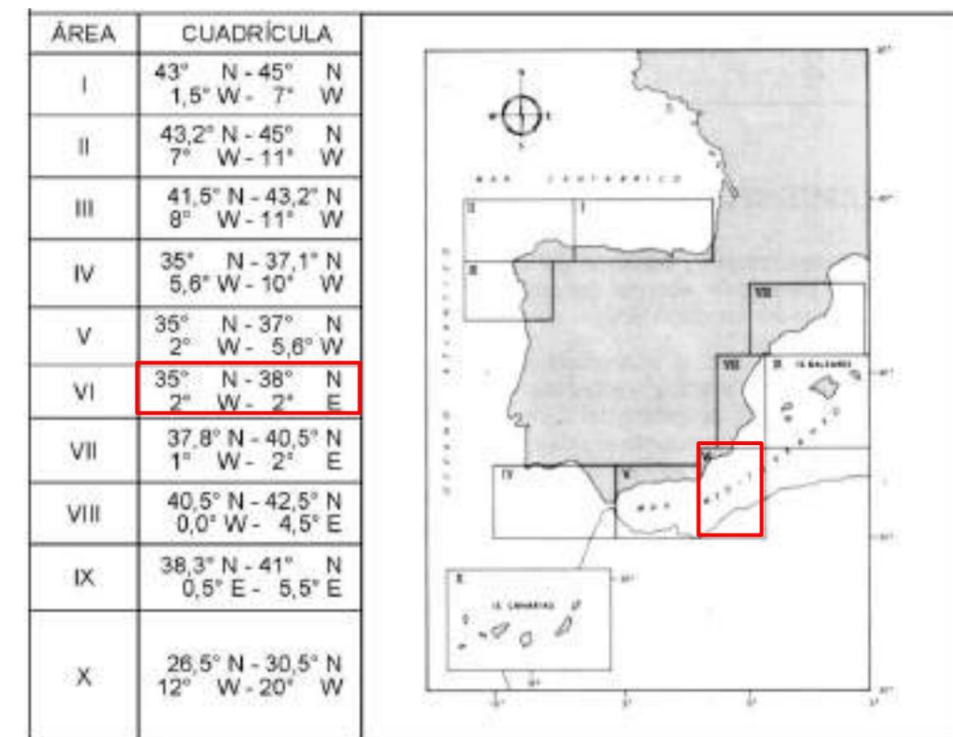


Figura 2. Zonificación en el Atlas de Clima Marítimo (ROM 0.3-91)

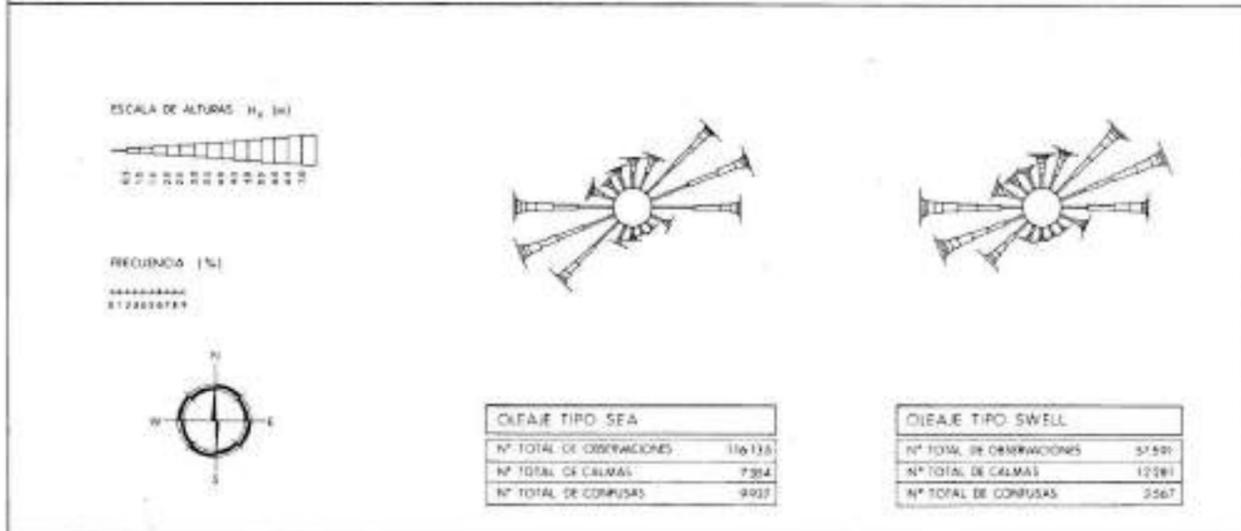
La metodología de la ROM 0.3-91 se basa en el análisis estadístico de la información disponible procedente de dos fuentes: datos visuales de oleaje en profundidades indefinidas, con carácter direccional, almacenados en la Base de Datos Visuales del CEPYC y Datos Instrumentales escalares de oleaje, registrados por las boyas pertenecientes a la red REMRO.

Los resultados del tratamiento de dicha información se recogen en la ROM a modo de fichas del clima marítimo en aguas profundas de cada una de las zonas mencionadas.

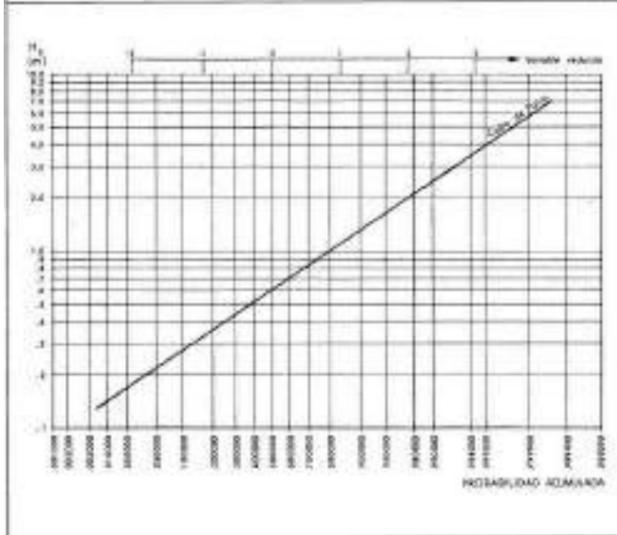
A continuación se adjunta la ficha correspondiente a la zona VI, donde queda enmarcada la zona objeto del presente Proyecto.



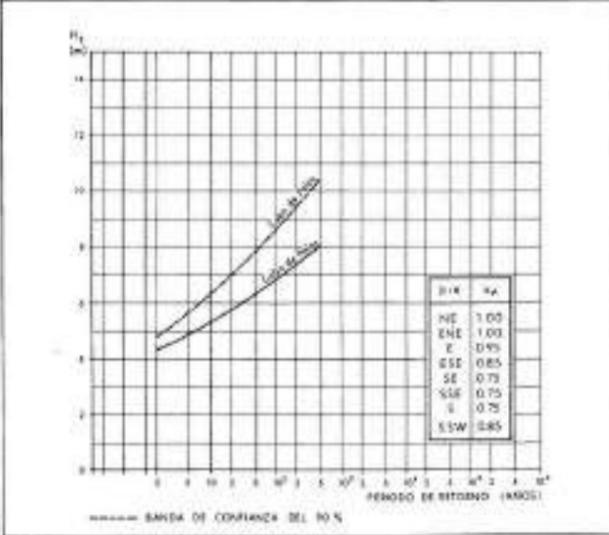
A-OBSERVACIONES VISUALES: ROSAS DE OLEAJE



C- REGISTROS INSTRUMENTALES: REGIMENES MEDIOS ESCALARES



D- REGISTROS INSTRUMENTALES: REGIMENES EXTREMALES ESCALARES



INFORMACION ANALIZADA

REGISTROS INSTRUMENTALES			
BOYA	SITUACION	PROF. (m)	PERIODO MEDIDA
1- CABO DE PALOS	37°39'15" N 0°38'18" W	67	1983 / 1990

OBSERVACIONES VISUALES

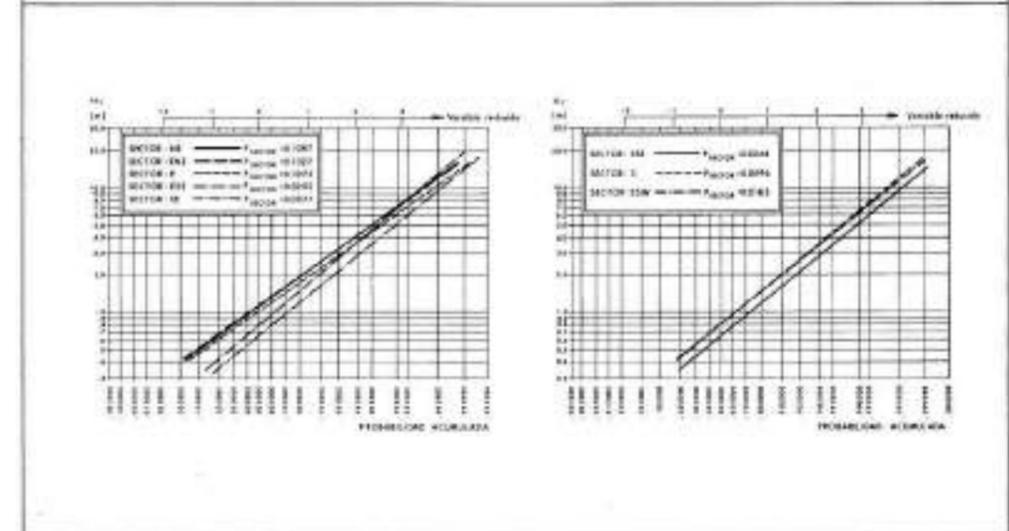
CUADRICULA:
35°N - 38°N
21°W - 2°E

PERIODO DE MEDIDA: 1950 - 1985

AREA - VI



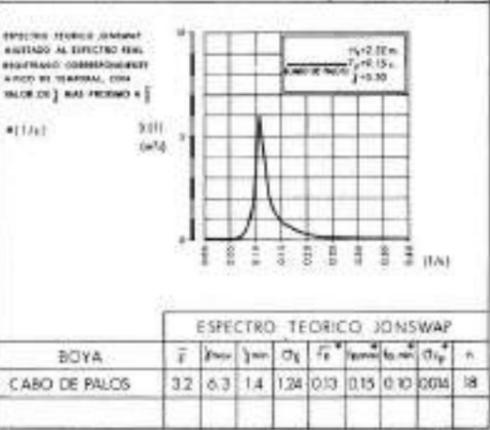
B-OBSERVACIONES VISUALES: REGIMENES MEDIOS DIRECCIONALES



E- REGISTROS INSTRUMENTALES: CORRELACIONES ALTURA DE OLA / PERIODO EN TEMPORALES

BOYA	$\rho = \frac{H_s}{T_p} \cdot \frac{1}{g^{1/2}}$	T_p / T	RELACION FINAL H_s (m) T_p (s)	VALORES DE DISEÑO	
				H_s (m)	T_p (s)
CABO DE PALOS	0.035 - 0.06	= 1.20	1 + 0.95 $\sqrt{H_s}$	4	7.5 - 10
				6	9.5 - 12.5
				8	11 - 14.5

F- REGISTROS INSTRUMENTALES: ESTRUCTURA ESPECTRAL ESCALAR BASICA DE TEMPORALES ($H_s \geq 1.50m$)



ROM 0.3-91-OLEAJE
ATLAS DE CLIMA MARITIMO EN EL LITORAL ESPAÑOL

2.2 BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS DE PUERTOS DEL ESTADO

El análisis de la información establecida en la ROM, se completa con la procedente del Banco de datos Oceanográficos del Ente Público Puertos del Estado tomada a partir de los datos instrumentales y direccionales disponibles para el Área VI.

2.2.1 VISUALES

Los datos visuales es una de las fuentes más antiguas de información de velocidad y dirección del viento y altura y periodo de ola visual, recogidos por los buques durante su tránsito por áreas específicas de todos los mares. Desde un punto de vista estadístico estas series de datos tienen limitaciones importantes relacionadas con el observador y su representatividad de las condiciones extremas. Los datos visuales son descriptores visuales de estado y para su aplicación deben transformarse en descriptores estadísticos de estado.

2.2.2 DATOS INSTRUMENTALES

La red instrumental de Puertos del Estado está formada por dos redes ubicadas en aguas profundas y en aguas costeras, respectivamente, y una red de mareógrafos en áreas portuarias. Información detallada del acceso a los datos instrumentales se encuentra en la web de Puertos del Estado, (www.puertos.es/Oceanografía y [Meteorología](http://www.puertos.es/Meteorología)).

2.2.2.1 Conjunto de datos REDEXT

El conjunto de datos REDEXT está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas de Aguas Profundas (Red Exterior).

Las boyas de esta red se caracterizan por estar fondeadas lejos de la línea de costa a gran profundidad (más de 200 metros de profundidad) por lo que las medidas de oleaje de estos sensores no están perturbadas por efectos locales. Cada boya proporciona observaciones representativas de grandes zonas litorales; están dotadas varios tipos de sensores, así como de unidades de proceso, almacenamiento de datos y transmisión vía satélite.

Parámetros disponibles

De manera general el conjunto REDEXT dispone de los parámetros indicados más abajo.

Oleaje

- Parámetros escalares de cruce por cero y espectrales
 - Altura Significante
 - Periodo Medio
 - Altura Máxima
 - Periodo asociado a la altura máxima
 - Periodo Significante

- Parámetros direccionales
 - Dirección Media
 - Dirección Media en el Pico de Energía
 - Dispersión de la Dirección en el Pico de Energía
 - Espectros direccionales codificados en bandas de frecuencia

Meteorología (Datos registrados a 3 m. sobre la superficie)

- Velocidad y dirección media del Viento
- Velocidad de Racha del Viento
- Temperatura del Aire
- Presión del aire

Oceanografía (Datos registrados a 3 m bajo la superficie)

- Velocidad y dirección media de Corriente
- Temperatura del agua
- Salinidad (deducida a partir de medidas de conductividad)

Red de Boyas



Figura 3. Posiciones de Medida de la Red Exterior de Boyas

Las Boyas presentes en el área de estudio son las siguientes:

Código BD	Nombre	Profundidad fondeo (m)
2610	Cabo de Palos	230
2548	Cabo de Gata	563

La boya de Cabo de Gata dispone de sensores de oleaje direccional, desde 2003, siendo boya escalar con anterioridad a este año.

La boya más cercana y por consiguiente más representativa de la zona de estudio en aguas profundas es la boya de Cabo de Palos.

2.2.2.2 Conjunto de datos REDCOS

El conjunto de datos REDCOS está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas Costeras de Puertos del Estado. Su objetivo es complementar las medidas de oleaje de la red exterior en lugares de especial interés para las actividades portuarias o para la validación de modelos de oleaje, por lo que el despliegue de las boyas se puede ver modificado a lo largo del tiempo.

Las boyas de esta red se caracterizan por estar ubicadas en las proximidades de instalaciones portuarias, estando fondeadas a menos de 100 metros de profundidad. En la mayoría de los casos, las medidas están perturbadas tanto por el perfil de la costa, como por los efectos del fondo sobre el oleaje por lo que son representativas, sólo, de condiciones locales.

Parámetros disponibles: De manera general, el conjunto REDCOS dispone de los siguientes parámetros:

Oleaje Escalar

- Altura Significante Espectral y de Cruce por cero
- Periodo Medio Espectral y de Cruce por cero
- Altura Máxima
- Periodo asociado a la altura máxima
- Periodo Significante

Oleaje Direccional (si la boya es Triaxys, WatchMate o WatchKeeper)

- Dirección Media
- Dirección Media en el Pico de Energía
- Dispersión de la Dirección en el Pico de Energía

Esta red permanente de boyas es muy dependiente de las necesidades de las Autoridades Portuarias, por lo que la distribución y número de estaciones se ha visto modificada a lo largo del tiempo



Figura 4. Boyas actuales de la Red Costera

Código	NombreBoya	Latitud	Longitud	Prof. Fondeo	Inicio medidas	Muestreo	Instalación
1514	Boya de Málaga	36.69°	-4.42°	15 metros	1985-11-19	1 hora	Permanente

En las inmediaciones de la zona de Estudio, no se disponen boyas locales cercanas; únicamente se encuentra la boya de Málaga que no se considera representativa para el proyecto que nos ocupa.

2.2.2.3 Red de mareógrafos, REDMAR

El conjunto de datos REDMAR está formado por las medidas procedentes de la Red de Mareógrafos de Puertos del Estado. El objeto de esta red es la monitorización del dato de nivel del mar así como la generación de series históricas para su posterior explotación. Los mareógrafos de esta red se caracterizan por estar ubicados dentro de las instalaciones portuarias, en un muelle o un dique. Las estaciones más antiguas proporcionan datos desde julio de 1992.



Figura 5. Red de mareógrafos

Se ha empleado como fuente de datos más adecuada para la zona de estudio el **mareógrafo de Almería**, descartando el mareógrafo de Carboneras, que a pesar de estar más próximo, la serie de datos temporal que dispone no es lo suficientemente larga como para realizar un análisis estadístico fiable.

2.2.3 DATOS DE RETROANÁLISIS. CONJUNTO DE PUNTOS SIMAR

El conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. Son, por tanto, datos simulados y no proceden de medidas directas de la naturaleza.

Las series SIMAR surgen de la concatenación de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR-44 y WANA. Ofrecen series temporales más extensas en el tiempo y actualizadas diariamente. De este modo, el conjunto SIMAR ofrece información desde el año 1958 hasta la actualidad.

➤ Subconjunto SIMAR 44 (1958-1999)

El conjunto de datos SIMAR-44 está formado por series temporales de parámetros atmosféricos y oceanográficos procedentes de modelado numérico de alta resolución de atmósfera, nivel del mar y oleaje que cubre todo el entorno litoral español.

Los **datos de viento** de este conjunto se han obtenido mediante el modelo atmosférico regional REMO, forzado por datos del reanálisis global NCEP.

Para generarlos **campos de oleaje** se ha utilizado en modelo numérico WAM. El modelo WAM utilizado incluye efectos de refracción y asomeramiento. No obstante dada la resolución del modelo, se puede considerar despreciables los efectos del fondo. Por tanto, para uso práctico los datos de oleaje deben de interpretarse siempre como datos en aguas abiertas a **profundidades indefinidas**.

➤ Red WANA (2000-actualidad)

Las series WANA proceden del sistema de predicción del estado de la mar que Puertos del Estado ha desarrollado en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, www.aemet.es). Para cada instante el modelo proporciona campos de viento y presión consistentes con la evolución anterior de los parámetros modelado y las observaciones realizadas.

Los **datos de viento** se han generado mediante el modelo atmosférico meso escalar e hidrostático HIRLAM de AEMET. Los datos facilitados son 10 metros de altura sobre el nivel del mar, y no reproducen efectos geográficos ni procesos temporales de escalas inferiores a la resolución con la que se ha integrado el modelo.

Para generar **los campos de oleaje** se han utilizado dos modelos: WAM y WaveWatch, alimentados por los campos de viento del modelo HIRLAM. Con el fin de describir situaciones con mares de fondo cruzados, se han considerado dos contribuciones posibles para el mar de fondo. Es importante tener en cuenta, que, con independencia de la coordenada asignada a un nodo WANA, los datos de oleaje deben de considerarse, siempre, como datos en aguas abiertas y **profundidades indefinidas**.

Parámetros Disponibles

El conjunto de datos SIMAR proporciona descripciones del clima de viento y oleaje, que en general, son adecuadas en todo el entorno litoral español. No obstante, es necesario tener cautela en las zonas de picos y en el Sur del Archipiélago Canario.

Oleaje

- Altura significativa espectral
- Periodo de pico espectral
- Periodo medio espectral (momentos 0 y 2)
- Dirección Media de Procedencia del Oleaje
- Altura, Periodo Medio, y Dirección de Mar de Viento
- Altura, Periodo Medio, Dirección de Mar de Fondo

Viento

- Velocidad media
- Dirección medida de Procedencia del Viento

Puntos disponibles

De forma general, las series temporales almacenadas en el Banco de Datos cubren el periodo de más de 50 años, comenzando en el año 1958 y llegando hasta la actualidad ya que éstas se actualizan de manera automática dos veces al día para añadir los nuevos datos de diagnóstico generados por el sistema de predicción.

Los puntos SIMAR en la zona de actuación son los siguientes:



Figura 6. Puntos SIMAR

De todos ellos, se han considerado los datos históricos de oleaje del punto **SIMAR 2066089**, por ser el punto más cercano y por consiguiente más representativo de la zona de estudio.

Se ha solicitado a Puertos del Estado la base de datos correspondiente a la serie temporal de este punto SIMAR, para realizar un estudio detallado del clima marítimo en profundidades indefinidas.

Los datos proporcionados se adjuntan en el apéndice 1.

3 VIENTO

Para la caracterización del viento se han analizado los datos de retroanálisis del punto SIMAR 206689, que ofrece información desde 1958 hasta la actualidad. Contienen, para el punto de coordenadas Longitud 1,50° W y Latitud 37,42° N la siguiente información de viento:

Altura, Periodo Medio, y Dirección de Mar de Viento

Altura, Periodo Medio, Dirección de mar de fondo

Dada la cercanía de este punto a la zona de estudio, se puede considerar que la información proporcionada por este punto representa fielmente las condiciones naturales de esa zona.

3.1 RÉGIMEN MEDIO

Dado que la velocidad del viento es una variable direccional, en la Figura 26 se representa la rosa de los vientos de la zona de estudio. Para la caracterización del viento se han definido sectores de 22,5 grados.

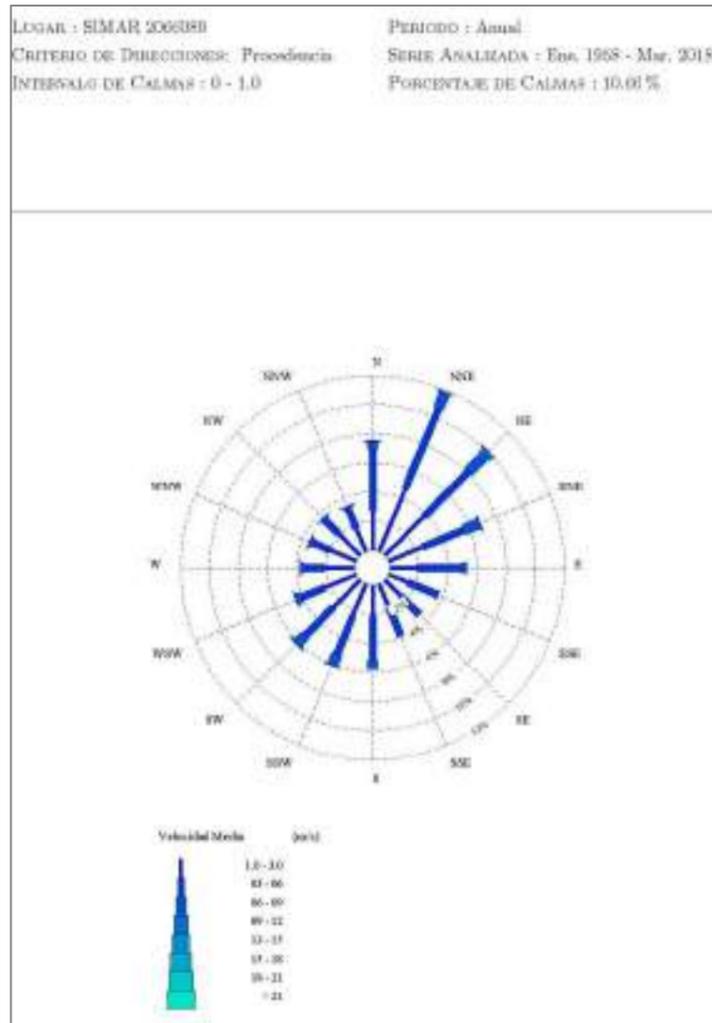


Figura 7. Rosa de viento anual

Por otro lado, se representa en la Figura 27 el régimen medio escalar de la velocidad de viento media ajustada a una función de distribución Weibull así como los parámetros de ajuste.

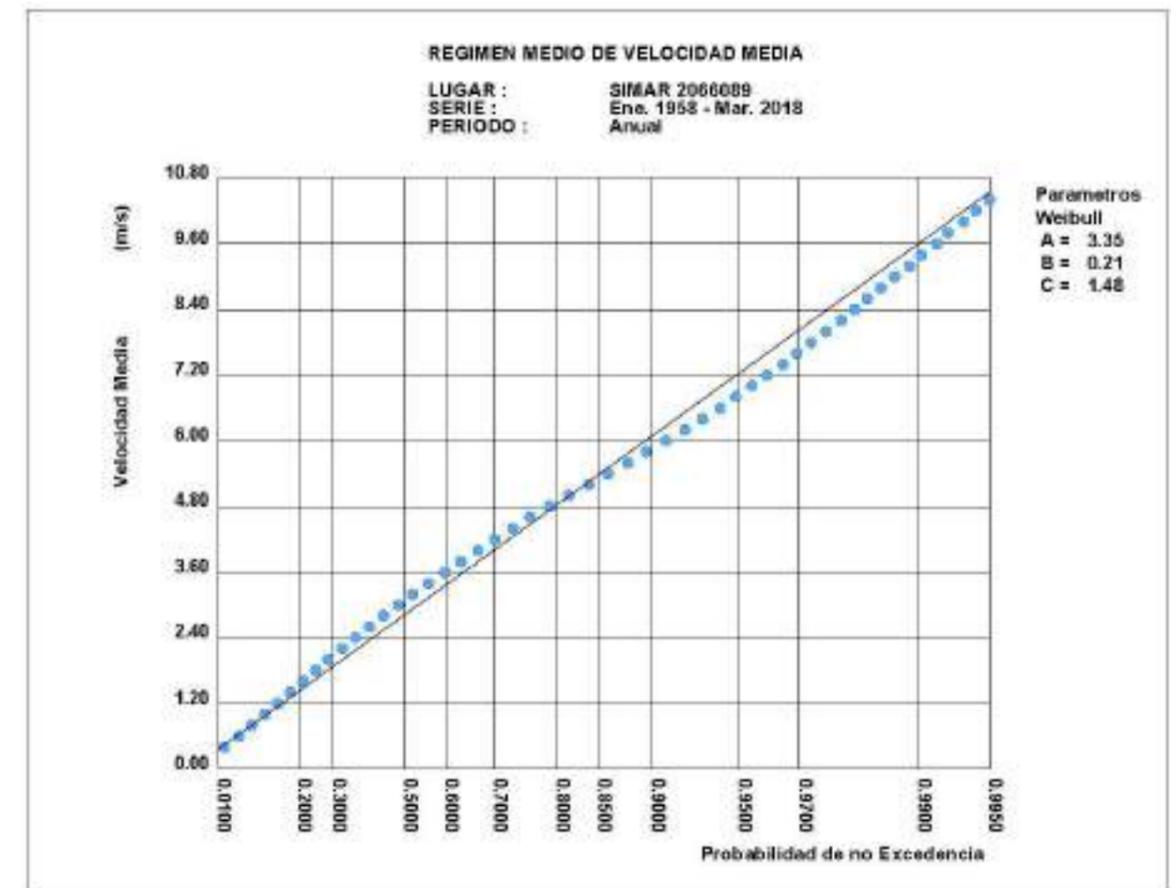


Figura 8. Régimen medio de la velocidad de viento media

Como se observa en la figura anterior, el viento medio en el área de estudio es de muy baja intensidad, estando la totalidad de los registros de viento por debajo de los 10,8 m/s.

4 NIVEL DEL MAR

El conocimiento del nivel medio del mar y de su variación en cualquier punto de la costa es un aspecto determinante en el diseño y cálculo de obras marítimas, fundamentalmente en lo que se refiere a la cota de coronación de obras de abrigo y dragado, así como en el estudio de playas, ya que en las zonas inundables intermareales el proceso de transporte de sedimentos es muy activo.

El nivel del mar se define como la posición media de la superficie libre del mar durante un periodo de tiempo respecto a un nivel de referencia. Este movimiento de la superficie del mar es causado principalmente por oscilaciones de largo periodo:

Marea meteorológica, relacionada con los cambios de presión en la atmósfera o el arrastre producido por el viento.

Marea astronómica, asociada a los movimientos y posición de los astros, principalmente la Luna y el Sol.

Como ya indicado anteriormente, se ha empleado como fuente de datos más adecuada el mareógrafo de Almería, descartando el mareógrafo de Carboneras, que a pesar de estar más próximo a la zona de estudio, la serie de datos temporal que dispone no es lo suficientemente larga como para realizar un análisis estadístico fiable.

4.1 NIVELES DE REFERENCIA

El mareógrafo de Almería está situado en la ampliación del Muelle de Poniente, en el extremo sur de la Fase I con registros desde enero 2006, siendo la serie analizada 2006-2013, obtenido dicho informe de la web de Puertos del Estado.

El clavo geodésico más cercano es "MAREOGRAFO". El cero del puerto (cero del mareógrafo) está a 3,990 m bajo dicho clavo y el NMMA a 3,760 m. El cero hidrográfico se encuentra 4,004 m bajo MAREOGRAFO, según el cálculo realizado por el Instituto Hidrográfico de la Marina.



Figura 9. Ubicación del mareógrafo REDMAR ALMERÍA

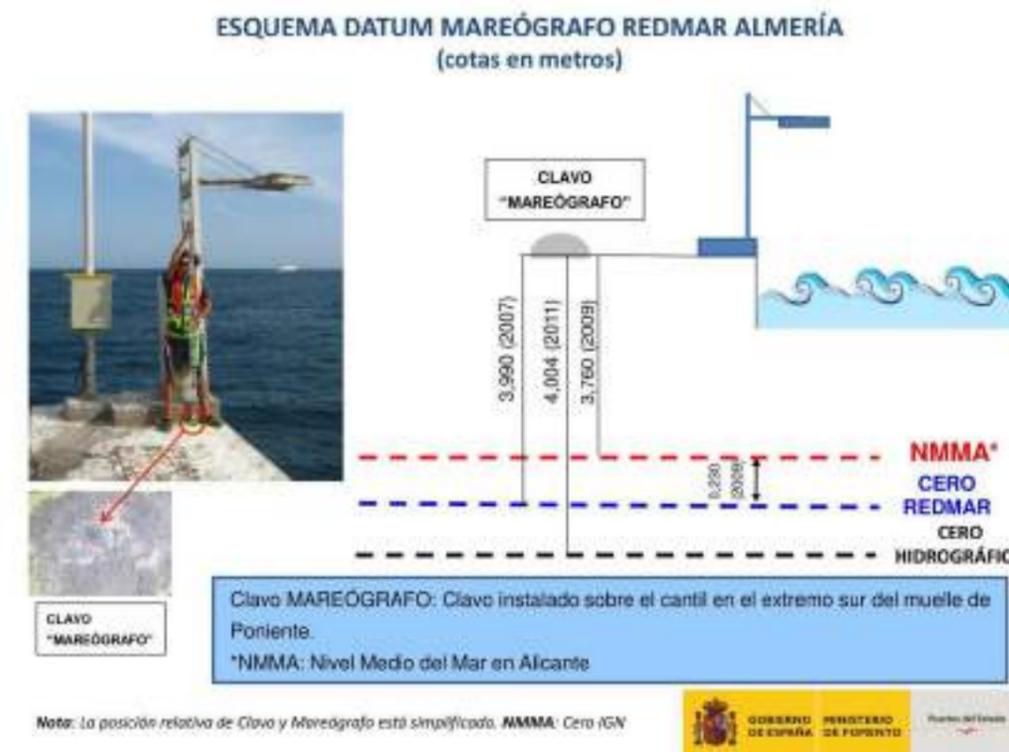


Figura 10. Esquema DATUM mareógrafo REDMAR ALMERIA

El **cero hidrográfico**, establecido por el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), coincide aproximadamente con el nivel de agua más bajo, varía con las características de la marea a lo largo de la costa y es la mínima bajamar astronómica (BMMI) calculada para el puerto por el IHM.

El **cero del puerto (CP)** está definido por el propio puerto y coincide normalmente con la mínima bajamar.

En la Figura 30 se presentan las relaciones entre el Cero del Puerto (CP), el Nivel Medio del Mar (NMM) y los niveles de la Pleamar Media Máxima Astronómica (PMMA) y de la Bajamar Media Mínima Astronómica (BMMI).

Referencias de nivel del mar

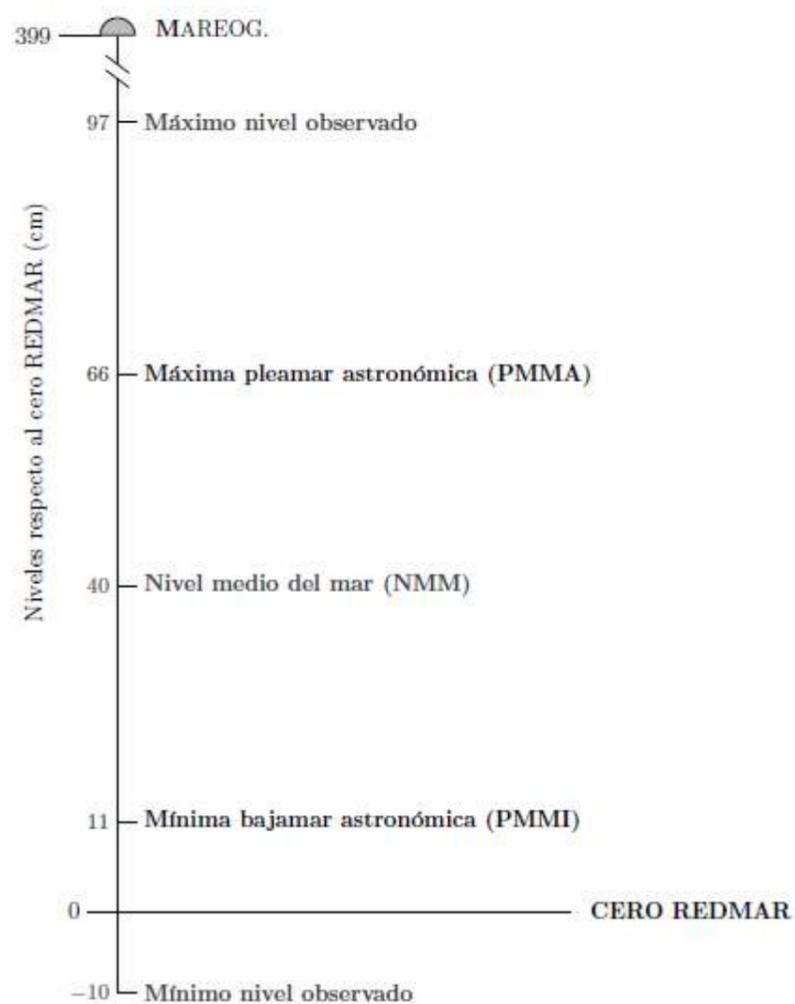


Figura 11. Principales referencias de nivel del mar sobre todo el espacio

Máxima pleamar astronómica (PMMA): Es el máximo nivel de la serie de pleamares astronómicas.

Mínima bajamar astronómica (BMMI): Es el mínimo nivel de la serie de bajamares astronómicas.

Por tanto los niveles de referencia con respecto al cero del puerto de Almería y NNMA serían:

MAEÓGRAFO PUERTO DE ALMERÍA			
NIVEL	RESPECTO CP (cm)	RESPECTO NMMA (cm)	RESPECTO NMMA (cm)
Max. Nivel observado	97	74	86
PMMA	66	43	55
NMM	40	17	29
NMMA	23	0	12
PMMI	11	-12	0
CP	0	-23	-11
Min, nivel observado	-10	-33	-21

Tabla 1. Niveles de referencia mareógrafo Almería

4.2 RÉGIMEN MEDIO

Los regímenes medios anuales del nivel del mar se definen como la distribución en el año medio del parámetro de nivel del mar. Viene representado por su función de distribución, definida por la probabilidad de que en un estado de mar cualquiera, el nivel medio sea superado por un valor del nivel del mar dado.

A partir del informe REDMAR del puerto de Almería, se obtiene el histograma de las bajamares y pleamares para la serie histórica 2006-2013 referida al Cero del Puerto de Almería.

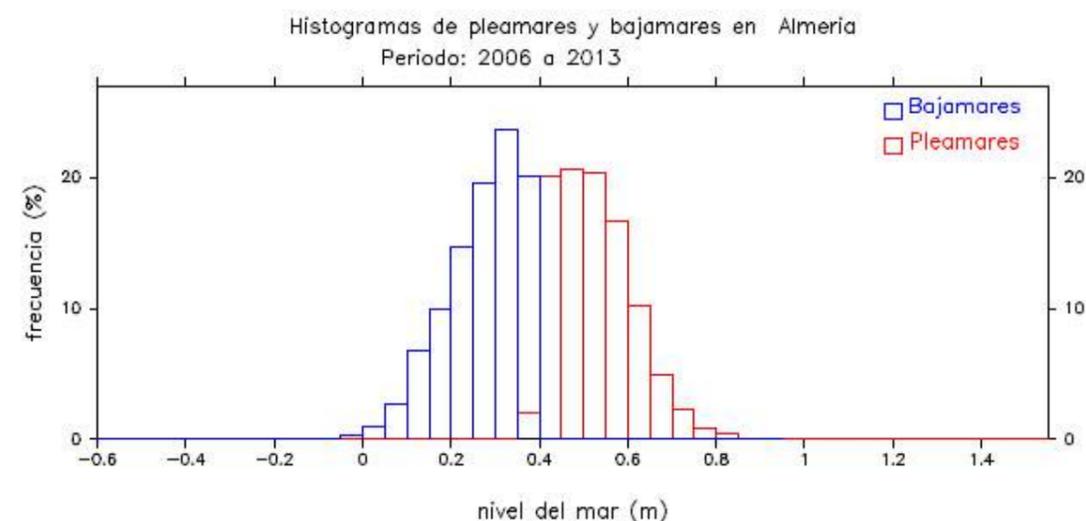


Figura 12. Histograma de Pleamares y Bajamares observadas en Almería

Estadística Bajamares		Estadística Pleamares	
Mínima (m):	-0.10	Mínima (m):	0.40
Máxima (m):	0.40	Máxima (m):	0.97
Media (m):	0.27	Media (m):	0.53
Desv.Est. (m):	0.09	Desv.Est. (m):	0.09
Moda (m):	0.33	Moda (m):	0.48
Mediana (m):	0.29	Mediana (m):	0.52
Sesgo:	-0.74	Sesgo:	0.81
Curtosis:	0.08	Curtosis:	0.72

Figura 13. Estadísticos de Pleamares y Bajamares observadas en Almería

Puede verse cómo el nivel medio del mar es aproximadamente de 0,40 m, la bajamar mínima observada es de -0,10 m y la pleamar máxima observada de 0,97 m. Los valores medios de bajamar y de pleamar son de 0,27 m y 0,53 m respectivamente.

4.3 VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR EN LA PLAYA DE LA COLA

Para analizar las variaciones del nivel del mar en la Playa de La Cola, se analizan los datos del mareógrafo de Almería, ya que a pesar de que el mareógrafo de Carboneras está más próximo a la zona de estudio, la serie temporal de este último es reducida.

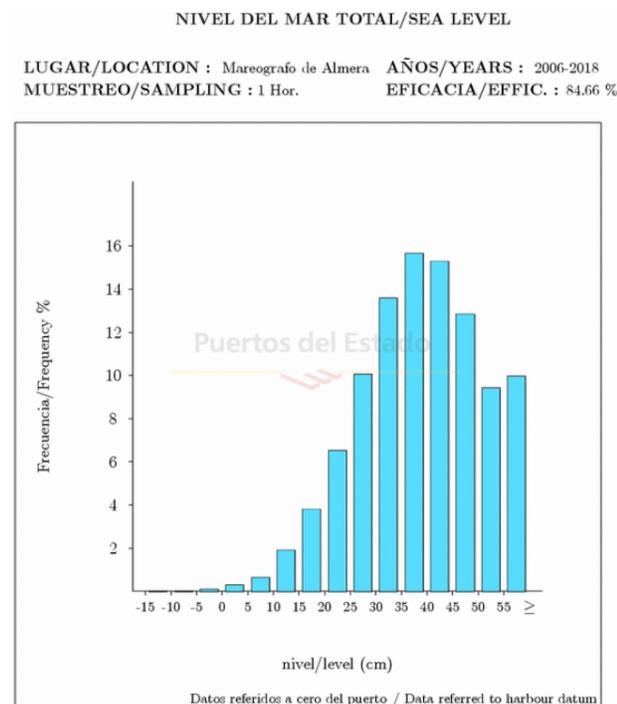


Figura 14. Histograma del nivel del mar

Como se refleja en la figura adjunta, el nivel del mar más frecuente oscila entre 35 y 45 cm.

Asimismo se obtiene la variación del nivel medio del mar mensual y su tendencia entre los años 2006 y 2018.

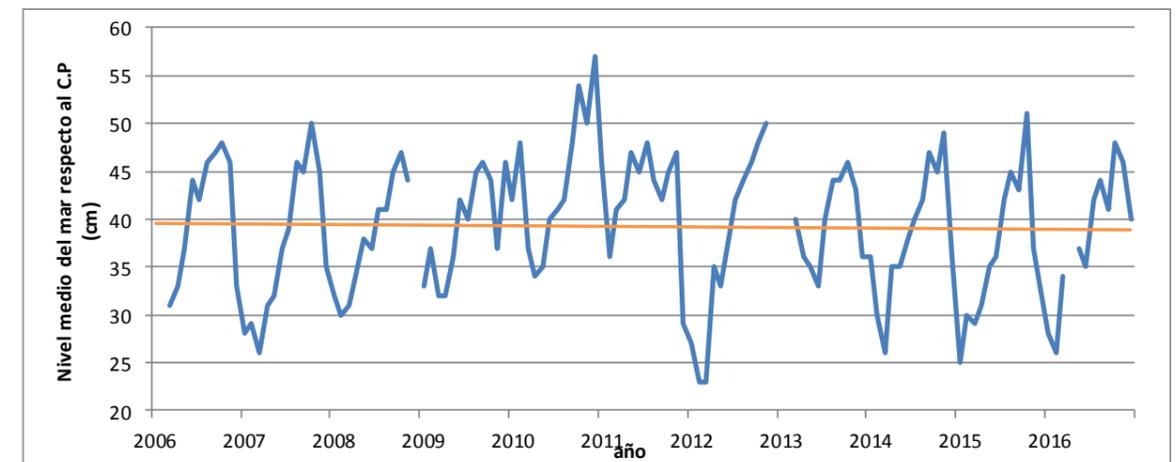


Figura 15. Variación del nivel medio del mar en la playa de la Cola (Fuente: Puertos del Estado)

Dado que la serie de datos disponible del mareógrafo de Almería disponible en la web de Puertos del Estado es muy corta (10 años) no puede evaluarse objetivamente la variación del nivel del mar en esta zona.

5 OLEAJE

El oleaje es el principal agente causante de la dinámica litoral en las playas y de su evolución en el tiempo, por lo que su conocimiento es imprescindible para evaluar y estudiar la morfodinámica que gobierna la zona de estudio.

En el presente capítulo se analiza la dinámica marina de la playa de La Cola. Se realiza el estudio del oleaje tanto en profundidades indefinidas, como en la costa, en las inmediaciones de la zona de estudio.

Para realizar el cálculo de los regímenes medios y extremales se han utilizados los datos proporcionados por Puertos de Estado del punto SIMAR 2066089 en profundidades indefinidas, con registros lo suficientemente largos para que los regímenes obtenidos a partir de ellos, sean estadísticamente representativos de las condiciones de oleaje.

Se ha utilizado la herramienta SMC, (Sistema de Modelado Costero), desarrollada por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) como modelo de propagación, para tener en cuenta los procesos que sufre el oleaje en su desplazamiento hasta la costa, y poder así representar adecuadamente el oleaje en aguas someras.

Se han seleccionado un número reducido de estados de mar representativos de las condiciones de oleaje, para poder reducir el coste operacional que supondría propagar todos los estados de mar disponibles. La propagación de estos datos se realiza mediante modelos numéricos, que tienen en cuenta los procesos de transformación que sufre el oleaje.

5.1 OLAJE EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS

Los datos de oleaje con los que se ha contado para la realización del presente estudio provienen de datos de reanálisis del punto SIMAR 2066089 desarrollado por Puertos del Estado.

Esta base de datos de reanálisis, está formada por datos horarios con una longitud temporal de 60 años (1958-actualidad), 524.578 estados de mar. para el punto de coordenadas Longitud 1,50° W y Latitud 37,42° N la siguiente información de registros de oleaje:

- Altura de ola significante
- Periodo medio
- Periodo de pico
- Dirección media

5.1.1 DATOS DIRECCIONALES

La distribución sectorial del oleaje queda caracterizado mediante las rosas de oleaje, que discretizan los datos en direcciones y alturas de ola. Cada sector se representa con un brazo de la rosa. La longitud de cada brazo es proporcional a la probabilidad de presentación de cada sector, calculada como la frecuencia relativa muestral. La anchura de cada parte del brazo representa las alturas de ola significante. De esta forma se pueden apreciar visualmente cuáles son los sectores que predominan, pudiendo determinar los sectores más energéticos y las alturas de olas que se presentan.

5.1.1.1 Rosas de oleaje

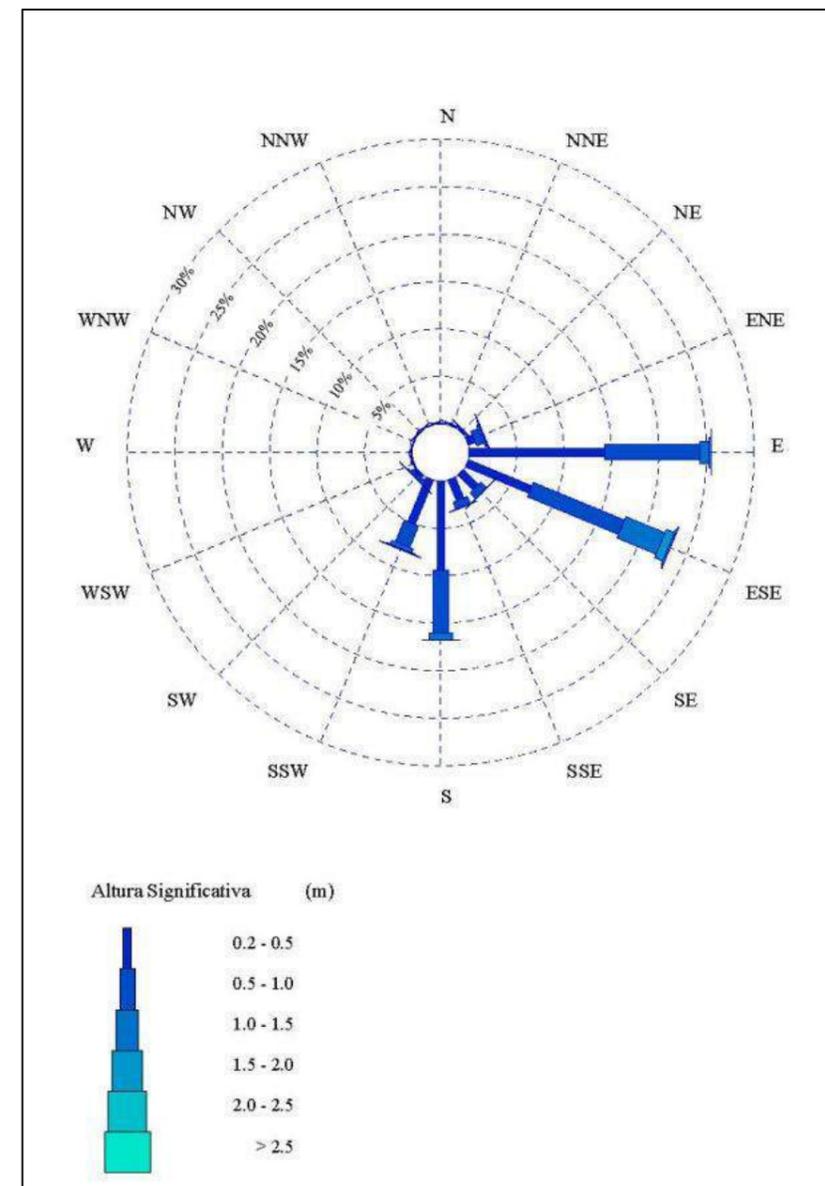


Figura 16. Rosa de oleaje anual

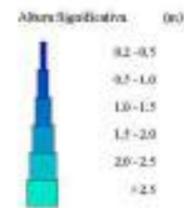
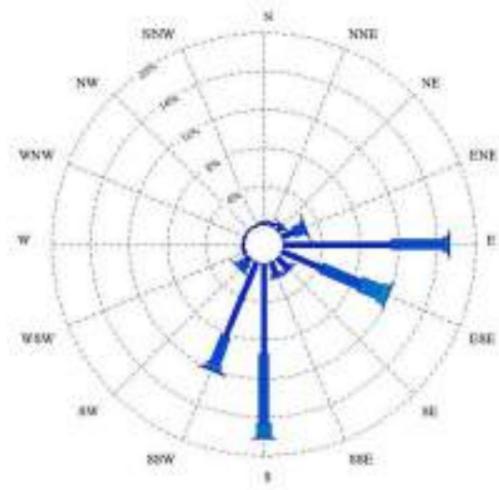


Figura 17. Rosa de oleaje Diciembre-Febrero

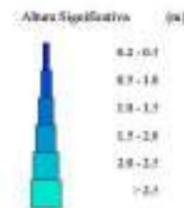
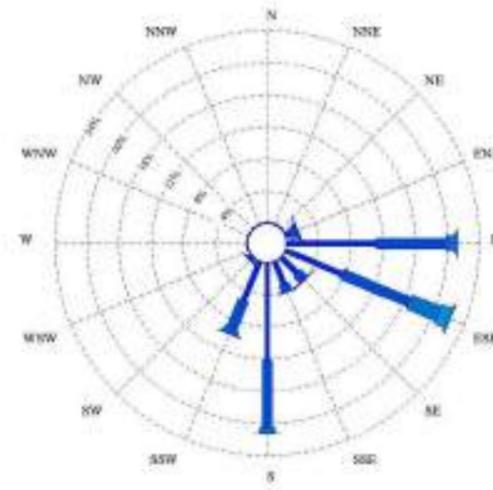


Figura 18. Rosa de oleaje Marzo-Mayo

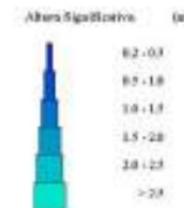
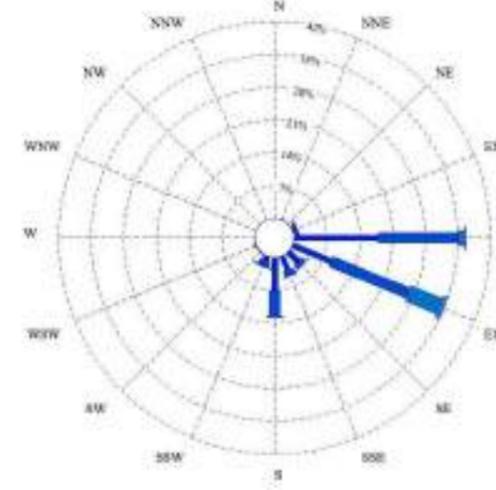


Figura 19. Rosa de oleaje Junio-Agosto

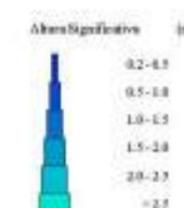
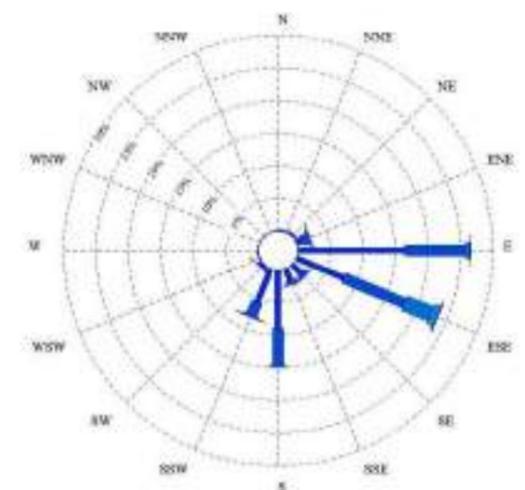


Figura 20. Rosa de oleaje Septiembre-Noviembre

En la Figura 16 se muestra la rosa de oleaje anual en profundidades indefinidas. Los oleajes predominantes en la zona de estudio corresponden a los sectores Este (E), Este Sureste (ESE), Sur (S) y Sur Suroeste (SSW).

En la Figura 17, Figura 18, Figura 19 y Figura 20 se representan las rosas de oleaje estacionales, que muestran los oleajes predominantes para cada estación.

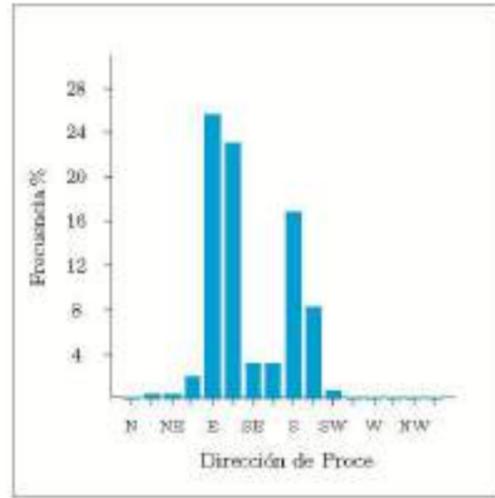
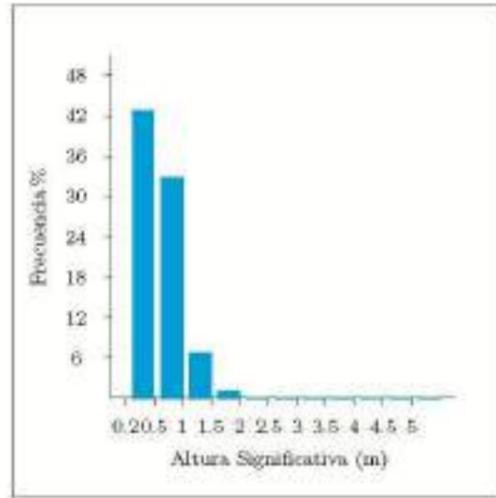
Como puede observarse, las direcciones predominantes son similares en cada una de las cuatro estaciones. Como es lógico, puede apreciarse valores menores de altura de ola durante los meses estivales de Junio-Agosto.

5.1.1.2 Tablas Hs-Dirección

En las siguientes tablas se muestra la distribución conjunta de altura de ola -dirección del oleaje, tanto la anual como las estacionales.



5.1.1.2.1 Tabla Hs-Dirección Anual



5.1.1.2.2 Tabla Hs-Dirección Diciembre-Febrero

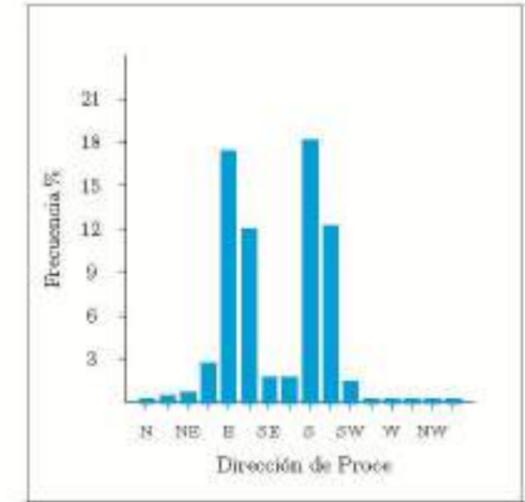
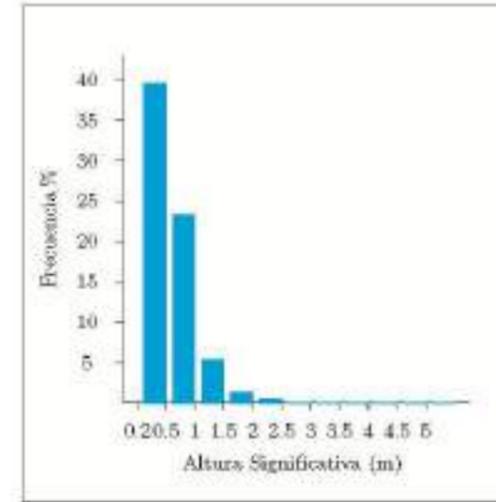


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

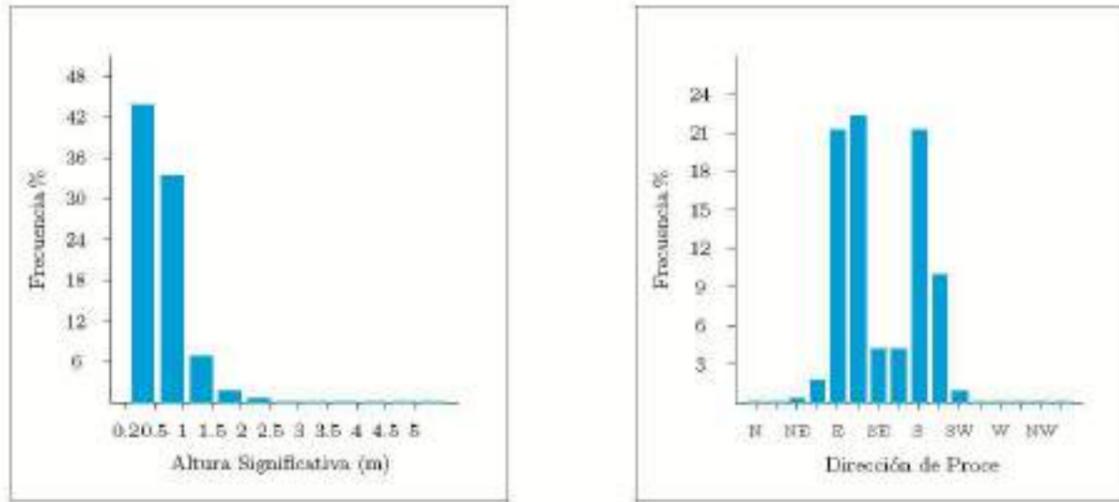
Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	16.483												16.483
N	0.0	.095	.021	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.116
NNE	22.5	.133	.043	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.178
NE	45.0	.207	.116	.008	.002	-	-	-	-	-	-	-	.333
ENE	67.5	.805	.776	.229	.061	.021	.006	-	-	-	-	-	1.809
E	90.0	14.283	10.102	943	135	.037	.009	.002	-	-	-	-	25.481
ESE	112.5	7.246	10.367	4.462	906	.163	.080	.002	.001	-	-	-	23.175
SE	135.0	2.246	.787	.039	.012	.005	.002	-	-	-	-	-	3.092
SSE	157.5	2.368	.791	.035	.003	-	-	-	-	-	-	-	3.197
S	180.0	9.410	6.576	.752	.044	.002	-	-	-	-	-	-	16.784
SSW	202.5	5.049	2.481	.419	.083	.027	.007	-	-	-	-	-	8.067
SW	225.0	.309	.341	.084	.011	.002	-	-	-	-	-	-	.748
WSW	247.5	.092	.051	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	.149
W	270.0	.054	.035	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	.093
WNW	292.5	.046	.015	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.062
NW	315.0	.048	.018	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.067
NNW	337.5	.055	.020	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.076
Total	16.483	42.416	52.541	6.886	1.257	.258	.065	.003	.001	-	-	-	100%

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

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	30.072												30.072
N	0.0	.258	.048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.304
NNE	22.5	.322	.099	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.423
NE	45.0	.472	.262	.018	.007	-	-	-	-	-	-	-	.759
ENE	67.5	1.323	1.049	.237	.090	.016	.006	-	-	-	-	-	2.690
E	90.0	11.242	5.319	.543	.147	.032	.021	.007	-	-	-	-	17.311
ESE	112.5	4.405	4.398	2.265	.713	.168	.037	.005	-	-	-	-	11.988
SE	135.0	1.300	.384	.012	.005	-	-	-	-	-	-	-	1.791
SSE	157.5	1.215	.421	.023	-	-	-	-	-	-	-	-	1.659
S	180.0	9.394	7.288	1.427	.097	.007	-	-	-	-	-	-	18.211
SSW	202.5	8.354	3.047	.633	.143	.069	.018	-	-	-	-	-	12.264
SW	225.0	.665	.702	.170	.032	.007	-	-	-	-	-	-	1.576
WSW	247.5	.209	.117	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	.334
W	270.0	.129	.090	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	.223
WNW	292.5	.122	.037	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.161
NW	315.0	.106	.037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.142
NNW	337.5	.138	.041	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.180
Total	30.072	39.655	23.334	5.344	1.204	.299	.081	.012	-	-	-	-	100%



5.1.1.2.3 Tabla Hs-Dirección Marzo-Mayo



5.1.1.2.4 Tabla Hs-Dirección Junio-Agosto

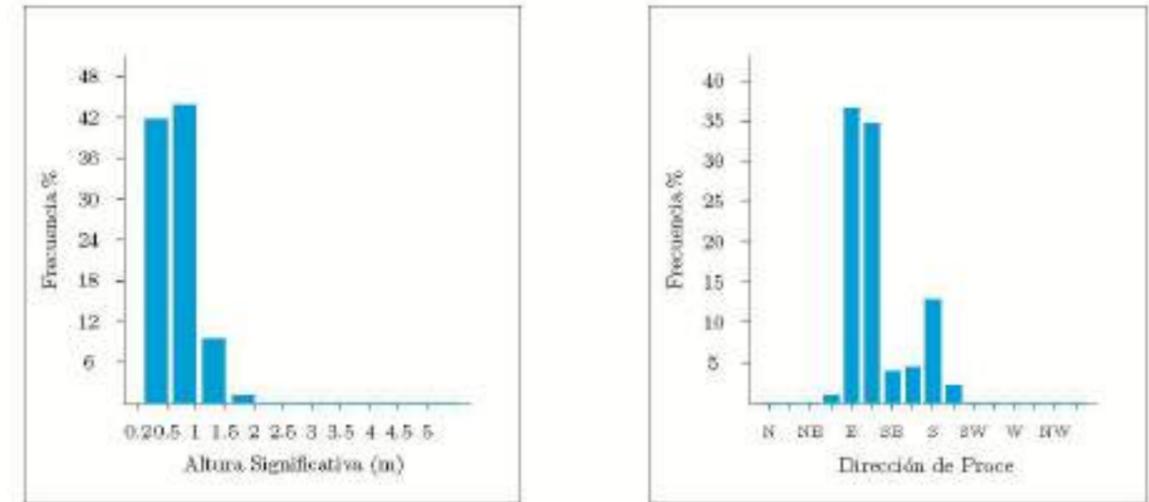


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0		
CALMAS	14.123													14.123
N 0.0		.068	.023	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.095
NNE 22.5		.072	.032	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.106
NE 45.0		.115	.061	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.179
ENE 67.5		.606	.713	.209	.077	.038	.014	-	-	-	-	-	-	1.718
E 90.0		11.122	8.753	1.025	.249	.091	.005	-	-	-	-	-	-	21.244
ESE 112.5		7.664	9.013	3.992	1.211	.258	.054	-	-	-	-	-	-	22.192
SE 135.0		2.838	1.127	.066	.014	.018	.007	-	-	-	-	-	-	4.069
SSE 157.5		3.107	.935	.052	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	4.096
S 180.0		12.177	8.273	.792	.032	.002	-	-	-	-	-	-	-	21.276
SSW 202.5		5.329	3.756	.579	.115	.016	-	-	-	-	-	-	-	9.796
SW 225.0		.251	.351	.077	.011	-	-	-	-	-	-	-	-	.690
WSW 247.5		.068	.041	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.118
W 270.0		.048	.023	.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.081
WNW 292.5		.038	.016	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.057
NW 315.0		.048	.027	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.079
NNW 337.5		.043	.034	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.081
Total	14.123	43.595	33.176	6.893	1.711	.423	.079	-	-	-	-	-	-	100%

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

Dirección	Hs (m)												Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0		
CALMAS	4.243													4.243
N 0.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNE 22.5		.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.005
NE 45.0		.023	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.030
ENE 67.5		.382	.413	.145	.041	-	-	-	-	-	-	-	-	.981
E 90.0		18.118	16.971	1.395	.077	.005	-	-	-	-	-	-	-	35.568
ESE 112.5		9.017	17.794	7.112	.824	.041	-	-	-	-	-	-	-	34.788
SE 135.0		2.830	1.108	.020	.016	-	-	-	-	-	-	-	-	3.975
SSE 157.5		3.205	1.245	.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.479
S 180.0		7.157	5.229	.241	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.626
SSW 202.5		1.045	1.011	.173	.016	-	-	-	-	-	-	-	-	2.244
SW 225.0		.014	.039	.009	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.065
WSW 247.5		-	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.007
W 270.0		.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.002
WNW 292.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NW 315.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNW 337.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	4.243	41.797	43.814	9.124	.977	.045	-	-	-	-	-	-	-	100%



5.1.1.2.5 Tabla Hs-Dirección Septiembre-Noviembre

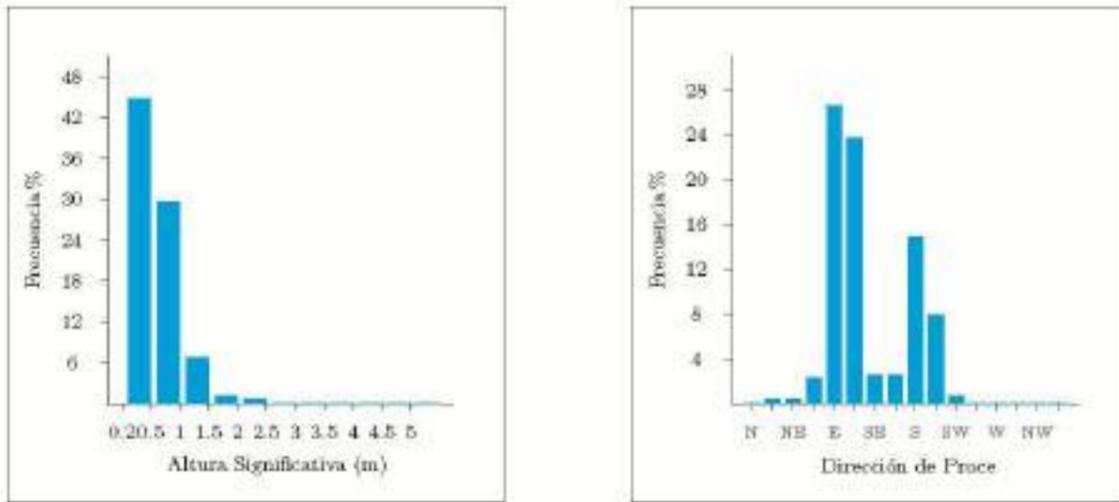


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)											Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		> 5.0
GALMAS	17.691												17.691
N	0.0	.065	.014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.069
NNE	22.5	.135	.044	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.181
NE	45.0	.222	.137	.011	-	-	-	-	-	-	-	-	.371
ENE	67.5	.917	.935	.266	.066	.030	.007	-	-	-	-	-	2.220
E	90.0	16.520	9.300	.804	.066	.018	.011	-	-	-	-	-	26.721
ENE	112.5	7.860	10.189	4.452	.866	.186	.027	.002	.006	-	-	-	23.504
SE	135.0	1.996	.520	.060	.014	.007	-	-	-	-	-	-	2.596
SSE	157.5	1.925	.557	.034	.009	-	-	-	-	-	-	-	2.525
S	180.0	8.897	5.508	.354	.050	-	-	-	-	-	-	-	15.010
SSW	202.5	5.515	2.119	.291	.060	.023	.011	-	-	-	-	-	8.010
SW	225.0	.312	.286	.080	-	.002	.002	-	-	-	-	-	.883
WSW	247.5	.094	.041	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	.140
W	270.0	.037	.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.066
WNW	292.5	.025	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.032
NW	315.0	.039	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.046
NW	337.5	.039	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.044
Total	17.691	44.594	29.691	6.530	1.132	.296	.090	.002	.006	-	-	-	100%

5.1.2 DISTRIBUCIÓN CONJUNTA HS-TP

En las siguientes tablas se muestra la relación de las variables altura de ola significativa (Hs) y periodo de pico (Tp), para el conjunto completo de datos y por estaciones.

5.1.2.1 Tablas Hs-Tp

5.1.2.1.1 Hs-Tp Anual

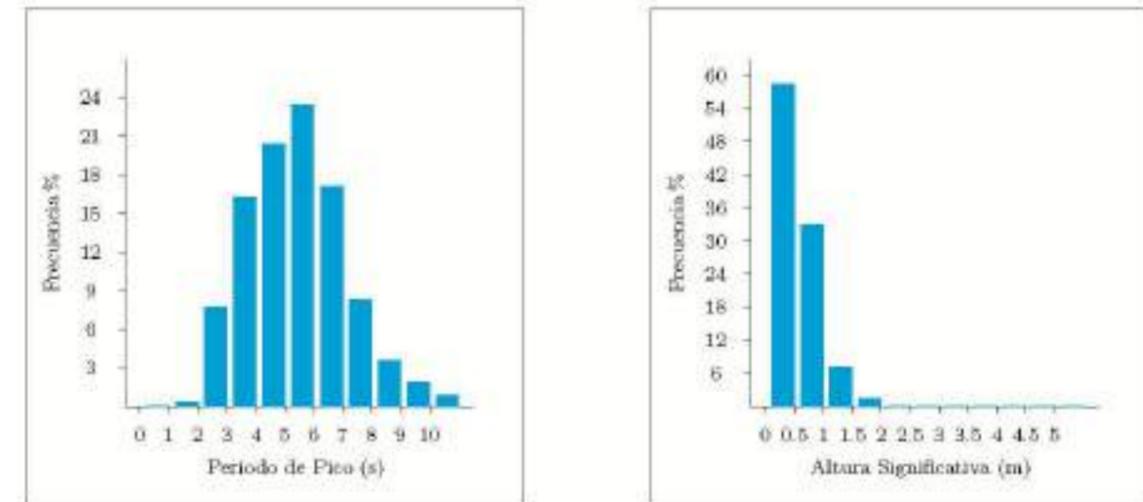
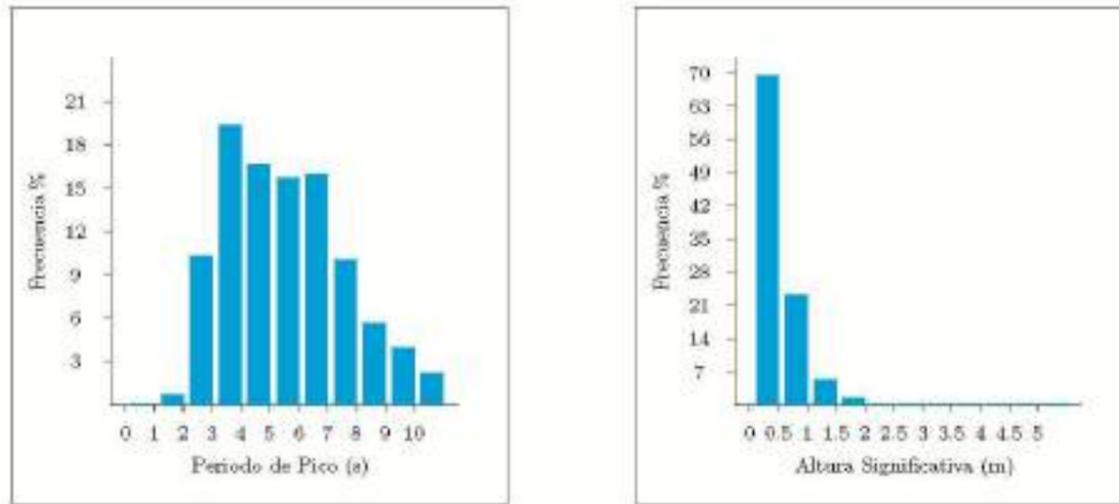


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.389	7.472	14.522	14.238	9.341	6.522	3.487	1.444	0.914	0.469	58.800
1.0	-	-	0.166	1.811	6.092	12.869	7.048	2.350	1.349	0.687	0.236	32.618
1.5	-	-	-	0.011	0.165	1.196	3.256	1.546	0.408	0.245	0.127	7.003
2.0	-	-	-	-	-	0.034	0.195	0.662	0.221	0.101	0.044	1.200
2.5	-	-	-	-	-	0.002	0.013	0.090	0.078	0.064	0.013	0.259
3.0	-	-	-	-	-	-	-	0.006	0.012	0.028	0.009	0.055
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.001	0.003
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.001
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.389	7.639	16.345	20.495	23.462	17.035	8.180	3.512	2.045	0.909	100%



5.1.2.1.2 Hs- Tp estacional: Diciembre-Febrero



5.1.2.1.3 Hs- Tp estacional: Marzo-Mayo

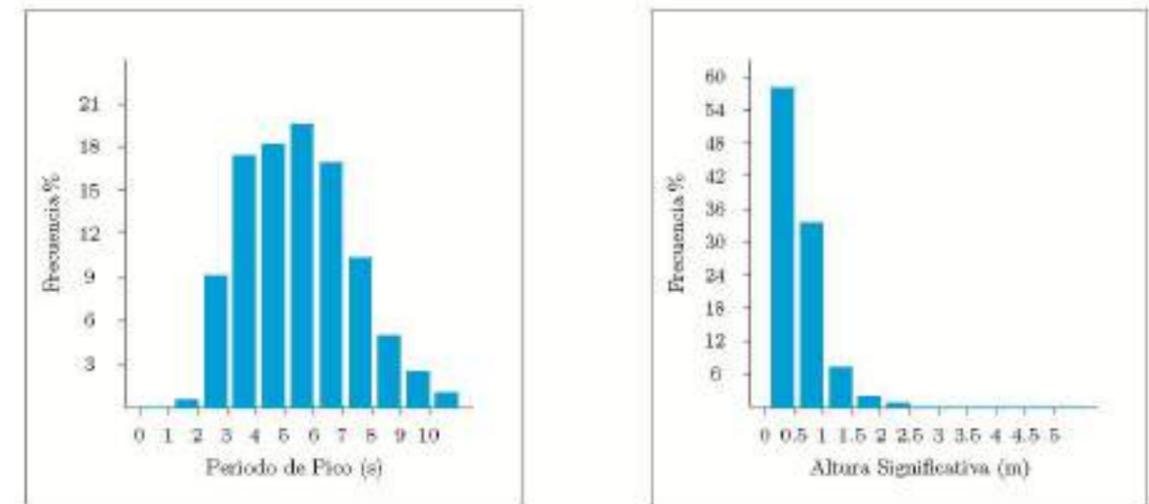


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

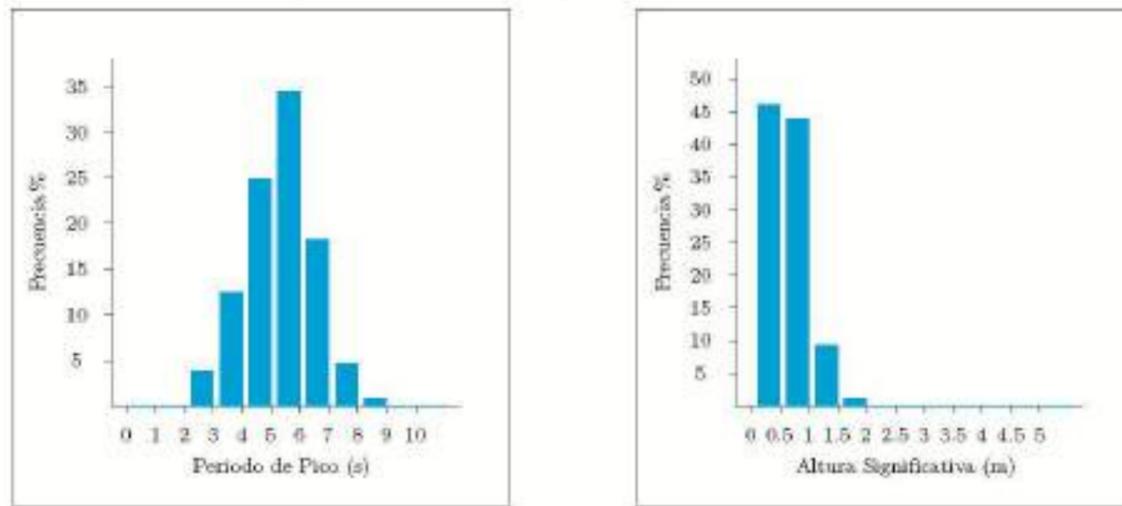
Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.655	9.959	18.172	11.886	8.046	9.300	5.772	2.744	1.978	1.057	69.569
1.0	-	-	0.213	1.217	4.442	6.510	4.511	2.626	1.994	1.363	0.581	23.456
1.5	-	-	-	0.014	0.224	1.094	1.788	1.097	0.544	0.312	0.298	5.372
2.0	-	-	-	-	-	0.049	0.238	0.479	0.192	0.139	0.113	1.210
2.5	-	-	-	-	-	0.005	0.030	0.130	0.069	0.053	0.014	0.301
3.0	-	-	-	-	-	-	0.002	0.012	0.016	0.037	0.014	0.081
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.007	0.005	0.012
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.655	10.172	19.403	16.553	15.704	15.870	10.114	5.559	3.889	2.082	100%

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

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.444	8.917	15.160	12.128	7.796	6.527	3.882	1.526	0.859	0.388	57.628
1.0	-	-	0.188	2.204	5.851	10.515	7.495	3.681	2.200	0.871	0.243	33.247
1.5	-	-	0.002	0.023	0.200	1.256	2.581	1.703	0.583	0.390	0.170	6.907
2.0	-	-	-	-	-	0.039	0.220	0.923	0.361	0.134	0.039	1.714
2.5	-	-	-	-	-	0.002	0.005	0.129	0.159	0.109	0.020	0.424
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.020	0.050	0.009	0.079
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.444	9.107	17.387	18.178	19.609	16.827	10.318	4.848	2.413	0.869	100%



5.1.2.1.4 Hs- Tp estacional: Junio-Agosto



5.1.2.1.5 Hs- Tp estacional: Septiembre-Noviembre

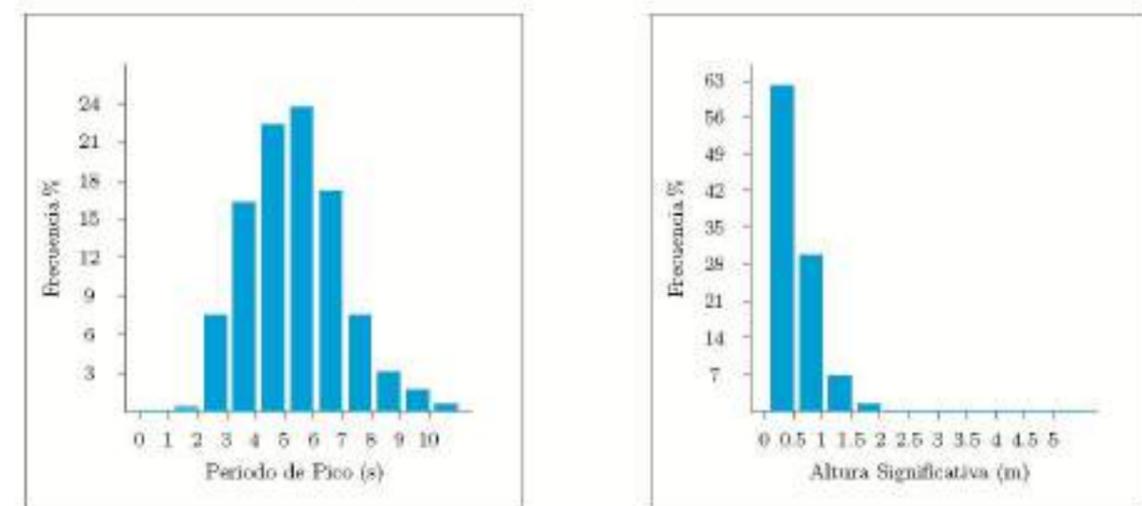


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.033	3.701	10.197	16.988	11.024	2.913	0.895	0.143	0.049	0.023	46.024
1.0	-	-	0.134	2.392	7.886	22.166	9.926	1.072	0.268	0.068	0.014	43.827
1.5	-	-	-	0.005	0.089	1.434	5.369	2.047	0.161	0.023	-	9.127
2.0	-	-	-	-	-	0.005	0.127	0.713	0.114	0.018	-	0.977
2.5	-	-	-	-	-	-	-	0.016	0.009	0.020	-	0.045
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.093	3.835	12.494	24.963	34.628	18.335	4.744	0.695	0.177	0.036	100%

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

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.370	7.353	14.626	15.930	10.489	7.409	3.439	1.384	0.790	0.420	62.211
1.0	-	-	0.087	1.518	6.160	12.250	6.206	2.020	0.941	0.457	0.110	29.749
1.5	-	-	-	0.002	0.147	0.996	3.262	1.485	0.344	0.255	0.080	6.573
2.0	-	-	-	-	-	0.044	0.195	0.528	0.216	0.126	0.025	1.134
2.5	-	-	-	-	-	-	0.016	0.085	0.076	0.073	0.016	0.266
3.0	-	-	-	-	-	-	-	0.011	0.011	0.025	0.011	0.060
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	0.002
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	0.005
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.370	7.441	16.146	22.237	23.780	17.088	7.569	2.973	1.729	0.688	100%

5.1.3 RÉGIMEN MEDIO

Los regímenes medios escalares anuales del oleaje se definen como la distribución en el año medio de los parámetros de estado de mar de altura de ola significativa, H_s , y periodo de pico, T_p , en la profundidad correspondiente al punto de reanálisis.

Se representan mediante su función de distribución, que muestra la probabilidad de que en un estado de mar cualquiera del año, la altura de ola significativa o el periodo de pico sea menor que uno dado.

Las funciones de distribución de probabilidad de no excedencia más utilizada son:

$$\text{función LogNormal: } F(x) = \frac{1}{B\sqrt{2\pi x}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu}{B}\right)^2\right]$$

$$\text{función Weibull: } F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - A}{B}\right)^C\right]$$

Siendo:

- x: valor de la variable (H_s o T_p)
- A: Parámetro de forma
- B: Parámetro de localización
- C: Parámetro de escala

El régimen medio caracteriza el comportamiento probabilístico del régimen de oleaje en el que por término medio se va a desenvolver una determinada actividad influida por uno de estos agentes.

El ajuste que utiliza Puertos del Estado es la distribución Weibull, resultado un buen ajuste de los valores tal y como se muestra en las siguientes gráficas:

5.1.3.1 Régimen medio de H_s Anual

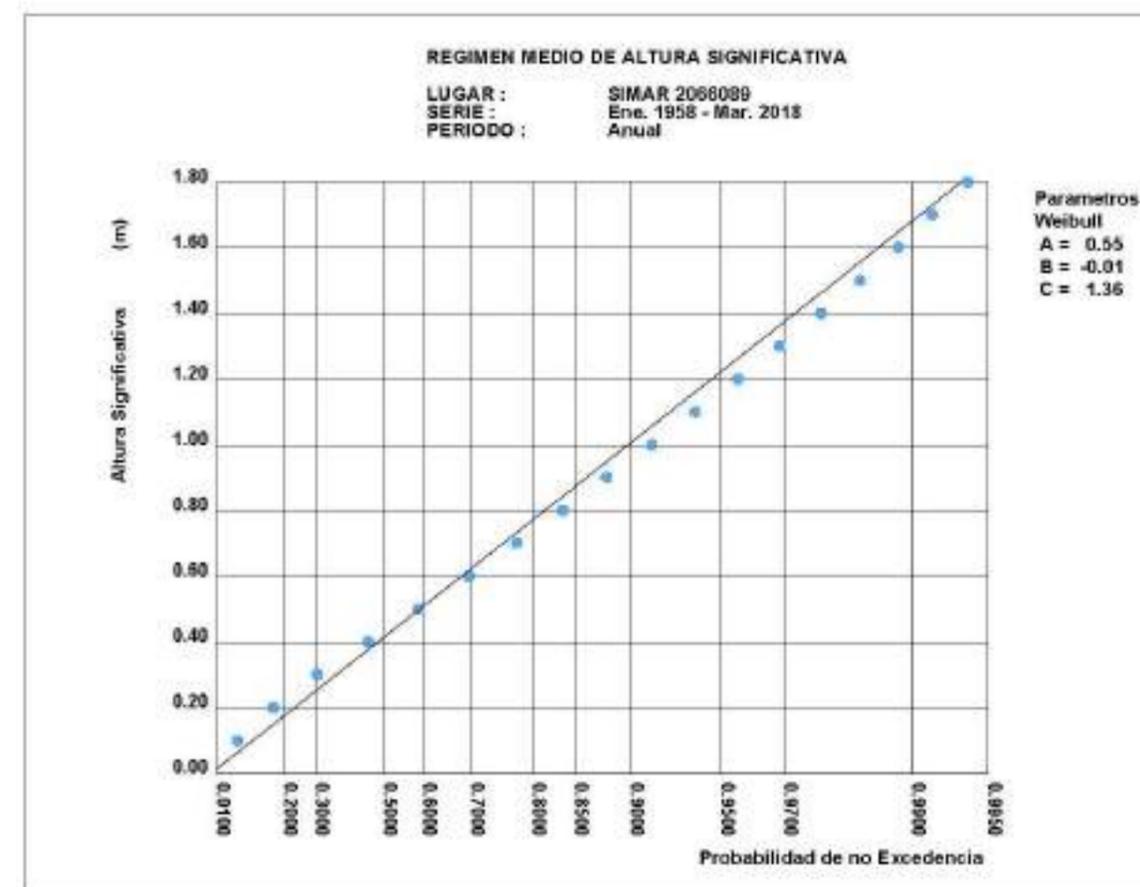
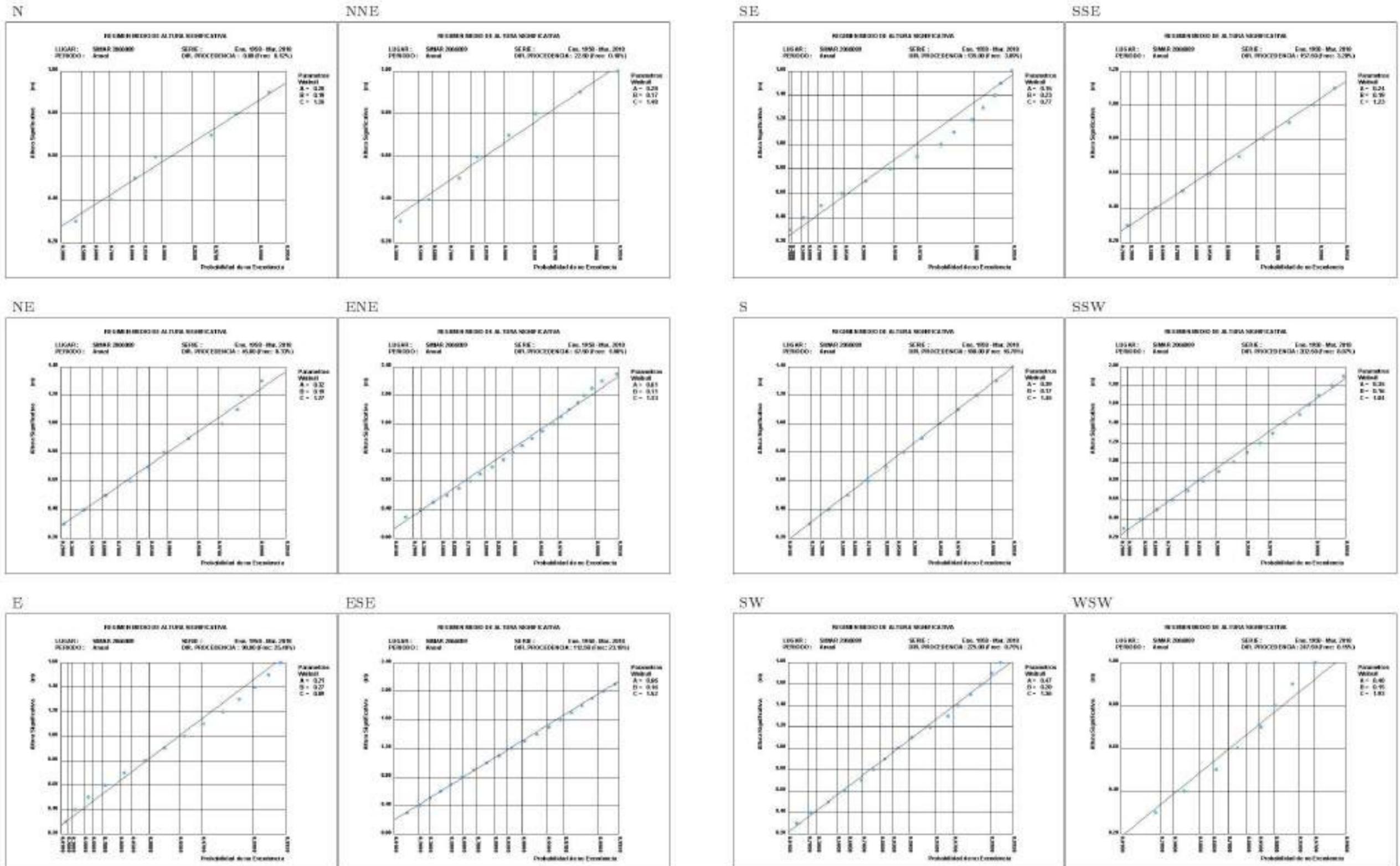
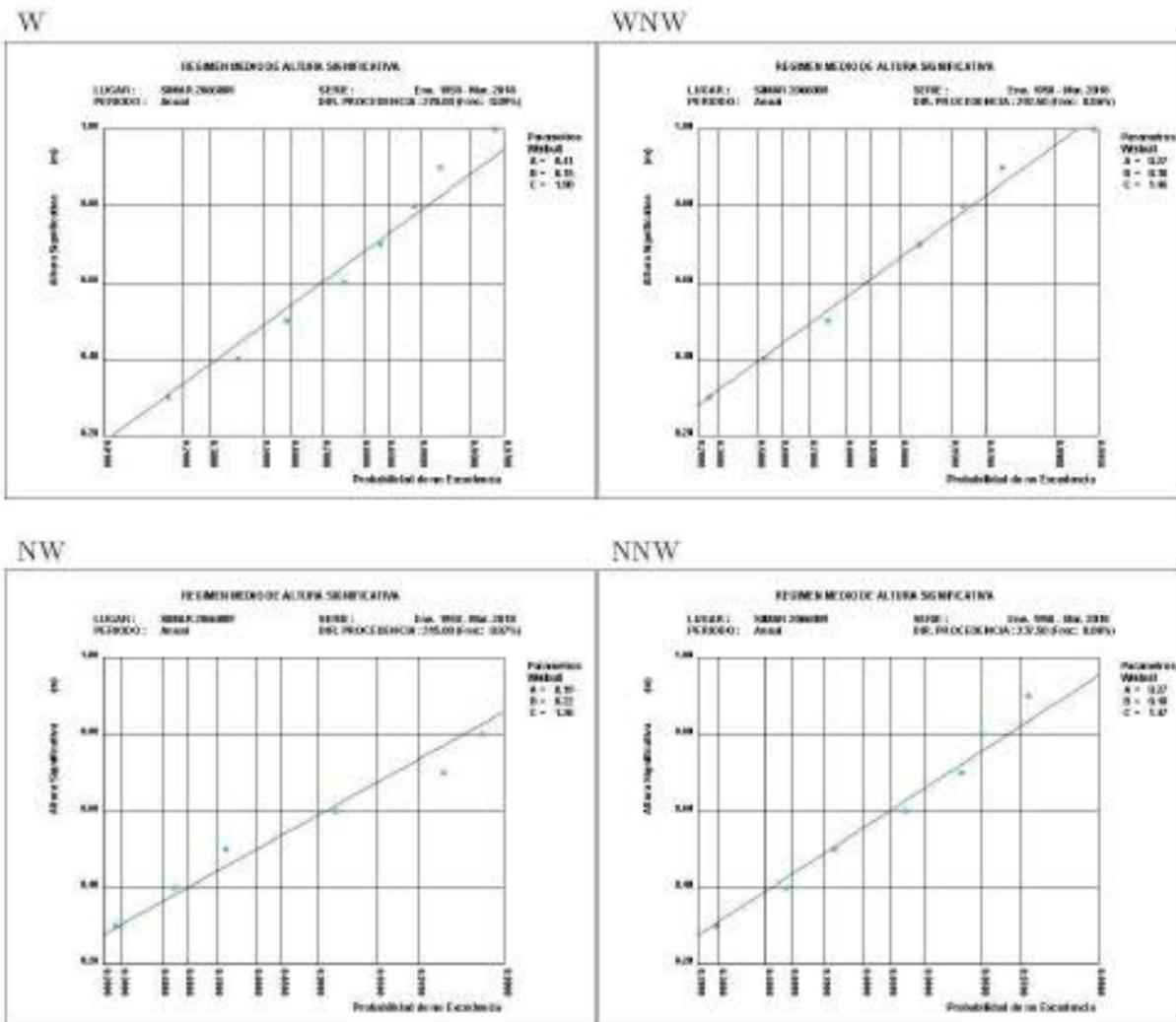


Figura 21. Régimen medio anual de H_s



5.1.3.2 Régimen medio de Hs Anual por direcciones





5.1.4 REGIMEN EXREMAL (GEV)

El régimen extremal escalar de oleaje se define como la distribución del valor máximo anual de una variable de estado de mar en una profundidad determinada.

Para realizar el ajuste se utiliza el método de distribución de extremos, que divide el tiempo de registros en intervalos y únicamente utiliza el máximo de cada uno. **Para el presente proyecto se utilizarán los máximos anuales correspondientes a la serie ala serie completa (1958-2018). Así la muestra tendrá un tamaño final igual al número de años la serie, 61.**

Es necesario contar con una serie de datos superior a 20 años para que la muestra sea estadísticamente representativa, ya que en este caso únicamente se selecciona el valor de la máxima altura de ola al año. El método de máximos anuales por su método de muestro garantiza que los datos de la muestra sean independientes entre sí.

La caracterización de los valores extremos del oleaje resulta fundamental, ya que condicionará directamente la definición de las acciones extremas que deberán resistir las obras de abrigo a diseñar.

Para la representación del régimen extremal se ha usado la función de distribución de Extremos Generalizada (GEV). Su expresión es la siguiente:

$$F(x, \xi, \mu, \psi) = \exp\left[-1 + \left(\frac{\xi(x - \mu)}{\psi}\right)^{\frac{1}{\xi}}\right] ; \quad \xi \neq 0$$

$$F(x, \xi, \mu, \psi) = \exp\left[-\exp\left(\frac{x - \mu}{\psi}\right)\right] ; \quad \xi = 0$$

Siendo:

- x: valor de la variable Hs
- ξ : Parámetro de forma
- μ : Parámetro de localización
- ψ : Parámetro de escala

Esta función puede ser ajustada a una distribución de Gumbel, Fréchet o Weibull según el valor del parámetro de forma ξ :

Weibull: Si $\xi < -0,05$

Gumbel: Si $-0,05 \leq \xi \leq 0,05$

Fréchet : Si $\xi > 0,05$

Los valores de estos parámetros se obtienen mediante el método de máxima verosimilitud, para el cual se ha utilizado la herramienta AMEVA (Análisis Matemático y Estadístico de Variables Ambientales) desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) y cuyo soporte es el software Matlab:

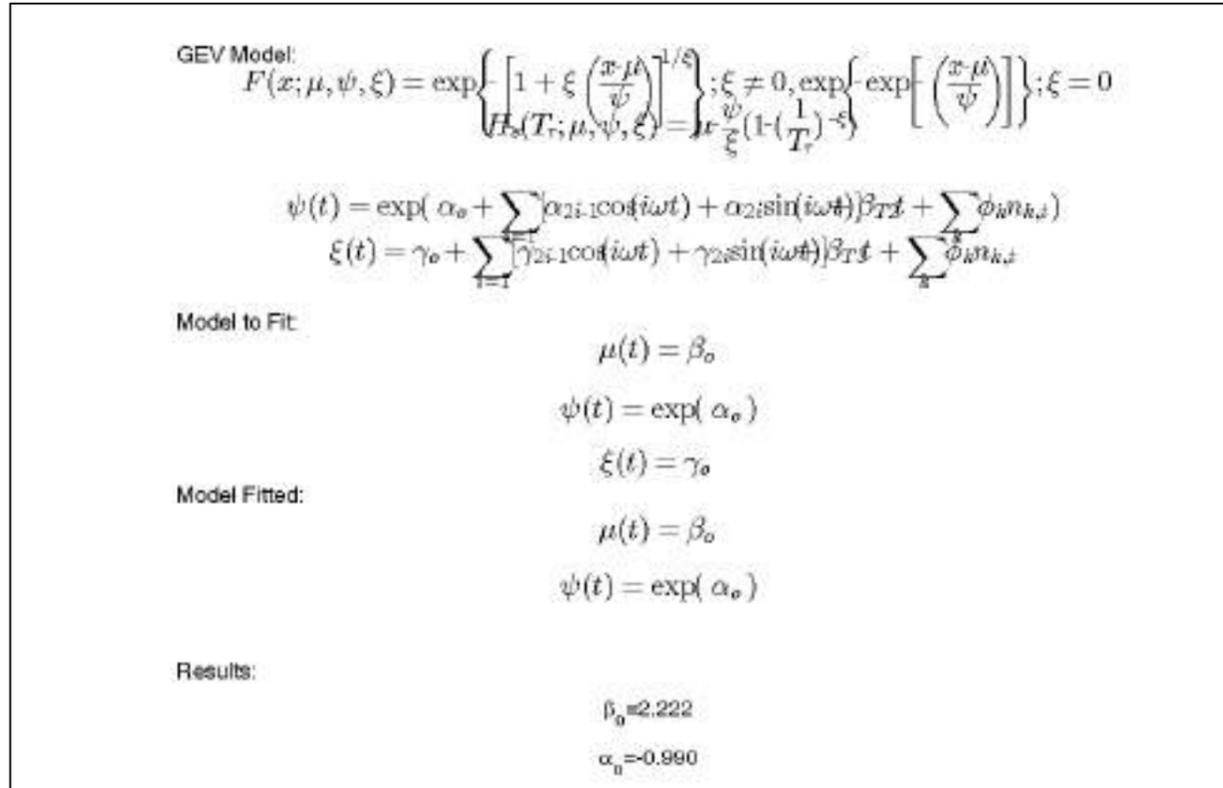


Figura 22. Parámetros ajuste GEV herramienta AMEVA

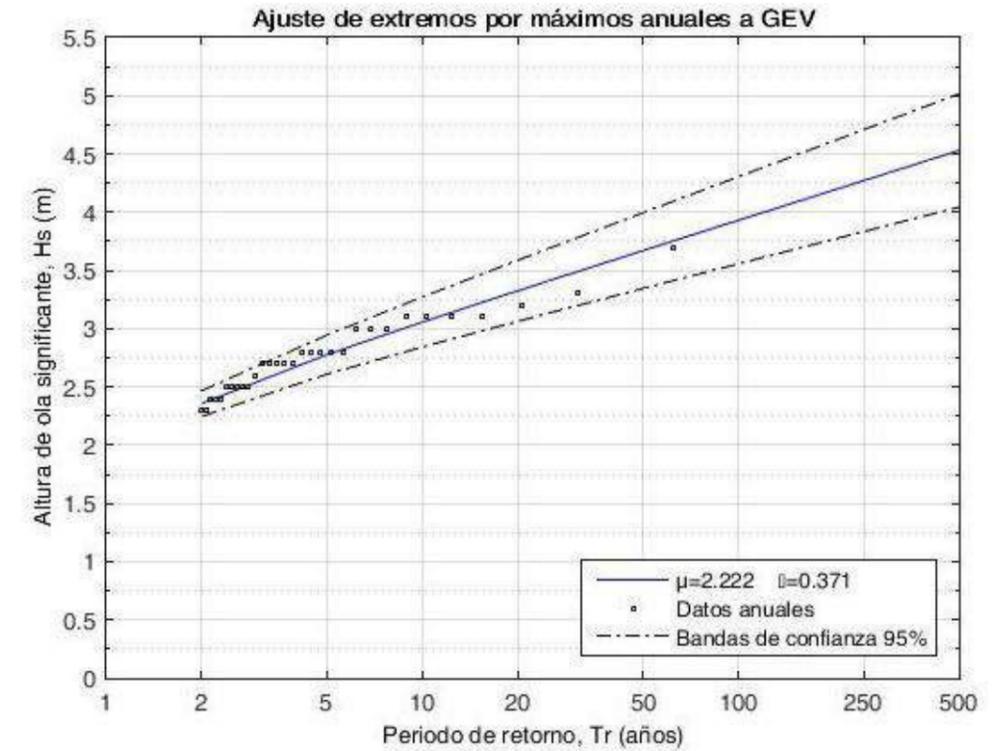


Figura 23. Régimen extremal en profundidades indefinidas

Dado que el parámetro de forma es igual a 0, la función de distribución de Valores Extremos Generalizada se ajusta a una distribución de Gumbel. En la Figura 23 se representa el régimen de temporales escalar para la muestra de máximos anuales seleccionados de la serie de altura de ola significativa del punto de reanálisis en profundidades indefinidas. ψ

5.1.4.1 Régimen extremal direccional

La metodología empleada para definir el régimen extremal direccional está basada en el uso de los coeficientes de direccionalidad, $k\alpha$. Para un determinado sector, α , multiplicando la altura de ola correspondiente a un periodo de retorno dado por el coeficiente $k\alpha$.

Para cada dirección se define el coeficiente $k\alpha$ como el coeficiente entre la altura de ola asociada a aquella dirección y la máxima de todas las alturas de ola. Por tanto, el coeficiente $K\alpha=1$ se asigna a la dirección que presenta mayor altura de ola.

- La obtención del régimen extremal direccional se realiza a partir del régimen medio direccional, considerando para cada dirección una altura extremal media de las alturas de ola significativa H_s asociadas a las probabilidades de no excedencia de 0,990 y 0,995 del régimen medio. (Tabla 2).

	F(Hs)=0.99	F(Hs)=0.995	Halpha	Kalpha
E	1,45	1,68	1,57	0,73
ESE	1,97	2,28	2,13	1,00
SE	1,35	1,57	1,46	0,69
SSE	1,05	1,15	1,10	0,52
S	1,27	1,40	1,34	0,63
SSW	1,68	1,85	1,77	0,83
SW	1,66	1,82	1,74	0,82

Tabla 2. Estimadores de altura de ola y coeficientes de direccionalidad según el régimen medio

La máxima altura de ola para el punto de reanálisis considerado proviene del sector ESE con un valor de 2,13 metros, siendo, por tanto, el coeficiente direccional para esta dirección igual a 1.

5.2 PROPAGACIÓN DEL OLEAJE

Dado que no se dispone de instrumentación en la zona de estudio, es necesario llevar a cabo una traslación de las condiciones de oleaje desde el punto de reanálisis a los puntos de interés en nuestra zona de estudio.

Una vez propagados los oleajes hasta la costa, se utilizará esta información para caracterizar el clima marítimo en profundidades reducidas, así como para el cálculo de las corrientes generadas por el oleaje y posteriormente analizar el transporte de sedimentos que se produce en la playa de La Cola.

5.2.1 SELECCIÓN DE DATOS

Una vez analizado el régimen medio en aguas profundas, se propagarán una serie de datos representativos que permitirán obtener los coeficientes de propagación, imprescindible para realizar la reconstrucción del clima marítimo en profundidades reducidas.

Se propagarán 3 valores de alturas de ola distintas, igual a 0.5, 1.5 y 3 metros. El periodo de pico asociado a cada una de estas alturas se obtiene de la tabla de distribución conjunta Hs-Tp.

Las direcciones de propagación son aquellas que resultan predominantes en el punto de reanálisis (SIMAR), resultando un total de 7 correspondientes a los sectores de E a SW.

En la Tabla 3 se observan cada uno de los casos a propagar:

Caso	Dir (º)	Hs (m)	Tp (seg)
1	E	0,5	4
2	ESE	0,5	4
3	SE	0,5	4
4	SSE	0,5	4
5	S	0,5	4
6	SSW	0,5	4
7	SW	0,5	4
8	E	1,5	7
9	ESE	1,5	7
10	SE	1,5	7
11	SSE	1,5	7
12	S	1,5	7
13	SSW	1,5	7
14	SW	1,5	7
15	E	3	10
16	ESE	3	10
17	SE	3	10
18	SSE	3	10
19	S	3	10
20	SSW	3	10
21	SW	3	10

Tabla 3. Casos a propagar

5.2.2 ELECCIÓN DE LOS PUNTOS OBJETIVOS

Es necesario establecer una serie de puntos de control en la zona de estudio y caracterizar las condiciones de oleaje en cada uno de ellos para poder captar las variaciones que sufre el oleaje en su propagación debido a los procesos de refracción y difracción propios de la proximidad de la costa.

En el presente Proyecto conviene localizar puntos objetivos a lo largo de toda la playa de La Cola, para obtener información del flujo medio de energía en cada uno de ellos, así como en la ubicación del morro del futuro espigón, necesario para calcular la altura de diseño del mismo.

En siguiente figura se pueden observar las coordenadas de los puntos objetivos seleccionados, así como su ubicación:

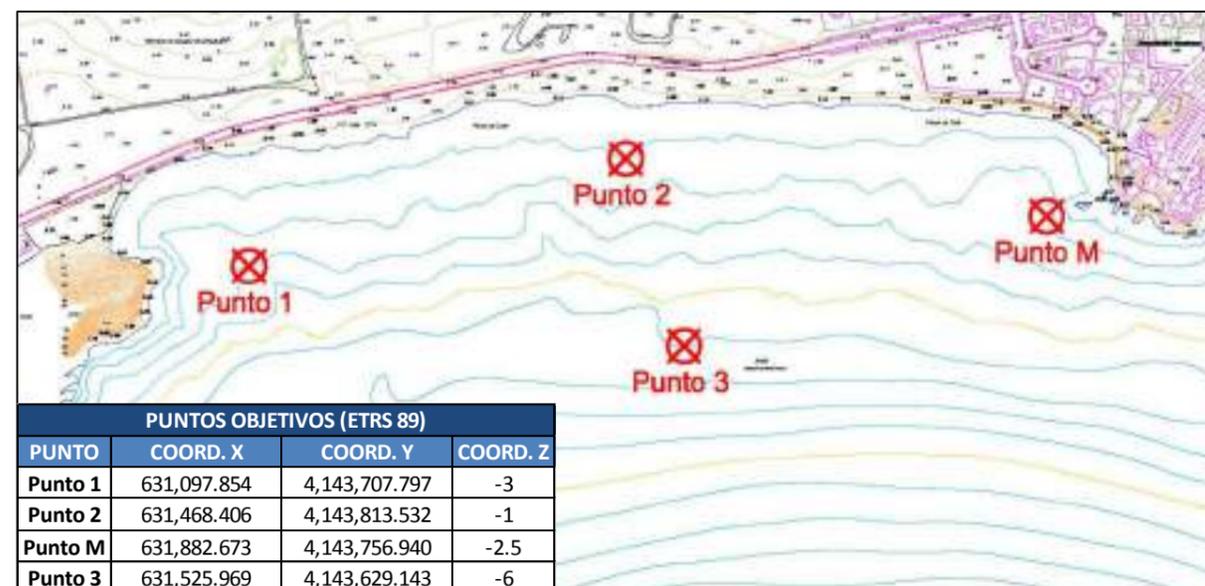


Figura 24. Ubicación puntos objetivos

5.2.3 PROPAGACIÓN NUMÉRICA DE LOS DATOS HACIA LA COSTA

La propagación mediante modelos numéricos permite simular todos los procesos que afectan al oleaje en su desplazamiento hacia la costa (refracción, difracción, asomeramiento, rotura, disipación por fondo) y caracterizar la estadística del oleaje en los puntos de interés. Además, generan mapas que pueden ofrecer una idea de forma visual de cómo se comporta el oleaje en su viaje hacia la costa.

En el presente Proyecto se ha utilizado un modelo de propagación denominado OLUCA-SP. El modelo fue desarrollado inicialmente por el Center for Applied Coastal Research, Department of Civil Engineering, Newark, Delaware (USA). Posteriormente, el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria (GIOC, 2000) modificó estos modelos incluyendo mejoras en el método numérico de resolución y condiciones de contorno, ampliando su aplicación a proyectos de ingeniería de costas.

Este modelo de propagación utiliza la aproximación parabólica de la ecuación de la pendiente suave, y sirve para propagar los oleajes de un espectro direccional, sobre una batimetría irregular considerando los procesos de asomeramiento, refracción-difracción, disipación por fricción con el fondo y rotura del oleaje. Este modelo, no incluye los efectos del viento y la aceleración de Coriolis, y considera condiciones de presión constantes en la superficie libre.

Datos de entrada

Para ejecutar el modelo numérico OLUCA-SP, es preciso definir como dato de entrada un estado de mar direccional en el contorno exterior y seleccionar el método paramétrico espectral de resolución. Se debe fijar el modelo para resolver el espectro, las ecuaciones de cálculo para la

disipación por rotura y fondo, las condiciones de contorno en el dominio de cálculo y los niveles de marea de referencia.

Se utiliza un espectro frecuencial que se aplica a las zonas en profundidades reducidas donde las olas son afectadas por el fondo. Se define a partir de un espectro tipo JONSWAP, que es modificado por una función adimensional de profundidad. Cada espectro propagado está definido por los siguientes parámetros:

- Altura de ola significativa, H_s
- Periodo de pico, T_p
- Dirección media, Θ_m
- Factor de pico, γ ($\gamma=8\sim 10$ en oleaje tipo Swell, $\gamma=2\sim 4$ en oleaje tipo Sea)
- Parámetro de dispersión angular, ($\sigma_m = 10$ espectro estrecho, $\sigma_m = 20$ espectro ancho)

La altura de ola significativa y el periodo de pico son variables, siendo la dirección media y el parámetro de dispersión angular fijos para cada dirección. El nivel del mar es otra variable, pero dado que nos encontramos en una zona micromareal, solo será necesario realizar los cálculos para un único nivel, NMM.

Mallas de cálculo

La aplicación de un modelo de propagación requiere la definición de una o varias mallas que permitan introducir las condiciones de contorno en las que el oleaje queda definido por su espectro direccional.

Se han generado diferentes mallas, en las que se discretiza el dominio de cálculo, para realizar la representación del clima marítimo en el punto de control. Han tenido que tenerse en cuenta varias consideraciones por tratarse de un modelo que usa la aproximación parabólica de la ecuación de la pendiente suave. Para las mallas generales se ha utilizado una resolución espacial de 100x100m y para las mallas de detalle se usó una resolución de 20x20m.

Se ha establecido para cada dirección un grupo de mallas (general y detalle), garantizando de esta forma la calidad de los resultados.

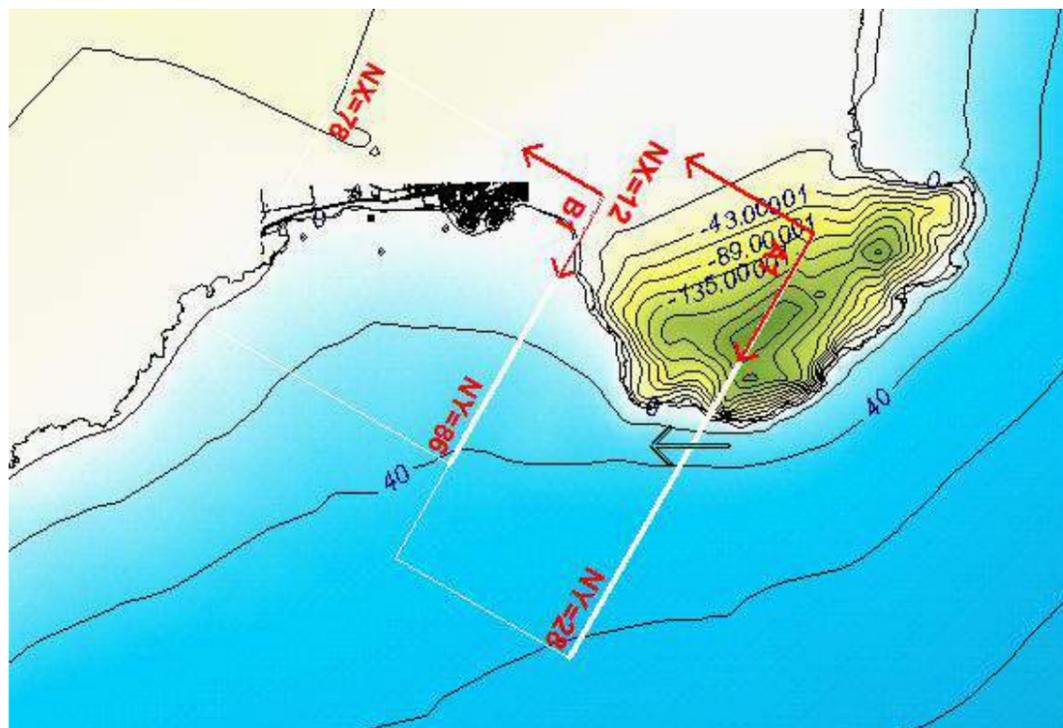


Figura 25. Malla sector E

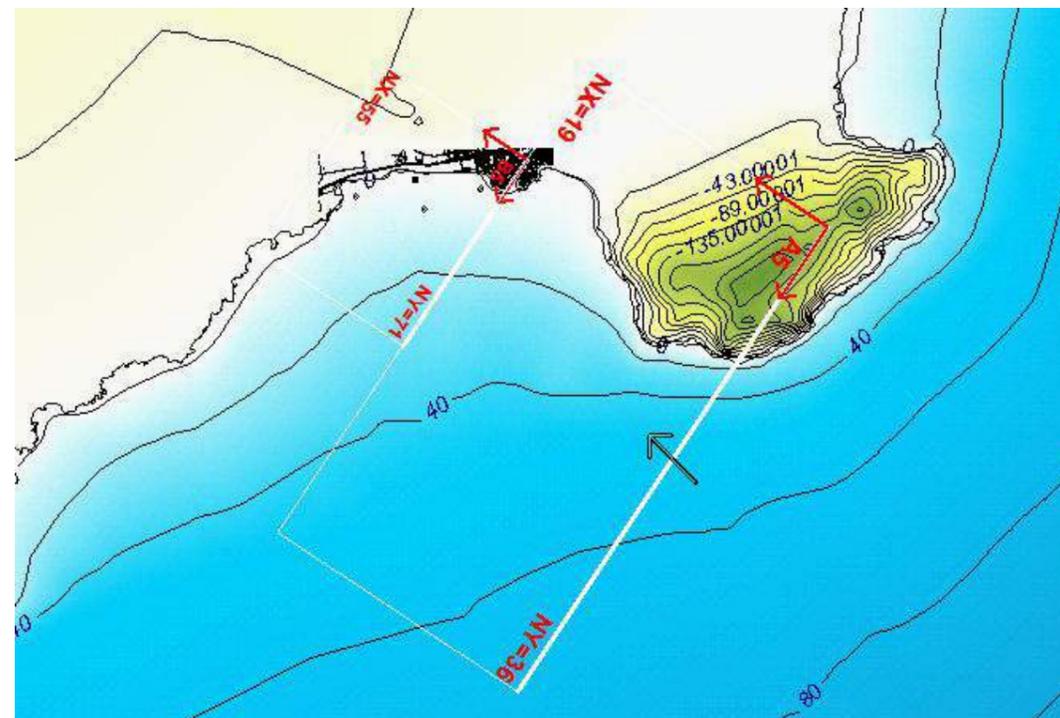


Figura 27. Malla sector SE y SSE

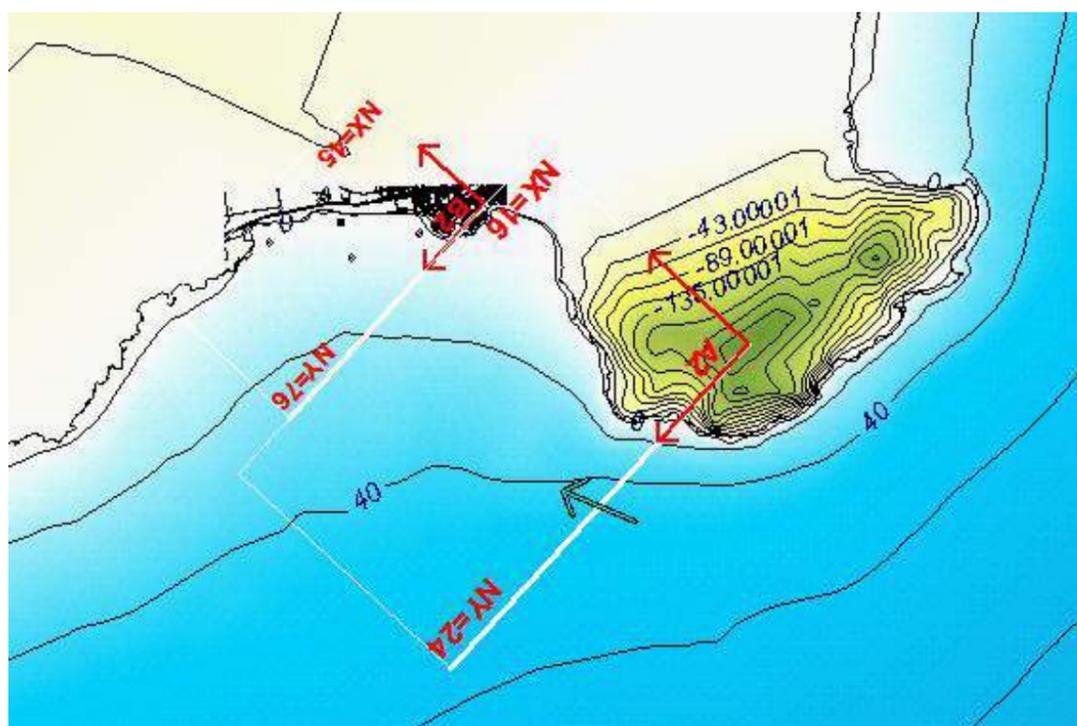


Figura 26. Malla sector ESE

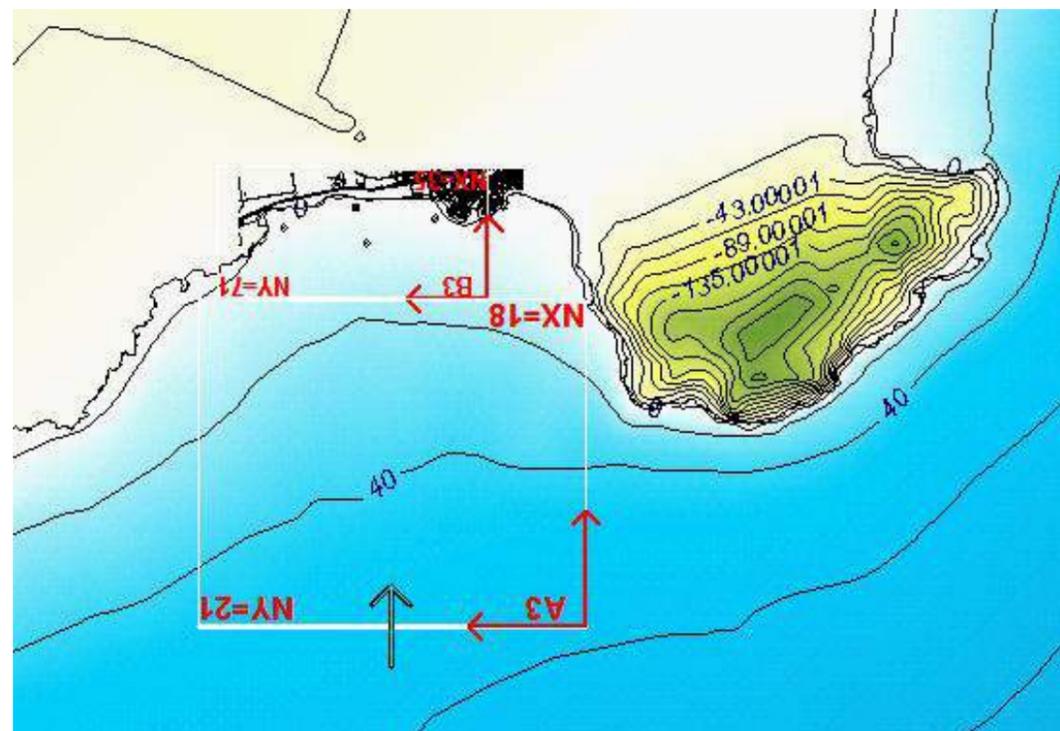


Figura 28. Malla sector S

5.3 OLEAJE EN PUNTOS OBJETIVOS

Los resultados de Hs Tp y Dir obtenidos a partir de la propagación de los 21 casos fueron determinados para cada punto de interés:

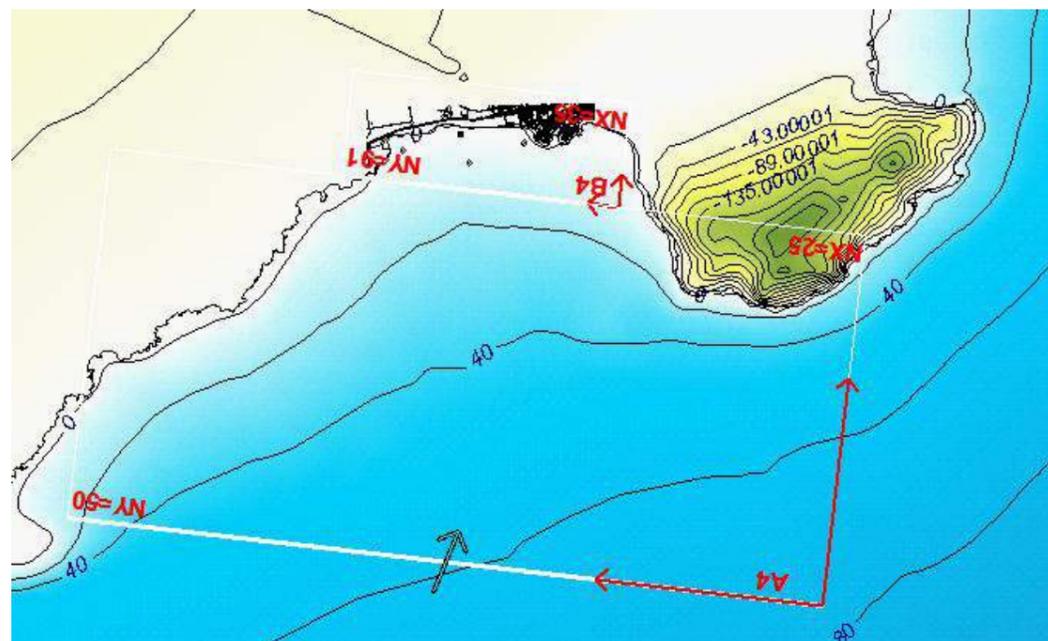


Figura 29. Malla sector SSW

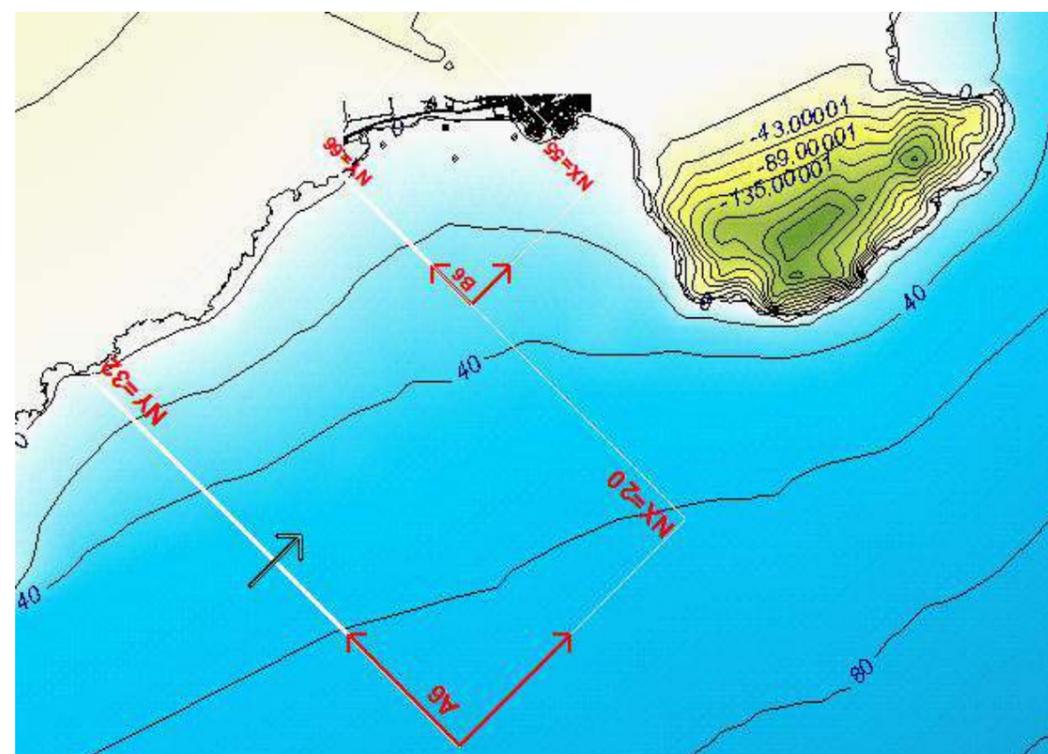


Figura 30. Malla sector SW

PUNTO 1						
H0 (m)	Tp (seg)	Dir (º)	H1	Kα1	Dir1 (º)	Var. Dir
0,5	4	E	0,150	0,300	138,564	41,436
0,5	4	ESE	0,255	0,510	133,950	23,550
0,5	4	SE	0,436	0,872	120,857	14,143
0,5	4	SSE	0,389	0,779	110,514	1,986
0,5	4	S	0,419	0,838	99,429	-9,429
0,5	4	SSW	0,328	0,657	95,738	-28,238
0,5	4	SW	0,249	0,497	87,158	-42,158
1,5	7	E	0,454	0,303	130,260	49,740
1,5	7	ESE	0,780	0,520	124,626	32,874
1,5	7	SE	1,089	0,726	118,681	16,319
1,5	7	SSE	1,198	0,799	111,629	0,871
1,5	7	S	1,280	0,854	105,310	-15,310
1,5	7	SSW	1,091	0,727	102,205	-34,705
1,5	7	SW	0,942	0,628	98,966	-53,966
3	10	E	0,842	0,281	125,685	54,315
3	10	ESE	1,699	0,566	123,047	34,453
3	10	SE	1,716	0,572	120,467	14,533
3	10	SSE	1,654	0,551	113,590	-1,090
3	10	S	1,704	0,568	106,193	-16,193
3	10	SSW	1,456	0,485	97,331	-29,831
3	10	SW	0,345	1,417	106,410	-61,410

Tabla 4. Datos propagados punto 1



PUNTO 2						
H0 (m)	Tp (seg)	Dir (º)	H2	Kα2	Dir2 (º)	Var. Dir
0,5	4	E	0,056	0,113	119,359	60,641
0,5	4	ESE	0,155	0,309	112,307	45,193
0,5	4	SE	0,454	0,907	105,853	29,147
0,5	4	SSE	0,327	0,654	108,654	3,846
0,5	4	S	0,451	0,902	99,230	-9,230
0,5	4	SSW	0,457	0,914	84,759	-17,259
0,5	4	SW	0,420	0,840	77,811	-32,811
1,5	7	E	0,315	0,210	108,955	71,046
1,5	7	ESE	0,676	0,450	107,932	49,568
1,5	7	SE	0,890	0,594	108,567	26,433
1,5	7	SSE	0,902	0,601	109,695	2,805
1,5	7	S	0,976	0,650	102,269	-12,269
1,5	7	SSW	0,9715	0,648	93,3756	-25,876
1,5	7	SW	0,842	0,561	83,509	-38,509
3	10	E	0,784	0,261	110,338	69,662
3	10	ESE	1,050	0,350	102,927	54,574
3	10	SE	1,107	0,369	106,339	28,661
3	10	SSE	1,059	0,353	106,201	6,299
3	10	S	1,071	0,357	106,007	-16,007
3	10	SSW	1,014	0,338	99,134	-31,634
3	10	SW	0,505	0,168	53,795	-8,795

Tabla 5. Datos propagados punto 2

PUNTO 3						
H0 (m)	Tp (seg)	Dir (º)	H3	Kα3	Dir3 (º)	Var. Dir
0,5	4	E	0,129	0,259	141,739	38,261
0,5	4	ESE	0,255	0,510	130,848	26,653
0,5	4	SE	0,396	0,792	109,987	25,013
0,5	4	SSE	0,352	0,704	118,313	-5,813
0,5	4	S	0,443	0,885	90,305	-0,305
0,5	4	SSW	0,448	0,896	71,746	-4,246
0,5	4	SW	0,349	0,699	58,541	-13,541
1,5	7	E	0,364	0,243	126,502	53,498
1,5	7	ESE	0,740	0,493	119,015	38,485
1,5	7	SE	1,048	0,699	115,744	19,256
1,5	7	SSE	1,166	0,777	108,942	3,558
1,5	7	S	1,266	0,844	92,632	-2,632
1,5	7	SSW	1,199	0,799	80,937	-13,437
1,5	7	SW	1,037	0,691	74,287	-29,287
3	10	E	0,819	0,273	119,773	60,227
3	10	ESE	1,610	0,537	114,920	42,580
3	10	SE	2,537	0,846	112,987	22,013
3	10	SSE	2,662	0,887	103,876	8,624
3	10	S	2,8004	0,933	93,8279	-3,828
3	10	SSW	2,372	0,791	84,597	-17,097
3	10	SW	2,489	0,830	74,018	-29,018

Tabla 7. Datos propagados punto 3

PUNTO M						
H0 (m)	Tp (seg)	Dir (º)	HM	KαM	DirM (º)	Var. Dir
0,5	4	E	0,032	0,064	123,496	56,504
0,5	4	ESE	0,189	0,377	101,920	55,580
0,5	4	SE	0,690	1,380	85,982	49,018
0,5	4	SSE	0,419	0,839	92,379	20,121
0,5	4	S	0,374	0,748	82,632	7,368
0,5	4	SSW	0,456	0,911	69,373	-1,873
0,5	4	SW	0,452	0,904	70,353	-25,353
1,5	7	E	0,567	0,378	112,721	67,279
1,5	7	ESE	0,764	0,509	96,703	60,797
1,5	7	SE	1,209	0,806	95,623	39,377
1,5	7	SSE	1,203	0,802	91,593	20,907
1,5	7	S	1,204	0,803	82,114	7,886
1,5	7	SSW	1,154	0,769	71,741	-4,241
1,5	7	SW	1,398	0,932	88,740	-43,740
3	10	E	0,999	0,333	83,003	96,997
3	10	ESE	1,063	0,354	94,233	63,267
3	10	SE	1,328	0,443	82,432	52,568
3	10	SSE	0,947	0,316	77,774	34,726
3	10	S	1,421	0,474	82,047	7,954
3	10	SSW	1,316	0,439	72,593	-5,093
3	10	SW	1,458	0,486	78,046	-33,046

Tabla 6. Datos propagados punto M

A través del cálculo de los coeficientes de propagación con características direccionales, es posible reconstruir la serie temporal en aguas someras a través de rutinas elaboradas en MATLAB®.

En los siguientes apartados se realiza el estudio del clima marítimo en cada uno de estos puntos.

5.3.1 ROSAS DE OLEAJE

Las rosas de oleaje correspondientes a los cuatro puntos objetivos en la costa se presentan a continuación superpuestas sobre la batimetría del tramo de actuación. Esta representación permite analizar la variación direccional de los oleajes que llegan a la costa tras su propagación desde aguas profundas, así como la variabilidad en función del tramo en los que se ha dividido el litoral en estudio.

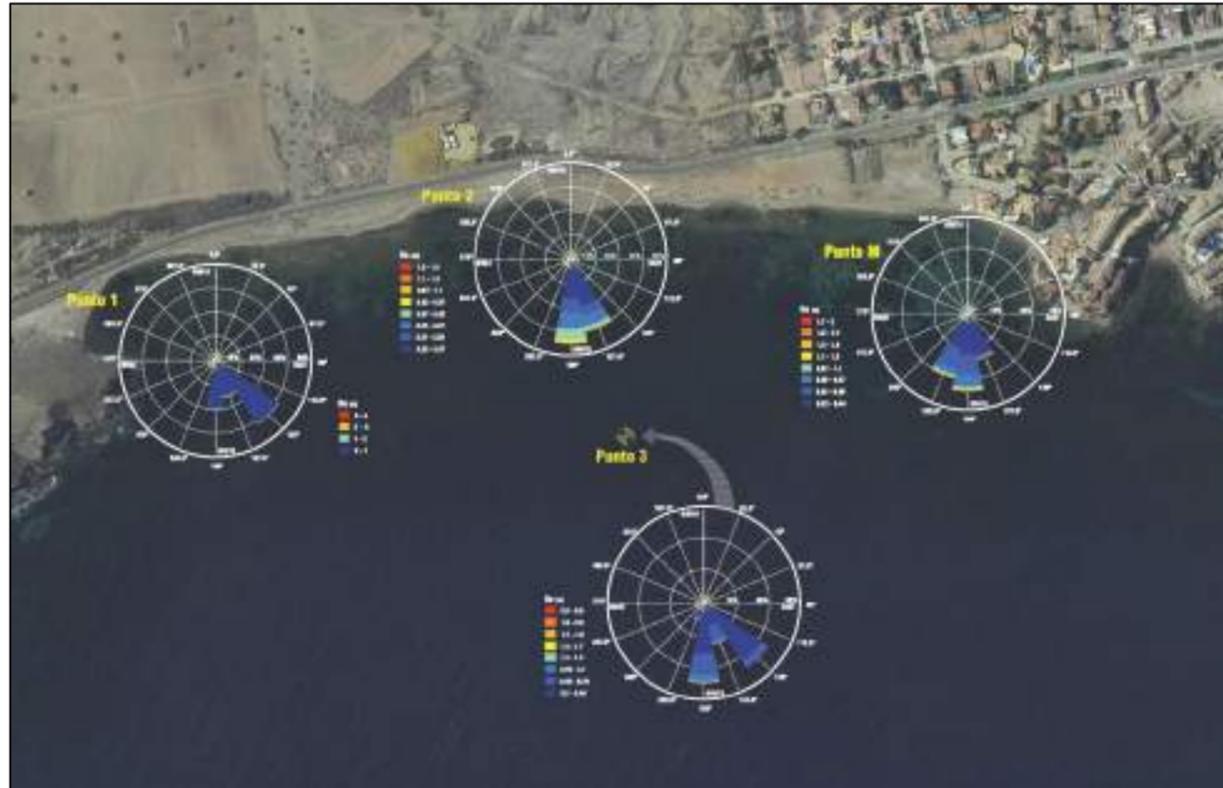


Figura 31 .Rosas de oleaje en los Puntos Objetivos

Dirección (º)		PUNTO 1											Total		
		Hs													
		≤0,2	0,2- 0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2	2-2,2	2,2-3,4	3,4-3,6	
CALMAS		185.981											185.981		
120	134,8		48821	24446	87	6	0	0	0	0	0	0	0	0	73.360
134,8	149,6		36313	17840	11662	1694	275	76	51	3	0	0	0	0	67.914
149,6	164,4		15492	6961	5431	2726	934	267	187	38	5	5	0	2	32.048
164,4	179,2		34669	23346	7339	3418	1849	448	163	15	2	0	0	0	71.249
179,2	194		11690	11875	3046	571	10	5	0	0	0	0	0	0	27.197
Total		185.981	146.985	84.468	27.565	8.415	3.068	796	401	56	7	5	0	2	457.749

Tabla 8. Distribución Hs-Dir. Punto 1

Dirección (º)		PUNTO 2							Total	
		Hs								
		≤0,2	0,2- 0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	
CALMAS		223.840							223.840	
139,0	152,4		22675	416	104	20	32	21	0	23.268
152,4	165,8		35750	18349	6128	1351	20	13	1	61.612
165,8	179,2		40696	23318	15630	7591	217	24	2	87.478
179,2	192,6		14825	13444	6448	3337	0	0	0	38.054
192,6	206,0		898	928	615	415	0	0	0	2.856
Total		244481	114.844	56.455	28.925	12.714	269	58	3	457.749

Tabla 9. Distribución Hs-Dir. Punto 2

Dirección (º)		PUNTO M									Total	
		Hs										
		≤0,2	0,2- 0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2	
CALMAS		219.916									219.916	
135,0	150,4		0	615	163	18	0	0	0	0	0	796
150,4	165,8		41.796	3.282	1.297	80	6	23	21	25	0	46.530
165,8	181,2		23.520	14.117	14.425	4.504	1.141	311	32	19	5	58.074
181,2	196,6		53.922	31.249	9.344	5.422	1.336	608	67	38	0	101.986
196,6	212,0		14.072	8.915	3.497	3.169	412	245	83	54	0	30.447
Total		219.916	133.310	58.178	28.726	13.193	2.895	1.187	203	136	5	457.749

Tabla 10. Distribución Hs-Dir. Punto M

Dirección (º)		PUNTO 3											Total		
		Hs													
		≤0,2	0,2- 0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2	2-2,2	2,2-2,4	2,4-2,6	
CALMAS		185.694											185.694		
117	138,2		51831	24218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76.049
138,2	159,4		29381	21877	10564	2254	375	114	32	0	7	7	6	0	64.617
159,4	180,6		17317	6933	3106	1186	658	375	102	45	14	0	1	0	29.737
180,6	201,8		40964	28062	17755	5840	1782	337	228	81	38	18	8	3	95.116
201,8	223		2570	2050	1228	687	1	0	0	0	0	0	0	0	6.536
Total		185.694	142.063	83.140	32.653	9.967	2.816	826	362	126	59	25	15	3	457.749

Tabla 11. Distribución Hs-Dir. Punto 3

5.3.1 DISTRIBUCIÓN CONJUNTA HS-TP

En la siguiente tabla se muestra la relación de las variables altura de ola significativa (Hs) y periodo de pico (Tp), para el conjunto completo de datos en el punto M:

Hs (m)	Tp (sg)												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0-0.5	0,09	3,63	14,50	20,54	22,46	13,26	5,50	1,93	0,83	0,38	0,10	0,01	83,23
0.5-1	-	0,11	0,50	2,25	3,13	4,29	3,17	1,31	0,72	0,26	0,04	0,01	15,80
1-1.5	-	-	-	0,03	0,16	0,22	0,23	0,14	0,08	0,04	0,02	0,01	0,92
1.5-2	-	-	-	-	-	0,02	0,02	-	0,01	-	-	-	0,04
Total	0,09	3,74	15,00	22,81	25,74	17,78	8,92	3,38	1,64	0,69	0,16	0,03	100%

Tabla 12. Distribución Tp-Hs

5.3.2 REGIMEN MEDIO

Para el diseño del espigón es necesario redefinir el clima marítimo en las proximidades del mismo, es decir en el Punto M localizado en el morro de la futura estructura. Para ello se ajustan los datos resultantes de la propagación en este punto a una distribución Log-Normal, siendo este tipo la función que presenta un mejor ajuste. La expresión de la función de densidad

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln(x)-\mu)^2/2\sigma^2}, x > 0$$

Donde:

- μ : es la media (parámetro de localización)
- σ : Desviación típica (parámetro de escala)

Se ha obtenido el ajuste del régimen medio en el punto M de interés, mostrándose a continuación, el gráfico de ajuste de los datos de Hs a la distribución Log-Normal:

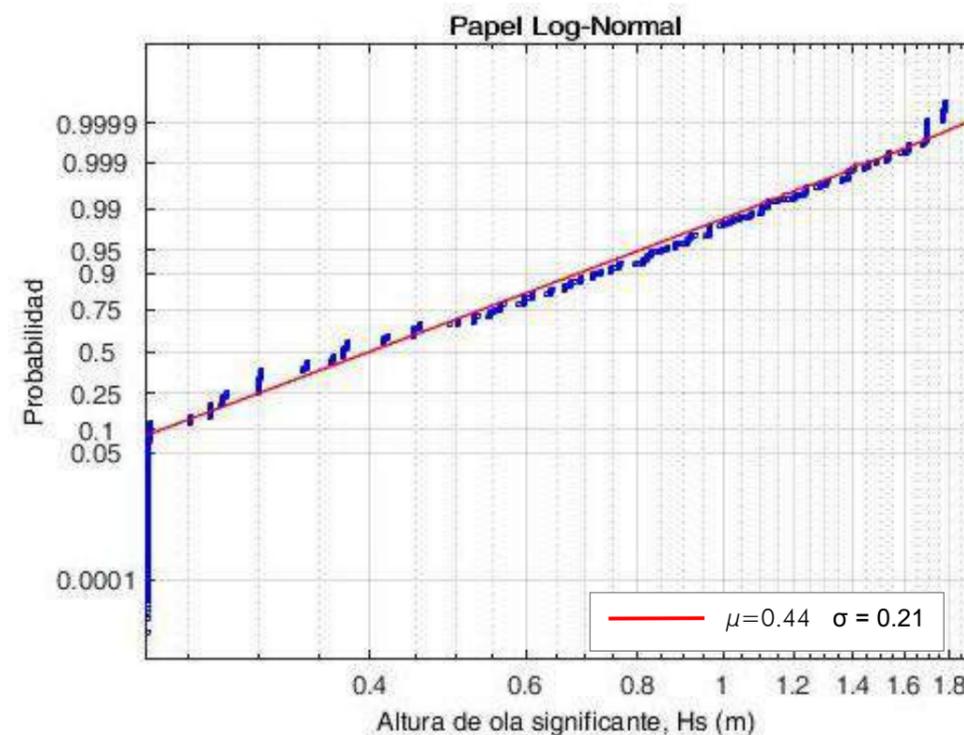


Figura 32. Régimen medio de Hs en el Punto M

5.3.3 REGIMEN EXTREMAL

La distribución que presenta un mejor ajuste a los datos mayores de altura de ola significativa correspondientes a los temporales de la serie, es la función de distribución triparamétrica General de Valores Extremos (GEV), cuya expresión es:

$$H(x; \mu, \psi, \xi) = \exp \left\{ - \left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\psi} \right)^{-1/\xi} \right\}$$

Donde:

- μ es el parámetro de localización
- ψ es el parámetro de escala
- ξ es el parámetro de forma

Los valores de los parámetros de ajuste se obtienen mediante el método de máxima verosimilitud, para el cual se ha utilizado la herramienta AMEVA (Análisis Matemático y Estadístico de Variables Ambientales) desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) y cuyo soporte es el software Matlab.

GEV Model:

$$F(x; \mu, \psi, \xi) = \exp\left\{-\left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\psi}\right)^{1/\xi}\right]^{-\xi}\right\}; \xi \neq 0, \exp\left\{-\exp\left[-\left(\frac{x-\mu}{\psi}\right)\right]\right\}; \xi = 0$$

$$F_H(T_r; \mu, \psi, \xi) = \mu \frac{\psi}{\xi} \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{-\xi}$$

$$\psi(t) = \exp\left(\alpha_0 + \sum_{i=1}^p [\alpha_{2i-1} \cos(i\omega t) + \alpha_{2i} \sin(i\omega t)] \beta_T t + \sum_k \phi_k n_{k,t}\right)$$

$$\xi(t) = \gamma_0 + \sum_{i=1}^p [\gamma_{2i-1} \cos(i\omega t) + \gamma_{2i} \sin(i\omega t)] \beta_T t + \sum_k \phi_k n_{k,t}$$

Model to Fit:

$$\mu(t) = \beta_0$$

$$\psi(t) = \exp(\alpha_0)$$

Model Fitted:

$$\xi(t) = \gamma_0$$

$$\mu(t) = \beta_0$$

$$\psi(t) = \exp(\alpha_0)$$

Results:

$$\beta_0 = 1.415$$

$$\alpha_0 = 1.829$$

Figura 33. Parámetros ajuste GEV herramienta AMEVA

En la gráfica siguiente, se representa el ajuste a esta función de los valores extremos de la serie de datos analizada para el punto de interés M.

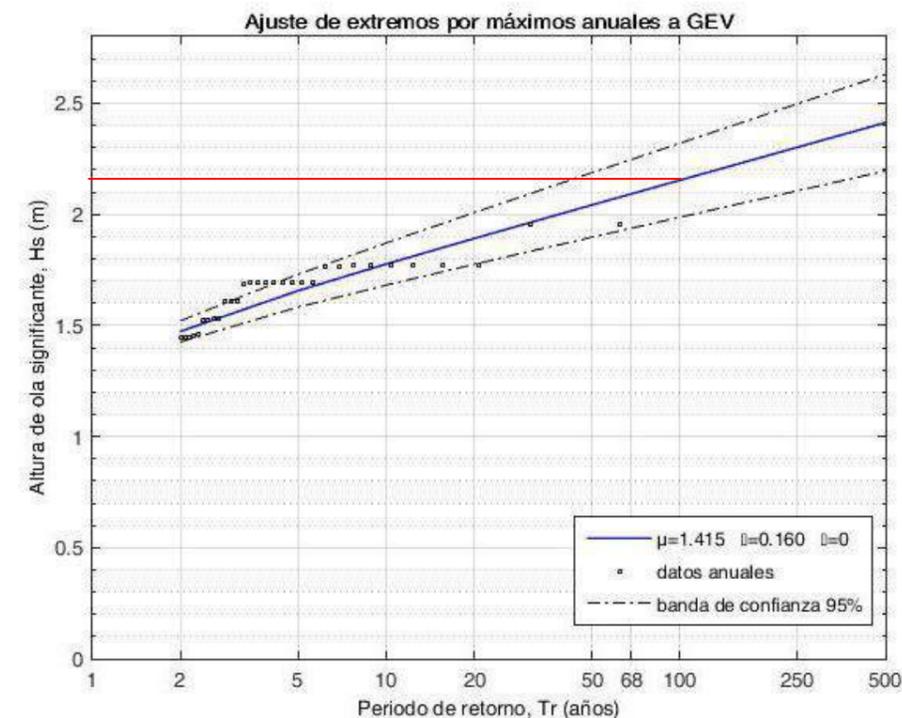


Figura 34. Régimen Extremal de Hs en el Punto M

Como puede observarse, para un periodo de retorno igual a 68 años la altura de ola significativa es igual a 2,15m.

$$\mu=0.439 \quad \psi=0.202 \quad \xi=0.3642$$

5.3.4 RÉGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL

Discretizando la serie de datos interpolada en el punto M en función de los diferentes sectores direccionales de procedencia del oleaje desde aguas profundas (E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW), y ajustando los máximos anuales de cada uno de estos sectores a la función de distribución GEV, se obtienen, a partir de los parámetros de ajuste, las alturas de ola de diseño por dirección, asociadas al periodo de retorno de 68 años. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla, adjuntándose a modo de apéndice (Apéndice 1) las gráficas de Régimen Extremal mediante distribución GEV por cada nodo y dirección.

REGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL. Tr = 68 años				
Dirección	Localización (μ)	Escala (ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
E	0,494	0,155	0,112	1,05
ESE	0,940	0,863	0,609	1,25
SE	1,306	0,198	0,311	1,75
SSE	0,833	0,152	0,000	1,48
S	1,163	0,247	0,319	1,72
SSW	0,87	0,136	0,4373	2,5
SW	0,439	0,202	0,3642	2,5

Tabla 13. Régimen extremal direccional para Tr=68 años

6 CORRIENTES

La rotura del oleaje genera un sistema de corrientes, fundamentalmente paralelas a la playa, que son función del ángulo con que el oleaje aborda la costa (corrientes de incidencia oblicua) y de su altura de ola. Estas corrientes, denominadas corrientes longitudinales, son de especial importancia en la disposición de equilibrio de una playa y, más concretamente, en su forma en planta, debido a su capacidad de transporte de arena. De este modo, para que la forma en planta de una playa esté en equilibrio, es necesario que el transporte de sedimento neto sea nulo.

Las corrientes longitudinales se producen en la zona de rotura del oleaje y, por tanto, en un área donde el sedimento se encuentra en suspensión por la acción de la propia rotura del oleaje, por lo que es fácilmente transportable por efecto de dichas corrientes. El gradiente longitudinal de la altura de ola genera un sistema circulatorio de corrientes, llamadas corrientes de retorno que determinan también la trayectoria del sedimento, las zonas de erosión y de depósito.

Estas corrientes longitudinales pueden ser obtenidas por medio de expresiones analíticas en ciertos casos, cuando la geometría de la playa es simple. En el caso que nos ocupa, debido a la complejidad de los contornos y de la batimetría existente, estas corrientes sólo puedan ser calculadas por métodos numéricos. Para el presente Proyecto se ha utilizado como modelo de cálculo de corrientes asociado a la rotura del oleaje, el modelo COPLA desarrollado por el Instituto Hidrográfico de Cantabria.

Para el análisis de la playa de La Cola, se estudian las corrientes generadas durante un temporal con oleajes procedentes de los sectores E, ESE, S, SSE, SSW y SW, correspondientes a los oleajes que se presentan en la caracterización del oleaje en profundidades indefinidas.

Se analizan temporales caracterizados con una altura de ola significativa de 3 m y un periodo de 10 s. Se han utilizado los mismos sistemas de mallas descritos en el apartado 5.2.3. PROPAGACIÓN NUMÉRICA DE LOS DATOS HACIA LA COSTA del presente anejo.

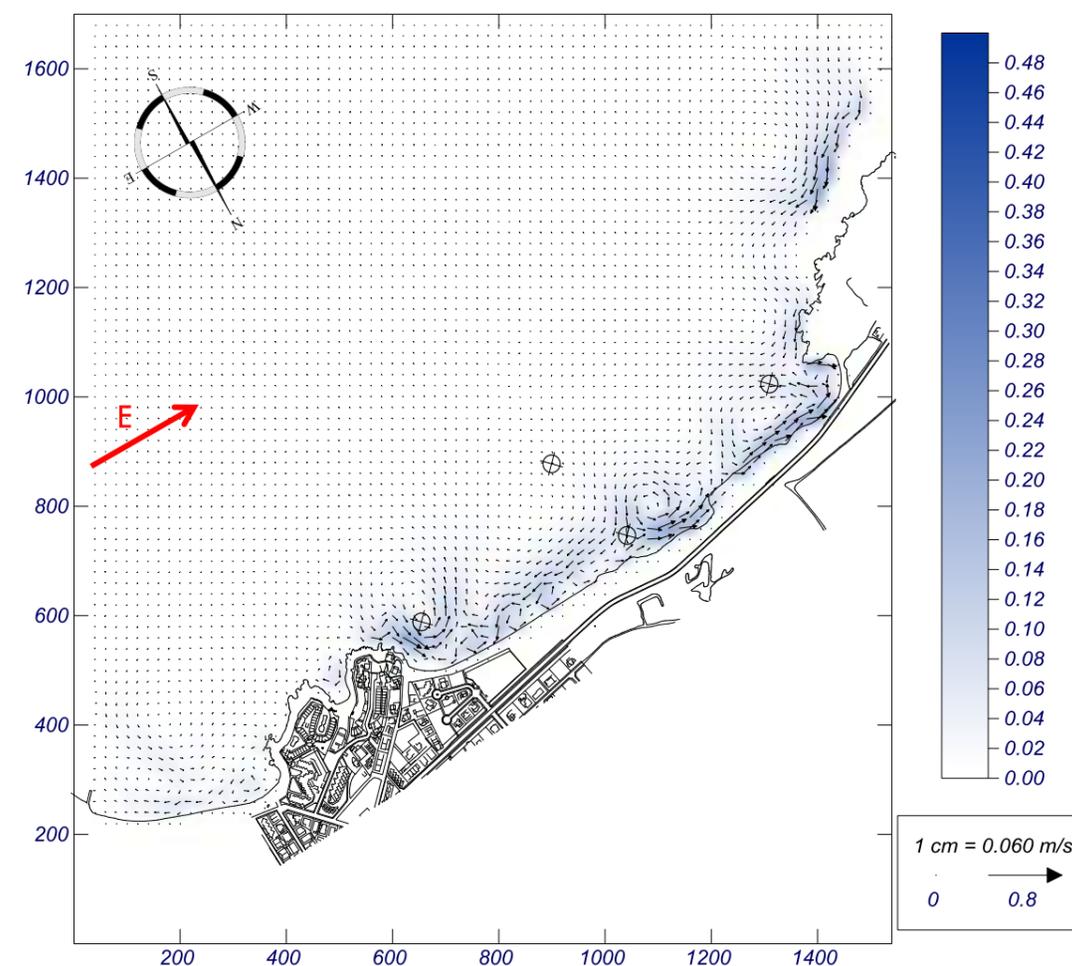


Figura 35. Propagación temporal E: Vectores de corrientes-magnitud

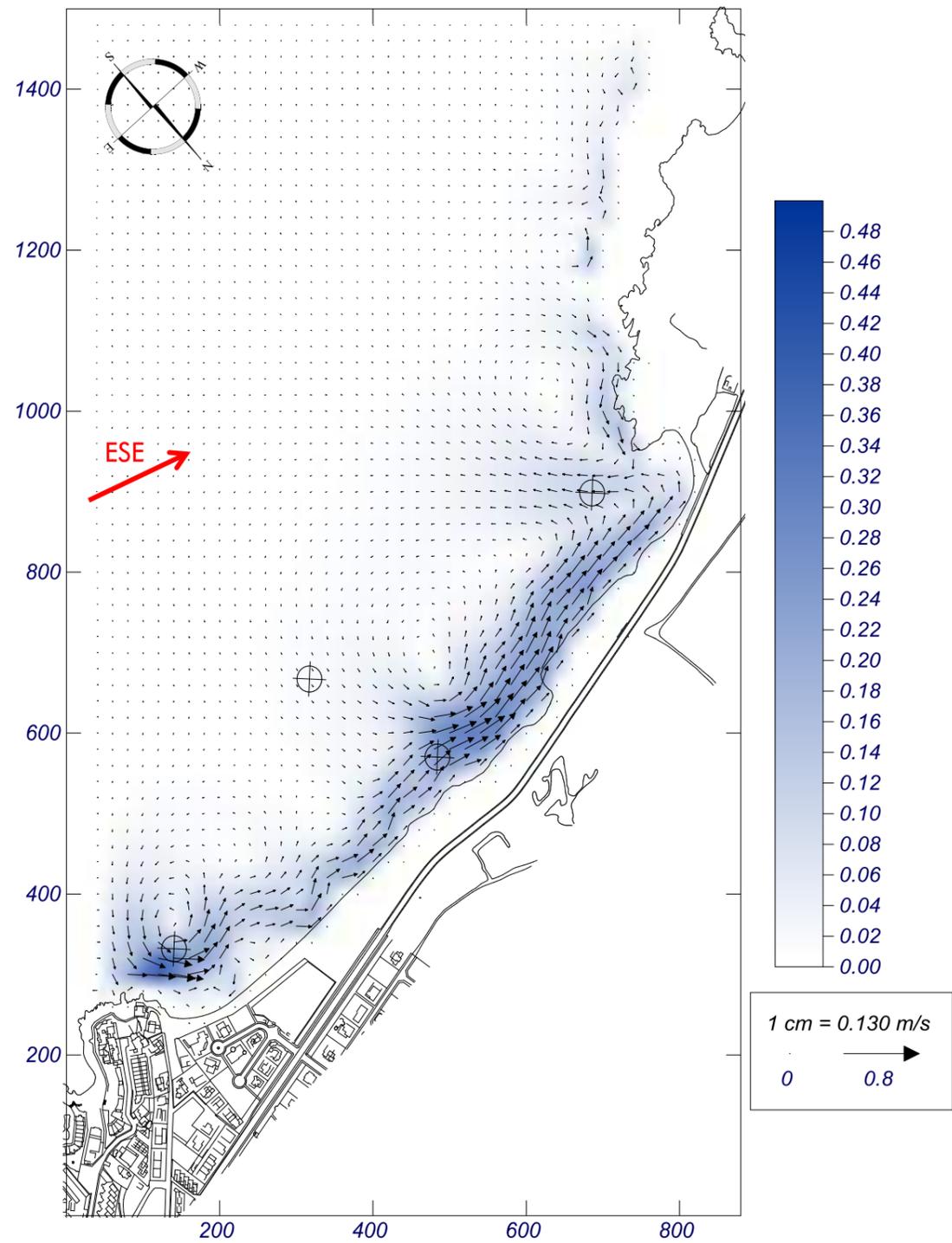


Figura 36. Propagación temporal ESE: Vectores de corrientes-magnitud

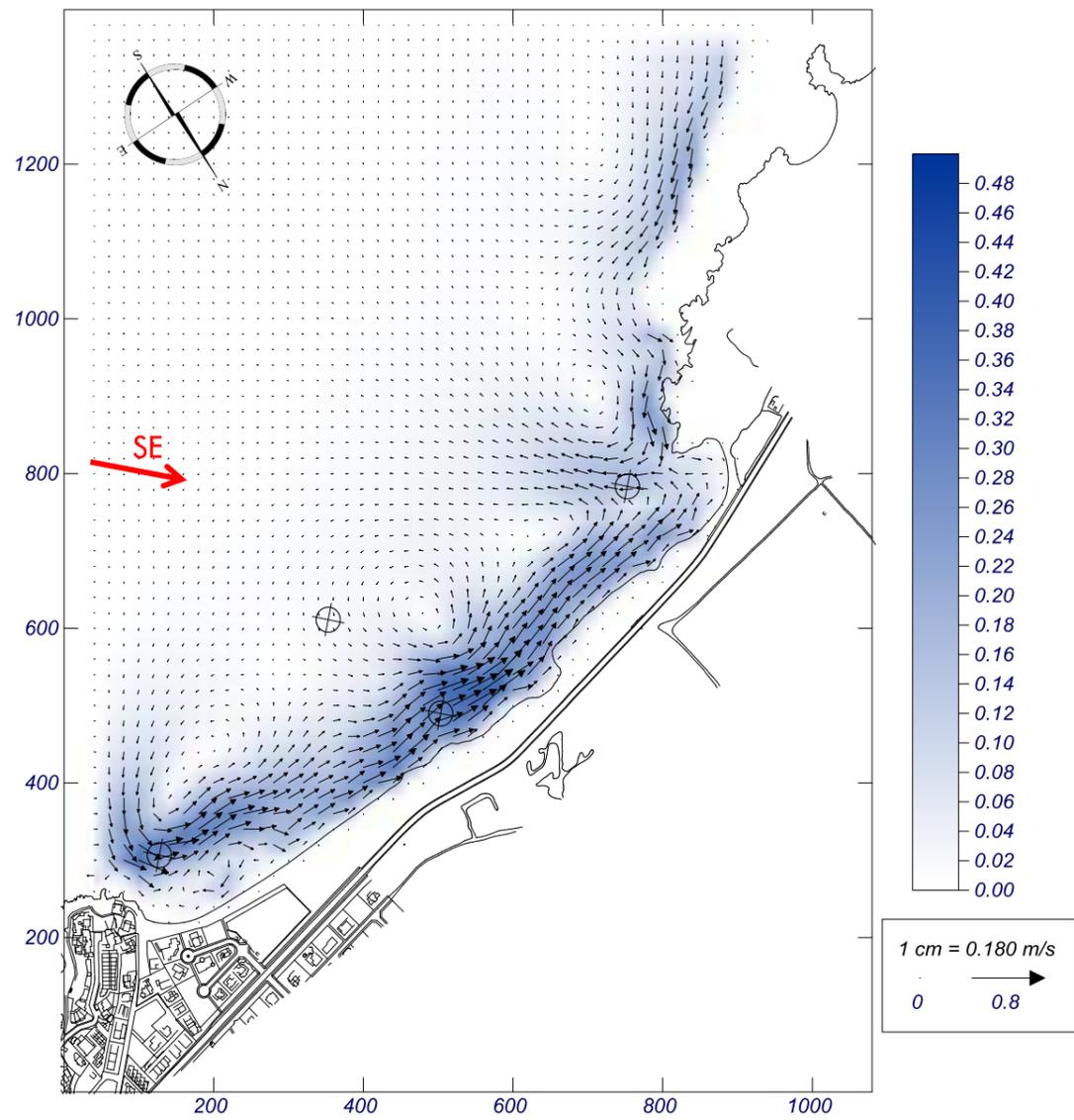


Figura 37. Propagación temporal SE: Vectores de corrientes-magnitud

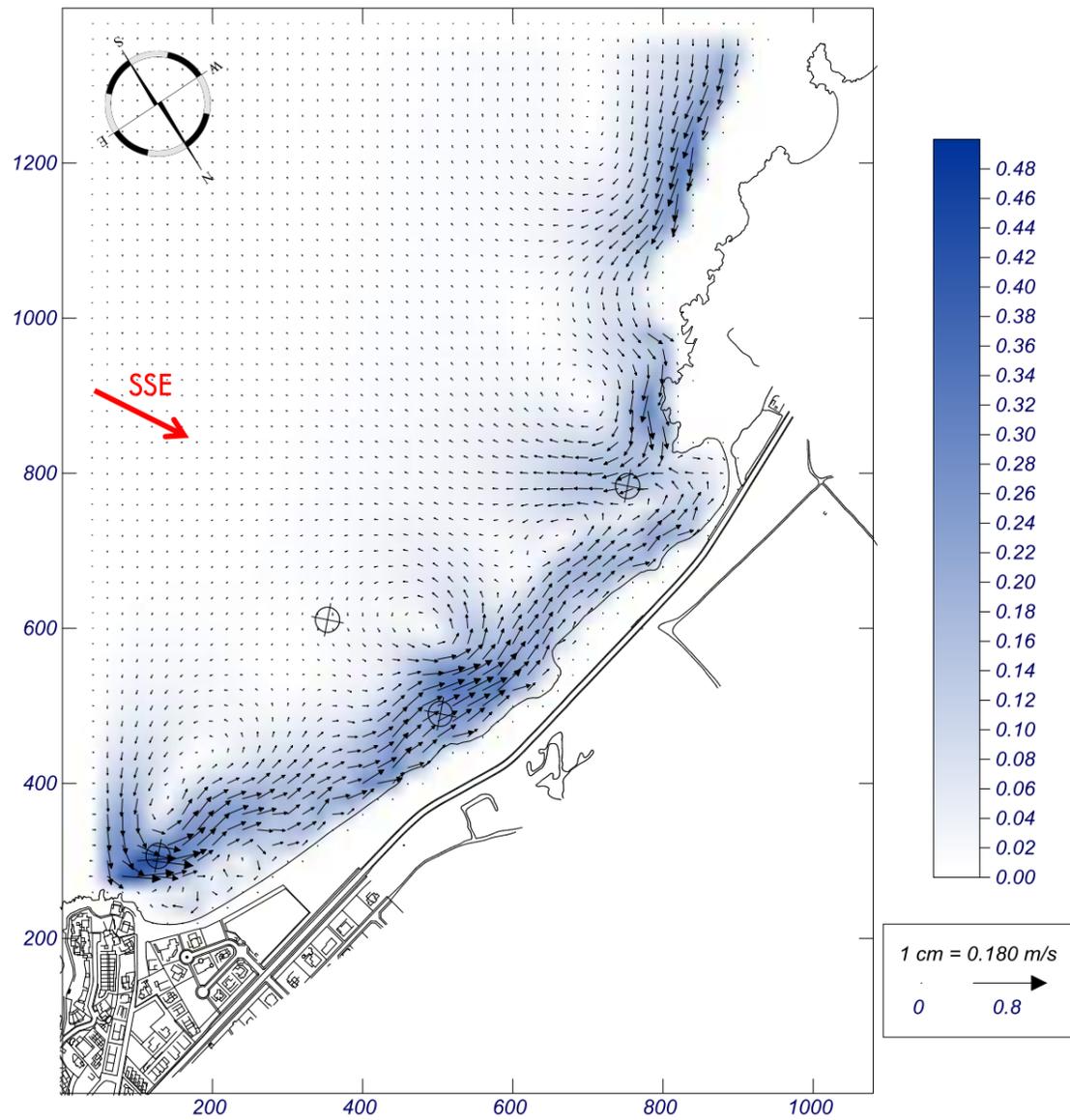


Figura 38. Propagación temporal SSE: Vectores de corrientes-magnitud

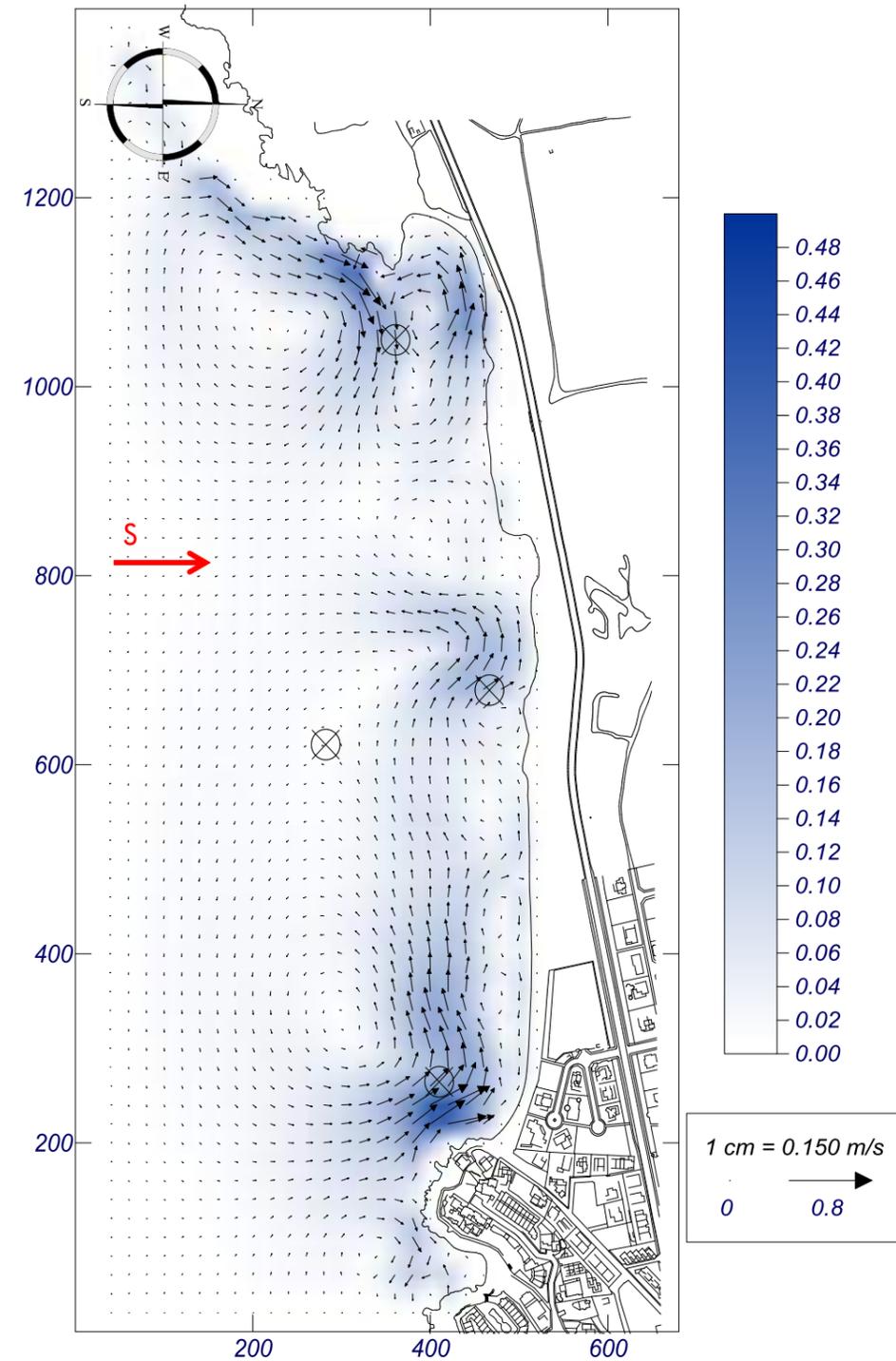


Figura 39. Propagación temporal S: Vectores de corrientes-magnitud

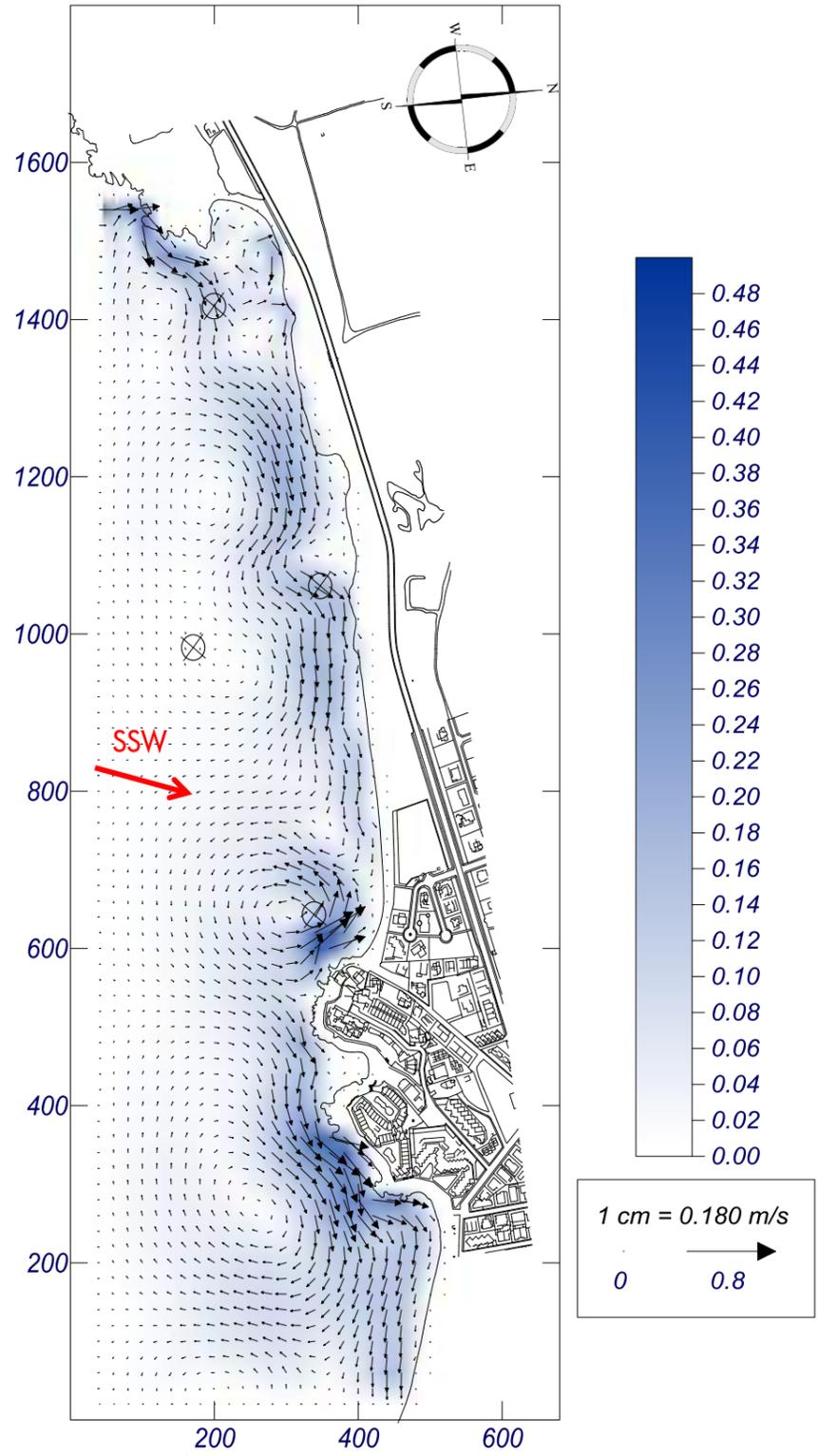


Figura 40. Propagación temporal SSW: Vectores de corrientes-magnitud

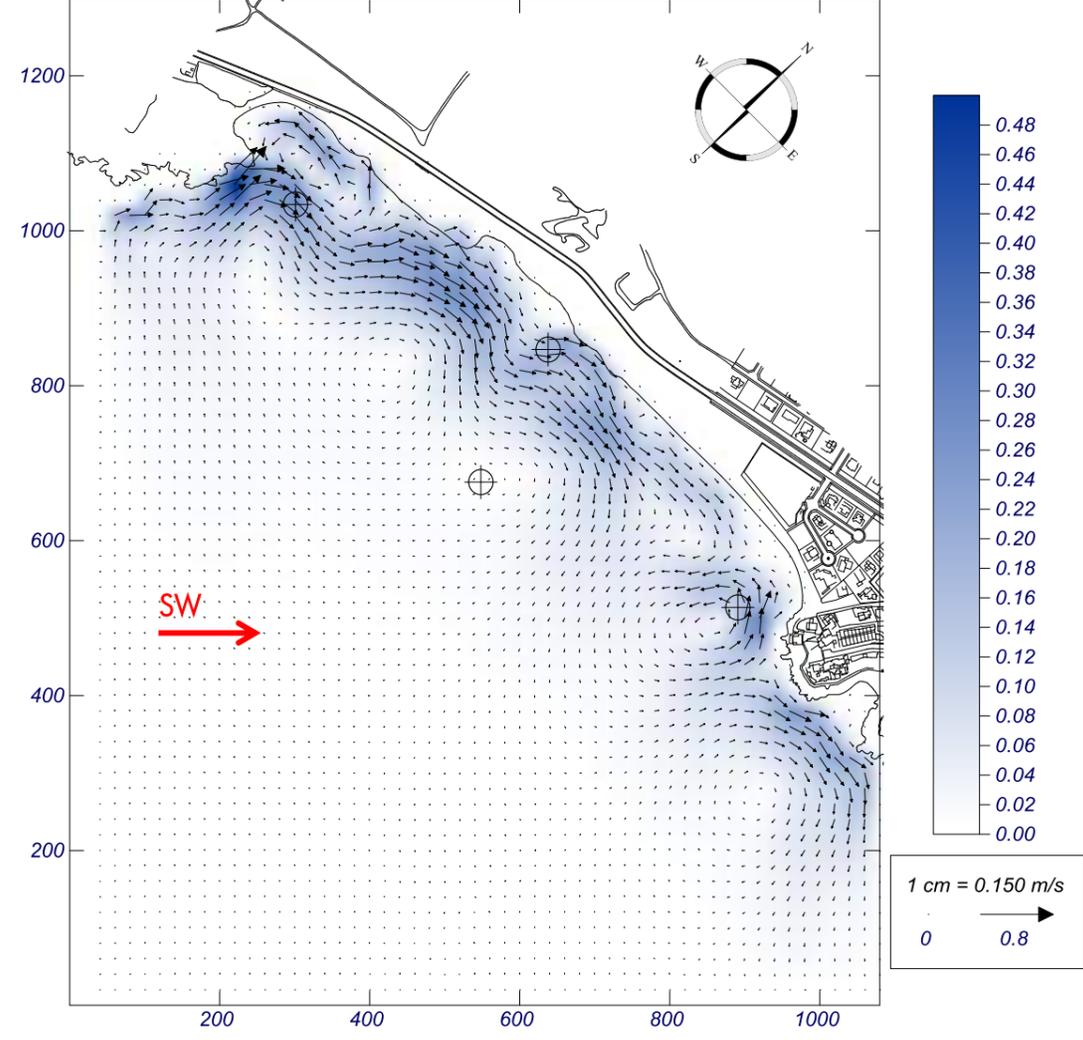


Figura 41. Propagación temporal SW: Vectores de corrientes-magnitud

Las principales conclusiones obtenidas del estudio de corrientes son las siguientes:

- Como es de esperar, los temporales procedentes del sector E no generan corrientes significativas debido principalmente a la refracción que sufre el oleaje en su propagación y a la difracción generada por la interposición del obstáculo que supone Cabo Cope.
- Las corrientes generadas por los sectores ESE, SE y SSE tienen principalmente una componente longitudinal en sentido Este-Oeste, con cierta concentración en la zona central. En los extremos de la playa, las corrientes son redirigidas a profundidades mayores, especialmente en el extremo Oeste, lo que puede inducir a la pérdida de sedimentos por esta zona.
- Los oleajes procedentes de los sectores S y SSW generan en la playa de la Cola corrientes con componente transversal principalmente (rip-currents). La configuración de la batimetría de la playa de la Cola es la responsable de la generación de este tipo de corrientes, dado que las irregularidades del fondo producen gradientes de ola generados por las diferentes profundidades de rotura del oleaje.
- Las corrientes generadas por los oleajes procedentes del sector SW tienen un sentido Oeste-Este principalmente, concentrándose en los extremos y zona central de la playa generando pequeñas corrientes de retorno en estas zonas.

7 FLUJO MEDIO DE ENERGÍA

La forma en planta de una playa no es capaz de responder instantáneamente a los cambios de dirección del oleaje, por lo que tiende a ubicarse en una posición media o de equilibrio con las condiciones medias energéticas del oleaje. Esta condición se define mediante el flujo medio anual de energía, H_F , a lo largo de la playa.

El vector flujo de energía en un punto ($\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}$) asociado a un determinado oleaje tiene como dirección la correspondiente al vector número de onda (que coincide con la dirección del oleaje) y como magnitud $\frac{1}{8}\rho g H^2 C_g$, donde C_g es la celeridad de grupo y H la altura de ola.

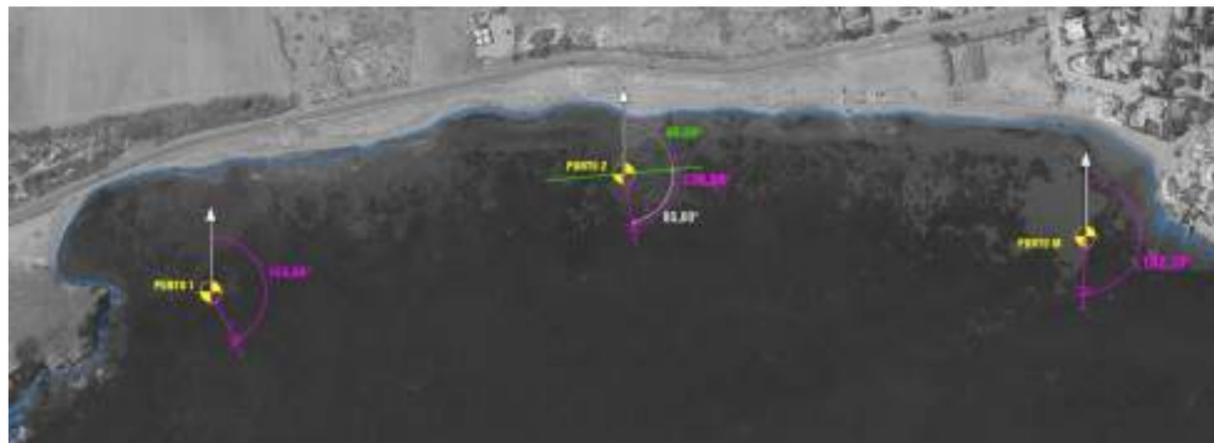


Figura 42. Flujo medio de energía en puntos objetivos frente a la costa

El vector flujo medio anual de energía es el vector suma de los flujos de energía de todos los oleajes en un año. Así, si en cada hora del año existe un flujo de energía $F_{x,t}\vec{i} + F_{y,t}\vec{j}$, el flujo medio de energía se define como:

$$\vec{F}_m = \frac{1}{8760} \left(\sum_{t=1h}^{8760} F_{x,t}\vec{i} + \sum_{t=1h}^{8760} F_{y,t}\vec{j} \right)$$

$$\vec{F}_m = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}$$

Donde la dirección de este flujo medio de energía se define como:

$$\theta_m = \arctang \left(\frac{F_y}{F_x} \right)$$

Así, se ha calculado el flujo medio de energía en los puntos objetivos localizados frente a la playa de la Cola en los que se ha obtenido de forma previa la reconstrucción del clima marítimo.

En la tabla 14 se refleja el F_m en el punto 2, la orientación de la alineación media de la costa en ese punto y el ángulo relativo entre estos dos. El ángulo de 90° indicaría una situación de equilibrio estático.

Para los puntos 1 y M, dada la difracción que suponen los salientes naturales rocosos en los extremos de la playa, no tiene sentido hablar de orientación de la alineación media de la costa, ya que estas zonas responderán a la formulación de Hsu y Evans para la forma en planta de una playa.

Punto objetivo	Dirección F_m ($^\circ$)	Orientación tramo de costa ($^\circ$)	Ángulo entre el F_m y la paralela a la costa ($^\circ$)
Punto 1	153,6	-	-
Punto 2	170,0	85	85,0
Punto M	182,1	-	-

Tabla 14. Flujo medio de energía en los puntos objetivos

La mayor o menor oblicuidad con que el vector de oleaje medio alcanza la costa proporciona información acerca de la magnitud del transporte longitudinal potencial y, por tanto, de cómo evolucionará la línea de orilla en situación de largo plazo. Así, la playa de Cola se encuentra actualmente en desequilibrio, pero ha de tenerse en cuenta que por la naturaleza de sus fondos, compuestos por lajas rocosas, y la heterogeneidad granulométrica del sedimento, la playa no responde al FME ni al transporte de sedimentos como las playas típicas constituidas por arenas.

En el Anejo N° 06. Dinámica del litoral se analizarán estos resultados para definir la forma en planta de equilibrio de la playa de la Cola.

APÉNDICE 1. DATOS SIMAR 2066089



MINISTERIO
DE FOMENTO

Puertos del Estado



CLIMA MEDIO DE OLEAJE Y VIENTO

NODO SIMAR 2066089

CONJUNTO DE DATOS: SIMAR

CODIGO B.D.	2066089	
LONGITUD	-1.500	E
LATITUD	37.417	N
PROFUNDIDAD	INDEFINIDA	

BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS

DE PUERTOS DEL ESTADO

ÁREA DE MEDIO FÍSICO

www.puertos.es

ÍNDICE	2
Índice	
1. Metodología	3
1.1. Régimen Medio	3
1.2. Análisis de Duraciones de Excedencia	5
1.3. Caracterización Estadística Complementaria	7
2. Conjunto de datos SIMAR	8
3. Nodo SIMAR 2066089	12
3.1. TABLAS Hs-TP ANUAL	13
3.2. TABLAS Hs-TP ESTACIONAL	14
3.3. ROSAS DE OLEAJE ANUAL	18
3.4. ROSAS DE OLEAJE ESTACIONAL	19
3.5. TABLAS Hs - DIR. ANUAL	23
3.6. TABLAS Hs - DIR. ESTACIONAL	24
3.7. REGIMEN MEDIO DE Hs ANUAL	28
3.8. REGIMEN MEDIO DE Hs ESTACIONAL	29
3.9. REGIMEN MEDIO DE Hs POR DIRECCIONES ANUAL	31
3.10. REGIMEN MEDIO DE Hs POR DIRECCIONES ESTACIONAL: DIC.-FEB.	34
3.11. REGIMEN MEDIO DE Hs POR DIRECCIONES ESTACIONAL: MAR.-MAY.	37
3.12. REGIMEN MEDIO DE Hs POR DIRECCIONES ESTACIONAL: JUN.-AGO.	39
3.13. REGIMEN MEDIO DE Hs POR DIRECCIONES ESTACIONAL: SET.-NOV.	41

ÍNDICE	3
3.14. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 1.5 (M) ANUAL	43
3.15. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 1.5 (M) ESTACIONAL	44
3.16. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 1.0 (M) ANUAL	48
3.17. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 1.0 (M) ESTACIONAL	49
3.18. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 0.5 (M) ANUAL	53
3.19. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 0.5 (M) ESTACIONAL	54
3.20. ROSAS DE VIENTO ANUAL	58
3.21. ROSAS DE VIENTO ESTACIONAL	59
3.22. TABLAS VMED - DIR. ANUAL	63
3.23. TABLAS VMED - DIR. ESTACIONAL	64
3.24. REGIMEN MEDIO DE VMED ANUAL	68
3.25. REGIMEN MEDIO DE VMED ESTACIONAL	69
3.26. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ANUAL	71
3.27. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: DIC.-FEB	74
3.28. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: MAR.-MAY.	77
3.29. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: JUN.-AGO.	80
3.30. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: SET.-NOV.	83
3.31. PERSISTENCIAS DE VMED SOBRE 4.0 (M/S) ANUAL	86
3.32. PERSISTENCIAS DE VMED SOBRE 4.0 (M/S) ESTACIONAL	87
3.33. PERSISTENCIAS DE VMED SOBRE 7.0 (M/S) ANUAL	91

ÍNDICE	4
3.34. PERSISTENCIAS DE VMED SOBRE 7.0 (M/S) ESTACIONAL	92

1. Metodología

1.1. Régimen Medio

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

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

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

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

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

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

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

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

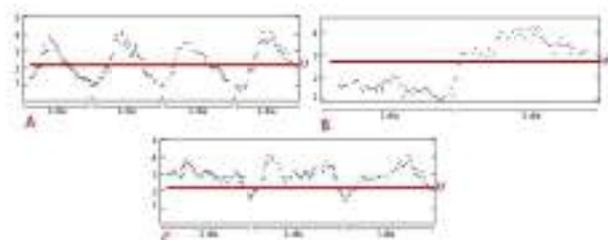
El régimen medio está directamente relacionado con lo que se denominan condiciones medias de operatividad. Es decir, caracteriza el comportamiento probabilístico del régimen de oleaje en el que por término medio se va a desenvolver una determinada actividad influida por uno de estos agentes.

En éste informe se presenta el régimen medio siguiendo diferentes criterios de selección o agrupación de los datos. En primer lugar, se presenta el régimen

medio sobre la totalidad de los años completos registrados, seguidamente se presentan los regímenes medios estimados sobre los datos agrupados por estaciones climáticas; y, finalmente, y de modo opcional, los regímenes medios para los datos agrupados por direcciones.

1.2. Análisis de Duraciones de Excedencia.

Los gráficos A y B muestran dos hipotéticas series de altura significativa o viento en las cuales la probabilidad de que se supere el umbral U es, en ambos casos, 0,5. Si U fuera el umbral a partir del cual cierta actividad cubiera que cesar, (p.ej. la actividad de un sistema de dragado), se tendría que, en ambos casos, el rendimiento teórico de dicha actividad sería del 50%. No obstante, el modo en que se agruparían en cada caso los tiempos de trabajo y de interrupción serían muy diferentes. Así, mientras que en el primer caso no se tendrían paradas de más de 1/2 día, en el segundo se tendría un cese total de actividad de 1 día de duración.



La diferencia entre ambas series viene marcada por la diferente persistencia con la que el oleaje/viento se mantiene por encima o por debajo de un cierto umbral de intensidad. Dicho de otro modo, por el diferente comportamiento de la duración de las excedencias de los estados de mar/viento, donde se entiende por excedencia el período de tiempo que la altura del oleaje/intensidad de viento se mantiene por encima de un cierto valor de corte.

En la figura C se representa una hipotética serie de H_s /viento, la cual, según la anterior definición muestra 3 excedencias sobre U de aproximadamente un día de duración cada una. No obstante, los períodos de tiempo que median entre las diferentes excedencias, y en los cuales la velocidad cae por debajo de U son muy cortos, del orden de 1 hora. Por tanto, si se está estudiando el máximo tiempo que una draga permanecerá inactiva por efecto del oleaje, se tiene que, a efectos prácticos, realmente existe una excedencia de 3 días de duración.

De lo dicho se concluye, que en el proceso de recuento de excedencias es conveniente considerar que reducciones repentinas de la intensidad del oleaje/viento, cuya duración es inferior a horas, no suponen, a efectos prácticos, un cese real del estado de mar/viento; esto es, no suponen el fin de la excedencia cuya duración se está estudiando.

Una vez que se ha definido un cierto nivel de corte, y se han localizado todas las excedencias por encima de dicho nivel, lo siguiente es ordenar las

excedencias en función de su duración. Una vez que se ha hecho esto se pueden contestar las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las duraciones medias, y máximas de las excedencias observadas por encima o debajo de un umbral ?

¿Cuál es el promedio anual o estacional de rachas cuya duración supere un cierto número de días ?

¿Cuál es el porcentaje de tiempo, sobre el tiempo total observado, ocupado por rachas de oleaje/viento cuya duración supere un cierto número de días ?

La primera pregunta puede responderse mediante los gráficos titulados *Duración Media y Máxima de Excedencia* presentes en este informe. Estas muestran la evolución de dichas magnitudes para distintos niveles de corte.

Las otras dos preguntas pueden responderse mediante los gráficos mostrados en el apartado que lleva por título *Persistencias*. La gráfica superior, denominada *Número Medio de Supersecciones*, presenta en el eje de abscisas el número de días y en ordenadas el promedio de veces que las excedencias han tenido una duración mayor o igual a dicho período de tiempo. El gráfico inferior, titulado *Porcentaje de Supersecciones*, intenta responder a la tercera pregunta. En este gráfico el eje de ordenadas muestra el porcentaje total de tiempo ocupado por excedencias que han superado un cierto número de días. Los resultados se muestran para diferentes umbrales, sobre la totalidad de los años registrados.

1.3. Caracterización Estadística Complementaria.

La caracterización estadística del oleaje/viento, a medio plazo, ofrecida en el presente informe se completa con una descripción estadística de la serie de alturas, períodos y direcciones (cuando existen datos direccionales) del oleaje o, si corresponde, de la serie de intensidad de viento y su dirección.

Para el oleaje se incluyen tres tipos de estadísticas: distribuciones conjuntas de altura y período, y cuando tenemos datos direccionales, rosas de oleaje y distribuciones conjuntas de altura y dirección de oleaje.

Las distribuciones conjuntas muestran histogramas y tablas de contingencia para los parámetros estudiados. Las tablas de contingencia permiten cruzar la información de forma sectorial.

En las rosas de oleaje se representan la altura y dirección del oleaje asociadas a su probabilidad de ocurrencia. El presente informe incluye rosas tanto para la serie total como para cada una de las estaciones.

De forma análoga, para los estudios de viento se muestran distribuciones conjuntas y rosas que cruzan la información de la intensidad y la dirección del viento.

2. Conjunto de datos SIMAR

Procedencia y obtención del conjunto de datos

El conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. Son por tanto datos sintéticos y no proceden de medidas directas de la naturaleza.

Las series SIMAR surgen de la concatenación de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR-44 y WANA. El objetivo es el de poder ofrecer series temporales más extensas en el tiempo y actualizadas diariamente. De este modo, el conjunto SIMAR ofrece información desde el año 1958 hasta la actualidad.

Subconjunto SIMAR-44

El conjunto SIMAR-44 es un reanálisis de alta resolución de atmósfera, nivel del mar y oleaje que cubre todo el entorno litoral español. La simulación de atmósfera y oleaje en la cuenca mediterránea fueron realizadas por Puertos del Estado en el marco del Proyecto Europeo HIPOCAS. Los datos de oleaje en el dominio atlántico y en el Estrecho de Gibraltar proceden de dos simulaciones análogas de viento y oleaje, una realizada por Puertos del Estado de forma independiente, y la otra llevada a cabo por el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA) en el marco del proyecto VANIMEDAT-II.

Seguidamente se da una breve descripción del modo en que se ha generado cada uno de los agentes simulados.

Viento

Los datos de viento del Mediterráneo se han obtenido mediante el modelo atmosférico regional REMO forzado por datos del reanálisis global NCEP. Dicho reanálisis asimila datos instrumentales y de satélite. El modelo REMO se ha integrado utilizando una malla de 30' de longitud por 30' de latitud (aprox 50Km*50Km) con un paso de tiempo de 5 min. Los datos de viento facilitados son promedios horarios a 10 m de altura sobre el nivel del mar.

Para la obtención de los datos de viento en el Atlántico y Estrecho de Gibraltar se ha utilizado el modelo RCA3.5 alimentado con los datos del reanálisis atmosférico global ERA-40. Estas simulaciones fueron realizadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, www.aemet.es) con una resolución de malla de 12' de latitud por 12' de longitud (aproximadamente 20Km por 20Km).

Debido a la resolución de las mallas utilizadas en los modelos REMO y RCA3.5 no permite modelar el efecto de accidentes orográficos de extensión inferior a 50Km. Tampoco quedan modelados la influencia en el viento de

procesos convectivos de escala local. No obstante, el modelo reproduce correctamente los vientos regionales inducidos por la topografía como el Cierzo, Tramontana, Mistral etc. De modo general será más fiable la reproducción de situaciones con vientos procedentes de mar.

Oleaje

Para generar los campos de oleaje se ha utilizado un modelo numérico WAM. Dicha aplicación es un modelo espectral de tercera generación que resuelve la ecuación de balance de energía sin establecer ninguna hipótesis a priori sobre la forma del espectro de oleaje. Los datos se han generado con una cadencia horaria. Se ha realizado descomposición de mar de viento y mar de fondo. Con el fin de describir situaciones con mares de fondo cruzados, se ha considerado la posibilidad de dos contribuciones de mar de fondo. Para el área mediterránea se ha utilizado una malla de espaciado variable con una resolución de 15' de latitud x 15' de longitud (unos 25 Km x 25 Km) para el borde Este de la malla y de 7,5' de latitud x 7,5' de longitud (aproximadamente 12,5Km x 12,5Km) para el resto del área modelada. Por otro lado, para el área atlántica se ha utilizado una malla de espaciado variable que cubre todo el Atlántico Norte con una resolución de 30' latitud x 30' longitud para las zonas más alejadas de la Península Ibérica y de Canarias, aumenta a 15' de latitud x 15' de longitud al aproximarse. Para el entorno del Golfo de Cádiz, Estrecho de Gibraltar y del Archipiélago Canario se han añadido a la malla principal mallas secundarias con una resolución que llega a los 5' de longitud x 5' de latitud. El modelo WAM utilizado para generar estos datos incluye efectos de refracción y asimetrización. No obstante, dada la resolución del modelo, se pueden considerar despreciables los efectos del fondo. Por tanto, para uso práctico los datos de oleaje deben de interpretarse siempre como datos en aguas abiertas a profundidades indefinidas.

Subconjunto WANA

Las series WANA proceden del sistema de predicción del estado de la mar que Puertos del Estado ha desarrollado en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, www.aemet.es). No obstante, los datos WANA no son datos de predicción sino datos de diagnóstico o análisis. Esto supone que para cada instante el modelo proporciona campos de viento y presión consistentes con la evolución anterior de los parámetros modelado y consistente con las observaciones realizadas. Es importante tener en cuenta que las series temporales de viento y oleaje del conjunto WANA no son homogéneas, pues los modelos de viento y oleaje se van modificando de modo periódico para introducir mejoras. Estas mejoras han permitido, entre otras cosas, aumentar la resolución espacial y temporal de los datos a partir de los cuales se genera la información del conjunto WANA.

Seguidamente de da una breve descripción de los modelos numéricos utilizados para generar las series de viento y oleaje.

Viento

El modelo atmosférico utilizado para generar los campos de vientos es el HIRLAM, de AEMET. Este es un modelo atmosférico mesoescalar e hidrostático. Los datos de viento facilitados son 10 metros del altura sobre el nivel del mar. Los datos de viento no reproducen efectos geográficos ni procesos temporales de escalas inferiores a la resolución con la que se ha integrado el modelo de atmósfera. No obstante, el modelo reproduce correctamente los vientos regionales inducidos por la topografía como el Cierzo, Tramontana, Mistral, etc.

Oleaje

Para generar los campos de oleaje se han utilizado dos modelos: WAM y WaveWatch, alimentados por los campos de viento del modelo HIRLAM. Ambos son modelos espectrales de tercera generación que resuelven la ecuación de balance de energía sin establecer ninguna hipótesis a priori sobre la forma del espectro de oleaje. La resolución espacial de los modelos varía dependiendo de la zona, ya que se han desarrollado aplicaciones específicas para diferentes áreas: Atlántico, Mediterráneo, Cantábrico, Cádiz, Canarias y Estrecho de Gibraltar. Se ha realizado una descomposición de mar de viento y mar de fondo. Con el fin de describir situaciones con mares de fondo cruzados, se han considerado dos contribuciones posibles para el mar de fondo. Es importante tener en cuenta, que, con independencia de la coordenada asignada a un nodo WANA, los datos de oleaje deben de considerarse, siempre, como datos en aguas abiertas y profundidades indefinidas.

Precauciones de uso

El conjunto de datos SIMAR proporciona descripciones adecuadas en casi todas las zonas. No obstante es necesario tener cautela en las siguientes:

- De forma general se puede decir que los modelos tienden a subestimar los picos en las velocidades de viento y las alturas de ola en situaciones de temporal muy extremo. Se aconseja pues cotejar la magnitud aproximada del temporal con datos instrumentales de la zona.
- En el Sur del Archipiélago Canario pueden no reproducirse bien condiciones procedentes del Suroeste debido a la proximidad del límite del dominio de la malla que utiliza el modelo.

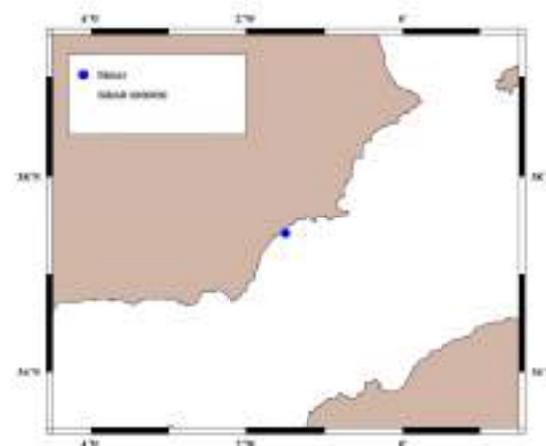
Parámetros disponibles

- Velocidad Media del Viento (Promedio horario a 10 m. de altura)
- Dir. Media de Procedencia del Viento(0=N,90=E)
- Altura Significante Espectral

- Período Medio Espectral (Momentos 02)
- Período de Pico
- Dir. Media de Procedencia de Oleaje (O=N,90= E)
- Altura Significante y Dirección Media de Mar de Viento
- Altura Significante, Período Medio y Dirección Media de Mar de Fondo

3. Nodo SIMAR 2066089

Conjunto de Datos: Simar
Nodo: SIMAR 2066089
Longitud: -1.500 E
Latitud: 37.417 N
Profundidad: INDEFINIDA



3.1. TABLAS Hs-Tp ANUAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 206089

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

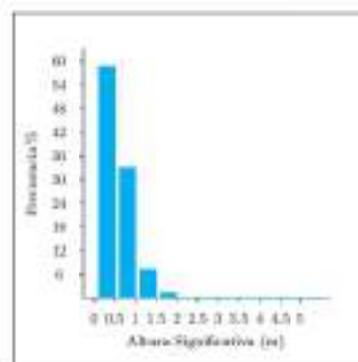
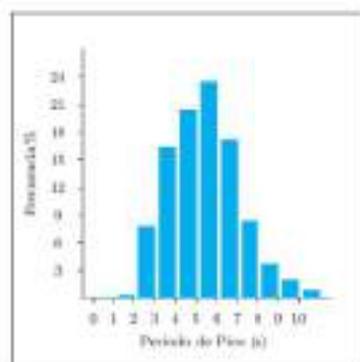


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)										Total	
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	≥ 10.0		
≤ 0.5	-	0.389	7.472	14.532	14.536	9.041	4.532	3.457	1.484	0.914	0.009	56.890
1.0	-	-	0.150	1.611	0.692	12.980	7.045	2.350	1.309	0.667	0.236	32.108
1.5	-	-	-	0.031	0.185	1.186	3.236	1.590	0.408	0.245	0.157	7.063
2.0	-	-	-	-	0.034	0.106	0.662	0.221	0.104	0.044	0.044	1.590
2.5	-	-	-	-	-	0.032	0.014	0.590	0.076	0.064	0.015	1.224
3.0	-	-	-	-	-	-	0.060	0.012	0.028	0.009	0.009	1.061
3.5	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.001	-	0.003	1.003
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.001	1.001
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.389	7.620	16.345	24.695	25.062	17.065	8.180	3.512	2.045	0.609	100%

3.2. TABLAS Hs-Tp ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 206089

PERIODO : Dic. - Feb.

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

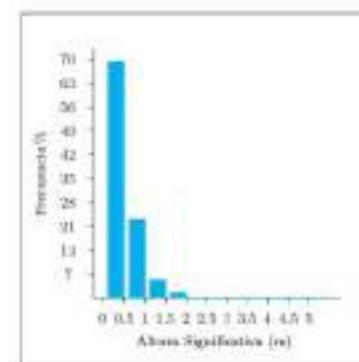
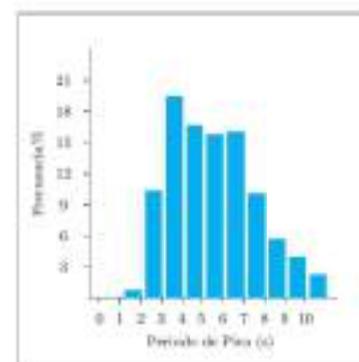


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)										Total	
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	≥ 10.0		
≤ 0.5	-	0.075	0.850	15.172	11.898	8.048	0.300	5.772	3.714	1.978	1.077	49.508
1.0	-	-	0.213	1.237	1.442	6.510	4.511	2.626	1.984	1.303	1.584	22.456
1.5	-	-	-	0.054	0.224	1.094	1.768	1.097	0.544	0.312	0.298	5.372
2.0	-	-	-	-	0.049	0.239	0.476	0.182	0.039	0.110	0.110	1.210
2.5	-	-	-	-	-	0.005	0.000	0.130	0.060	0.050	0.054	0.301
3.0	-	-	-	-	-	-	0.002	0.012	0.016	0.017	0.014	0.061
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.007	0.005	0.012
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.075	10.172	18.480	16.552	15.704	15.870	18.114	1.529	3.880	1.082	100%

TABLAS Hs-Tp ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2066089

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

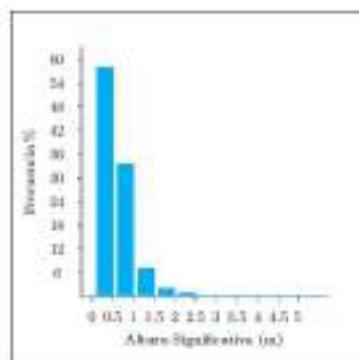
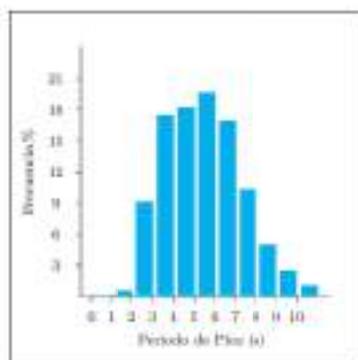


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.444	8.917	15.166	12.129	7.796	4.527	3.682	1.226	0.829	0.388	37.628
1.0	-	-	0.188	2.204	4.891	10.015	7.498	3.891	2.200	0.875	0.243	83.247
1.5	-	-	0.002	0.025	0.490	1.256	2.780	1.703	0.582	0.200	0.170	4.967
2.0	-	-	-	-	-	0.030	0.220	0.923	0.803	0.134	0.039	1.734
2.5	-	-	-	-	-	0.002	0.005	0.129	0.129	0.109	0.020	0.424
3.0	-	-	-	-	-	-	-	0.020	0.000	0.000	-	0.079
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.444	9.107	17.387	18.178	10.699	16.827	10.318	4.988	2.413	0.869	100%

TABLAS Hs-Tp ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2066089

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

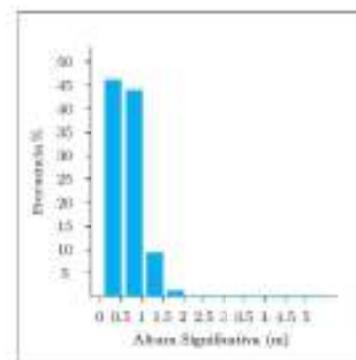
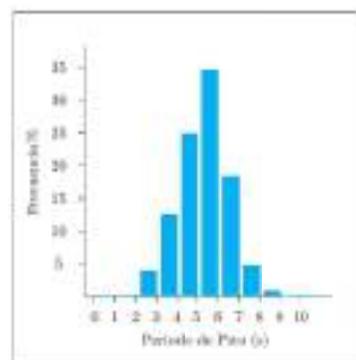


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.000	1.701	18.197	16.989	11.024	2.954	0.895	0.143	0.048	0.023	46.928
1.0	-	-	0.124	2.282	7.890	22.198	9.590	1.072	0.268	0.068	0.014	43.827
1.5	-	-	-	0.005	0.000	1.404	3.369	2.027	0.103	0.023	-	6.927
2.0	-	-	-	-	-	0.000	0.127	0.712	0.114	0.028	-	0.977
2.5	-	-	-	-	-	-	-	0.016	0.000	0.000	-	0.045
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.000	1.825	17.484	20.963	34.628	18.335	4.744	0.600	0.177	0.056	100%

TABLAS Hs-Tp ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2066089

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

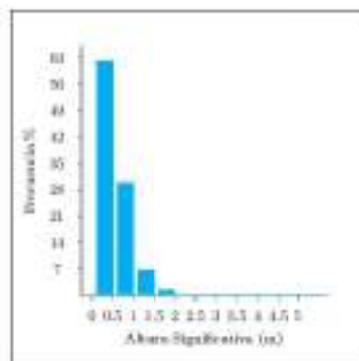
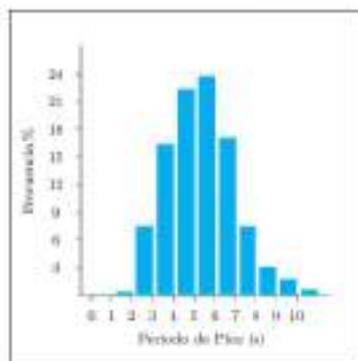


Tabla Período de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.070	7.323	34.026	15.100	10.060	7.400	5.439	3.864	0.790	0.420	62.221
1.0	-	-	0.097	1.518	6.190	12.250	8.206	2.020	0.943	0.457	0.110	20.789
1.5	-	-	-	0.062	0.147	0.090	3.280	1.485	0.344	0.253	0.080	4.573
2.0	-	-	-	-	-	0.044	0.100	0.328	0.210	0.120	0.025	1.134
2.5	-	-	-	-	-	-	0.018	0.085	0.070	0.072	0.016	0.290
3.0	-	-	-	-	-	-	-	0.011	0.011	0.025	0.011	0.060
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	-	0.000
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	0.000
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.070	7.440	8.146	22.137	23.780	17.088	7.540	2.972	1.750	0.008	100%

3.3. ROSAS DE OLEAJE ANUAL

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2066089

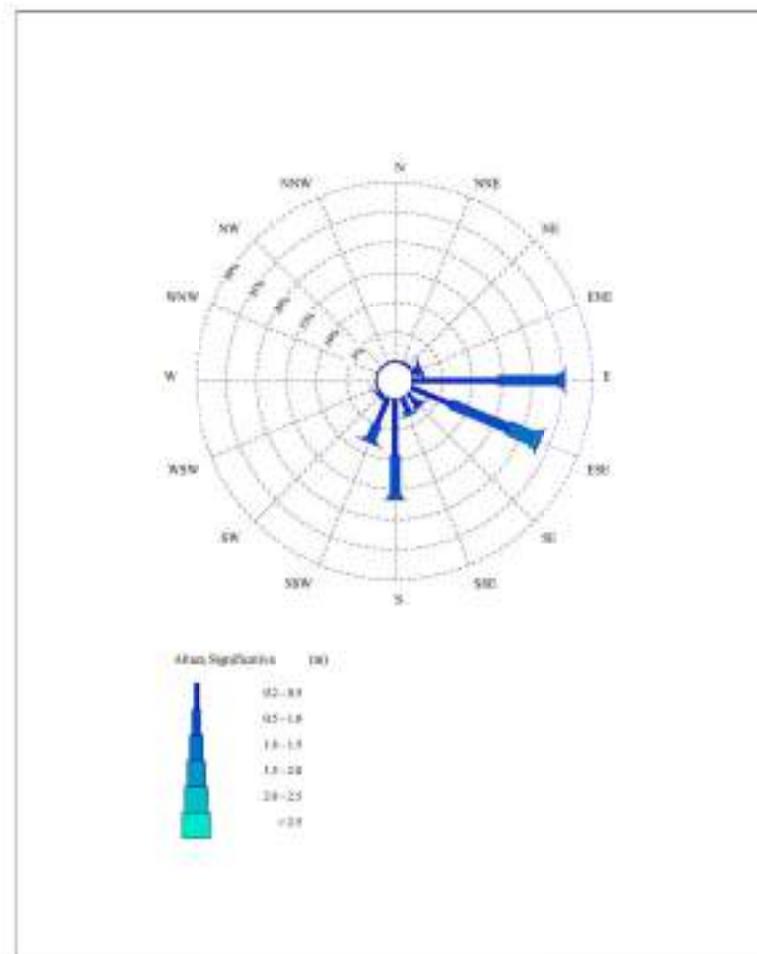
CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

INTERVALO DE CALMAS: 0 - 0.2

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

PORCENTAJE DE CALMAS: 16.48%



3.4. ROSAS DE OLEAJE ESTACIONAL

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 206089

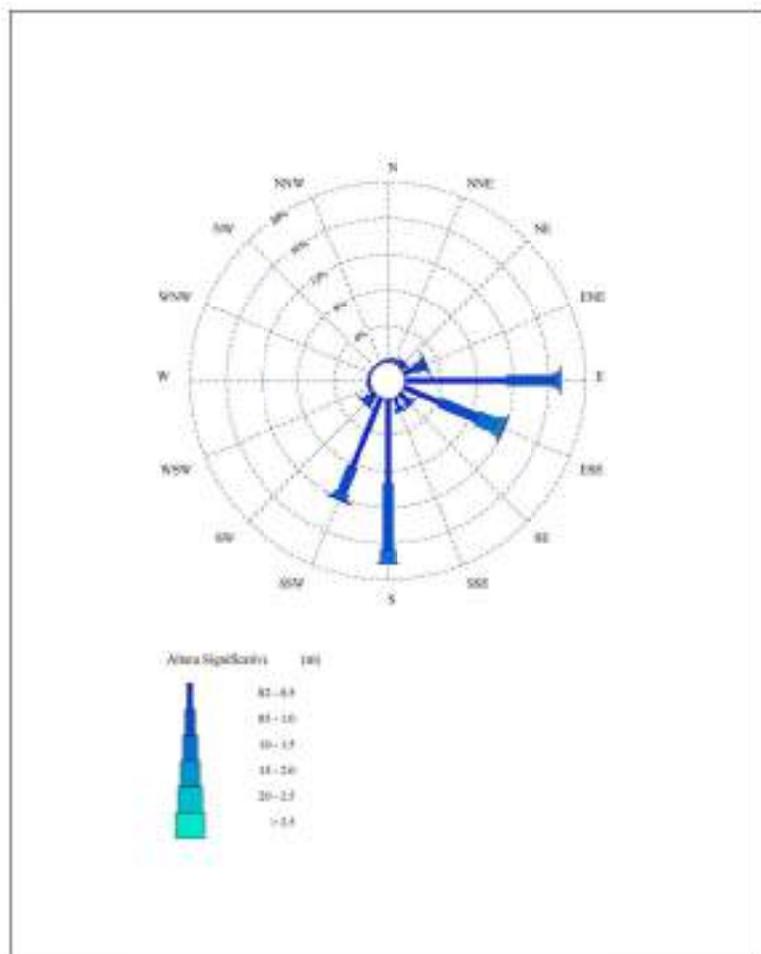
PERIODO : Dic. - Feb.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 30.07%



ROSAS DE OLEAJE ESTACIONAL

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 206089

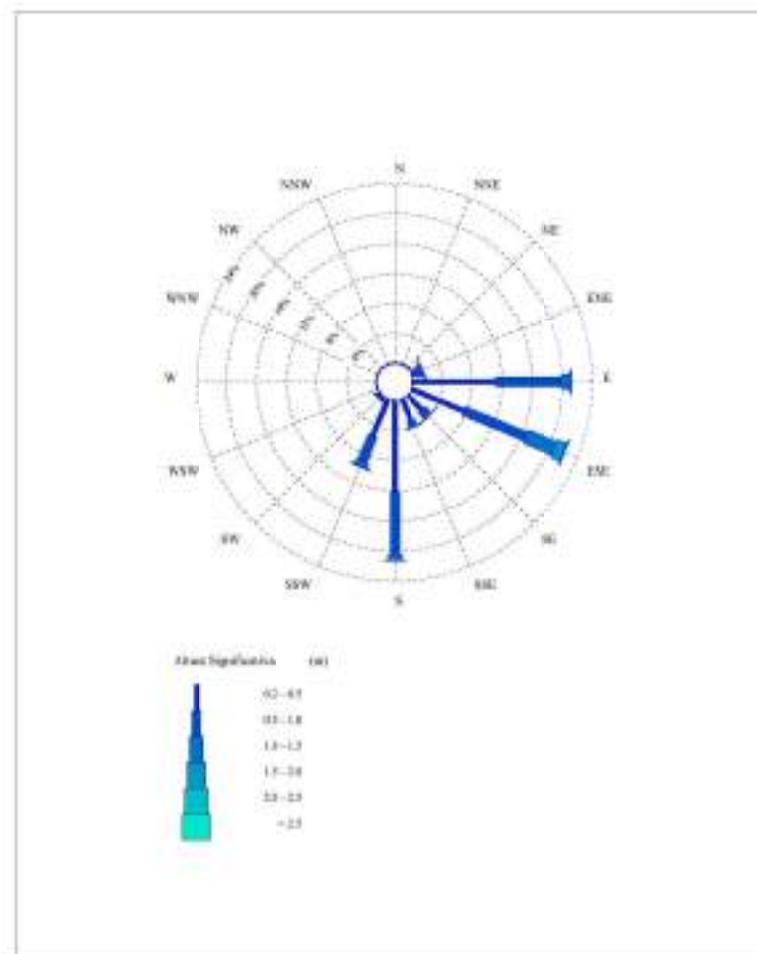
PERIODO : Mar. - May.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 14.12%



ROSAS DE OLEAJE ESTACIONAL

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 206089

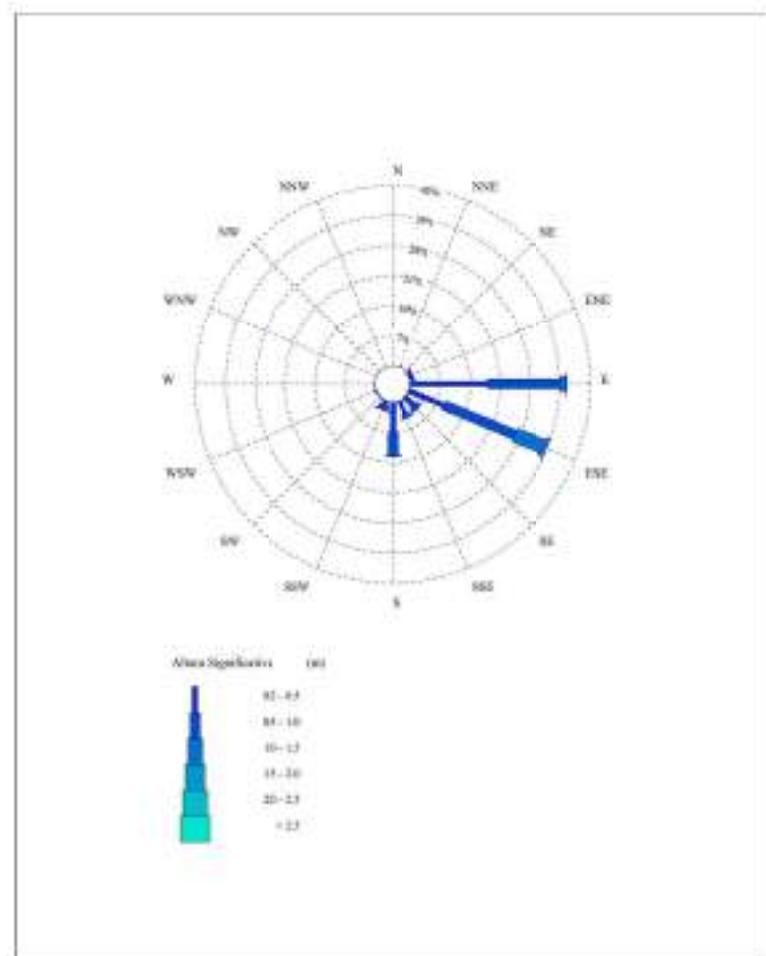
PERIODO : Jul. - Ago.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 4.24%



ROSAS DE OLEAJE ESTACIONAL

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 206089

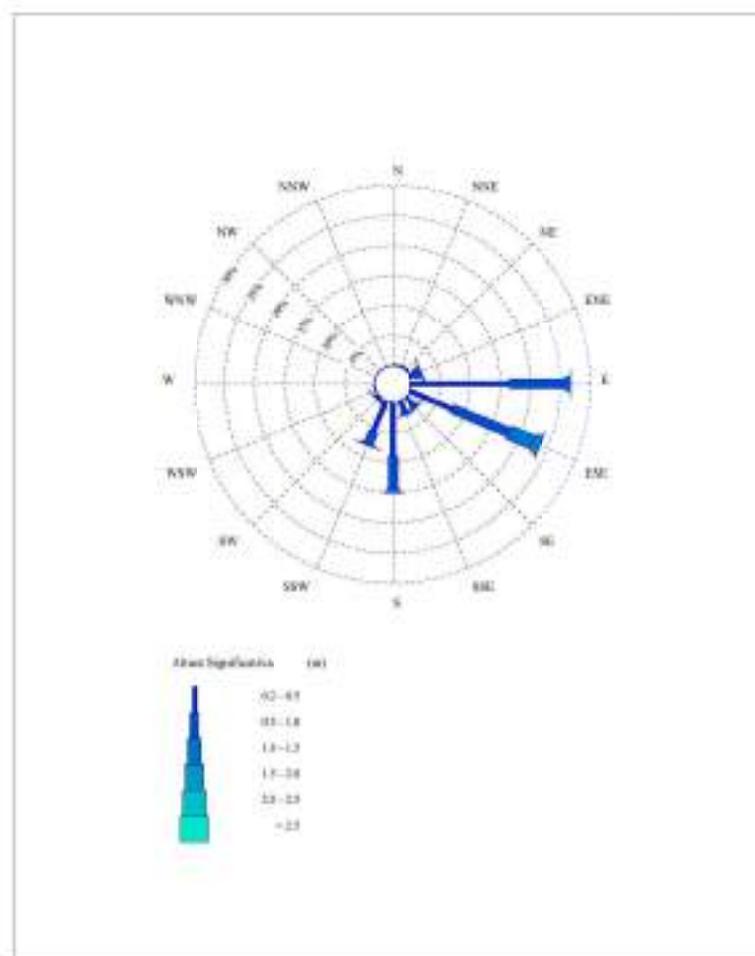
PERIODO : Sep. - Nov.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 17.69%



3.5. TABLAS Hs - DIR. ANUAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 206089

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

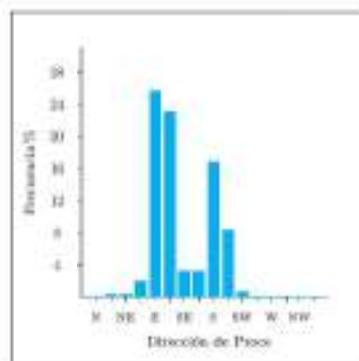
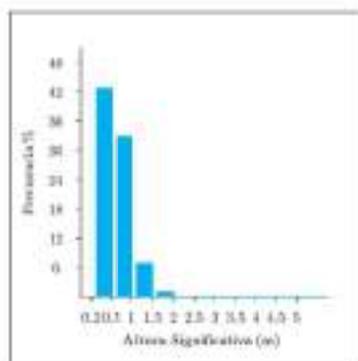


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Precedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0		
CALMAS	31.282													16.483
N	0.0	.085	.021	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.108
NNE	22.5	.133	.043	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.178
NE	45.0	.207	.116	.008	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.333
NNE	67.5	.005	.770	.229	.061	.021	.000	-	-	-	-	-	-	1.089
E	90.0	14.251	16.102	.943	.335	.087	.000	.000	-	-	-	-	-	25.481
ESE	112.5	7.346	16.267	4.602	.965	.141	.030	.000	.000	-	-	-	-	23.175
SE	135.0	2.245	.797	.009	.012	.090	.002	-	-	-	-	-	-	3.092
SEE	157.5	2.389	.791	.010	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	3.197
S	180.0	0.410	4.070	.702	.044	.002	-	-	-	-	-	-	-	16.784
SSW	202.5	3.484	3.481	.219	.083	.037	.007	-	-	-	-	-	-	8.067
SW	225.0	.389	.341	.084	.011	.002	-	-	-	-	-	-	-	.748
SSW	247.5	.002	.061	.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.109
W	270.0	.054	.025	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.083
WSW	292.5	.090	.010	.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.102
W	315.0	.048	.018	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.067
WSW	337.5	.057	.009	.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.076
Total	31.282	42.418	32.511	4.088	1.247	.288	.055	.000	.000	-	-	-	-	100%

3.6. TABLAS Hs - DIR. ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 206089

PERIODO : Dic. - Feb.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

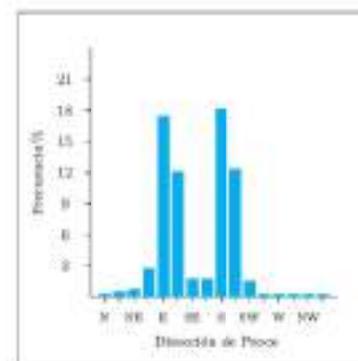
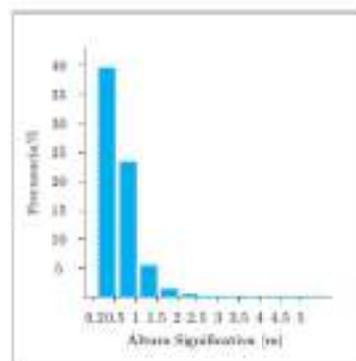


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Precedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0		
CALMAS	30.071													39.072
N	0.0	.226	.046	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.274
NNE	22.5	.322	.099	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.423
NE	45.0	.372	.263	.018	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	.650
NNE	67.5	1.325	1.049	.217	.090	.010	.005	-	-	-	-	-	-	2.690
E	90.0	11.242	5.231	.543	.147	.002	.021	.007	-	-	-	-	-	17.311
ESE	112.5	4.405	4.366	2.265	.713	.009	.007	.005	-	-	-	-	-	11.988
SE	135.0	1.300	.384	.012	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	1.701
SEE	157.5	1.215	.431	.021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.629
S	180.0	0.094	7.296	1.427	.007	.007	-	-	-	-	-	-	-	16.211
SSW	202.5	6.254	3.047	.614	.143	.000	.018	-	-	-	-	-	-	12.204
SW	225.0	.000	.700	.170	.032	.007	-	-	-	-	-	-	-	1.076
SSW	247.5	.000	.117	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.124
W	270.0	.139	.000	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.140
WSW	292.5	.122	.057	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.181
W	315.0	.036	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.043
WSW	337.5	.136	.041	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.180
Total	30.071	39.055	21.334	5.444	1.208	.290	.081	.012	-	-	-	-	-	100%

TABLAS HS - DIR. ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2066089

PERIODO : Sep. - Nov.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedente

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

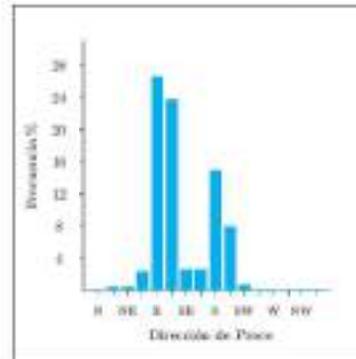
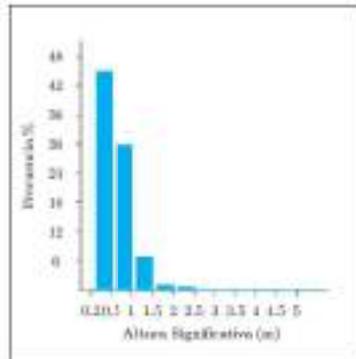
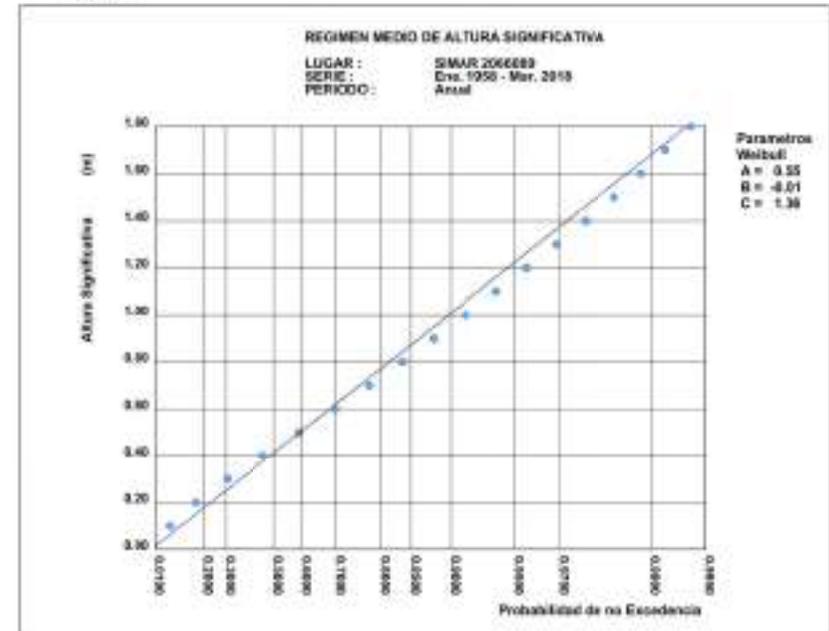


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Precedencia en %

Dirección	Hs (m)											Total
	≤ 0.2	0.3	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	> 5.0	
CALIBRAJ	17.001											17.001
N	0.0	.065	.014	-	-	-	-	-	-	-	-	.089
NE	32.5	.137	.044	.002	-	-	-	-	-	-	-	.181
E	43.0	.222	.137	.011	-	-	-	-	-	-	-	.371
SE	67.5	.187	.025	.006	.000	.000	.007	-	-	-	-	.220
S	90.0	10.520	1.300	.804	.060	.058	.011	-	-	-	-	26.721
SW	112.5	7.496	16.180	4.402	.866	.180	.027	.002	.000	-	-	33.593
SE	135.0	1.390	.520	.060	.014	.007	-	-	-	-	-	2.590
SW	157.5	1.925	.597	.034	.009	-	-	-	-	-	-	2.520
S	180.0	8.897	1.508	.504	.050	-	-	-	-	-	-	15.000
NW	202.5	0.515	1.110	.200	.060	.033	.011	-	-	-	-	8.000
W	225.0	.312	.280	.060	-	.002	.002	-	-	-	-	.661
NW	247.5	.094	.161	.035	-	-	-	-	-	-	-	.290
N	270.0	.007	.030	-	-	-	-	-	-	-	-	.060
NW	292.5	.025	.087	-	-	-	-	-	-	-	-	.112
W	315.0	.003	.087	-	-	-	-	-	-	-	-	.090
NW	337.5	.000	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	.044
Total	17.001	46.584	29.691	8.500	1.112	.280	.090	.002	.005	-	-	100%

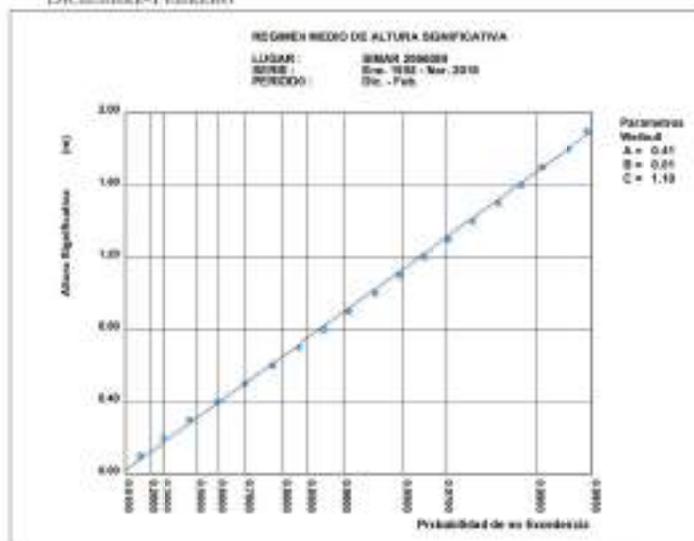
3.7. REGIMEN MEDIO DE HS ANUAL

ANUAL

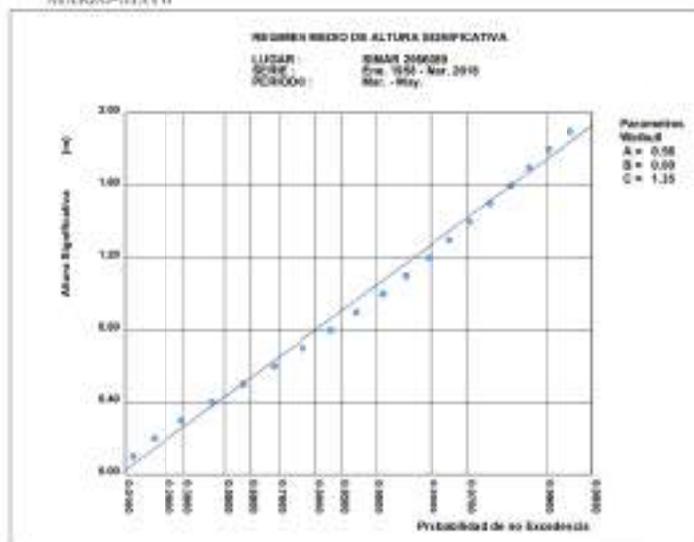


3.8. REGIMEN MEDIO DE HS ESTACIONAL

DICIEMBRE-FEBRERO

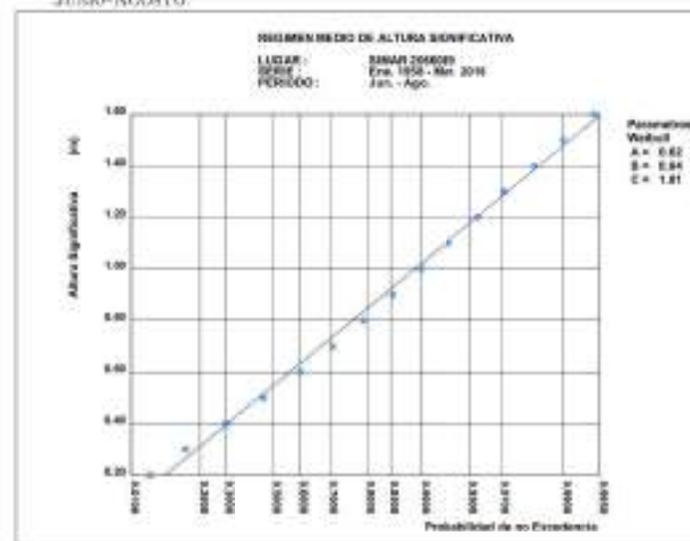


MARZO-MAYO

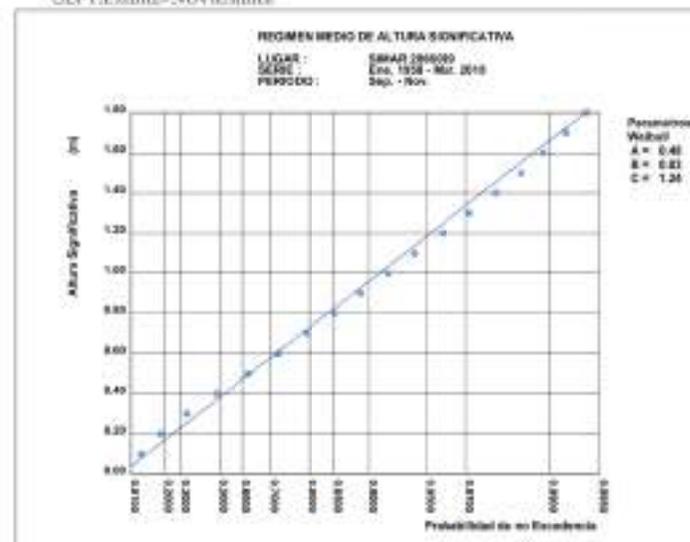


REGIMEN MEDIO DE HS ESTACIONAL

JUNIO-AGOSTO

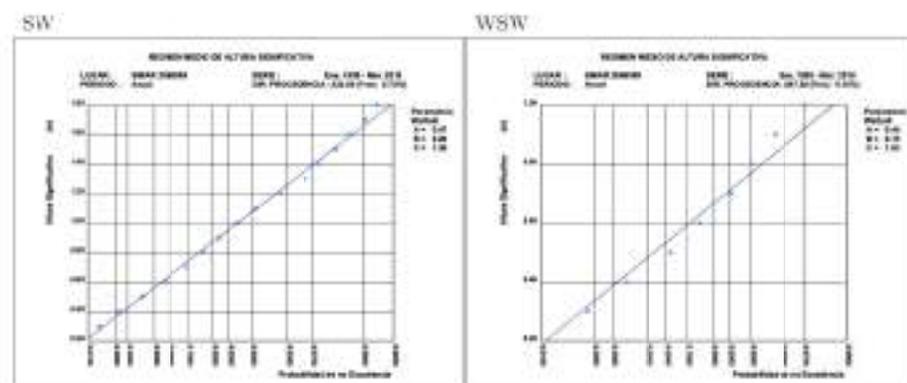
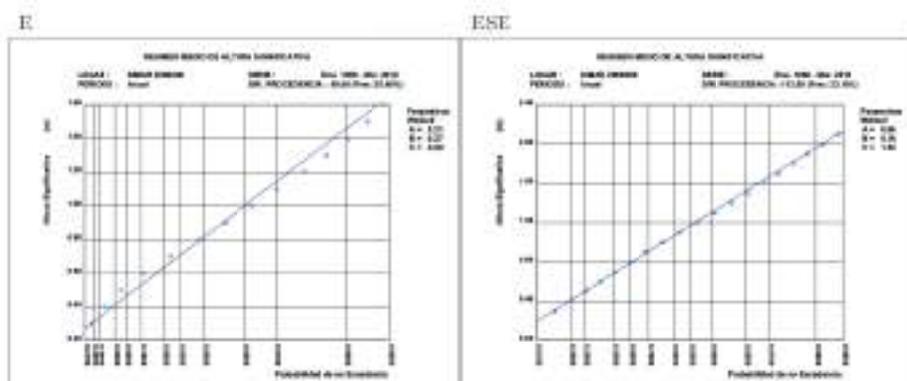
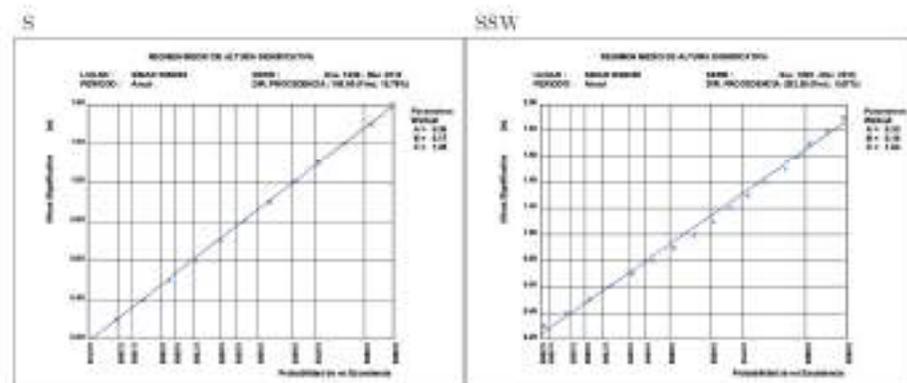
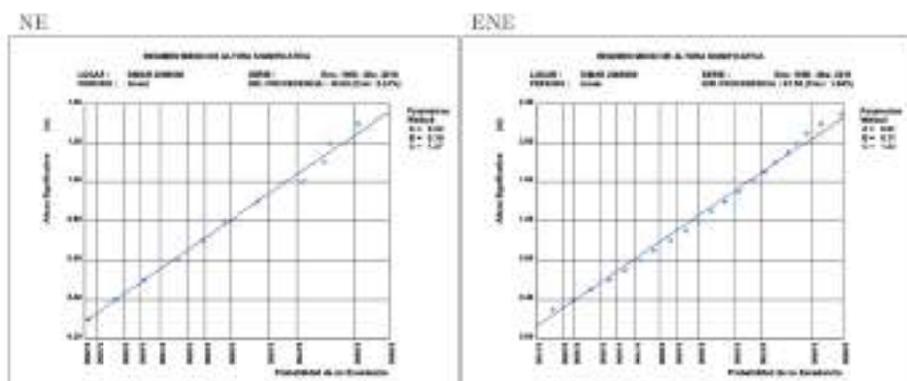
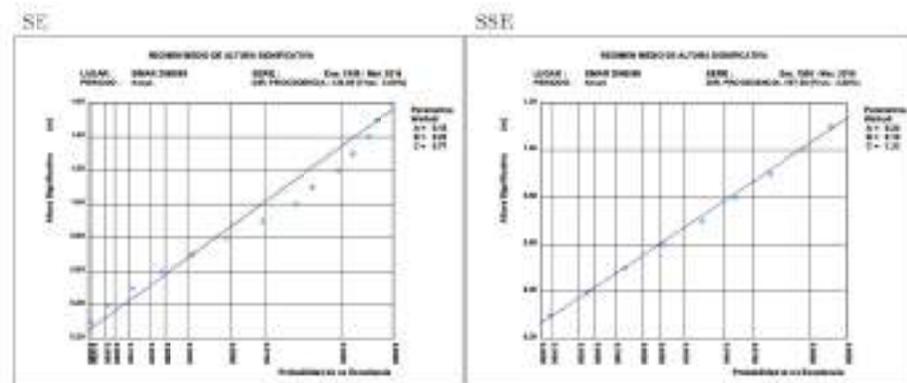
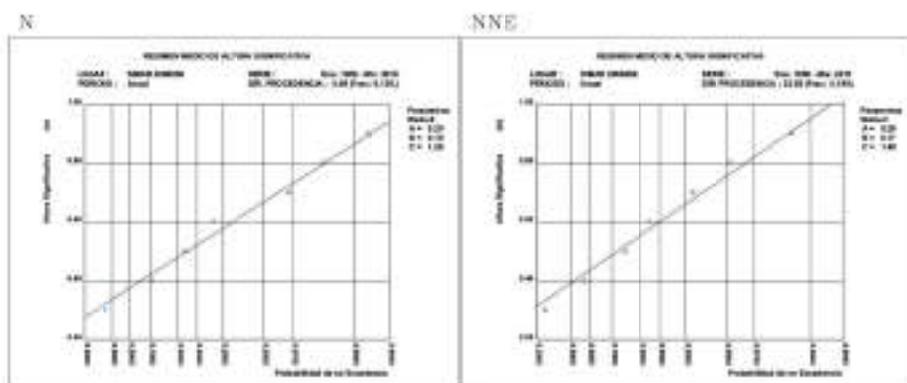


SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE

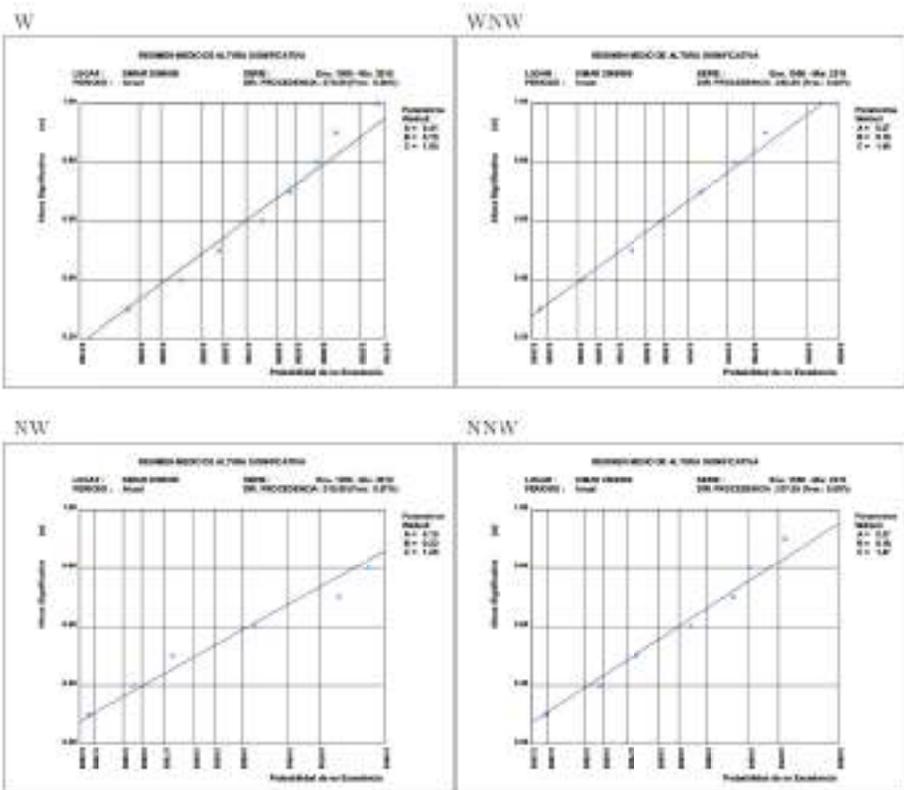


3.9. REGIMEN MEDIO DE Hs POR DIRECCIONES ANUAL

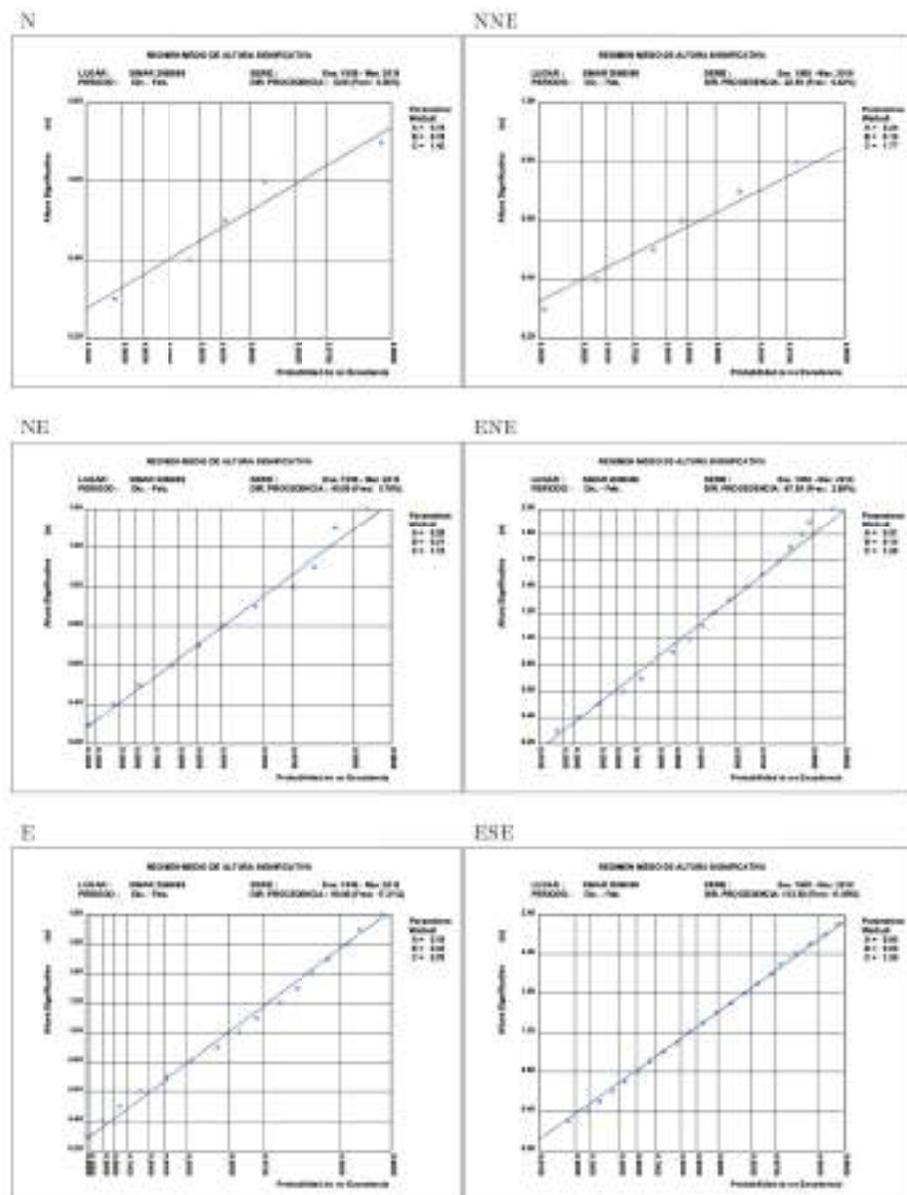
REGIMEN MEDIO DE Hs POR DIRECCIONES ANUAL



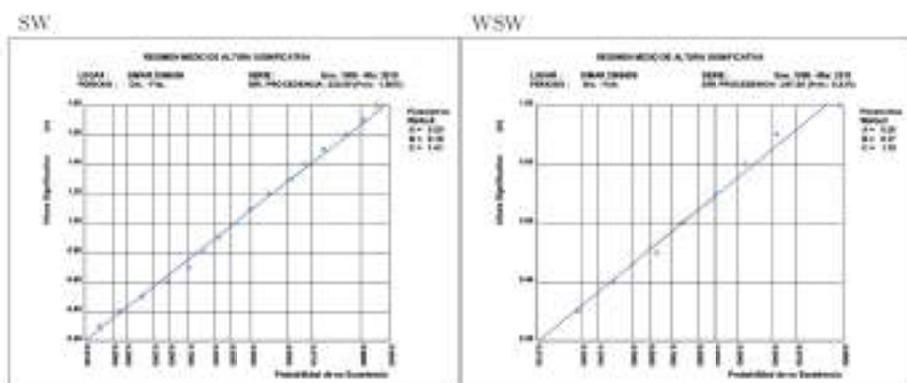
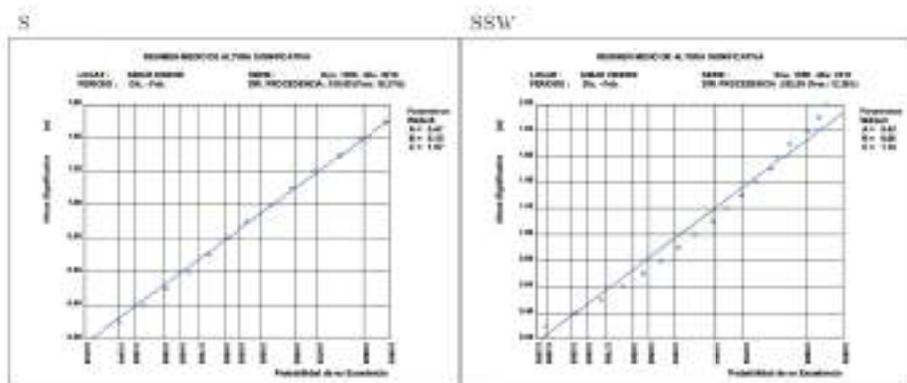
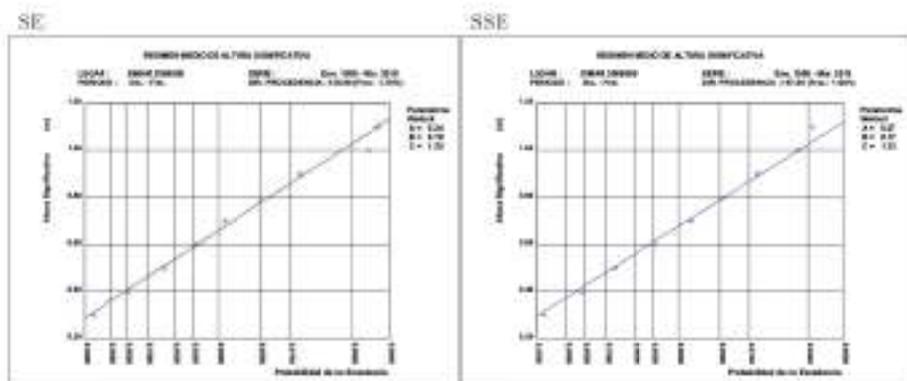
REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ANUAL



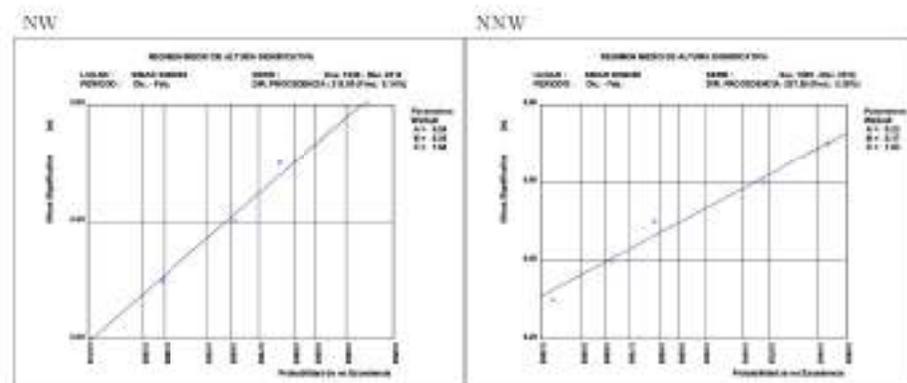
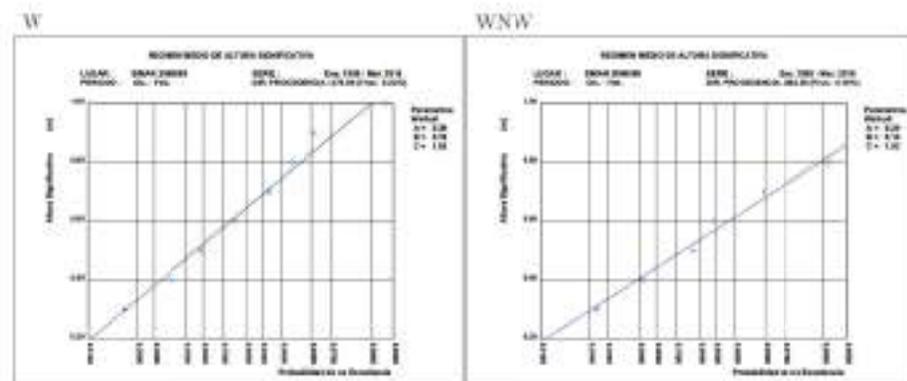
3.10. REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: DIC.-FEB.



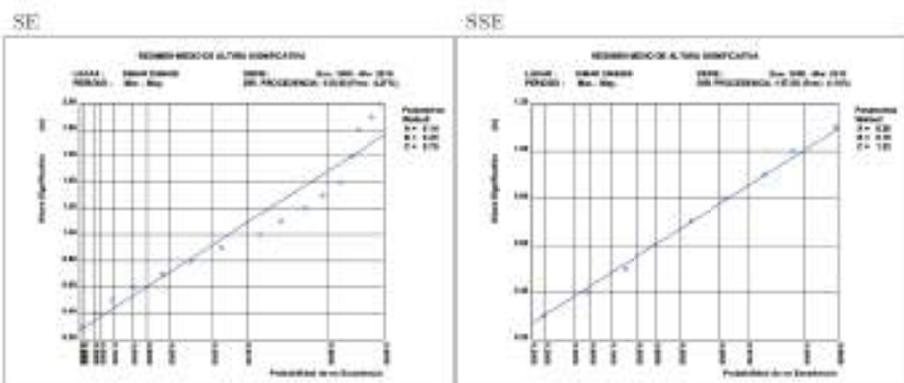
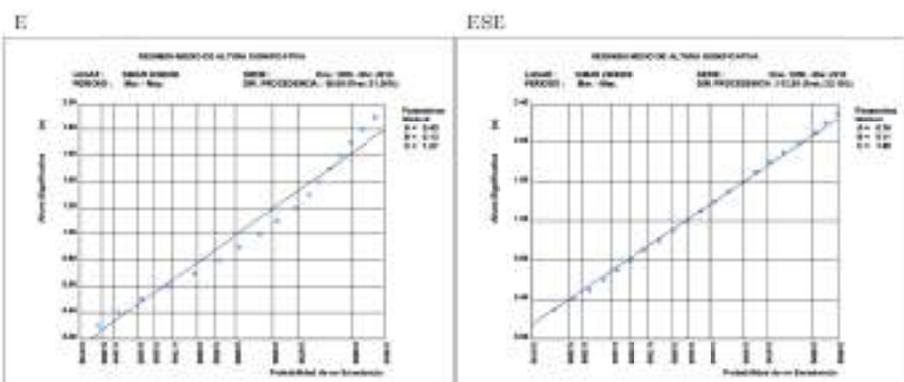
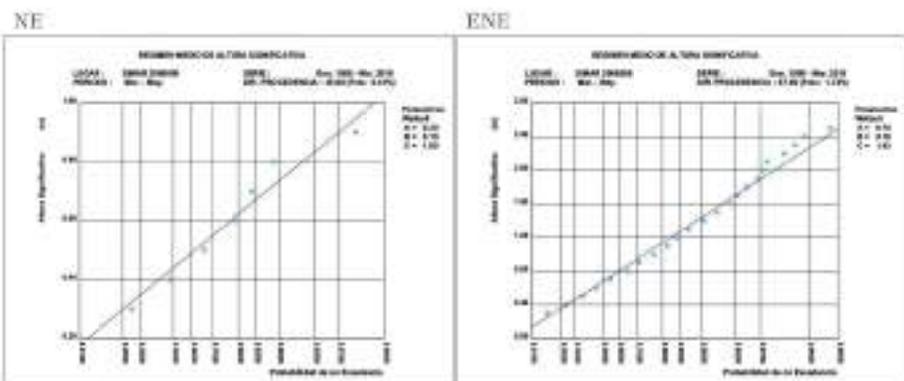
REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: DIC.-FEB.



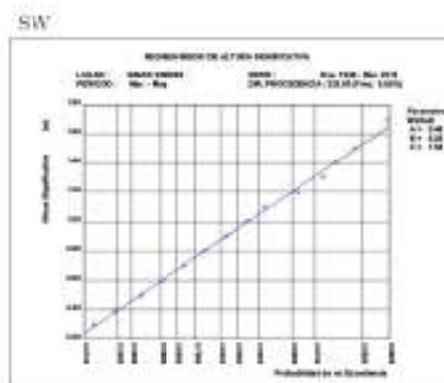
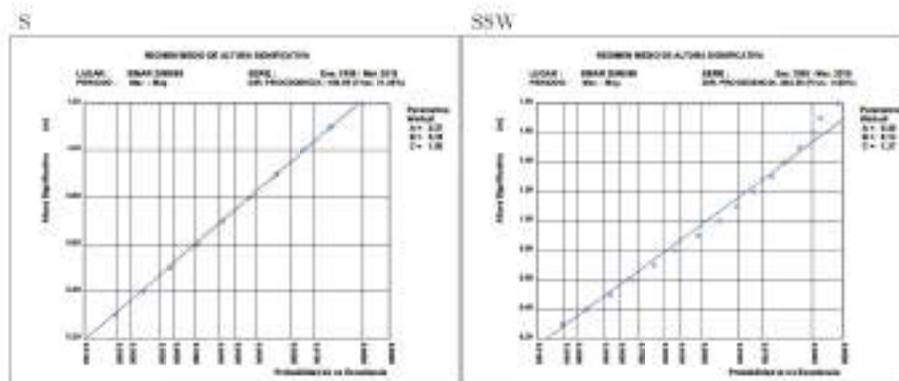
REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: DIC.-FEB.



3.11. REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: MAR-MAY.



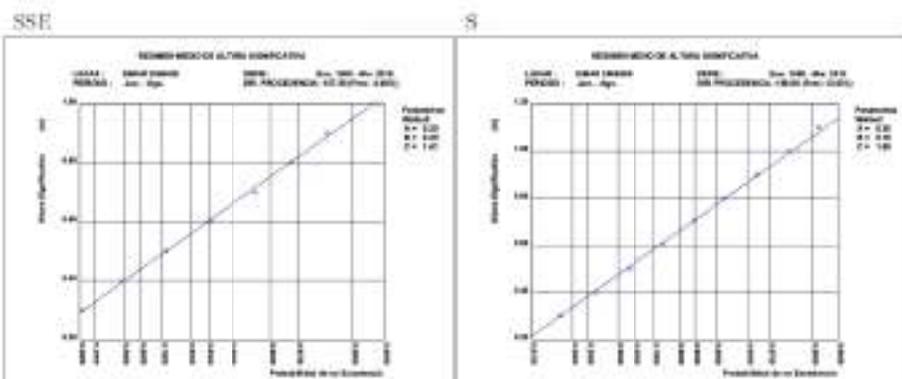
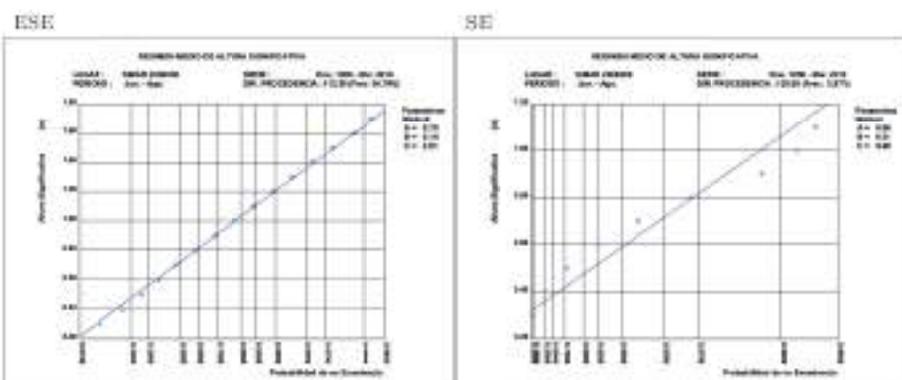
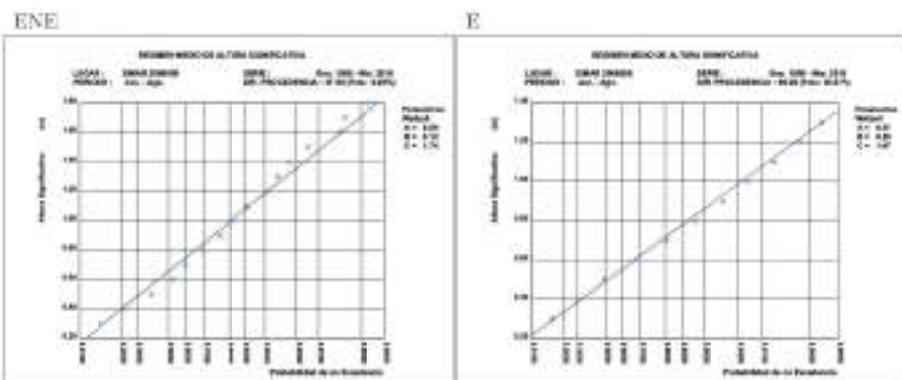
REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: MAR-MAY.



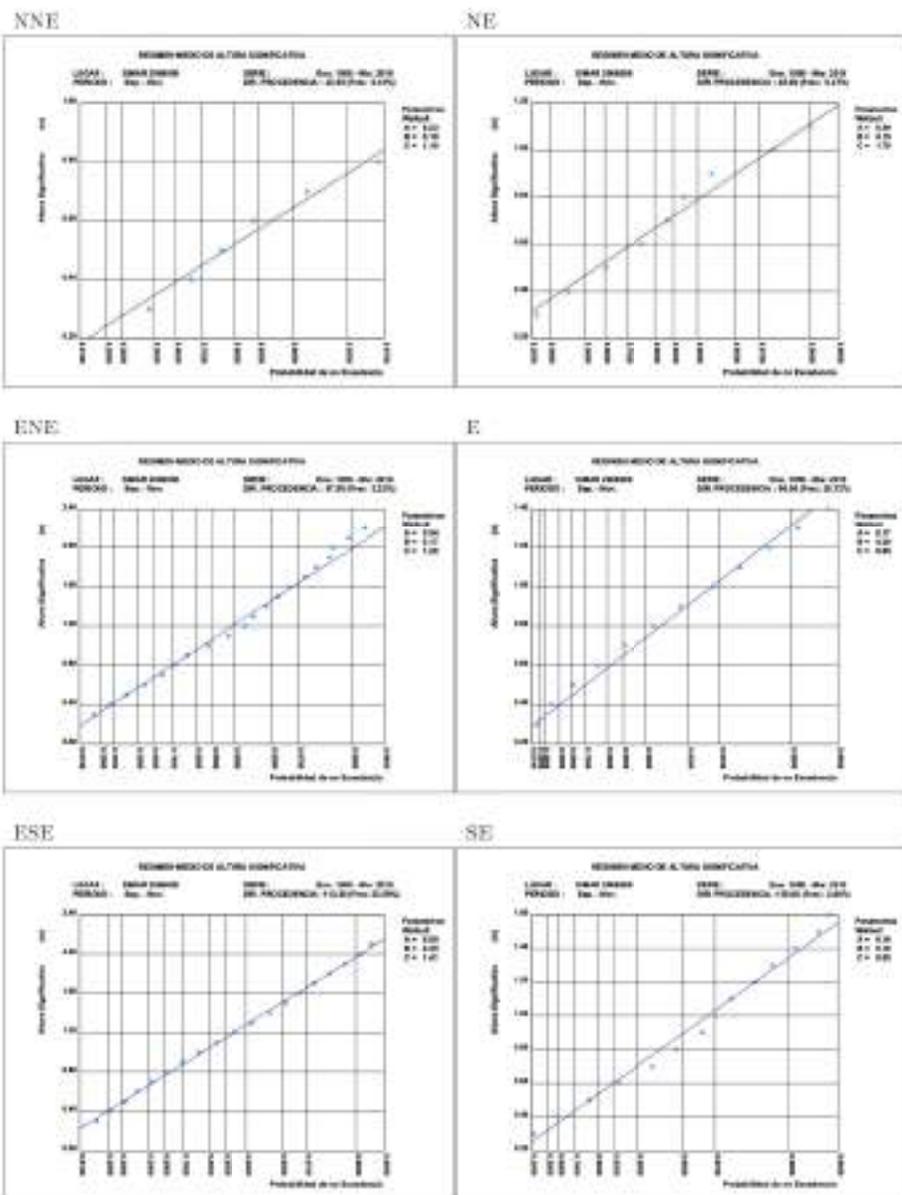
3.12. REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: JUN.-AGO.

REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: JUN.-AGO.

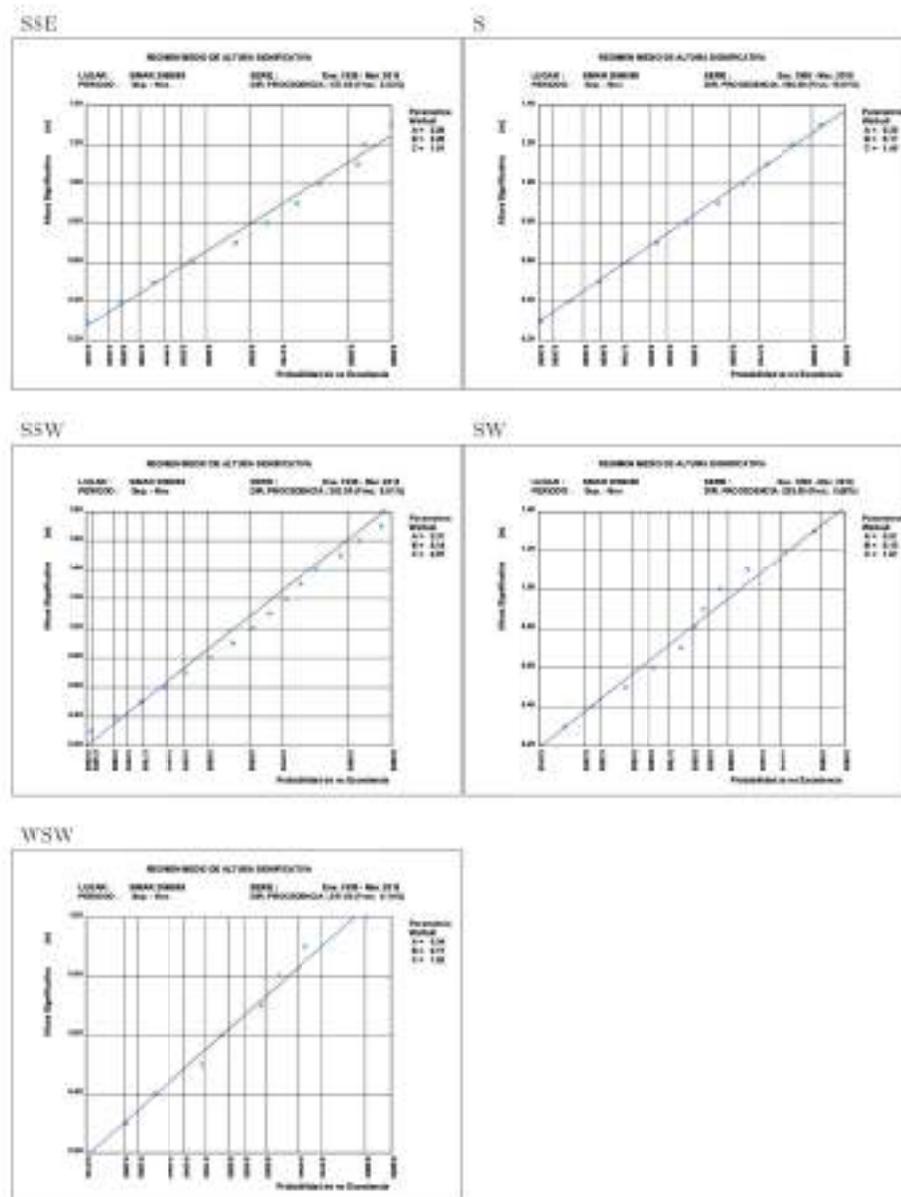
SSW



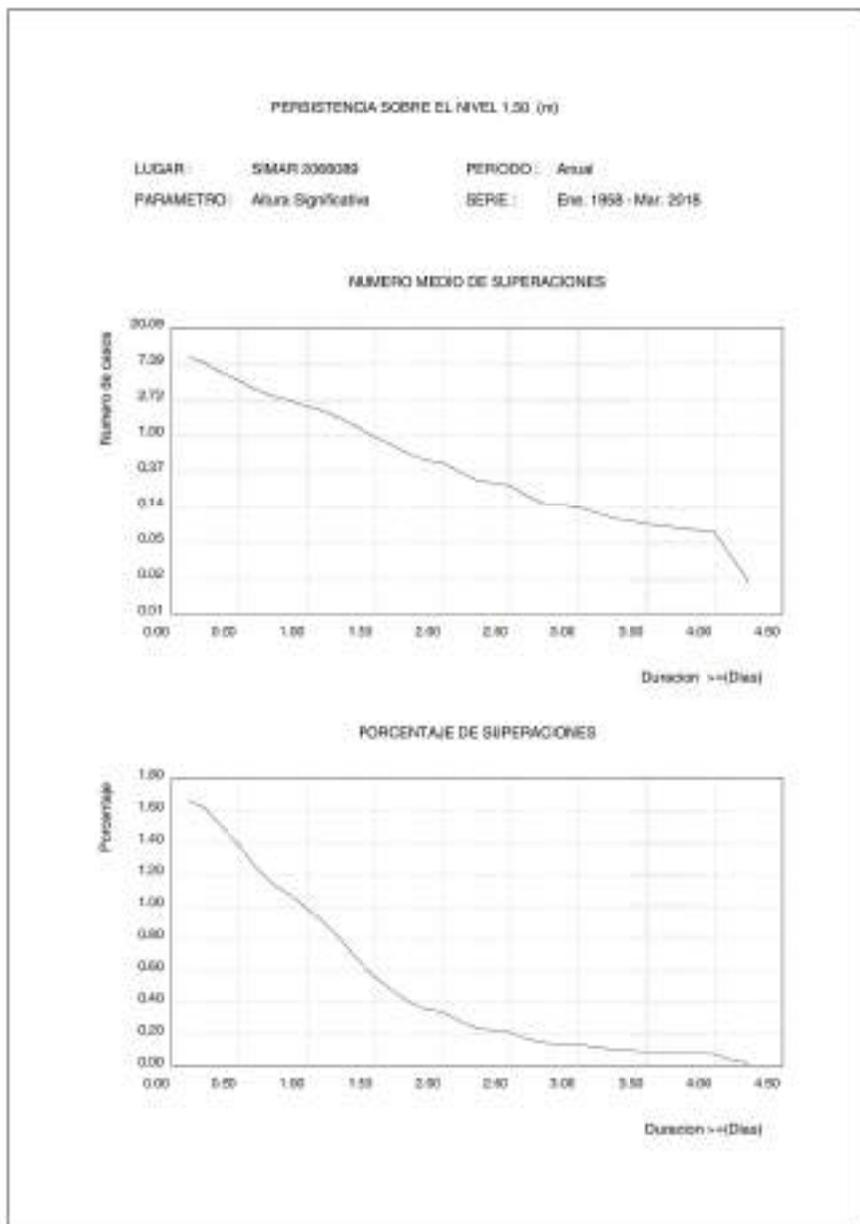
3.13. REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: SET.-Nov.



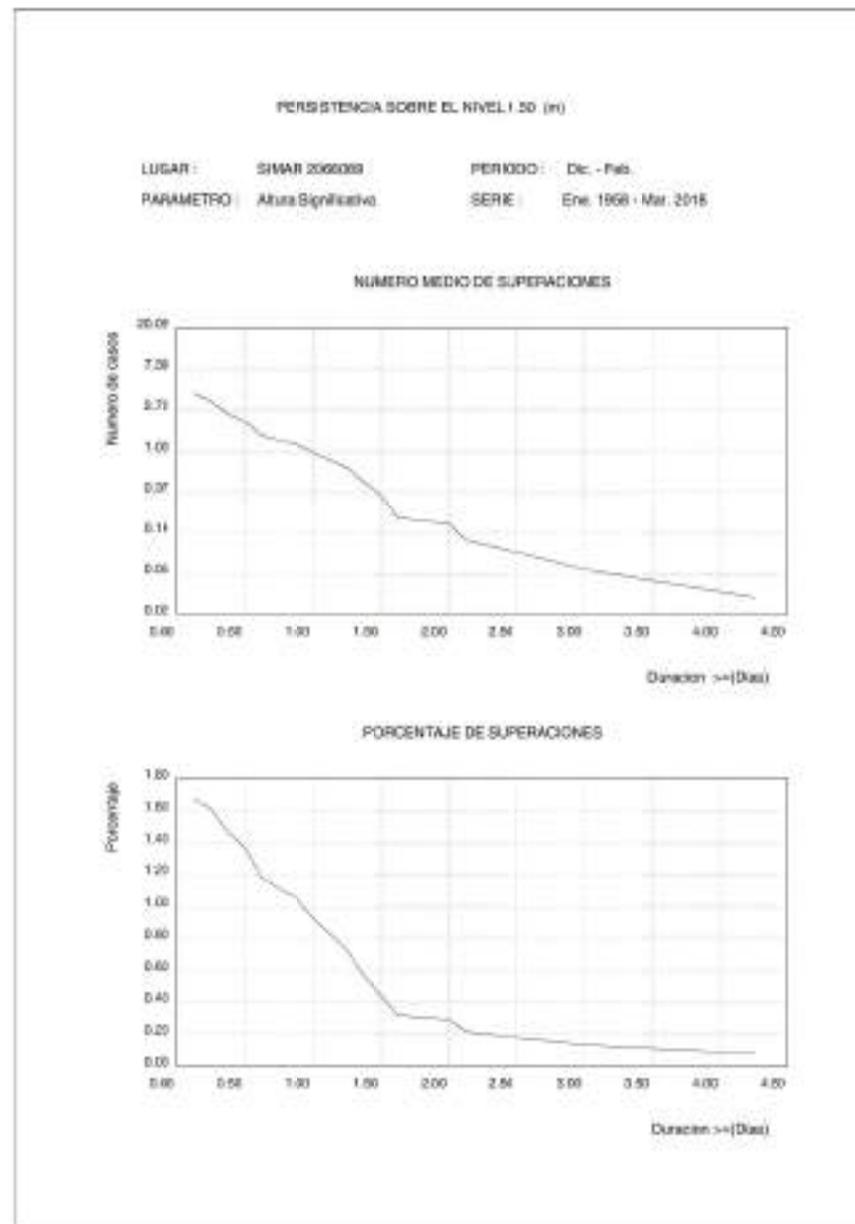
REGIMEN MEDIO DE HS POR DIRECCIONES ESTACIONAL: SET.-Nov.



3.14. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 1.5 (m) ANUAL



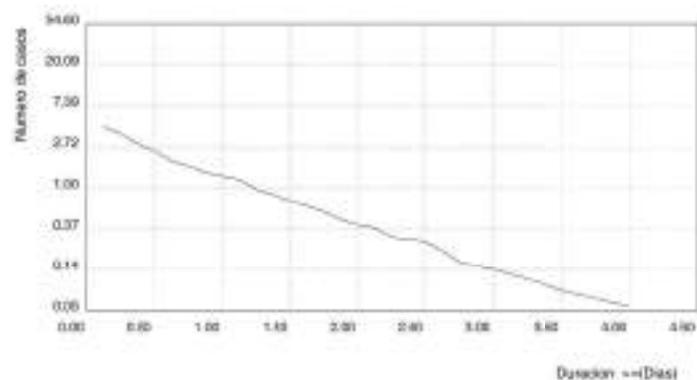
3.15. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 1.5 (m) ESTACIONAL



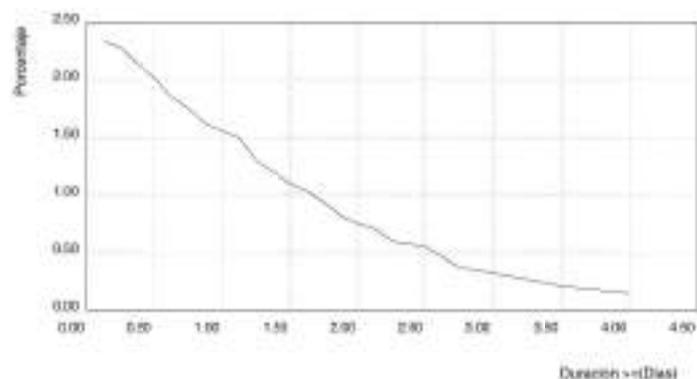
PERSISTENCIA SOBRE EL NIVEL 1.30 (m)

LUGAR: SIMAR 2066089 PERIODO: Mar. - May
 PARAMETRO: Altura Significativa SERIE: Ene. 1958 - Mar. 2018

NUMERO MEDIO DE SUPERACIONES



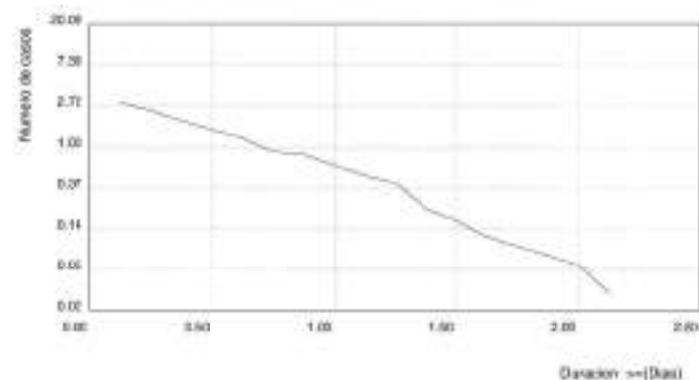
PORCENTAJE DE SUPERACIONES



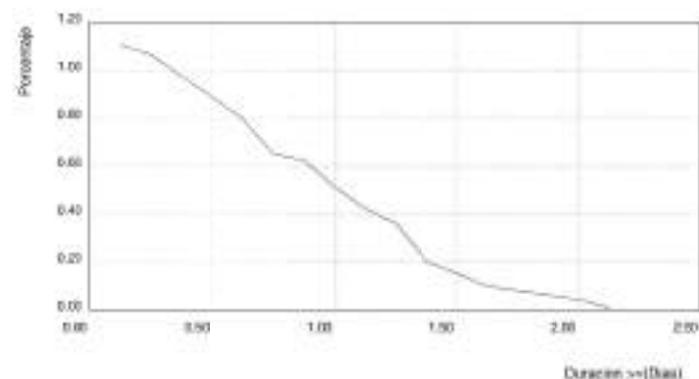
PERSISTENCIA SOBRE EL NIVEL 1.50 (m)

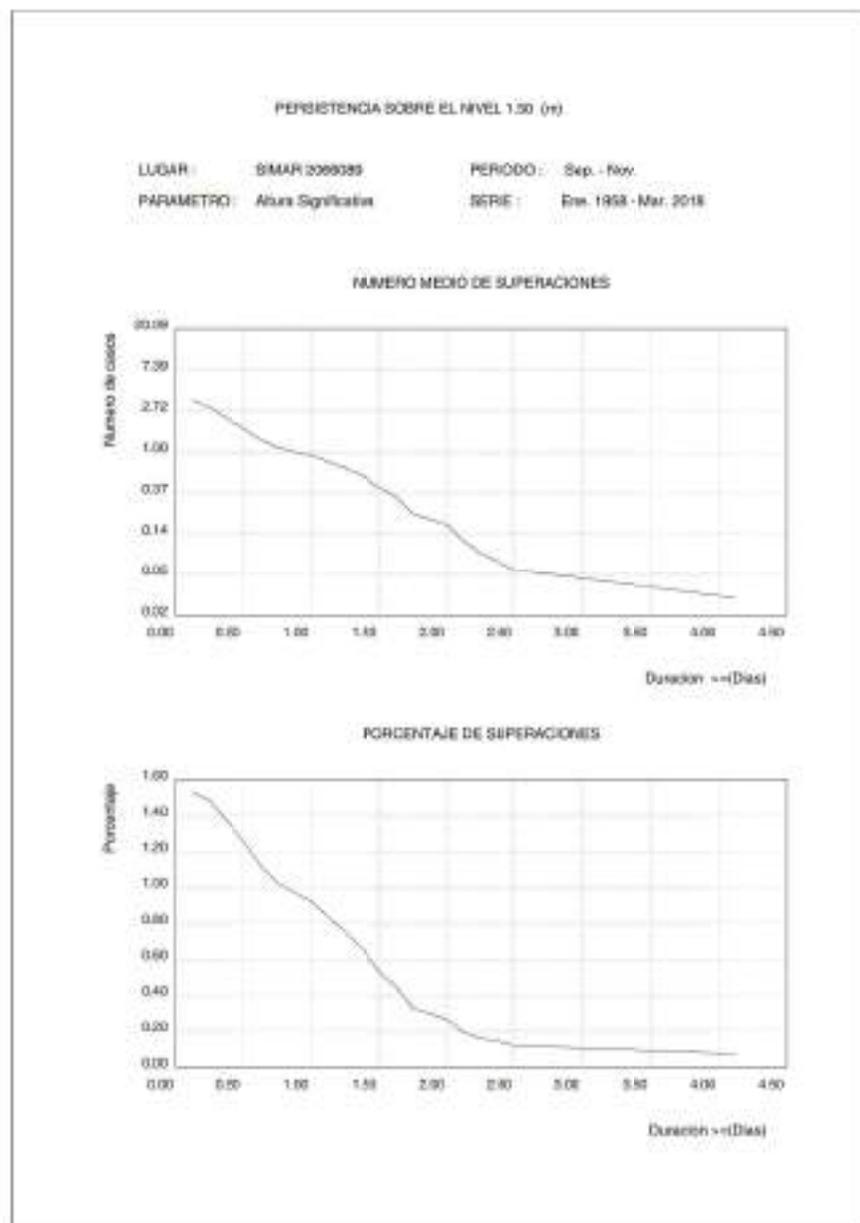
LUGAR: SIMAR 2066089 PERIODO: Jun. - Ago.
 PARAMETRO: Altura Significativa SERIE: Ene. 1958 - Mar. 2018

NUMERO MEDIO DE SUPERACIONES

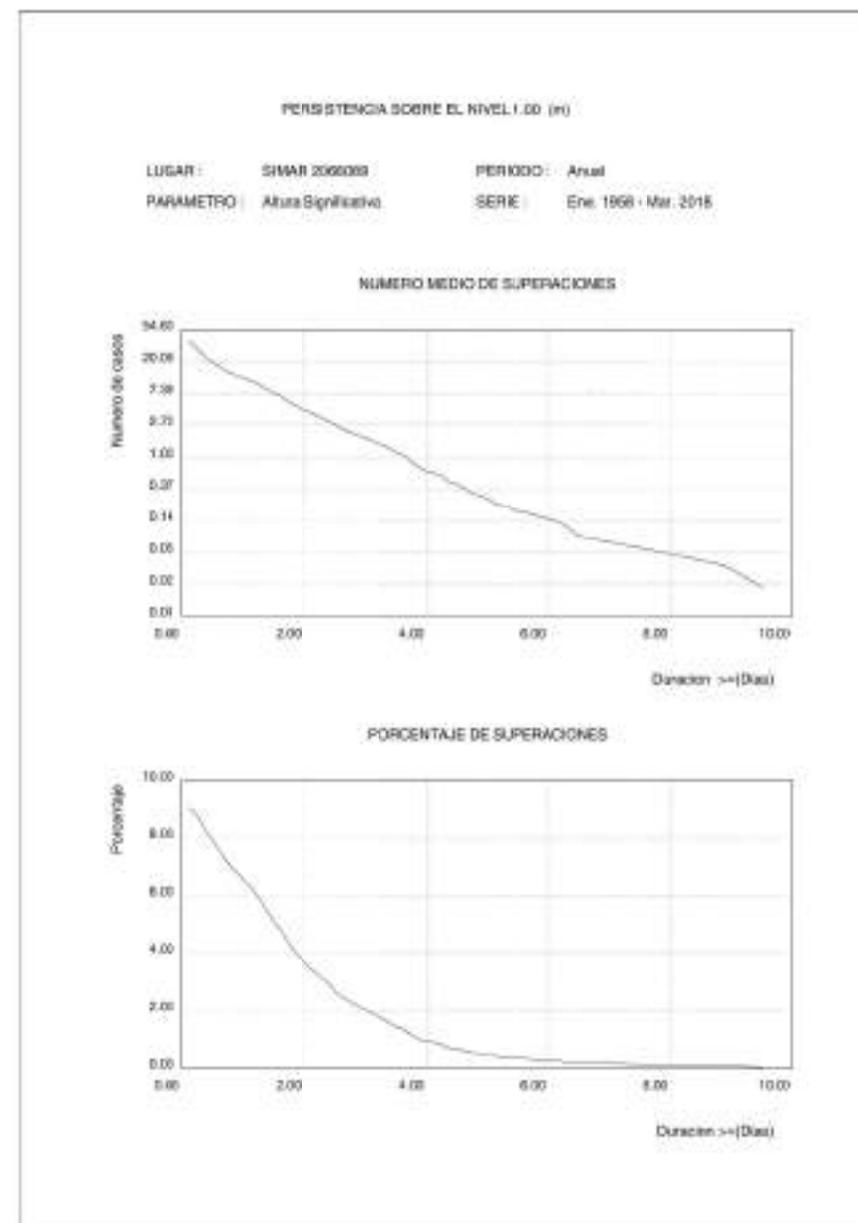


PORCENTAJE DE SUPERACIONES

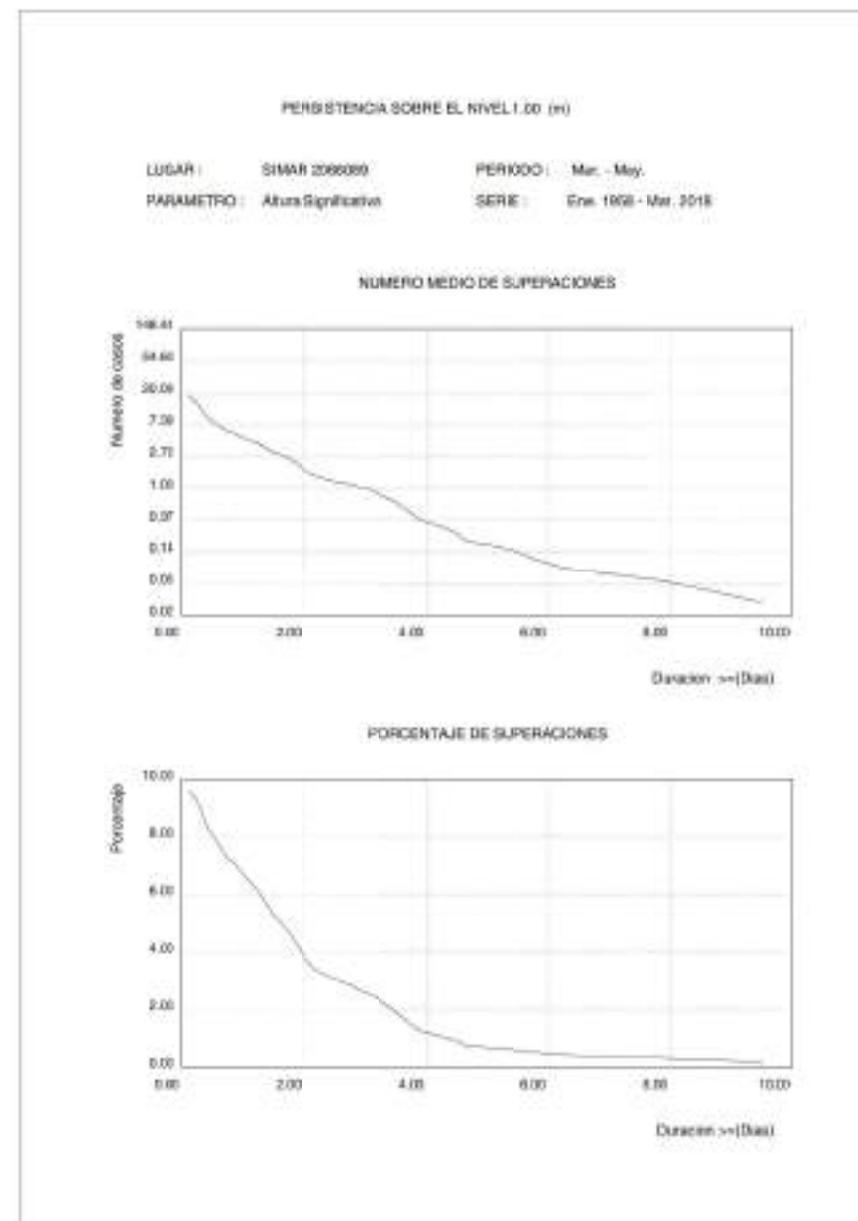
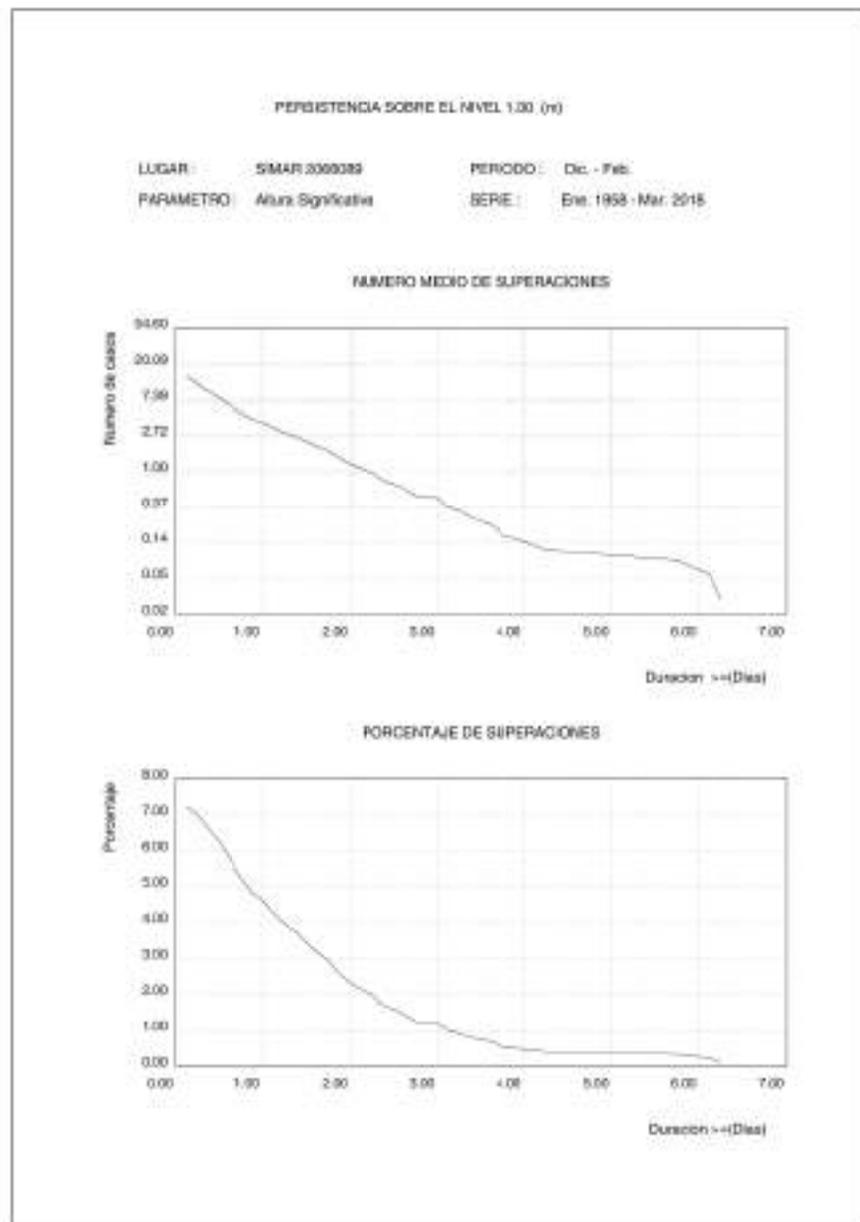


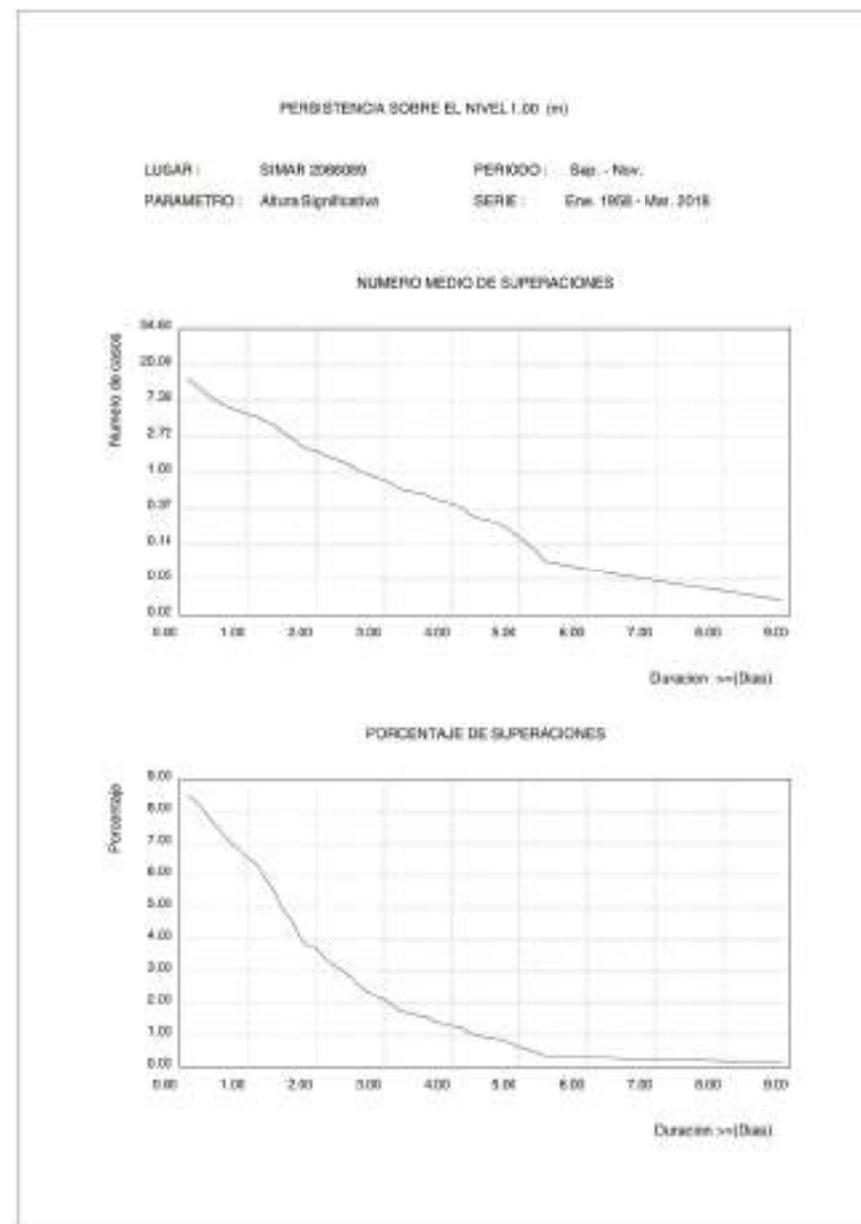
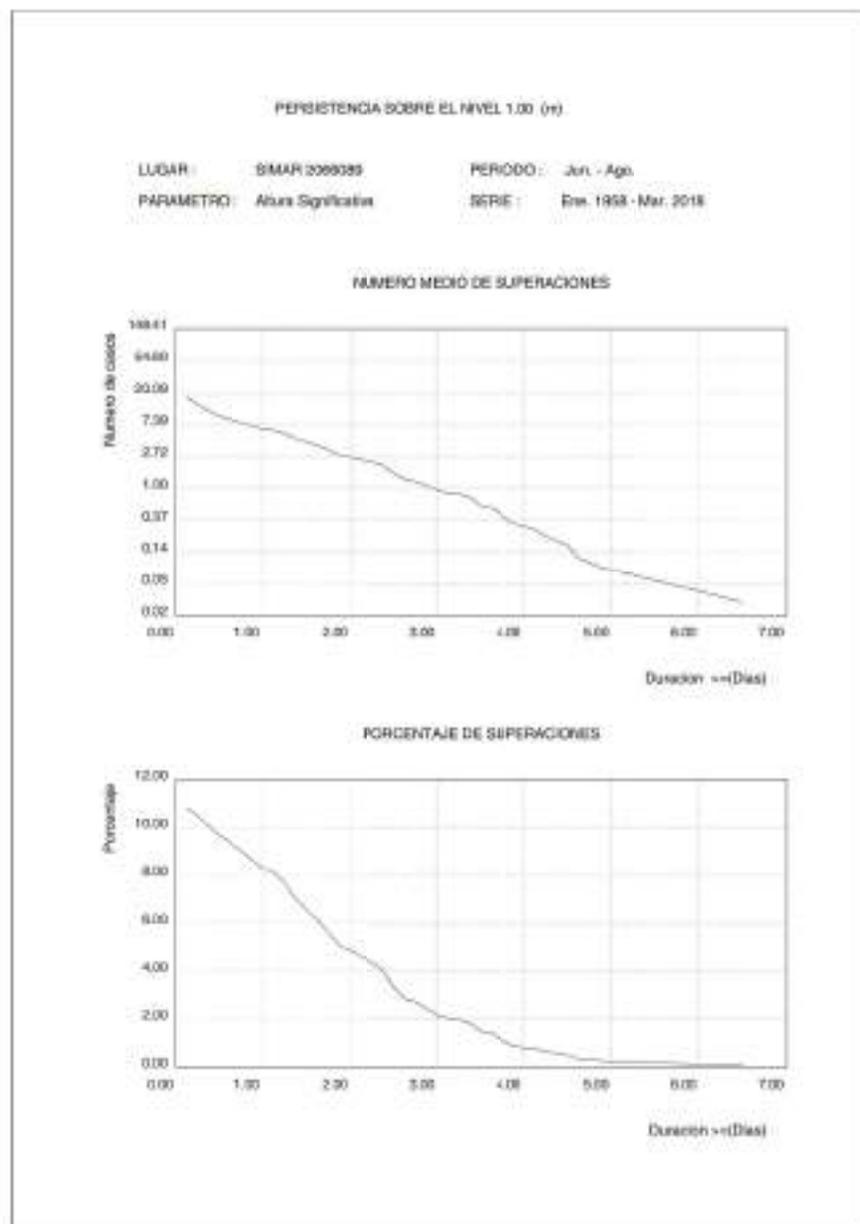


3.16. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 1.0 (m) ANUAL

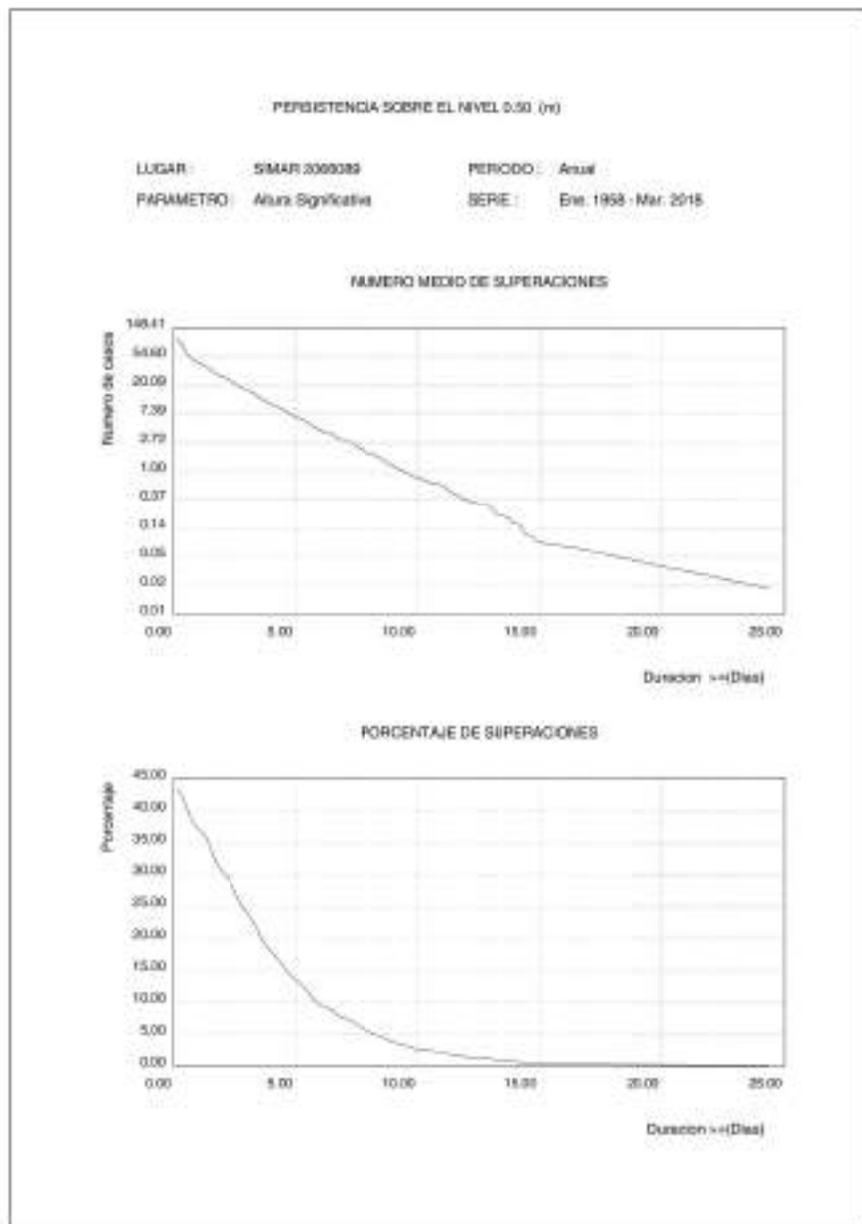


3.17. PERSISTENCIAS DE HS SOBRE 1,0 (M) ESTACIONAL

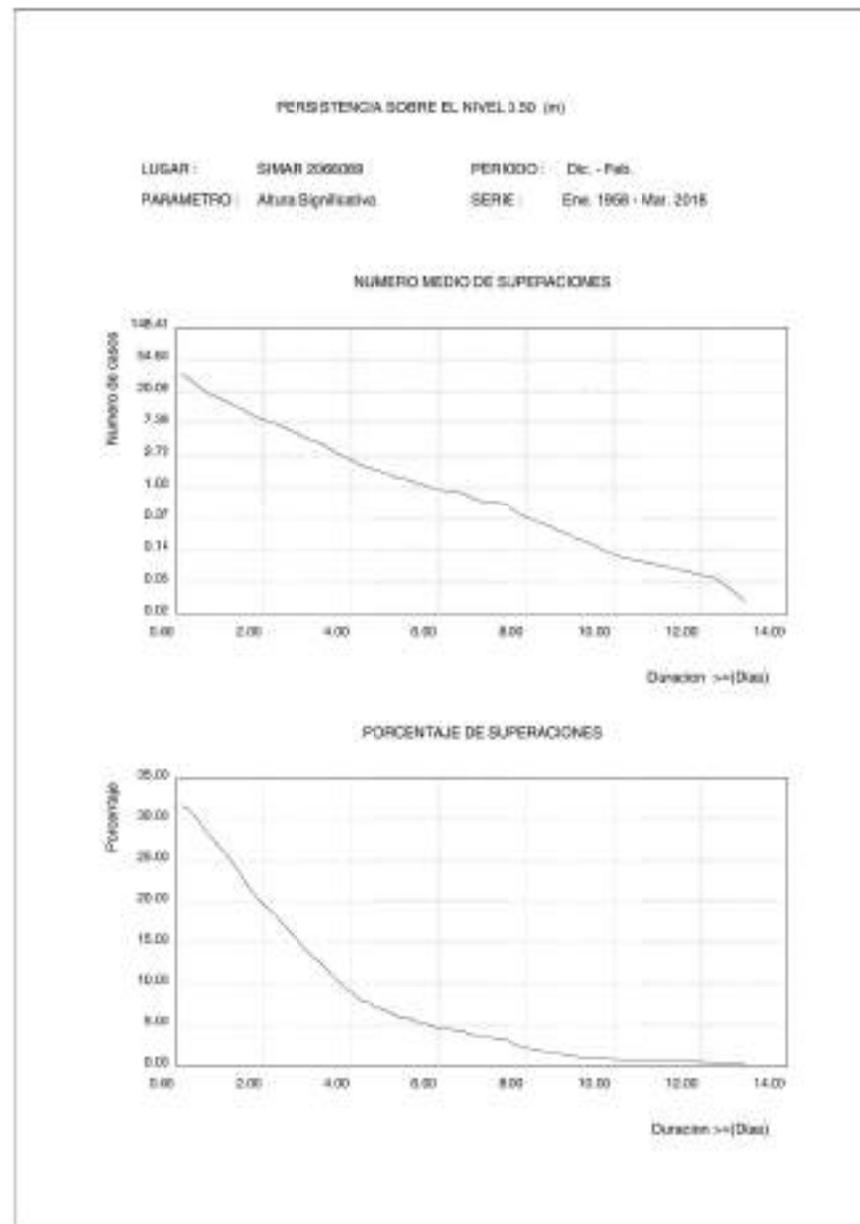




3.18. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 0.5 (m) ANUAL



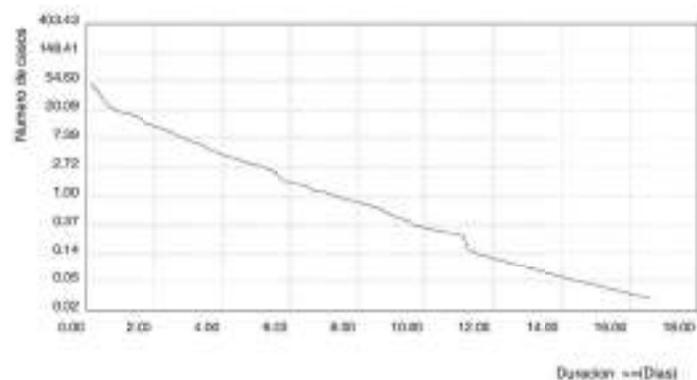
3.19. PERSISTENCIAS DE Hs SOBRE 0.5 (m) ESTACIONAL



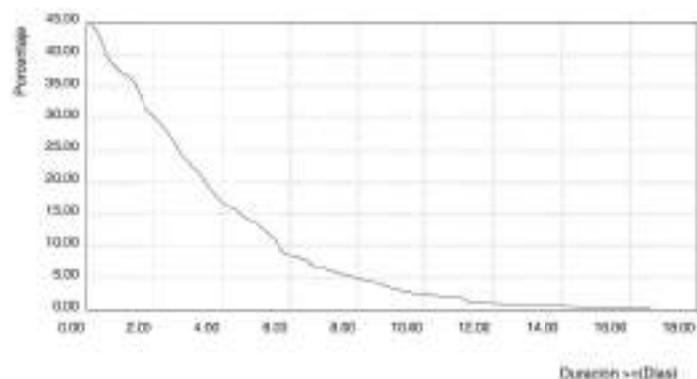
PERSISTENCIA SOBRE EL NIVEL 0.00 (m)

LUGAR: SIMAR 2066089 PERIODO: Mar. - May
 PARAMETRO: Altura Significativa SERIE: Ene. 1958 - Mar. 2018

NUMERO MEDIO DE SUPERACIONES



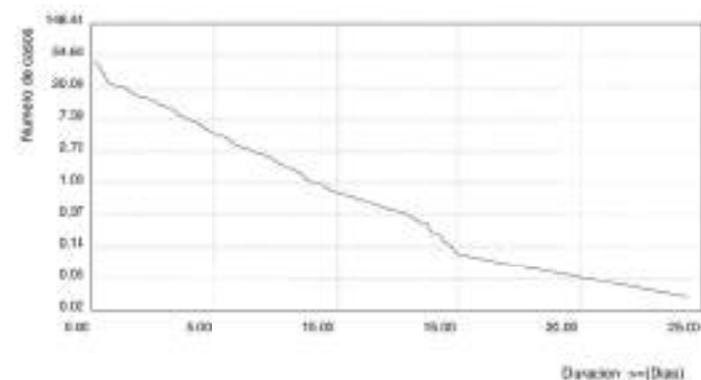
PORCENTAJE DE SUPERACIONES



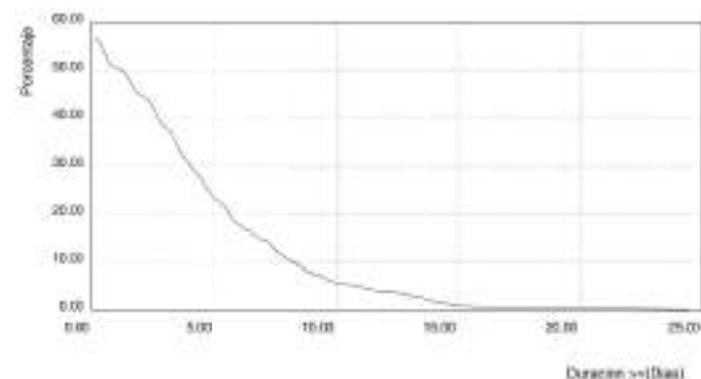
PERSISTENCIA SOBRE EL NIVEL 0.50 (m)

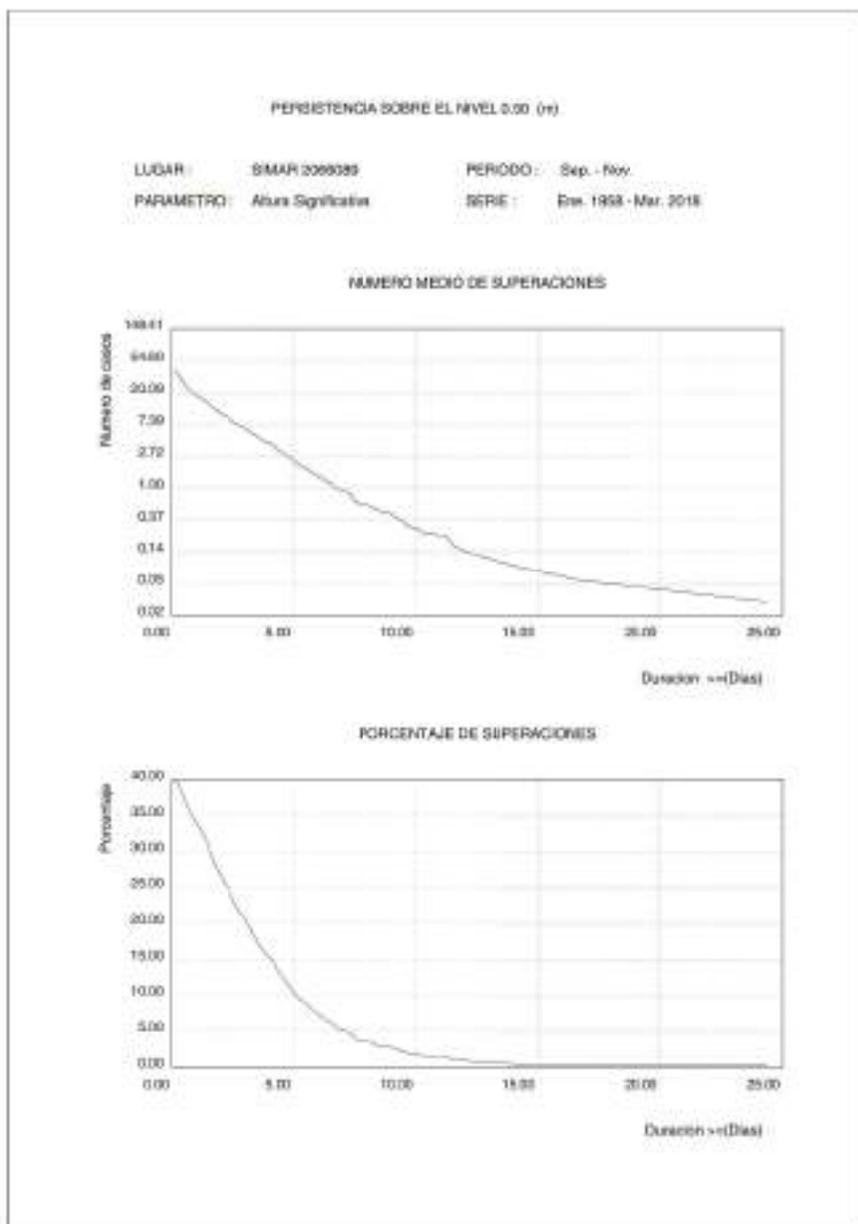
LUGAR: SIMAR 2066089 PERIODO: Jun. - Ago.
 PARAMETRO: Altura Significativa SERIE: Ene. 1958 - Mar. 2018

NUMERO MEDIO DE SUPERACIONES



PORCENTAJE DE SUPERACIONES

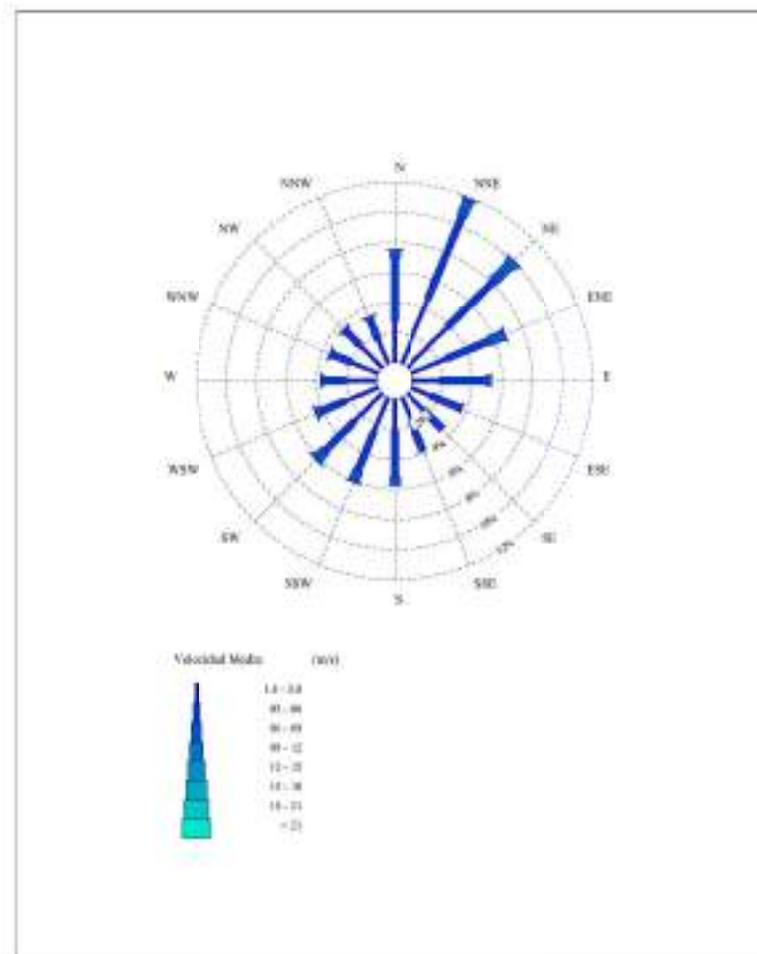




3.20. ROSAS DE VIENTO ANUAL

ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 2060089 PERIODO : Anual
 CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018
 INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0 PORCENTAJE DE CALMAS : 10.66%



3.21. ROSAS DE VIENTO ESTACIONAL

ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 206089

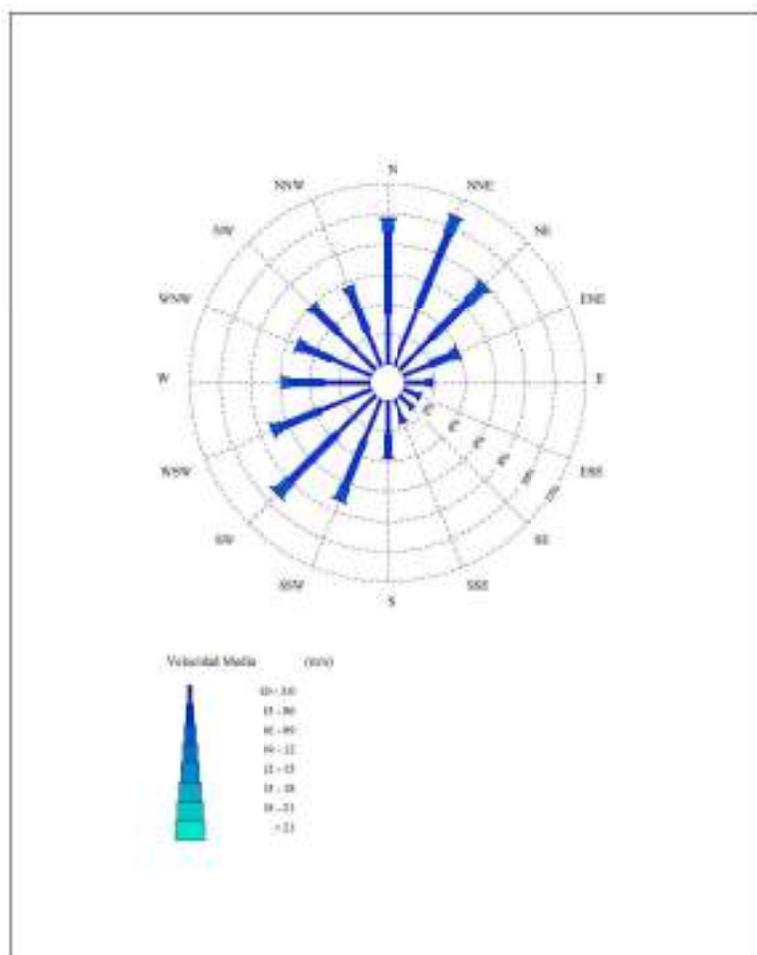
PERIODO : Dic. - Feb.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1955 - Mar. 2018

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PORCENTAJE DE CALMAS : 44.10%



ROSAS DE VIENTO ESTACIONAL

ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 206089

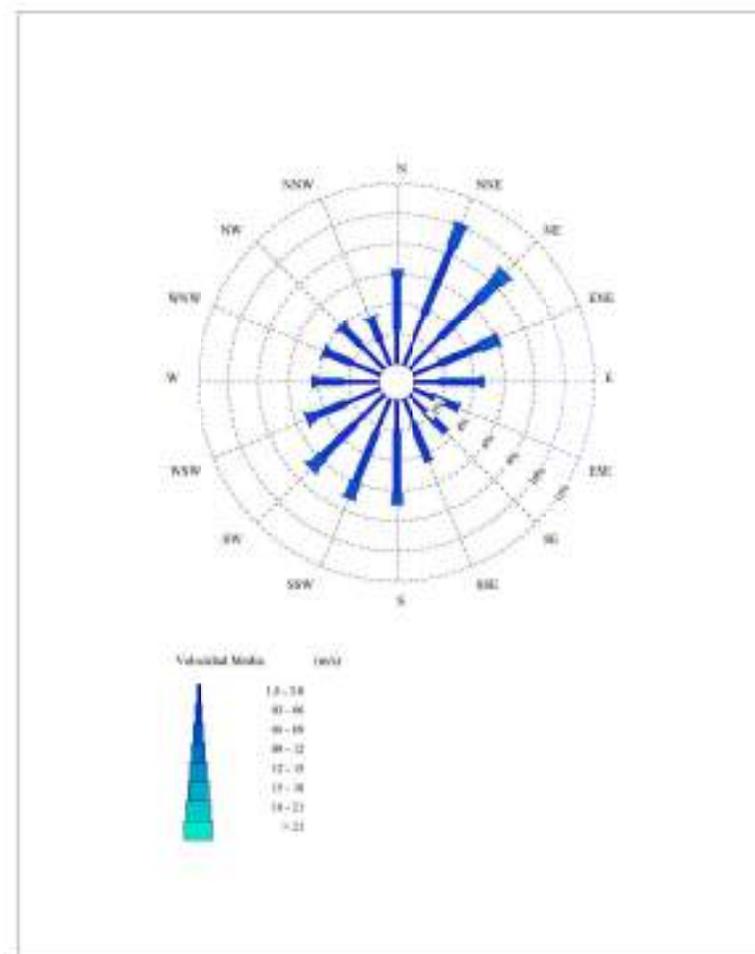
PERIODO : Mar. - May.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PORCENTAJE DE CALMAS : 9.85%



ROSAS DE VIENTO ESTACIONAL

ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 206089

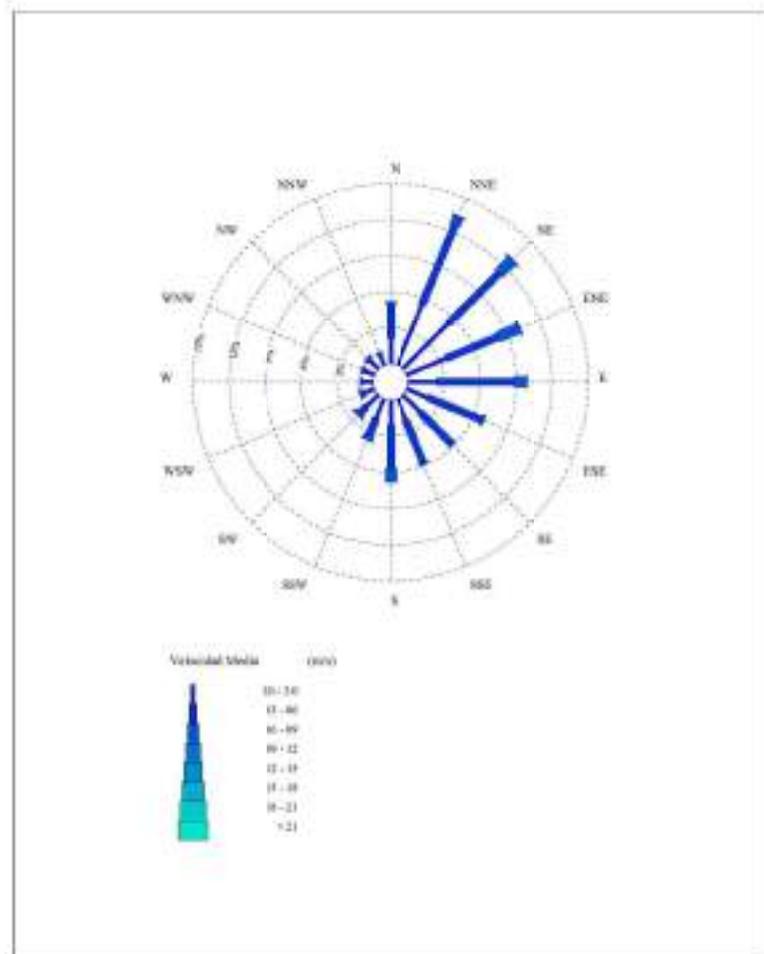
PERIODO : Jul - Ago

CRITERIO DE DIRECCIONES : Precedente

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PORCENTAJE DE CALMAS : 10.83%



ROSAS DE VIENTO ESTACIONAL

ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 206089

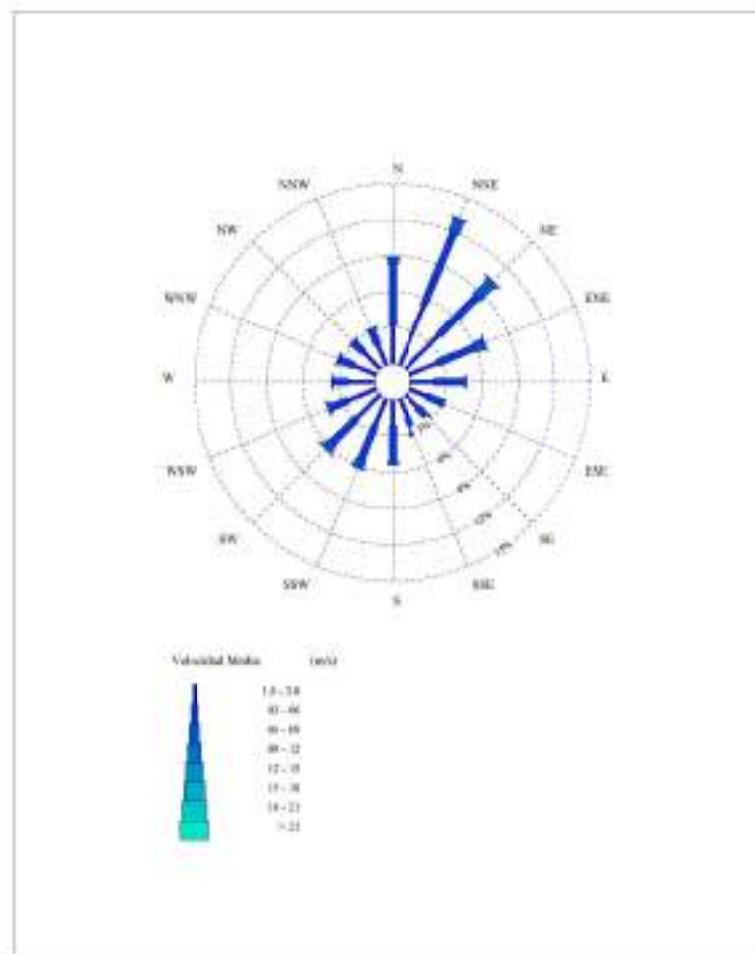
PERIODO : Sep - Nov

CRITERIO DE DIRECCIONES : Precedente

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PORCENTAJE DE CALMAS : 10.73%



3.22. TABLAS VMED - DIR. ANUAL

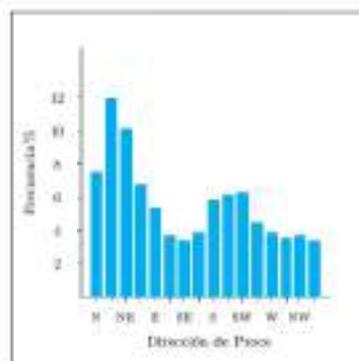
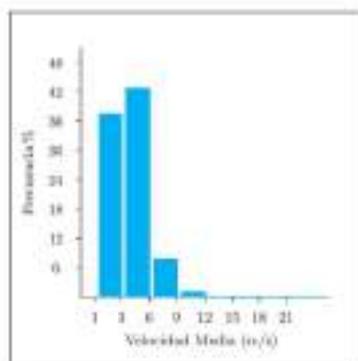
DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 206089

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedente

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

Tabla Velocidad Media (V_{med}) - Dirección de Precedente en %

Dirección	V _{med} (m/s)									Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	> 21.0	
CALMAS	10.497									10.497
N	0.0	2.715	4.287	.489	.000	.005	-	-	-	7.497
NNE	22.5	4.877	5.943	3.117	.131	.007	-	-	-	11.095
NE	45.0	3.801	4.374	1.066	.008	.007	.016	-	-	10.096
NNE	67.5	2.536	3.874	1.068	.112	.013	-	-	-	6.604
E	90.0	1.830	3.099	.482	.006	-	-	-	-	5.197
ESE	112.5	1.485	2.147	.071	-	-	-	-	-	3.693
SE	135.0	1.530	1.784	.030	-	-	-	-	-	3.344
SEE	157.5	1.677	2.148	.043	-	-	-	-	-	3.868
S	180.0	2.122	3.857	.380	-	-	-	-	-	6.360
SSW	202.5	2.381	2.666	.735	.007	.003	-	-	-	6.093
SW	225.0	2.824	2.718	.634	.172	.006	.009	-	-	6.127
SSW	247.5	2.340	1.744	.381	.073	.013	-	-	-	4.499
W	270.0	2.110	1.387	.386	.028	.003	-	-	-	3.733
WSW	292.5	1.939	1.289	.230	.040	.006	-	-	-	3.494
W	315.0	2.143	1.281	.154	.017	.005	-	-	-	3.420
WSW	337.5	1.735	1.488	.171	.019	.002	-	-	-	3.397
Total	10.497	37.710	42.838	7.767	1.008	.172	.079	-	-	106.9%

3.23. TABLAS VMED - DIR. ESTACIONAL

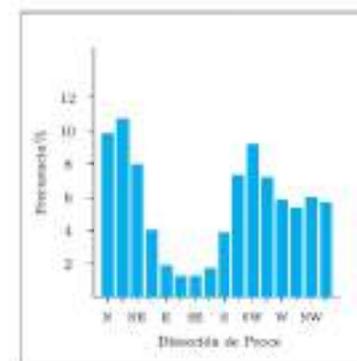
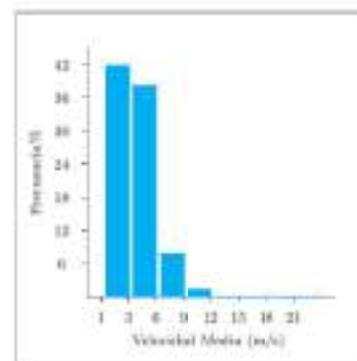
DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 206089

PERIODO : Dic. - Feb.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedente

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

Tabla Velocidad Media (V_{med}) - Dirección de Precedente en %

Dirección	V _{med} (m/s)									Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	> 21.0	
CALMAS	11.100									11.100
N	0.0	3.320	5.477	.797	.124	.090	-	-	-	9.754
NNE	22.5	4.220	5.209	1.105	.194	.052	-	-	-	10.781
NE	45.0	3.856	3.507	1.232	.080	.644	.014	-	-	7.960
NNE	67.5	1.901	1.436	.980	.124	.023	-	-	-	3.946
E	90.0	1.288	.388	.051	.080	-	-	-	-	1.845
ESE	112.5	1.040	.075	.009	-	-	-	-	-	1.324
SE	135.0	1.100	.031	-	-	-	-	-	-	1.201
SEE	157.5	1.420	.279	.002	-	-	-	-	-	1.699
S	180.0	2.239	1.939	.078	-	-	-	-	-	4.256
SSW	202.5	2.071	3.320	.888	.184	.097	-	-	-	7.200
SW	225.0	3.562	4.420	3.480	.212	.381	.023	-	-	11.261
SSW	247.5	3.008	2.938	.304	.129	.428	-	-	-	7.128
W	270.0	3.034	2.308	.453	.080	.065	-	-	-	5.879
WSW	292.5	2.002	1.901	.453	.089	.012	-	-	-	5.399
W	315.0	3.403	2.158	.318	.027	-	-	-	-	5.976
WSW	337.5	2.481	2.942	.369	.025	-	-	-	-	5.716
Total	11.100	41.601	38.009	7.614	1.335	.290	.093	-	-	100.0%

TABLAS VIENTO - DIEL. ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 206089

PERIODO : Mar. - May.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedente

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

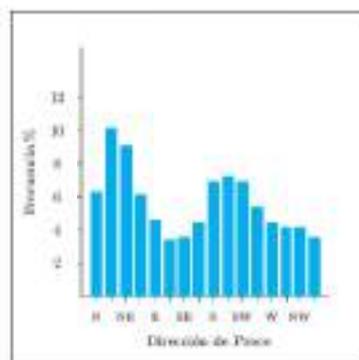
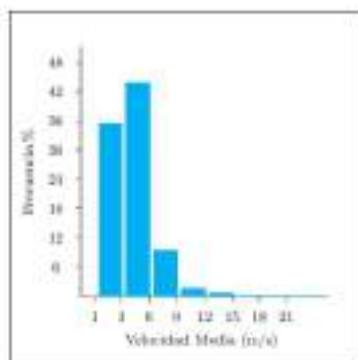


Tabla Velocidad Media (Ve) - Dirección de Precedente en %

Dirección	Ve (m/s)									Total
	≤ 1.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	> 23.0	
CALIBRA	0.979									0.129
N	0.0	2.270	3.525	.468	.002	-	-	-	-	6.125
NE	32.5	3.683	4.838	1.473	.140	.007	-	-	-	10.136
E	43.0	2.975	3.333	1.858	.288	.143	.008	-	-	5.689
SE	67.5	1.964	2.899	1.231	.079	.007	-	-	-	6.186
S	90.0	1.430	2.753	.289	-	-	-	-	-	4.472
SO	112.5	1.322	1.933	.064	-	-	-	-	-	3.121
SE	135.0	1.187	1.968	.020	-	-	-	-	-	3.175
SS	157.5	1.885	2.738	.099	-	-	-	-	-	4.191
S	180.0	2.988	4.338	.729	.000	-	-	-	-	6.916
SW	202.5	2.333	3.873	1.143	.070	.002	-	-	-	7.131
SW	225.0	2.741	3.881	.842	.240	.072	-	-	-	6.919
WSW	247.5	2.486	2.253	.485	.086	.014	-	-	-	5.184
W	270.0	2.333	1.851	.289	.007	-	-	-	-	4.191
WNW	292.5	2.037	1.704	.235	.028	.011	-	-	-	4.075
W	315.0	2.270	1.548	.231	.018	.018	-	-	-	4.062
WNW	337.5	1.727	1.489	.187	.038	.005	-	-	-	3.158
Total	0.979	35.175	41.855	2.481	1.578	.288	.008	-	-	100%

TABLAS VIENTO - DIEL. ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 206089

PERIODO : Jun. - Ago.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedente

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

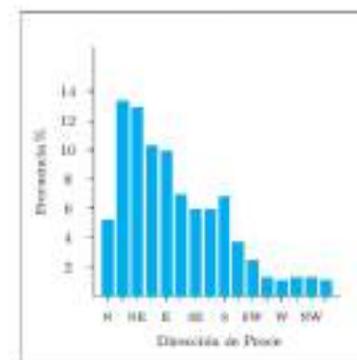
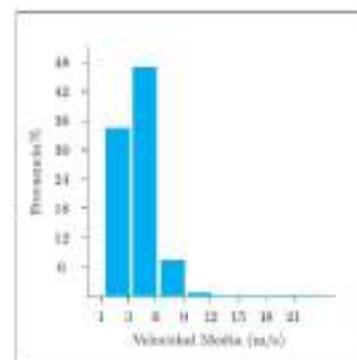


Tabla Velocidad Media (Ve) - Dirección de Precedente en %

Dirección	Ve (m/s)									Total
	≤ 1.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	> 23.0	
CALIBRA	10.625									10.625
N	0.0	2.108	2.991	.188	-	-	-	-	-	5.287
NE	23.5	5.415	7.282	.781	.060	-	-	-	-	13.438
E	43.0	5.205	5.880	1.342	.204	.390	-	-	-	12.917
SE	67.5	3.573	4.438	1.832	.139	-	-	-	-	10.203
S	90.0	2.233	3.501	1.054	.085	-	-	-	-	6.892
SO	112.5	1.890	4.447	.204	-	-	-	-	-	6.541
SE	135.0	2.024	3.709	.035	-	-	-	-	-	5.768
SS	157.5	1.935	3.891	.100	-	-	-	-	-	5.926
S	180.0	2.058	3.907	1.156	-	-	-	-	-	6.921
SW	202.5	1.783	1.808	.077	.088	-	-	-	-	3.694
SW	225.0	1.387	.759	.220	.079	.485	-	-	-	2.401
WSW	247.5	.838	.388	.038	.011	-	-	-	-	1.272
W	270.0	.838	.243	.011	-	-	-	-	-	1.092
WNW	292.5	.627	.300	.009	-	-	-	-	-	1.236
W	315.0	.961	.288	.011	-	-	-	-	-	1.260
WNW	337.5	.885	.220	-	-	-	-	-	-	1.105
Total	10.625	34.236	47.833	7.339	.586	.841	-	-	-	100%

TABLAS VMED - DIF. ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 2066089

PERIODO : Sep. - Nov.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedente

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Mar. 2018

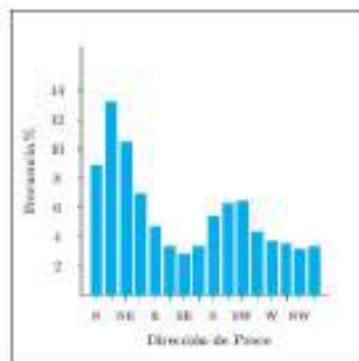
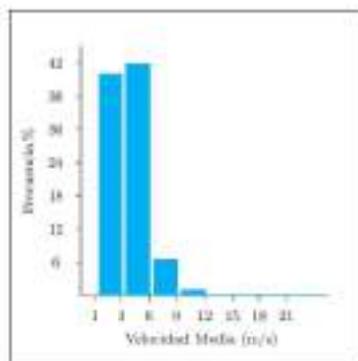
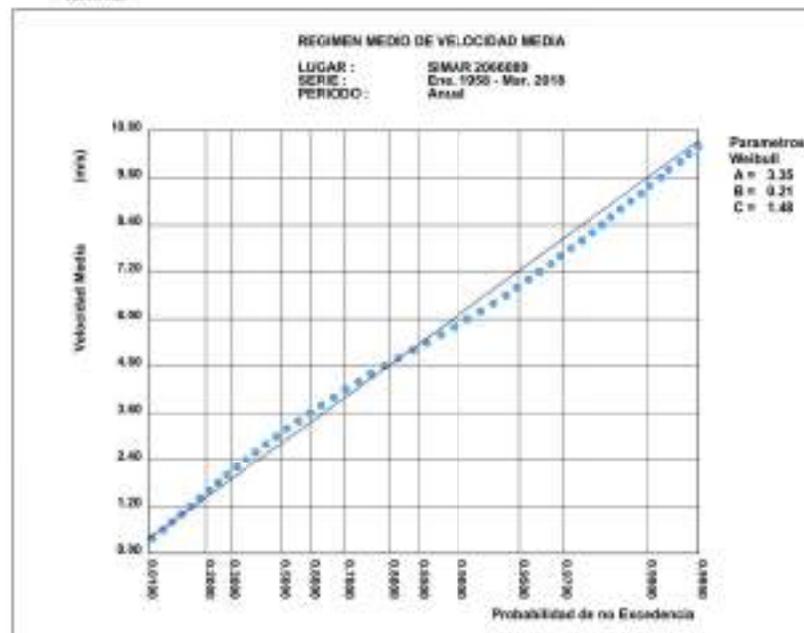


Tabla Velocidad Media (Vm) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Vm (m/s)								Total
	≤ 1.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	≥ 21.0	
CALIBRAJ	10.731								10.731
N	0.0	2.140	5.112	.541	.064	.006	-	-	8.867
NEE	32.5	5.184	6.557	1.167	.137	.023	-	-	13.105
ENE	43.0	3.898	4.431	1.080	.200	.013	.018	-	10.178
ENE	67.5	2.420	3.398	.787	.087	.024	-	-	6.452
E	90.0	1.982	2.558	.189	.008	-	-	-	4.740
ESE	112.5	1.494	1.601	.014	-	-	-	-	3.109
ESE	135.0	1.528	1.231	.060	-	-	-	-	2.784
SEE	157.5	1.454	1.636	.011	-	-	-	-	3.101
E	180.0	3.226	2.946	.348	-	-	-	-	6.420
SEW	202.5	2.424	3.640	.080	.009	-	-	-	6.122
EW	225.0	2.828	2.745	.589	.156	.044	.014	-	6.495
SEW	247.5	2.520	1.671	.289	.076	.009	-	-	4.514
W	270.0	2.257	1.284	.084	.037	.008	-	-	3.585
WSW	292.5	2.014	1.251	.165	.027	-	-	-	3.462
W	315.0	1.976	1.241	.070	.014	-	-	-	3.305
WSW	337.5	1.840	1.306	.121	.014	-	-	-	3.280
Total	10.731	31.938	41.561	4.564	3.686	.147	.022	-	100%

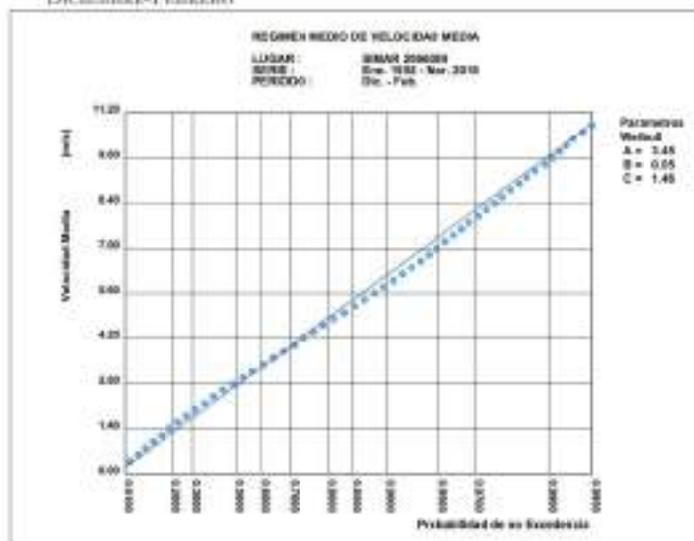
3.24. REGIMEN MEDIO DE VMED ANUAL

ANUAL

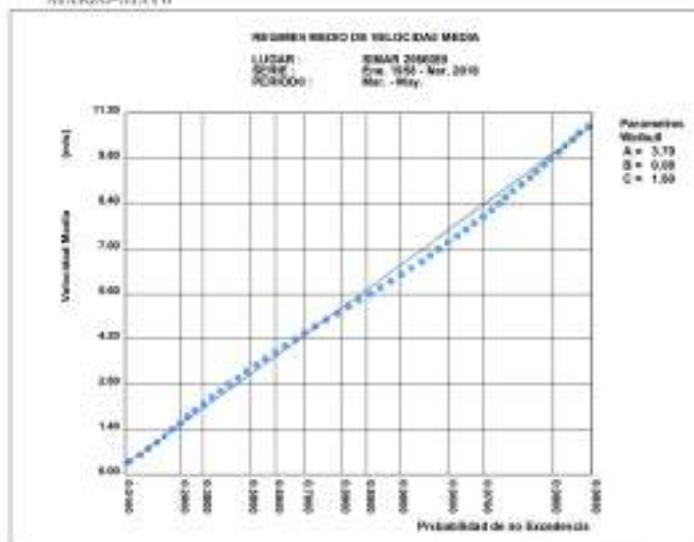


3.25. REGIMEN MEDIO DE VMED ESTACIONAL

DICIEMBRE-FEBRERO

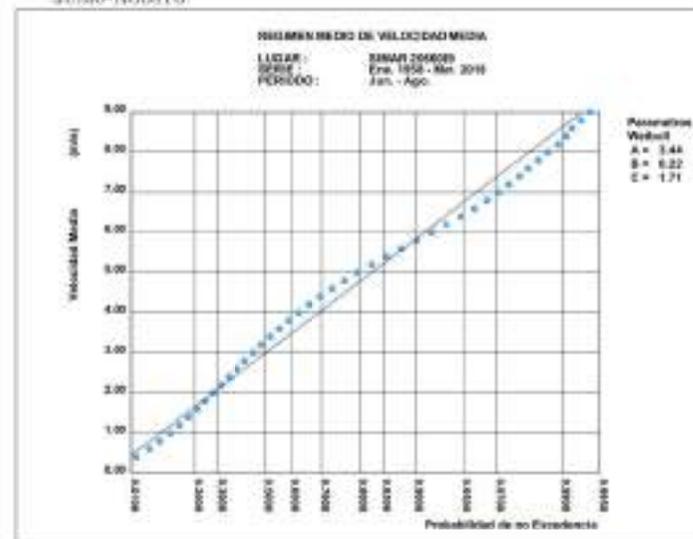


MARZO-MAYO

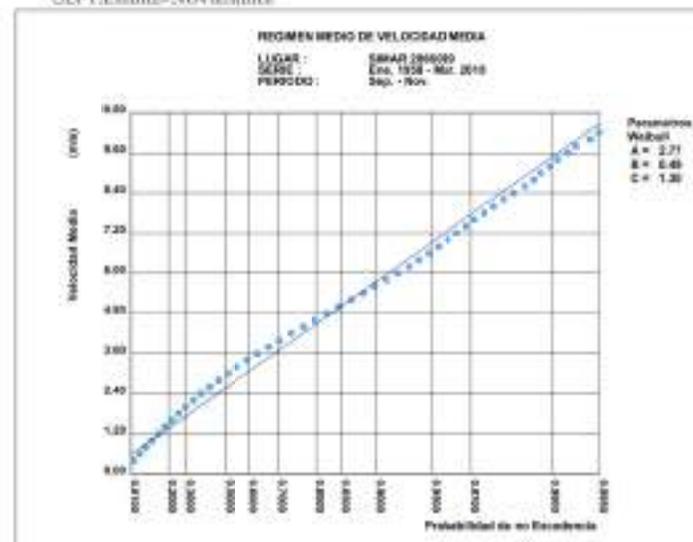


REGIMEN MEDIO DE VMED ESTACIONAL

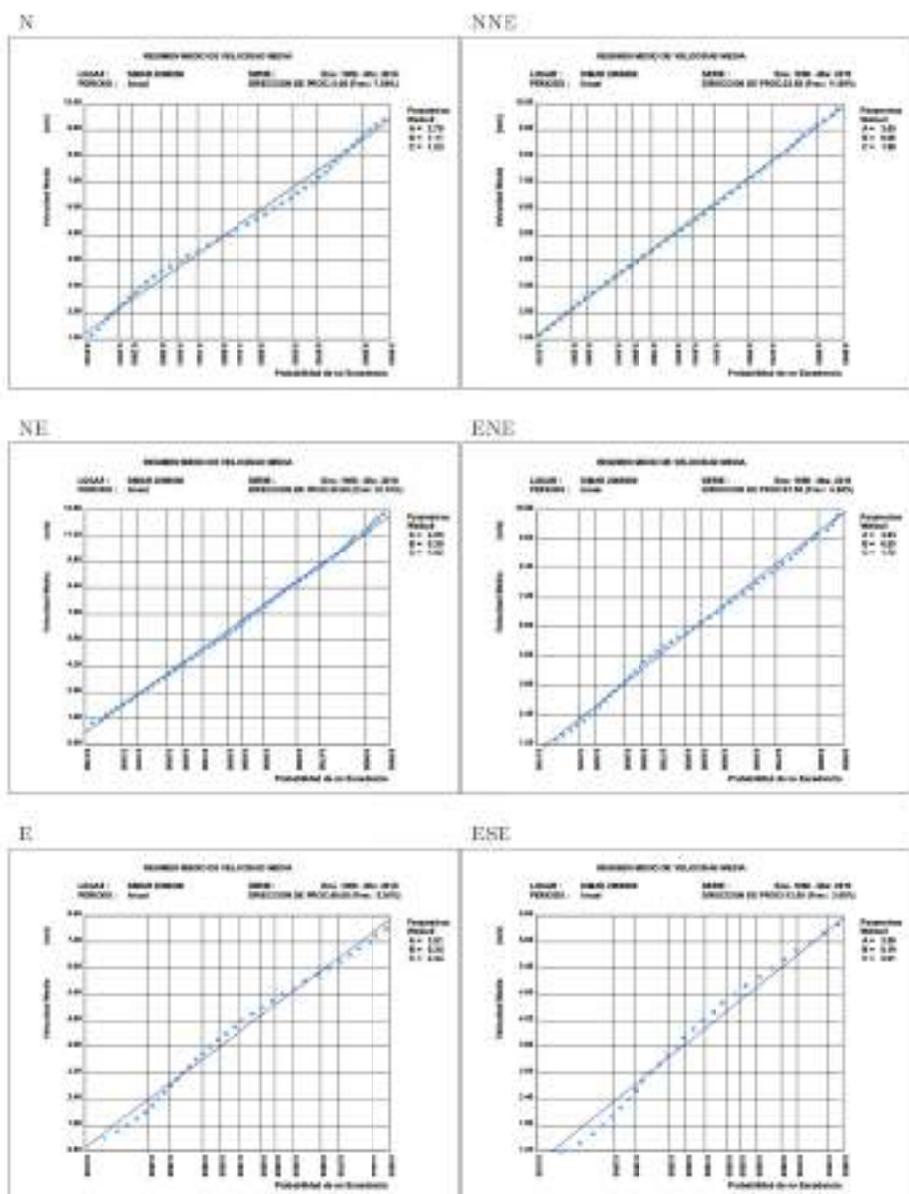
JUNIO-AGOSTO



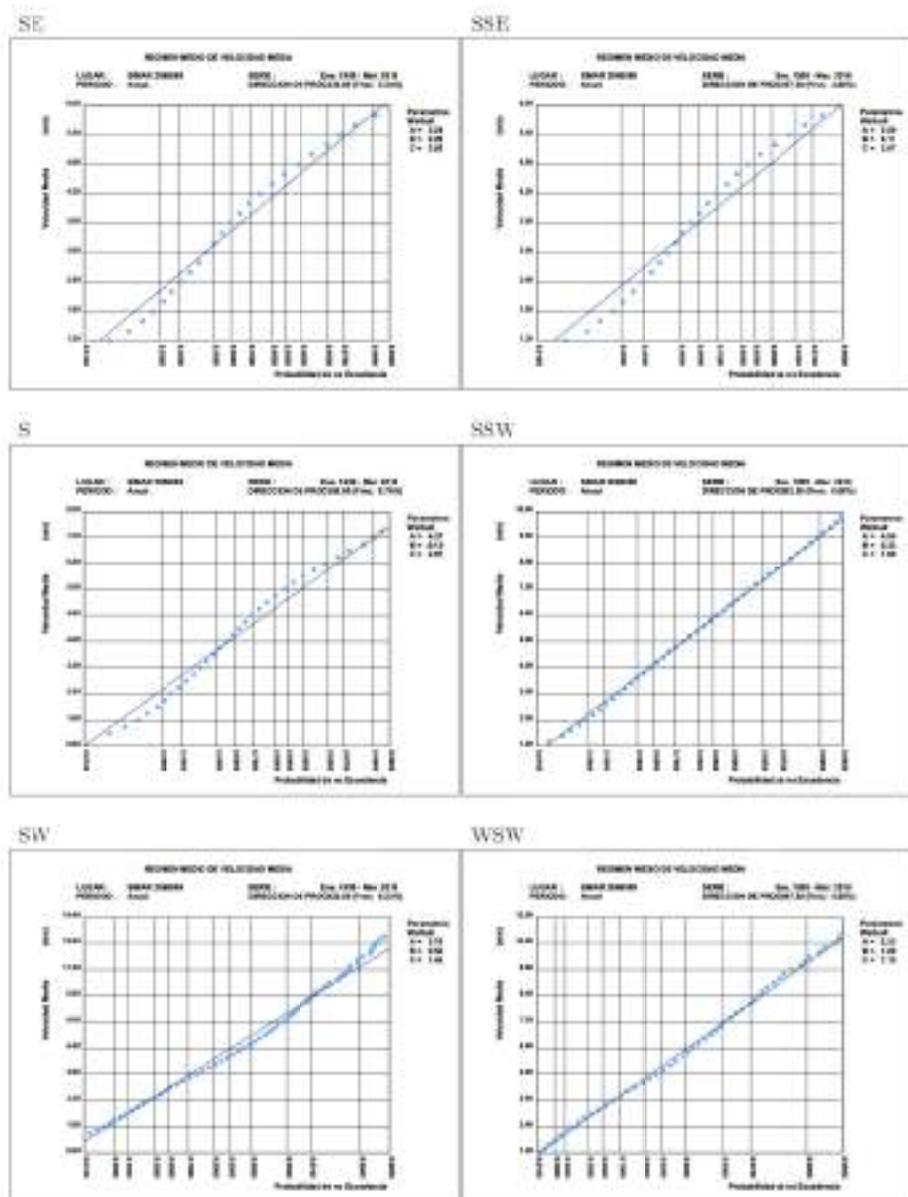
SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE



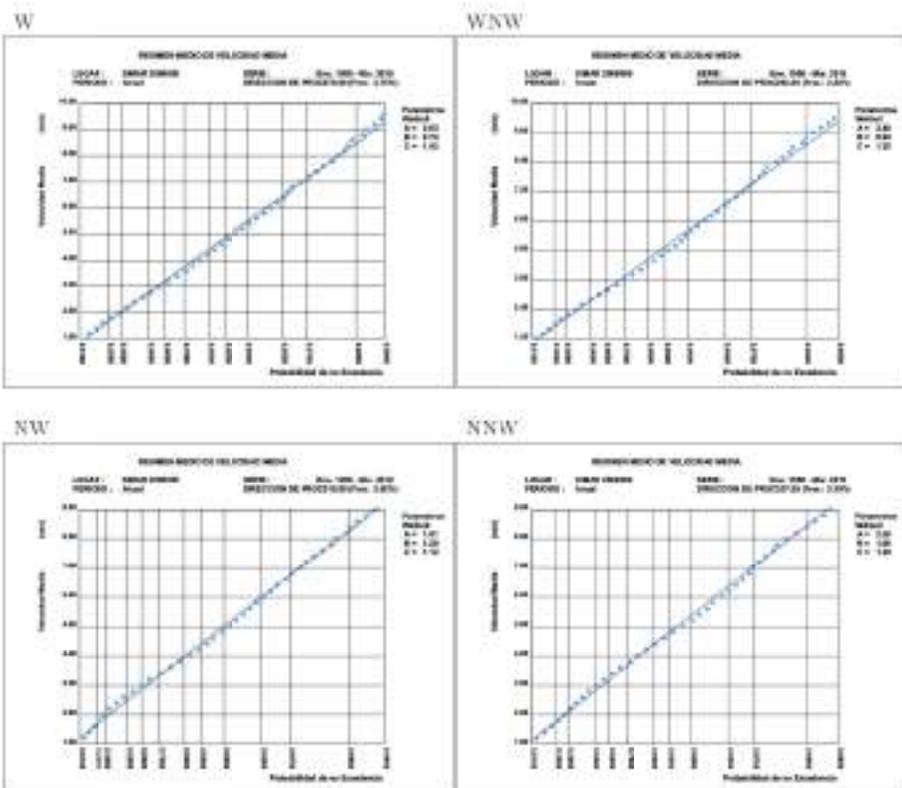
3.26. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ANUAL



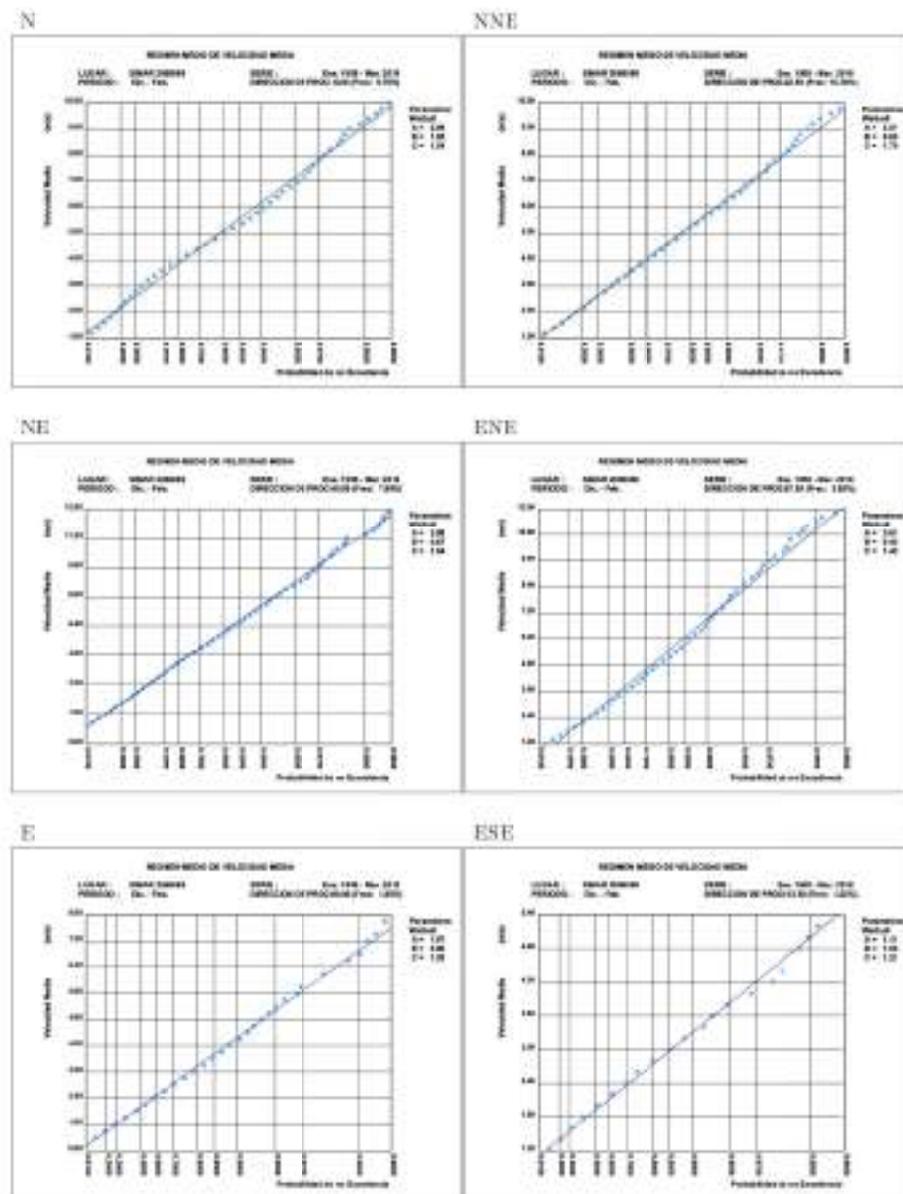
REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ANUAL



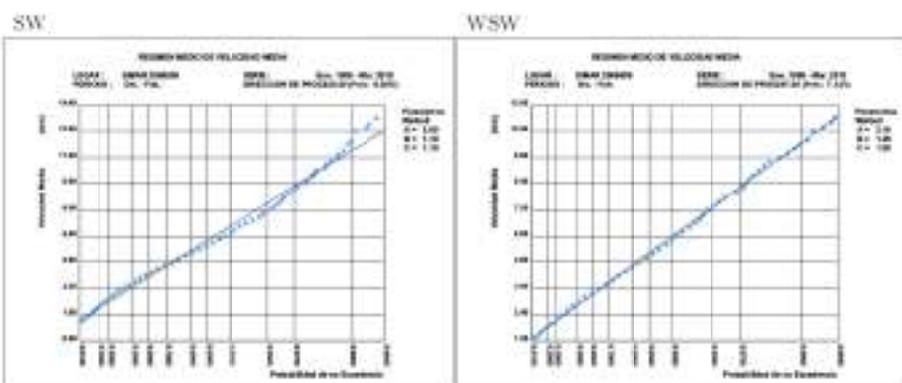
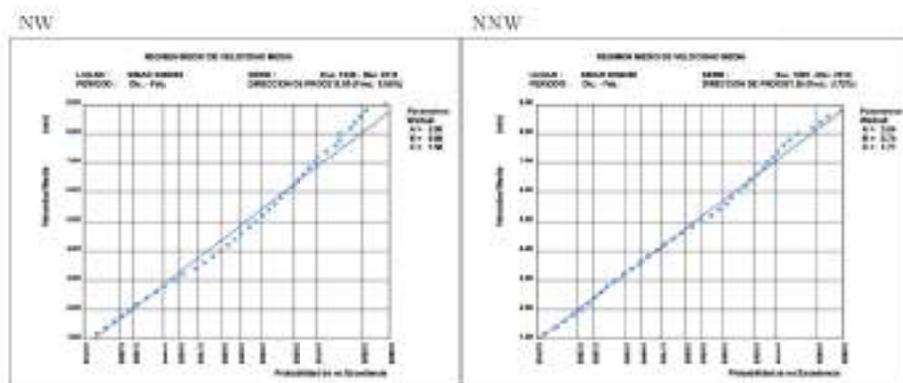
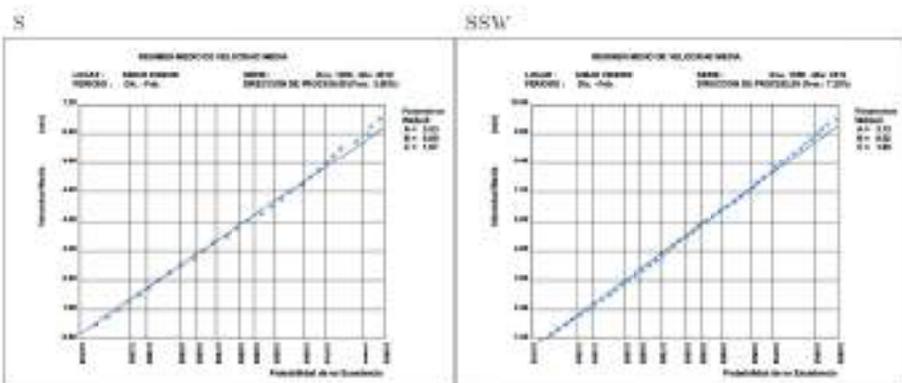
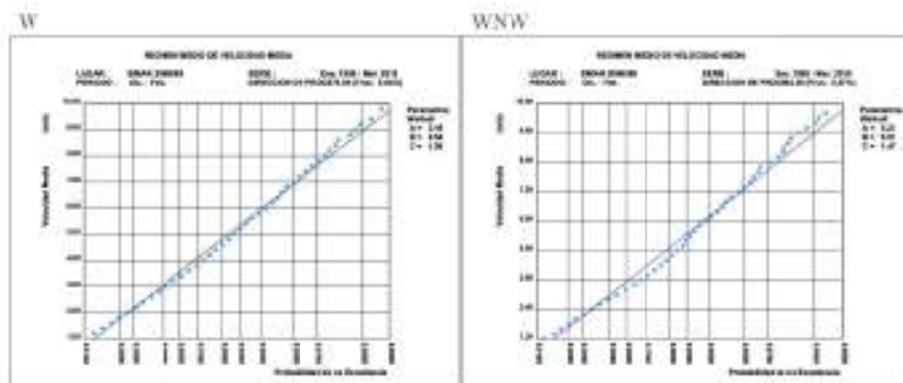
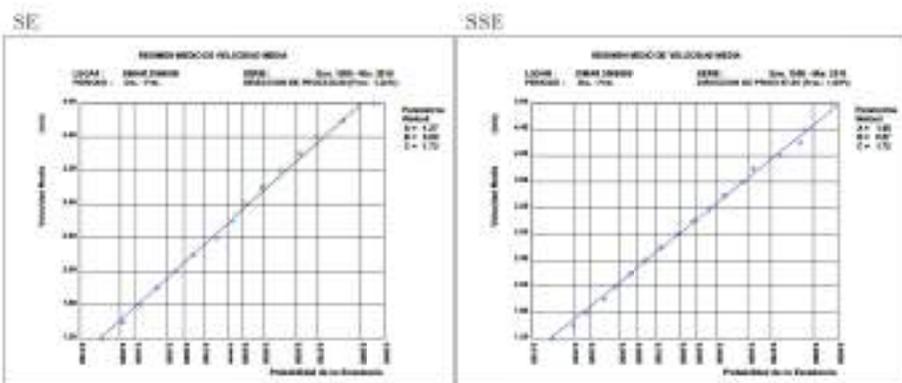
REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ANUAL



3.27. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: Dic.-Ene.

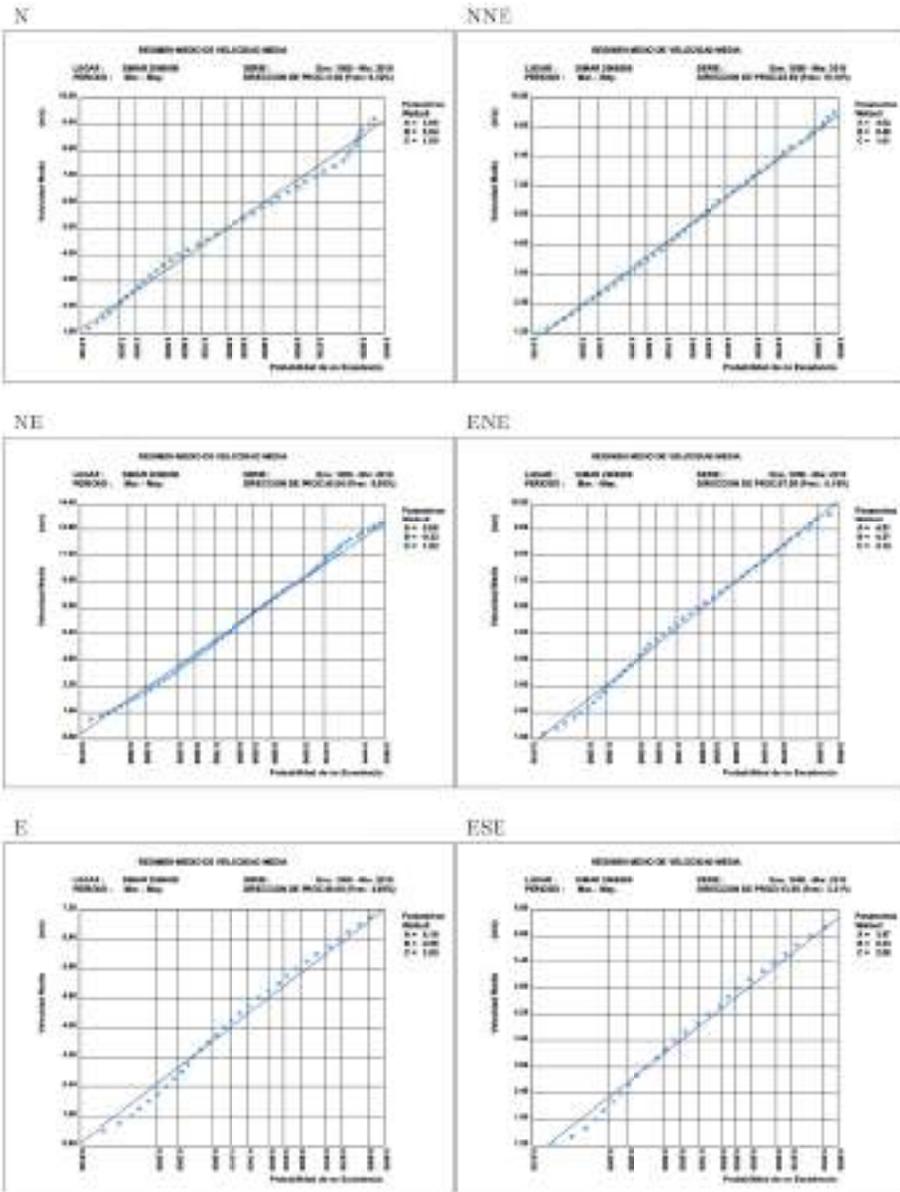


REGIMEN MEDIO DE VMEI POR DIRECCIONES ESTACIONAL: DIC.-FEB.

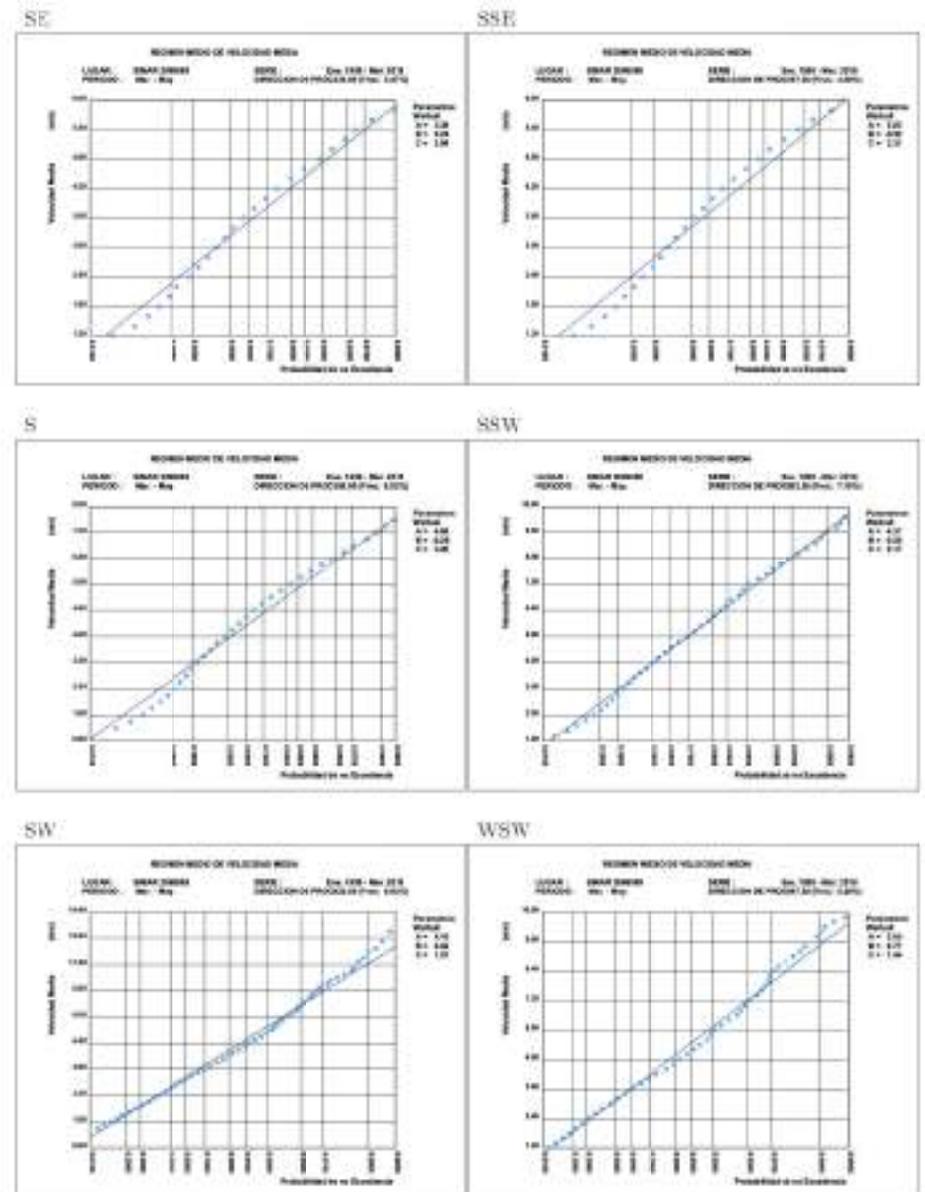


REGIMEN MEDIO DE VMEI POR DIRECCIONES ESTACIONAL: DIC.-FEB.

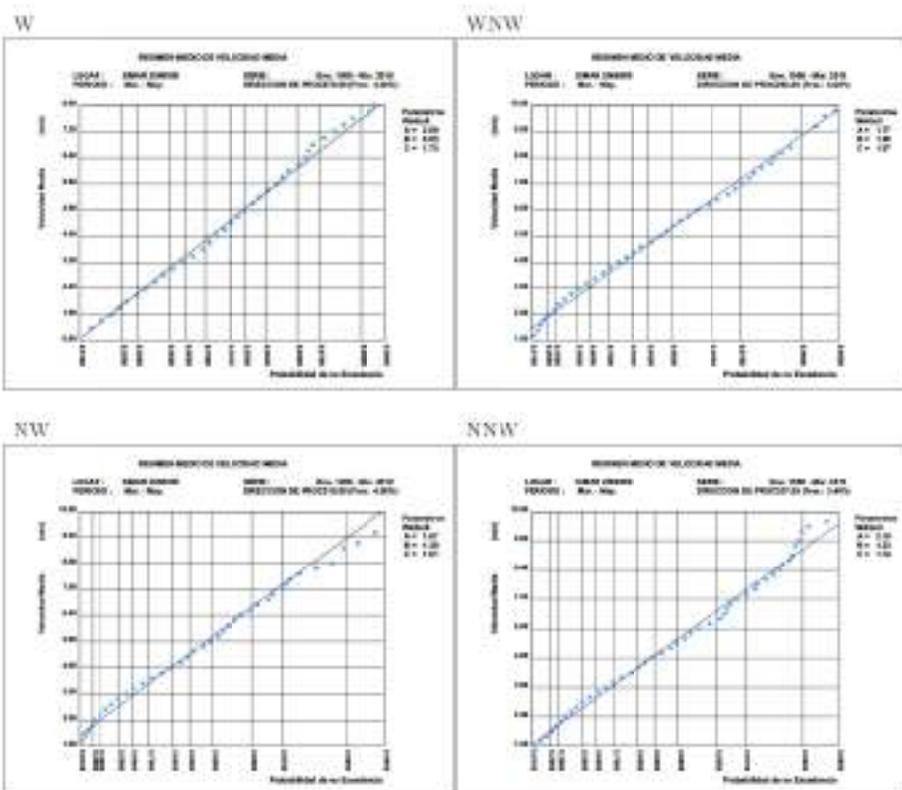
3.28. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: MAR.-MAY.



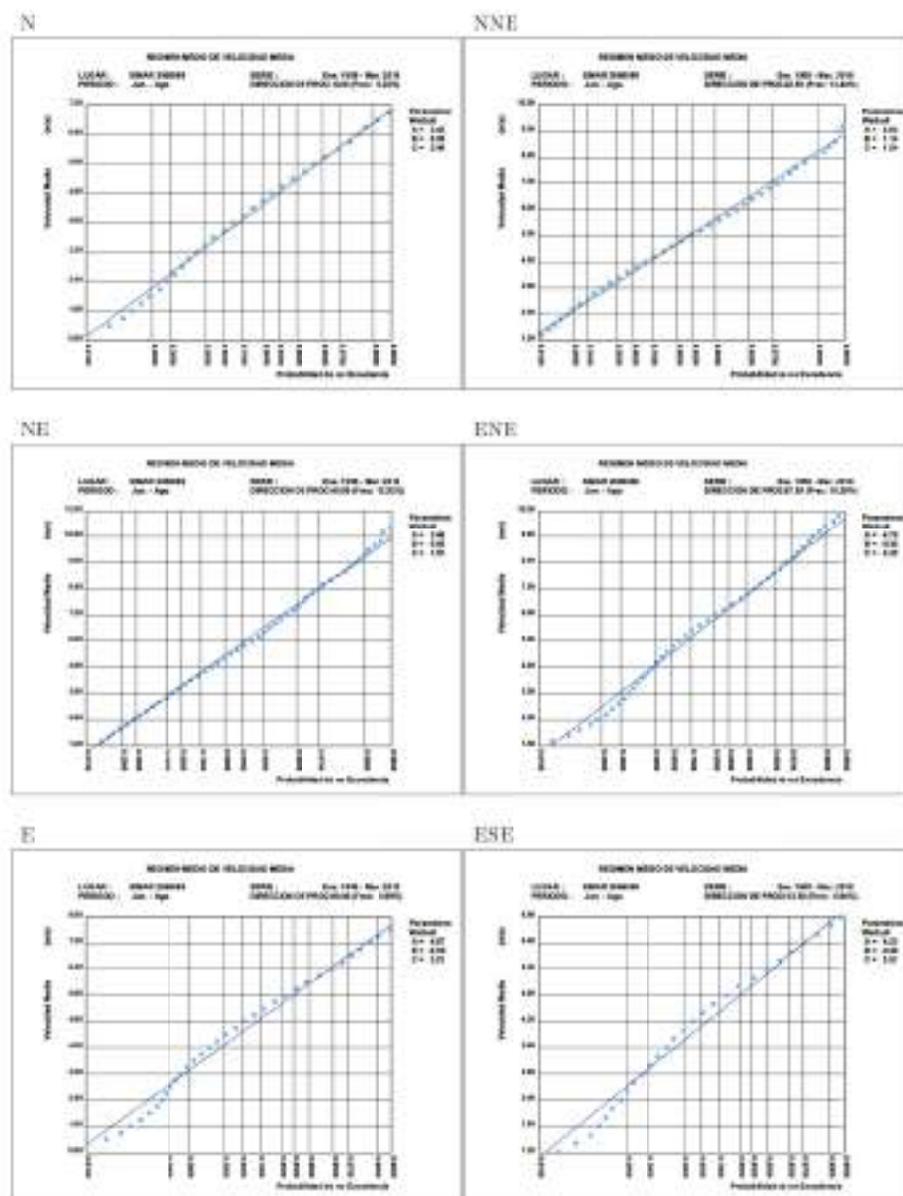
REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: MAR.-MAY.



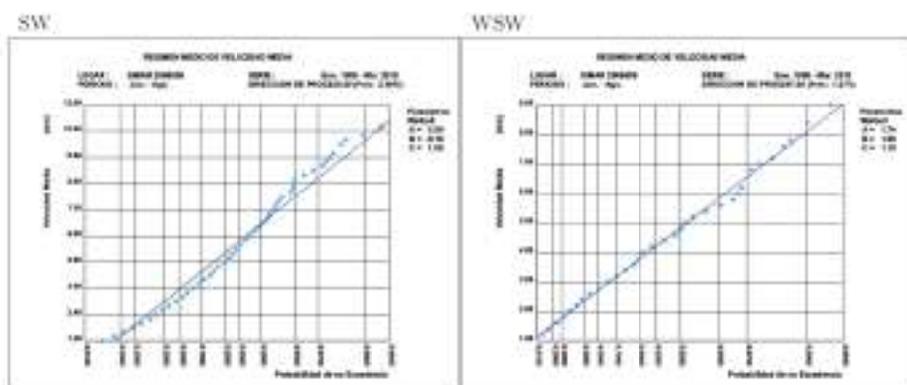
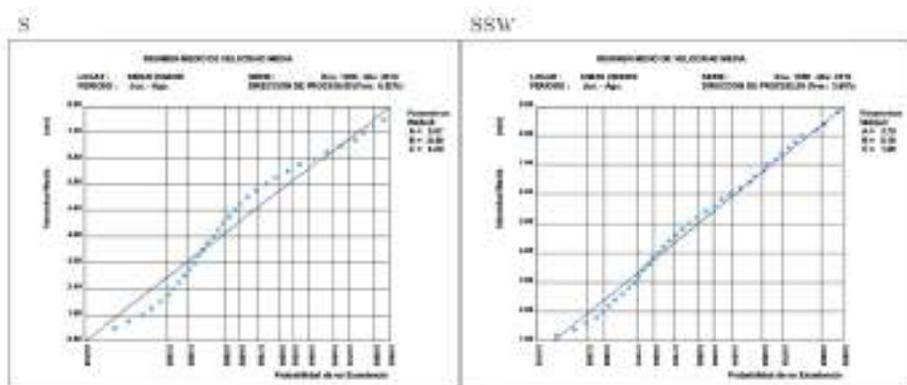
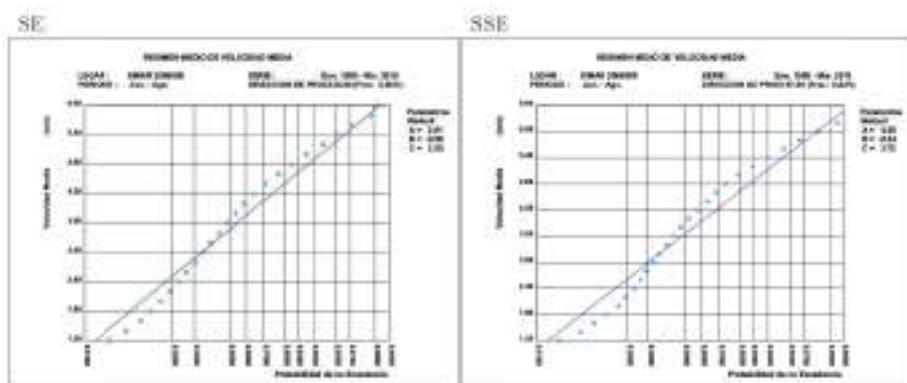
REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: MAR-MAY.



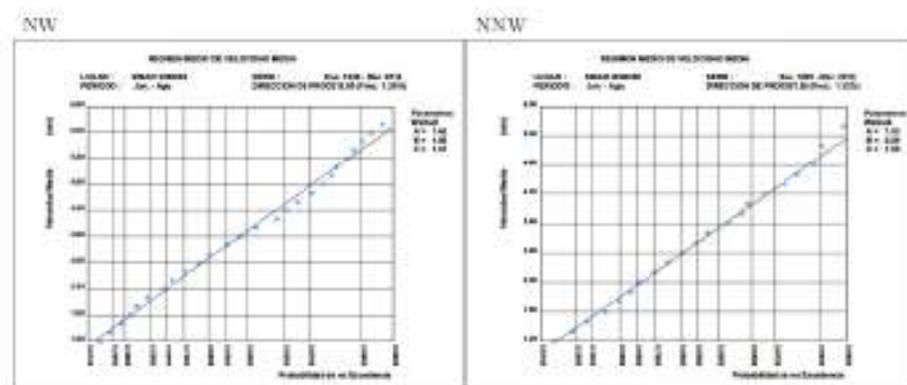
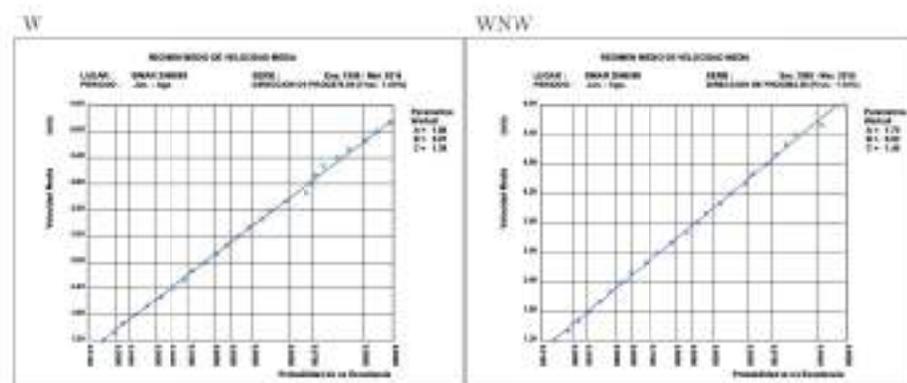
3.29. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: JUN.-AGO.



REGIMEN MEDIO DE VMDR POR DIRECCIONES ESTACIONAL: JUN.-AGO.

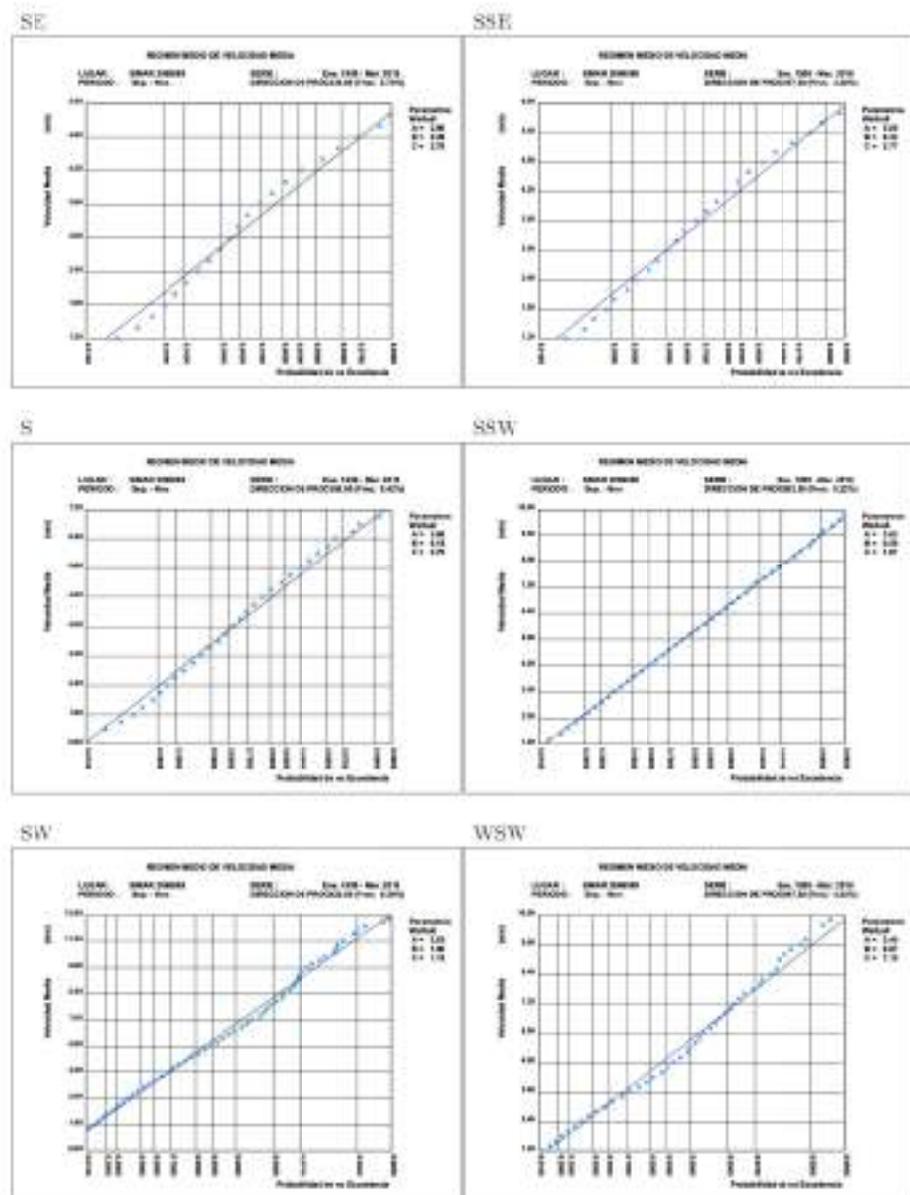
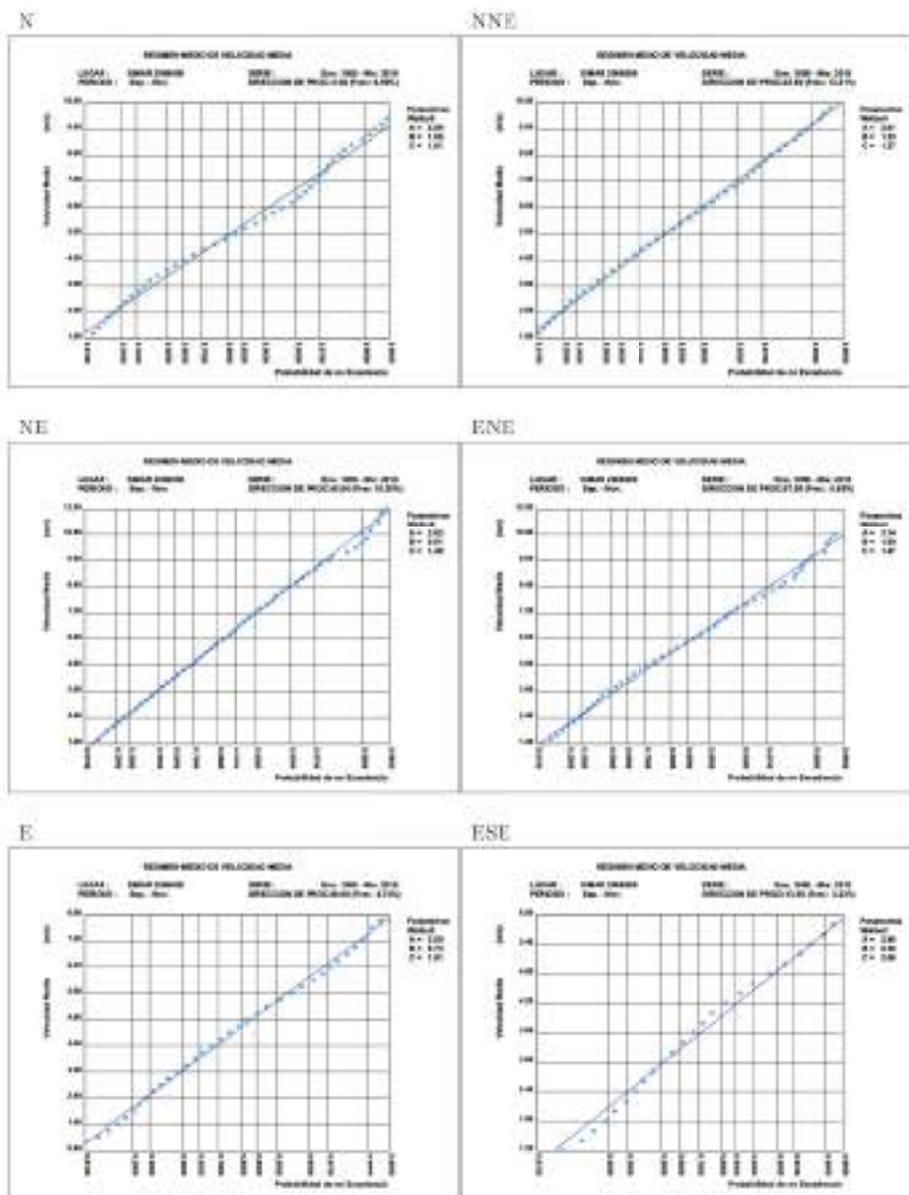


REGIMEN MEDIO DE VMDR POR DIRECCIONES ESTACIONAL: JUN.-AGO.

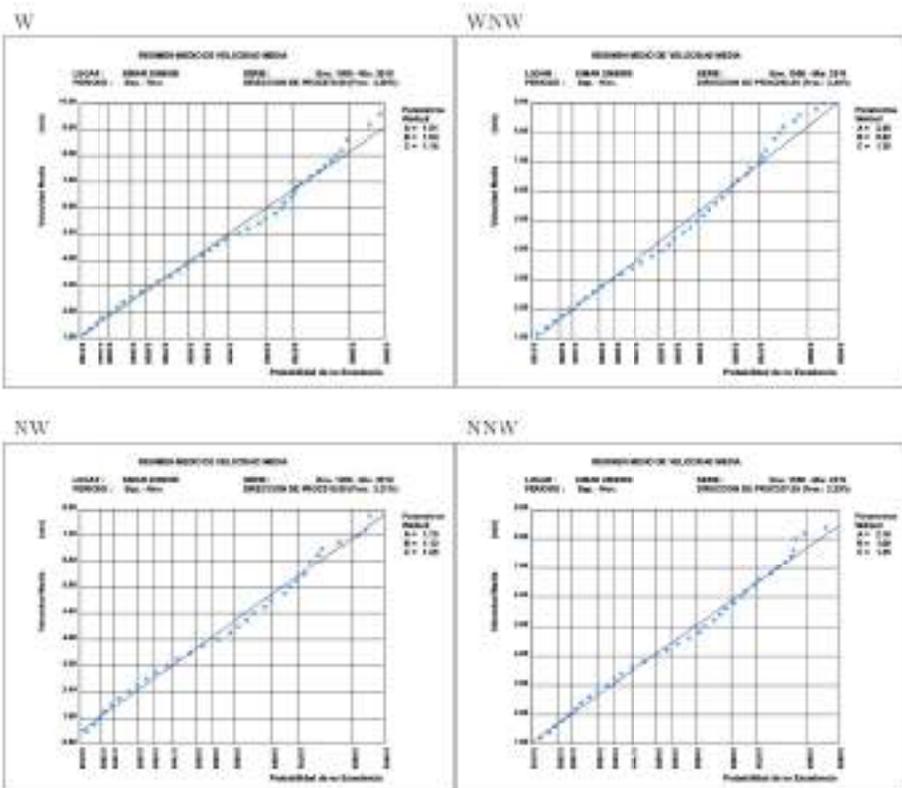


3.30. REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: SET.-NOV.

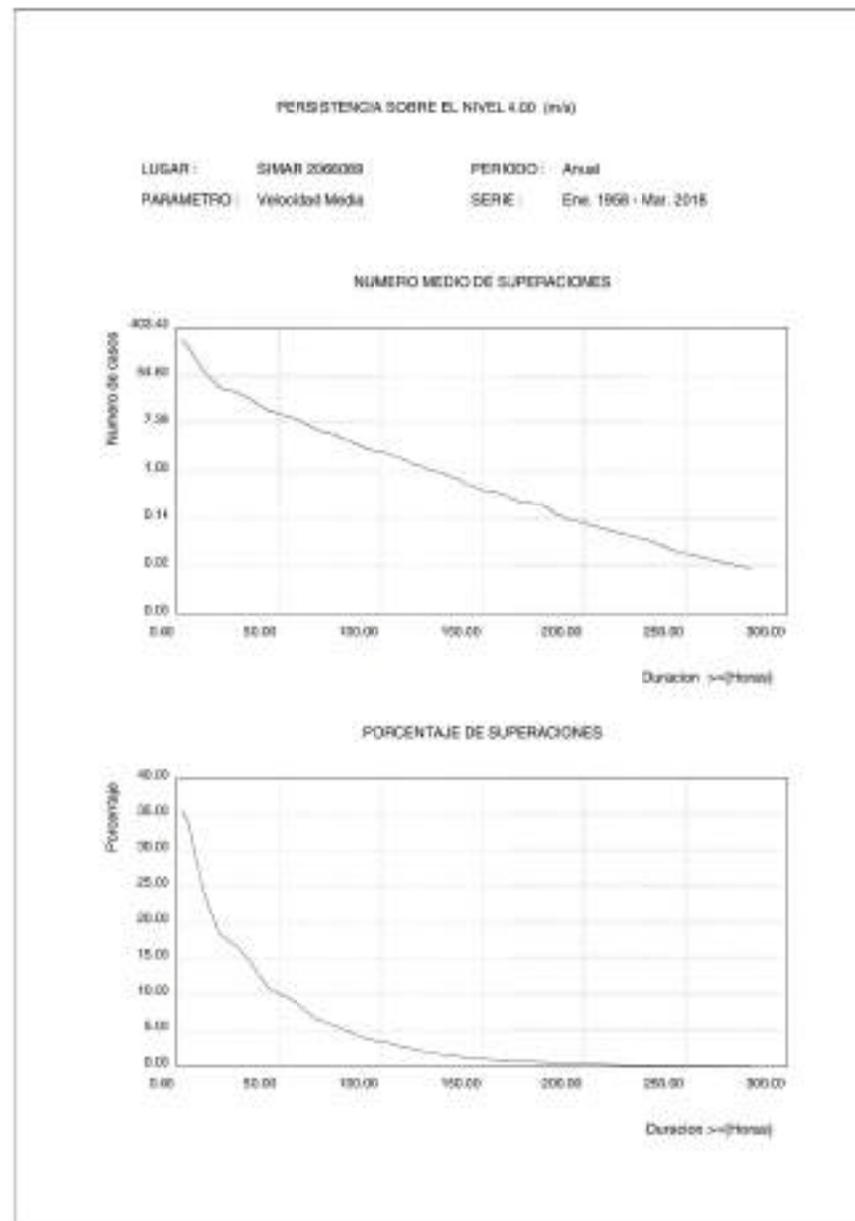
REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: SET.-NOV.



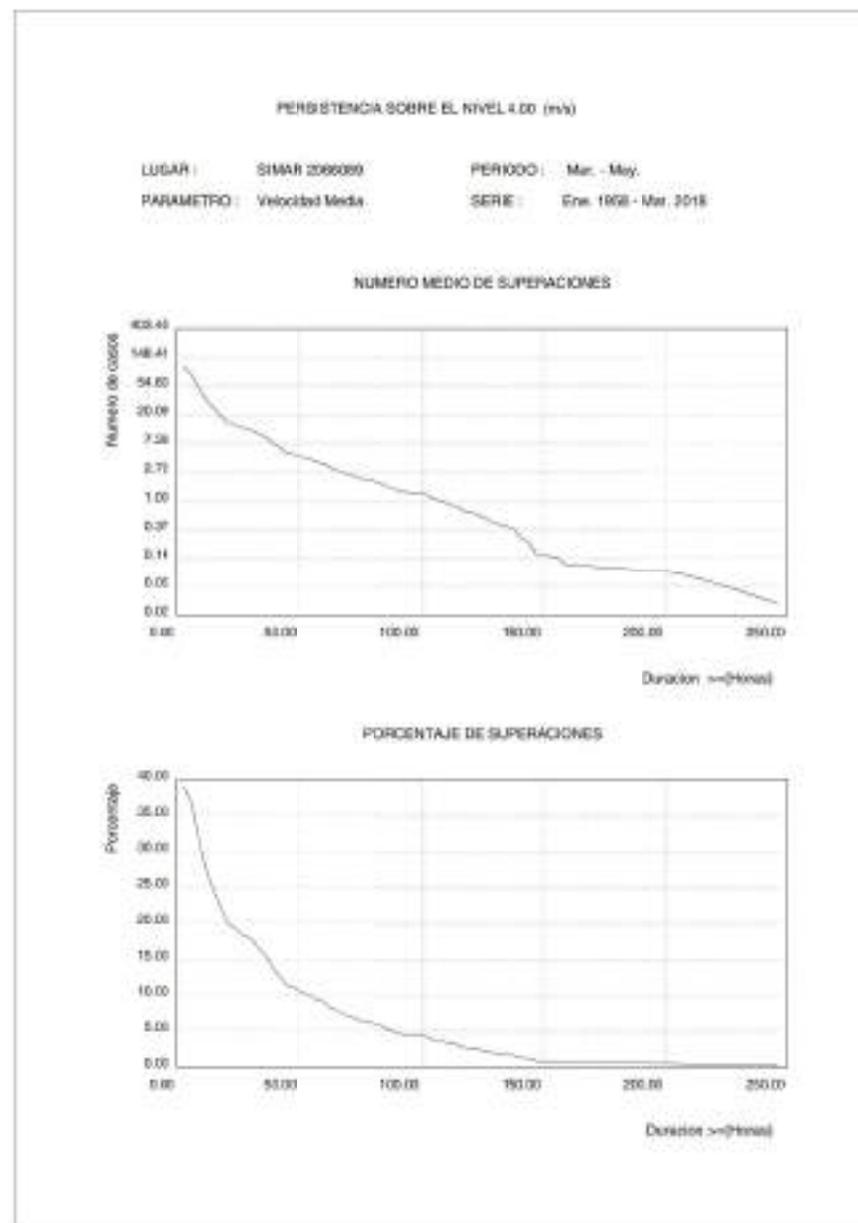
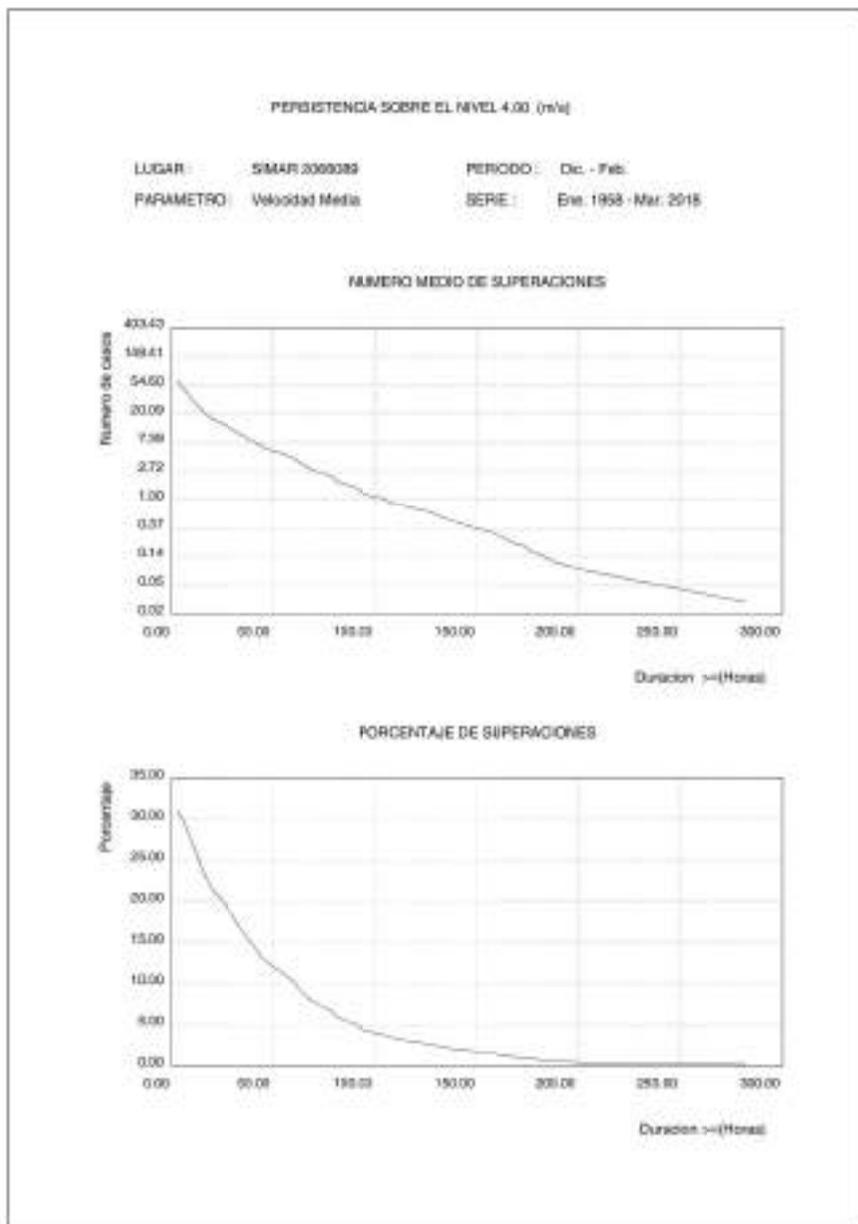
REGIMEN MEDIO DE VMED POR DIRECCIONES ESTACIONAL: SET.-NOV.

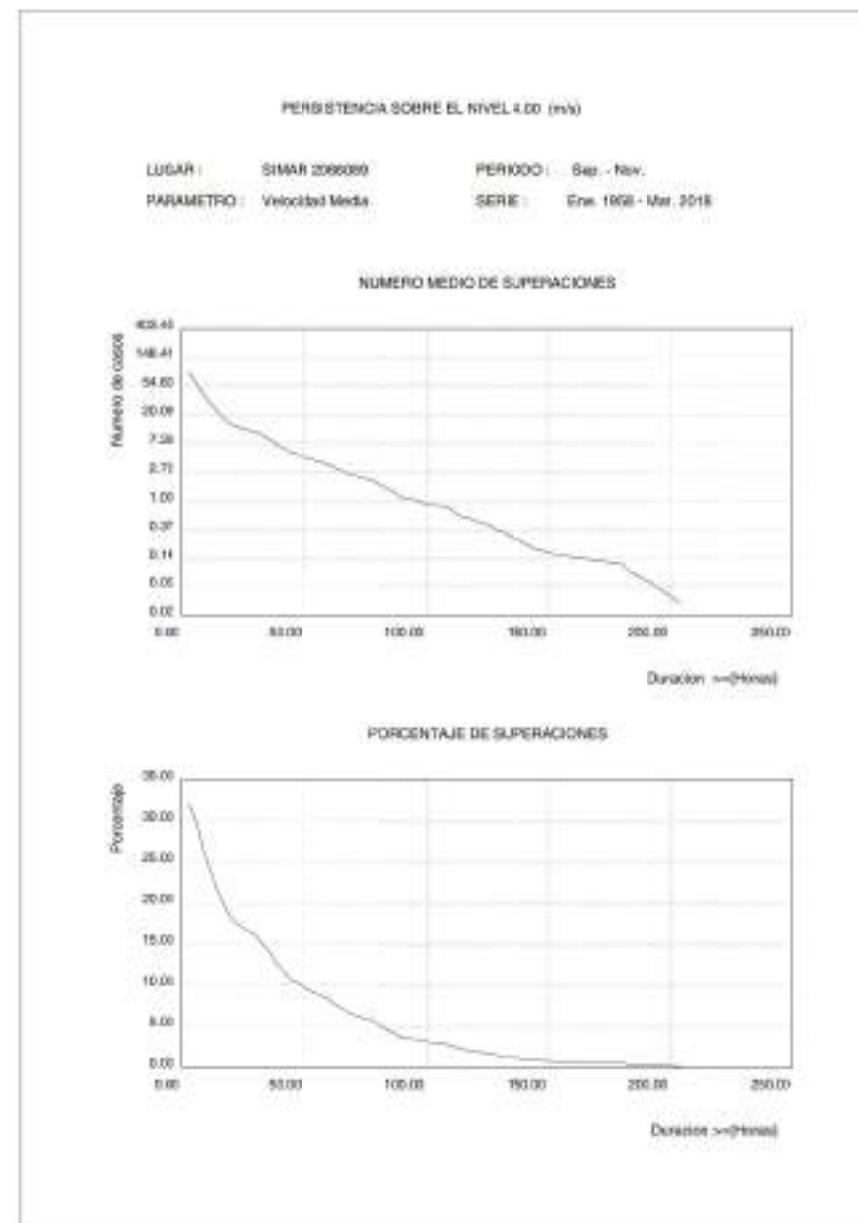
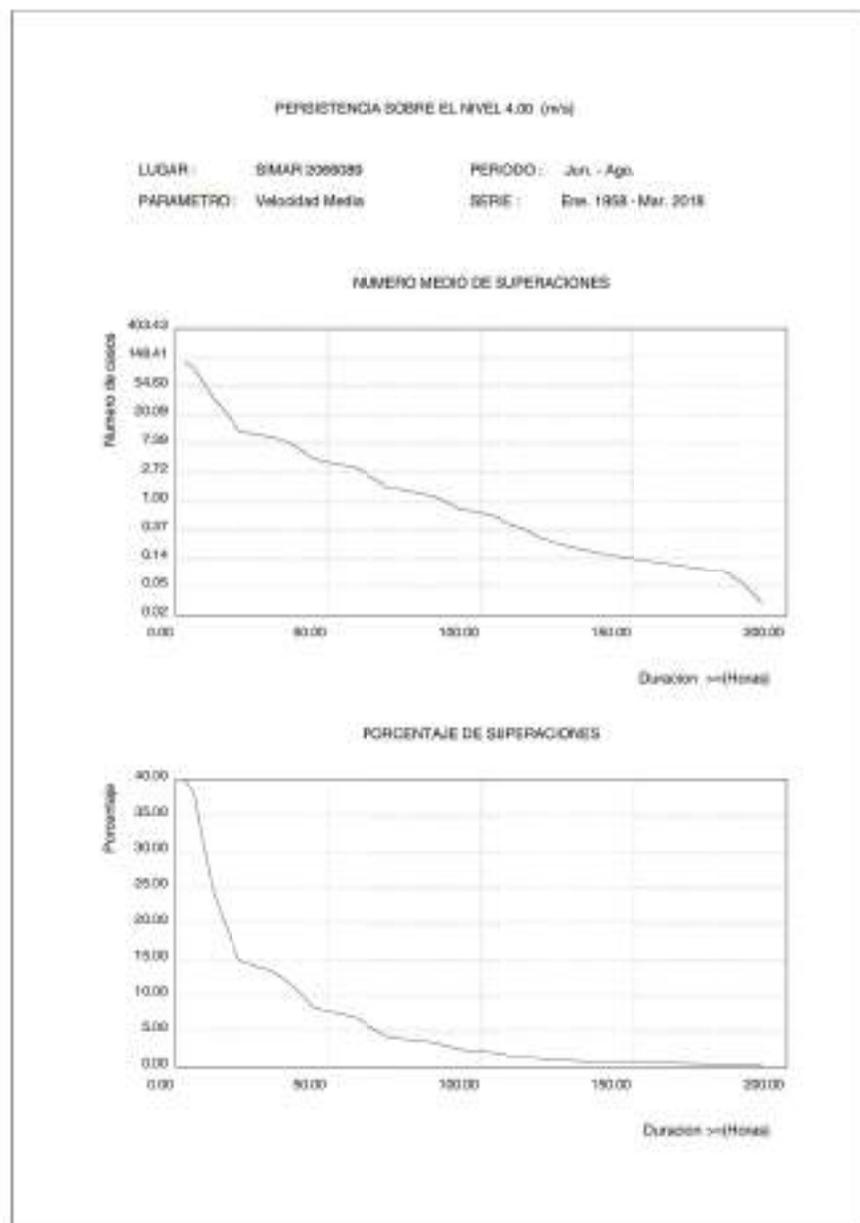


3.31. PERSISTENCIAS DE VMED SOBRE 4.0 (M/8) ANUAL

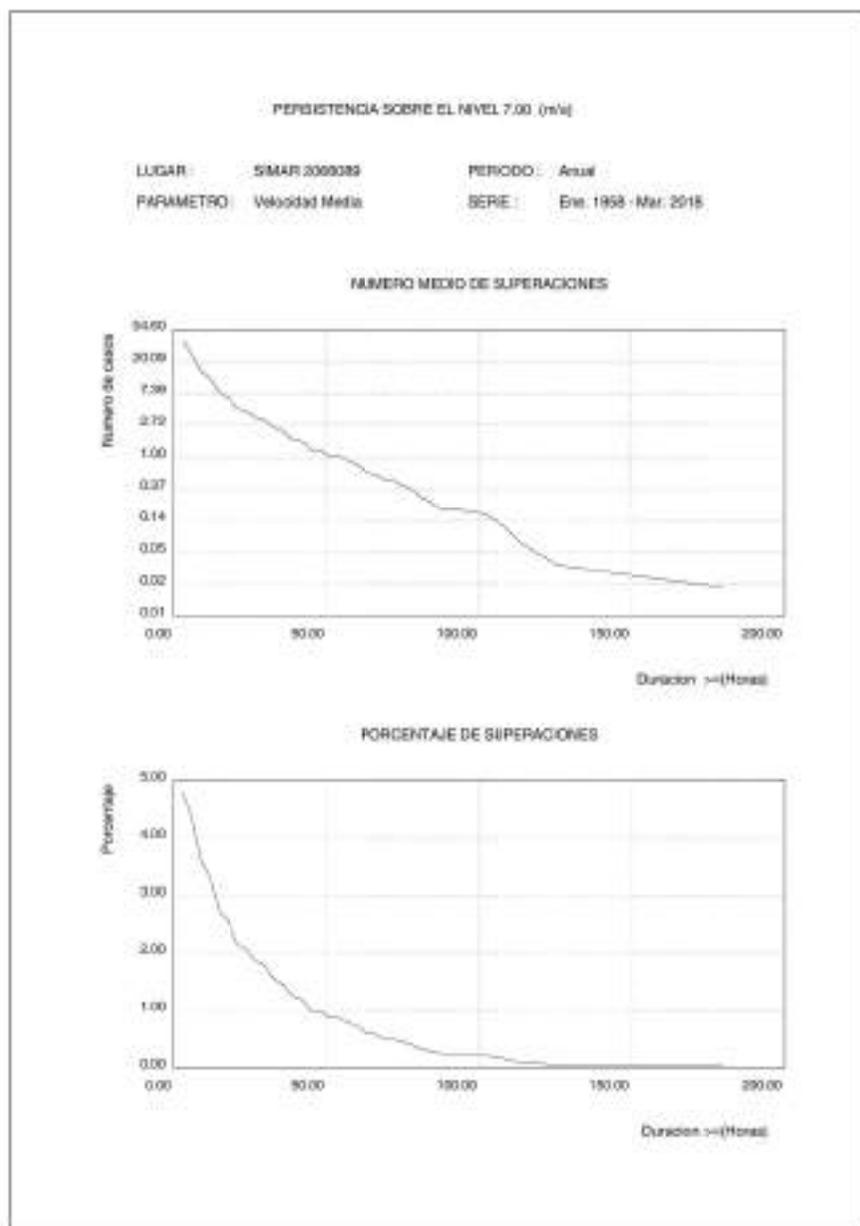


3.32. PERSISTENCIAS DE VMED SOBRE 4.0 (M/S) ESTACIONAL.

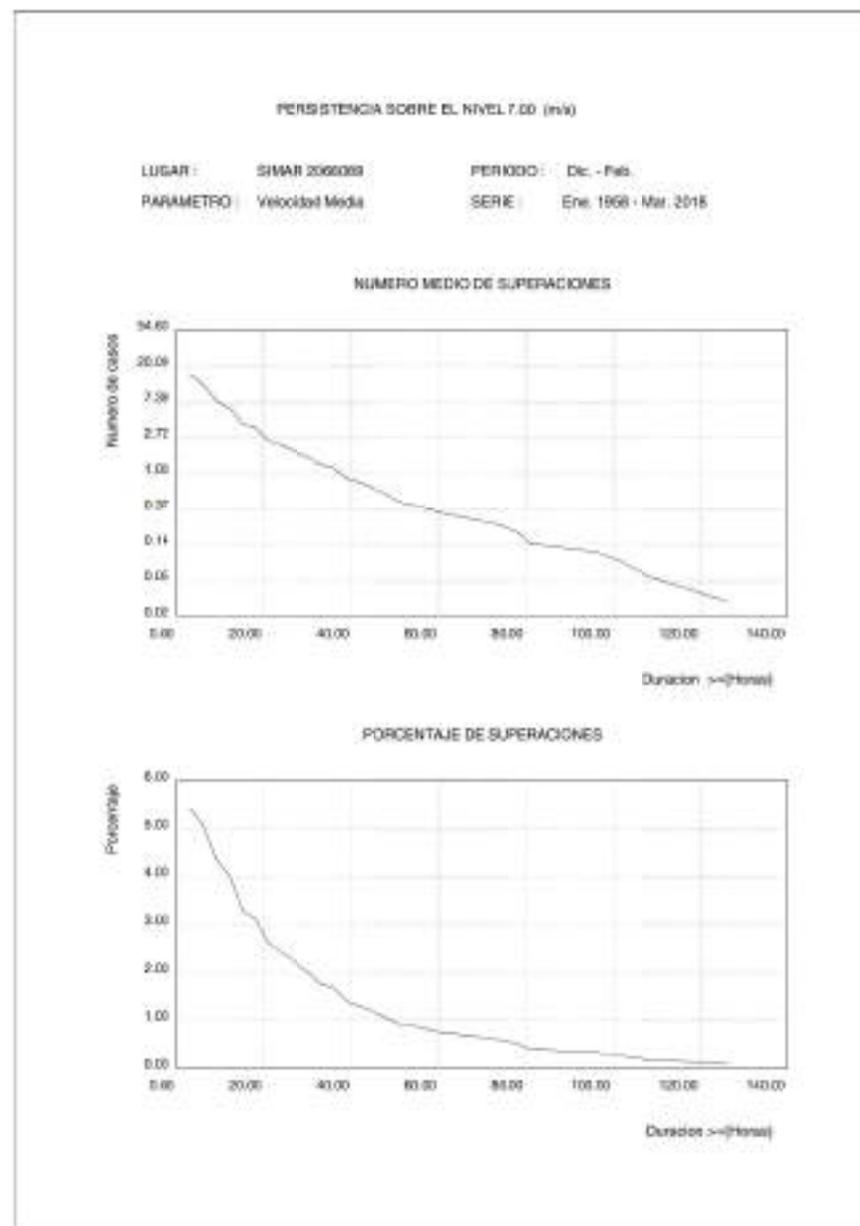


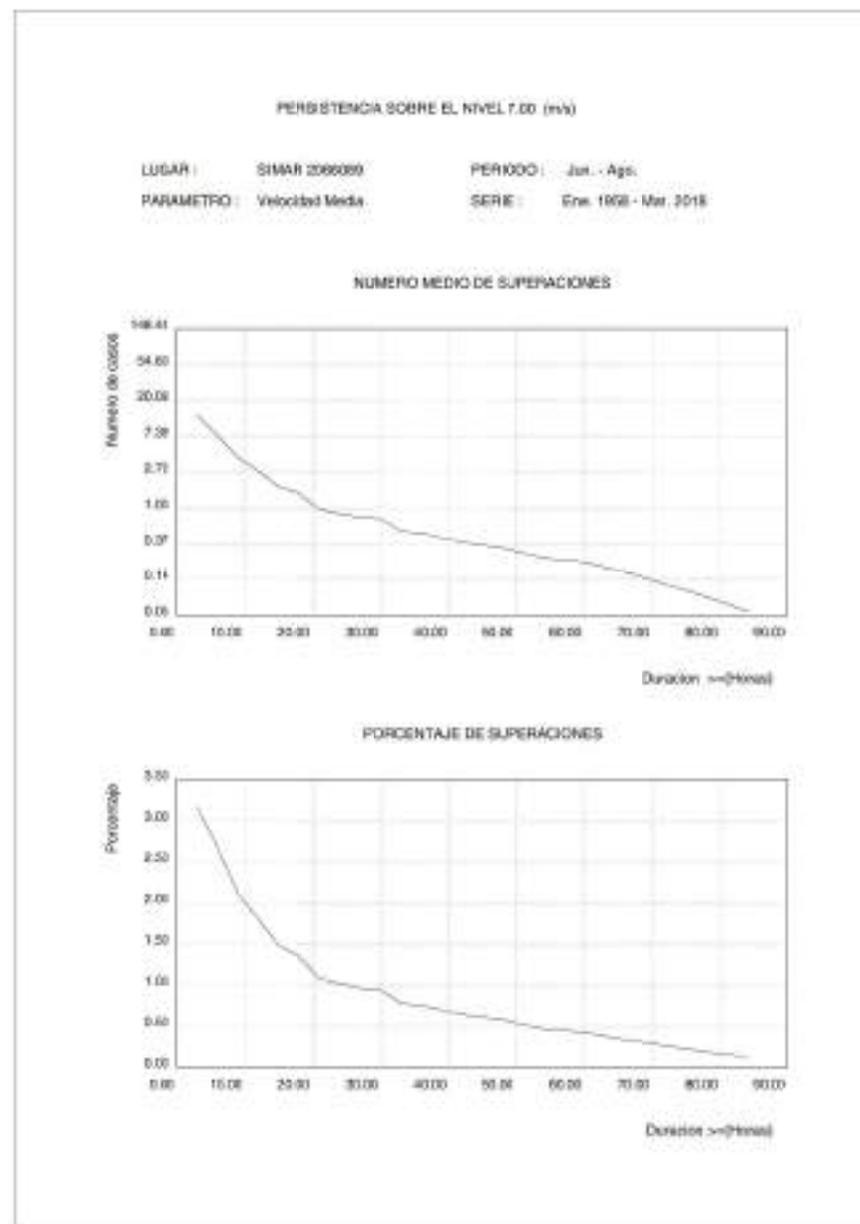
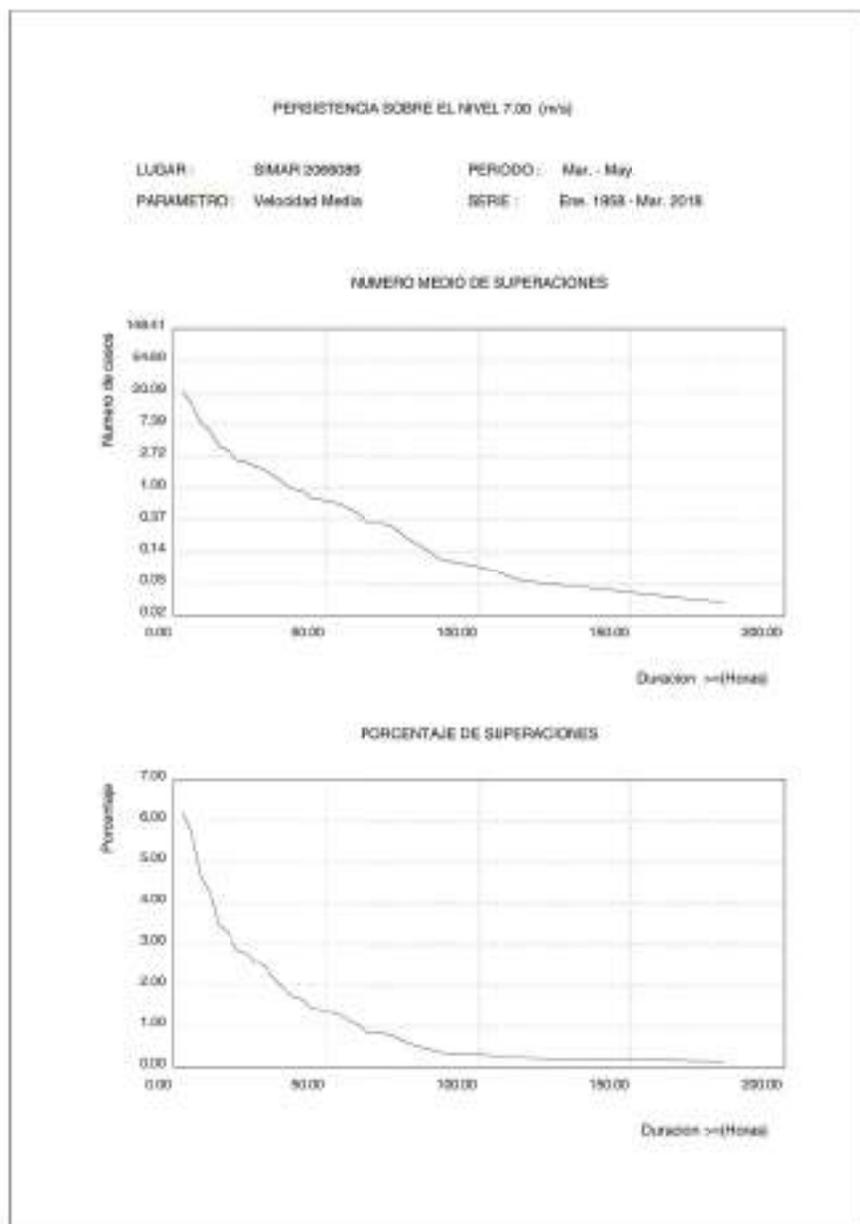


3.33. PERSISTENCIAS DE VMED SOBRE 7.0 (M/S) ANUAL



3.34. PERSISTENCIAS DE VMED SOBRE 7.0 (M/S) ESTACIONAL





PERSISTENCIA SOBRE EL NIVEL 7.00 (v/h)

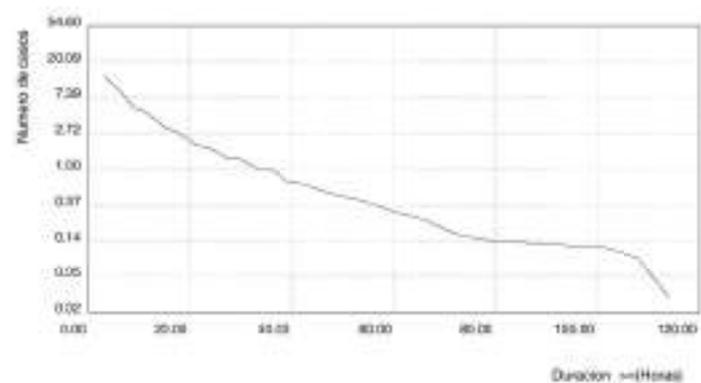
LUGAR: SIMAR 2066083

PERIODO: Sep. - Nov.

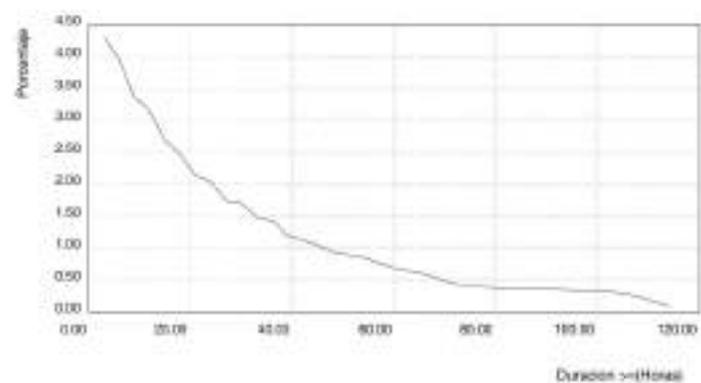
PARAMETRO: Velocidad Media

SERIE: Dic. 1958 - Mar. 2018

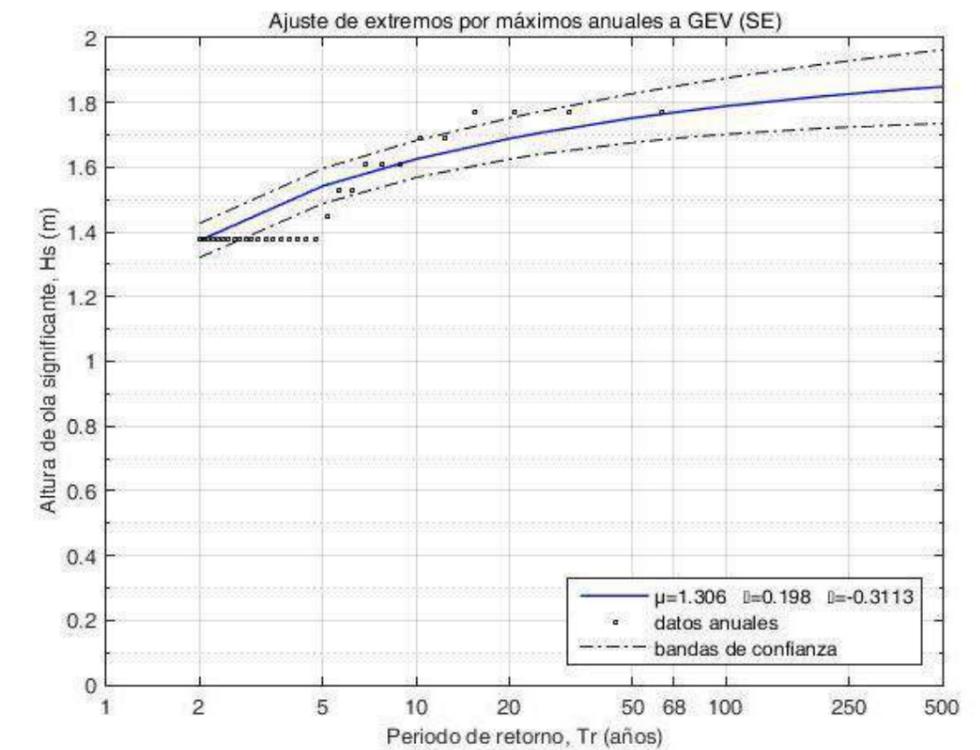
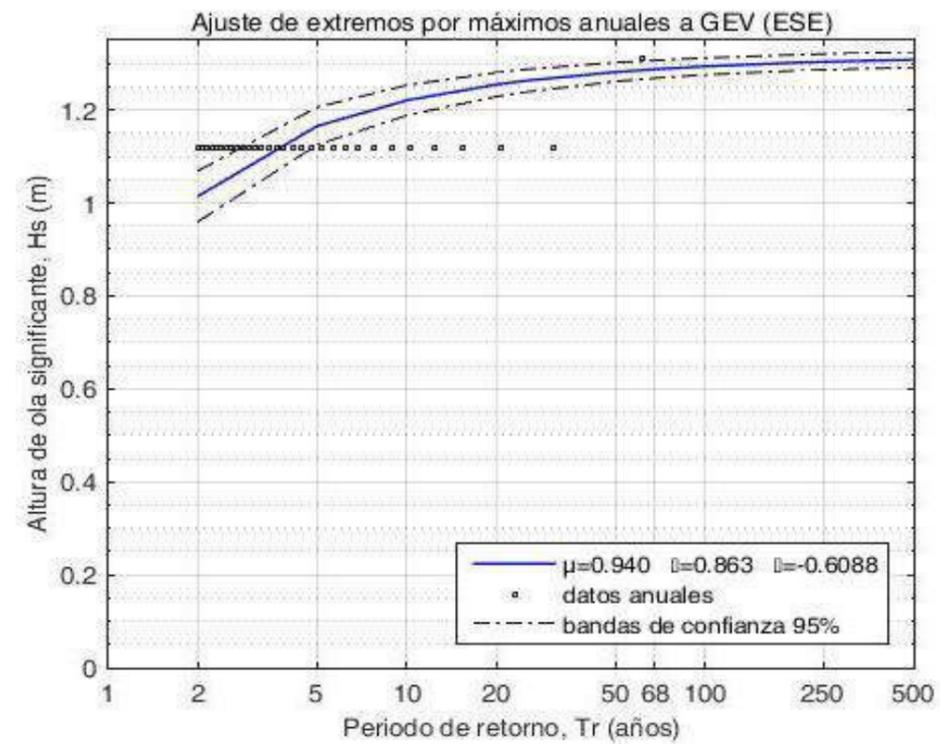
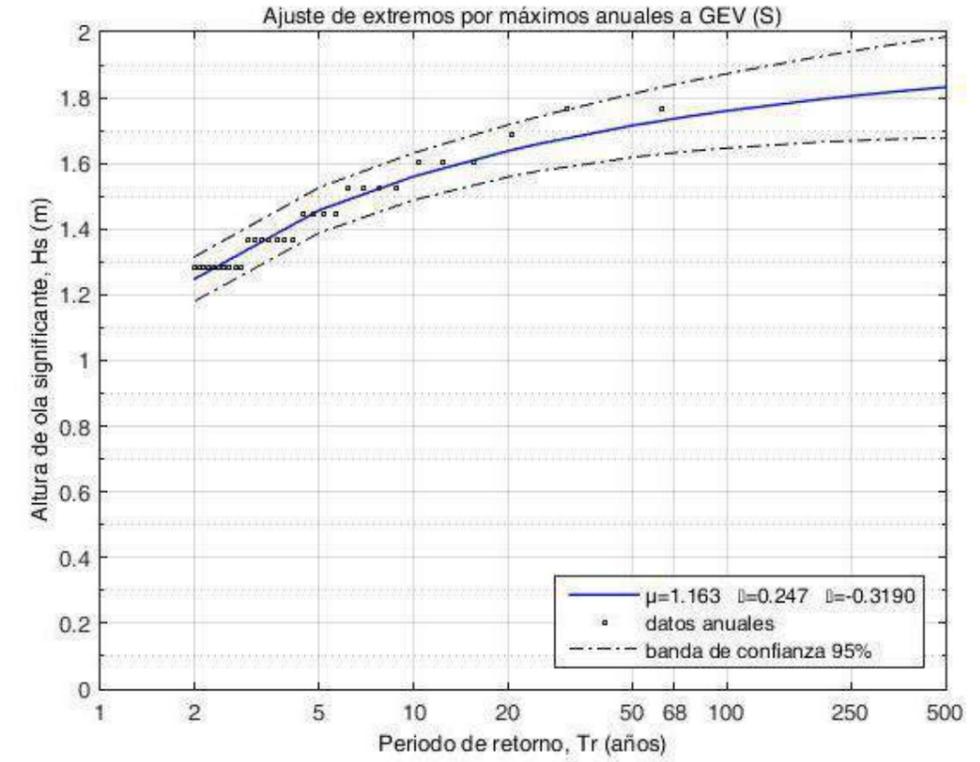
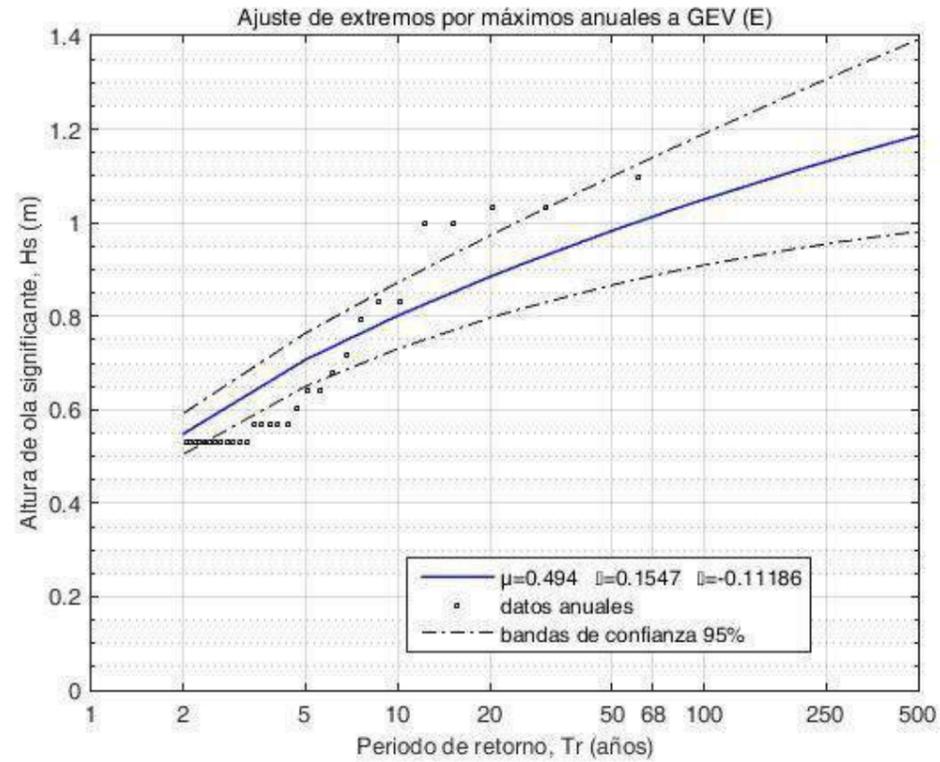
NUMERO MEDIO DE SUPERACIONES

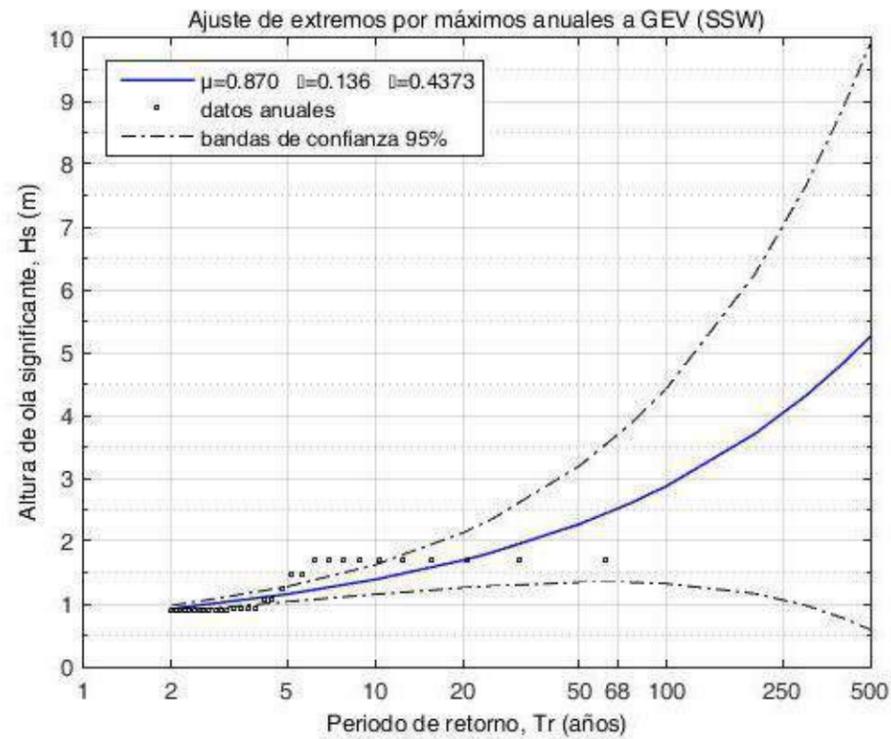
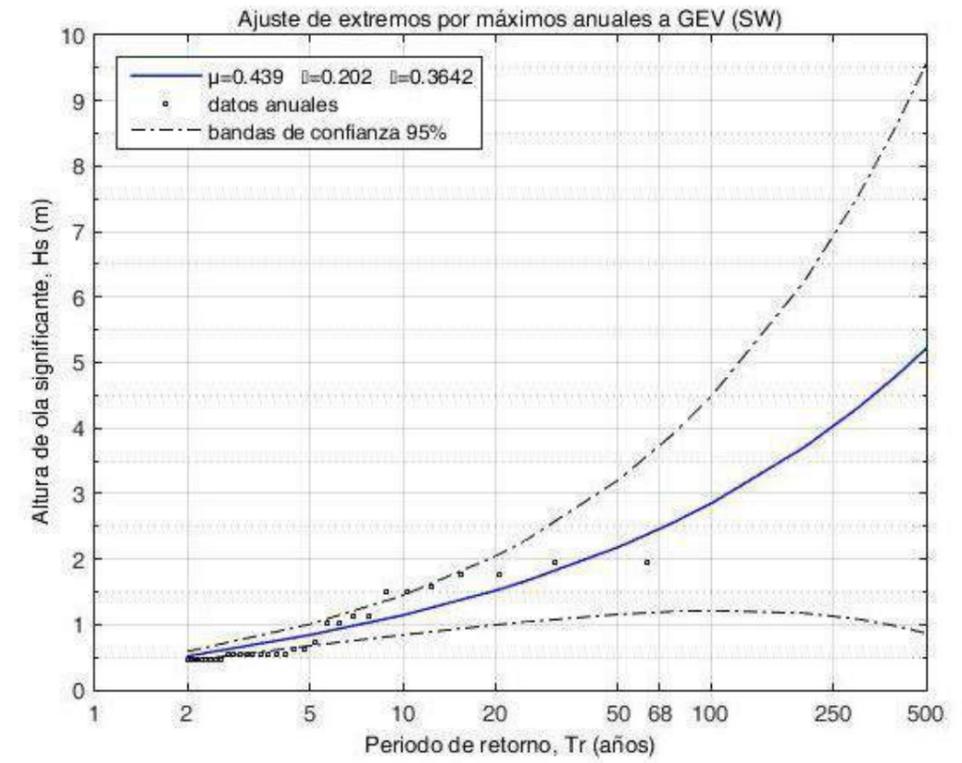
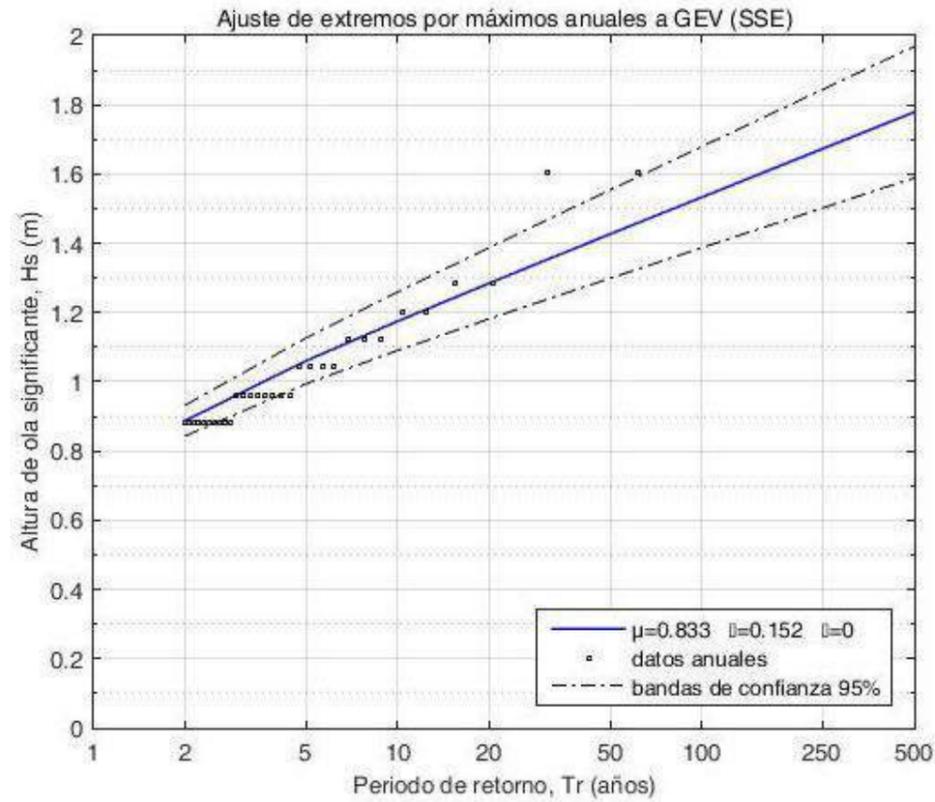


PORCENTAJE DE SUPERACIONES



APÉNDICE 2. AJUSTE GEV DIRECCIONAL. PROFUNDIDADES REDUCIDAS





ANEJO 6. DINÁMICA LITORAL

ANEJO 06. DINÁMICA LITORAL

1	BALANCE SEDIMENTARIO.....	2
2	CÁLCULO DEL TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS.....	2
2.1	CAUDAL DE TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS EN FUNCIÓN DEL FLUJO DE ENERGÍA DEL OLEAJE.	3
3	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	4
3.1	ESTABILIDAD DE LA PLAYA A LARGO PLAZO.....	4
3.1.1	PROFUNDIDAD DE CIERRE	4
3.1.2	PERFIL DE EQUILIBRIO.....	5
3.1.3	FORMA EN PLANTA.....	7
3.1.4	POSIBLES CAUSAS MODIFICADORAS DE LA DINÁMICA LITORAL	9
3.2	ESTABILIDAD DE LA PLAYA A CORTO PLAZO.....	10
3.2.1	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS TRAS UN TEMPORAL.....	10
4	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FUTURA.....	14
4.1	ESTABILIDAD DE LA PLAYA A LARGO PLAZO.....	14
4.1.1	PERFIL DE EQUILIBRIO.....	14
4.1.2	FORMA EN PLANTA.....	14
4.2	ESTABILIDAD DE LA PLAYA A CORTO PLAZO	15
4.2.1	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS TRAS UN TEMPORAL.....	19

En el presente anejo se analiza la morfología y dinámica del litoral de la playa de la Cola, examinando los procesos de erosión y sedimentación que ha sufrido en las últimas décadas. Asimismo se analiza la respuesta de la línea de orilla una vez se haya construido el dique y regenerado la playa.

1 BALANCE SEDIMENTARIO

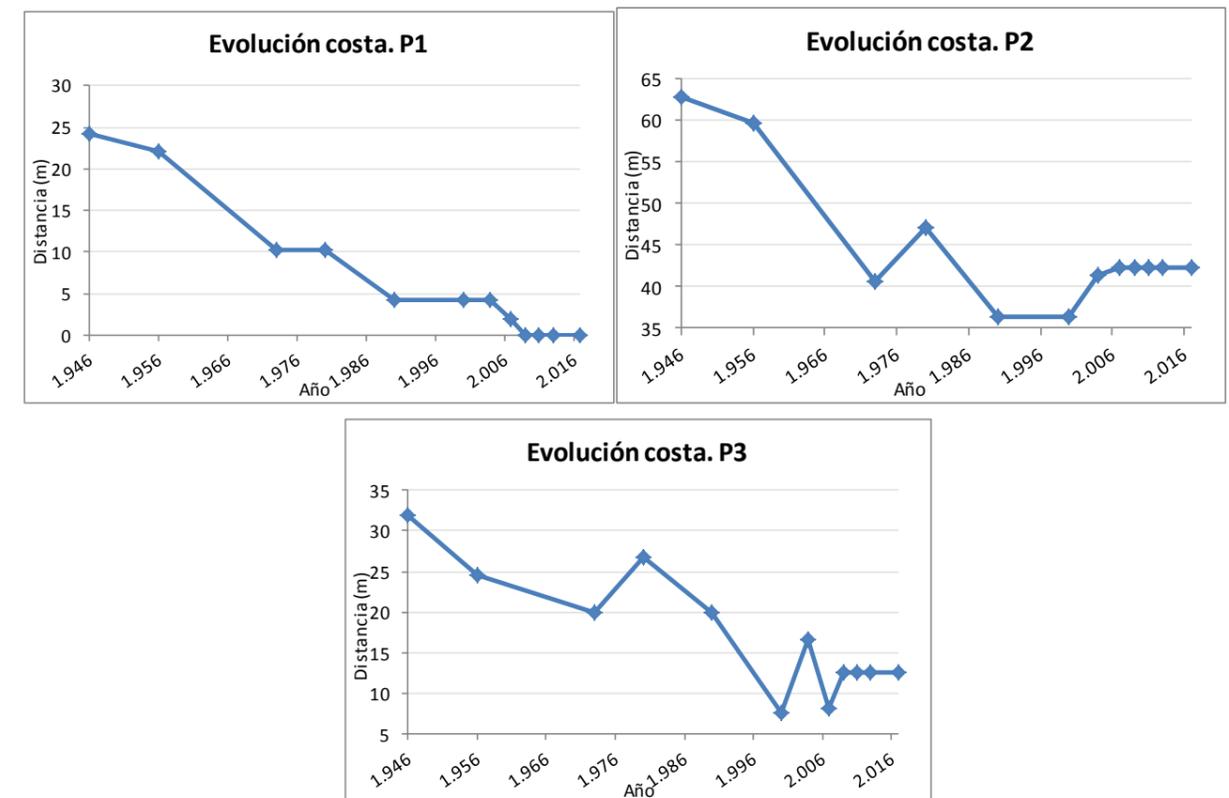
El análisis de la evolución de las playas en las últimas décadas permite evaluar la dinámica litoral y cuantificar el balance sedimentario de las playas. Por ello, se realiza la comparativa de las ortofotos históricas disponibles examinando la línea de costa en cada una de ellas. En el PLANO N° 3 del Documento n° 2 pueden observarse individualmente cada una de los ortofotos estudiadas así como su línea de costa.



Figura 1. Evolución de la línea de costa

La comparación entre las ortofotos históricas desde 1946 (vuelo americano) hasta 2017 muestra un retroceso general de la línea de costa, siendo más acusado en la zona Oeste de la playa, próximo a la carretera existente.

Complementariamente se ha realizado un gráfico de la variación del ancho de playa seca en diferentes puntos a lo largo de las últimas décadas:



Cabe destacar la evidente erosión en los tres puntos, resultando un retroceso generalizado y uniforme en el tiempo en todos ellos, sin destacar erosión puntual en ningún año. En la última década se observa cierta estabilidad aunque con un ancho de playa muy escaso, siendo incluso nulo en el punto 1, llegando a alcanzar la carretera comarcal RM-D15.

2 CÁLCULO DEL TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

El caudal del transporte longitudinal de sedimentos, Q , generado por las corrientes longitudinales de la zona de rompientes, es el principal factor que controla la evolución a largo plazo de una línea de costa. Las expresiones predictivas para Q vienen formuladas habitualmente en función de las condiciones del oleaje en la línea de rotura.

2.1 CAUDAL DE TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS EN FUNCIÓN DEL FLUJO DE ENERGÍA DEL OLEAJE.

La expresión predictiva más usada para el cálculo del transporte longitudinal de sedimentos es la presentada por Komar e Inman, (1970), que relaciona el flujo de energía del oleaje en rotura con el caudal de transporte longitudinal de sedimentos en peso sumergido, I:

$$I = K * (EC_g)_B * \sin(\alpha_{Bs}) * \cos(\alpha_{Bs})$$

Donde:

- K: Coeficiente empírico. Komar e Inman (1970), K=0.77
- α_{Bs} : Ángulo de incidencia del oleaje con la batimetría en rotura.
- E_B : Energía por unidad de área en rotura = $\rho g H_B^2 / 8$.
- C_{gB} : Celeridad de grupo en rotura = $\sqrt{gh_B}$
- ρ : Densidad del agua.
- g: Aceleración de la gravedad.
- H_B : Altura de ola en rotura.
- h_B : Profundidad del agua en el punto de rotura.

El caudal del transporte longitudinal de sedimentos en volumen, Q, y el caudal de transporte longitudinal de sedimentos en peso sumergido, I, están relacionados mediante la siguiente expresión:

$$I = (\rho_s - \rho) * g * (1 - n) * Q$$

Donde:

- ρ_s : densidad de los granos
- n: porosidad del sedimento

Haciendo las correspondientes operaciones de sustitución, razones trigonométricas y simplificación, tenemos que el caudal del transporte longitudinal de sedimentos (m^3/s) es:

$$Q(m^3/s) = \frac{K * \rho * g^{0,5}}{16 * (\rho_s - \rho) * (1 - n) * 0,78^{0,5}} * H_B^{2,5} * \sin(2\alpha_{Bs})$$

Para el cálculo del caudal de transporte se calculan los oleajes tipos representativos. El porcentaje de actuación de cada uno, se obtiene de las tablas de distribución Hs-Dir del punto SIMAR 2041080.

Se considera positivo el transporte de Este a Oeste

Caso	Dirección	Altura de ola	Q (m3/año)	Qbruto (m3/año)	Qneto (m3/año)
1	E	0,5	3.538,96	251.244,24	162.250,88
2	E	1,5	2.476,18		
3	E	3	142,80		
4	ESE	0,5	29.644,48		
5	ESE	1,5	146.430,48		
6	ESE	3	4.887,56		
7	SE	0,5	7.121,96		
8	SE	1,5	6.170,19		
9	SE	3	421,30		
10	SSE	0,5	4.981,40		
11	SSE	1,5	932,25		
12	SSE	3	0,00		
13	S	0,5	-4.243,02		
14	S	1,5	-3.386,13		
15	S	3	0,00		
16	SSW	0,5	-14.295,56		
17	SSW	1,5	-16.121,64		
18	SSW	3	-1.022,66		
19	SW	0,5	-1.507,11		
20	SW	1,5	-3.608,36		
21	SW	3	-312,20		

Tabla 1. Tabla resumen transporte longitudinal de sedimentos (m3/año)

Se obtiene un transporte longitudinal de sedimentos neto en dirección Este-Oeste.

Ha de tenerse en cuenta que la formulación empleada corresponde a un método empírico para playas abiertas de arena. Al tratarse de una playa encajada, compuesta por rocas y lajas en la mayor parte del frente costero, el transporte de sedimentos no responde a éstas formulaciones, por lo que el resultado obtenido se considera a nivel cualitativo, donde se puede confirmar la dirección Este-Oeste para el transporte de sedimentos, obviando el valor cuantitativo.

3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 ESTABILIDAD DE LA PLAYA A LARGO PLAZO

El estudio de estabilidad de una playa a largo plazo es fundamental para entender su dinámica. En este apartado se analiza la playa de La Cola determinando su forma en planta y perfil de equilibrio utilizando el modelo numérico SMC, asumiendo la hipótesis de ortogonalidad (la estabilidad del perfil de playa es independiente de la estabilidad de la planta, por lo que pueden estudiarse por separado).

3.1.1 PROFUNDIDAD DE CIERRE

La profundidad límite del perfil de playa –llamada habitualmente **profundidad de cierre**– es aquella a partir de la cual no se producen ya variaciones interanuales significativas.

Hallermeier (1978) define la profundidad de cierre como aquella a la cual ya no se produce agitación en el fondo. Para playas de arena esta profundidad se considera como el límite natural del perfil activo que, tras mediciones repetidas a lo largo de los años, muestra ya variaciones muy reducidas o nulas.

Posteriormente, Hallermeier (1980) zonifica el perfil de playa según tres zonas:

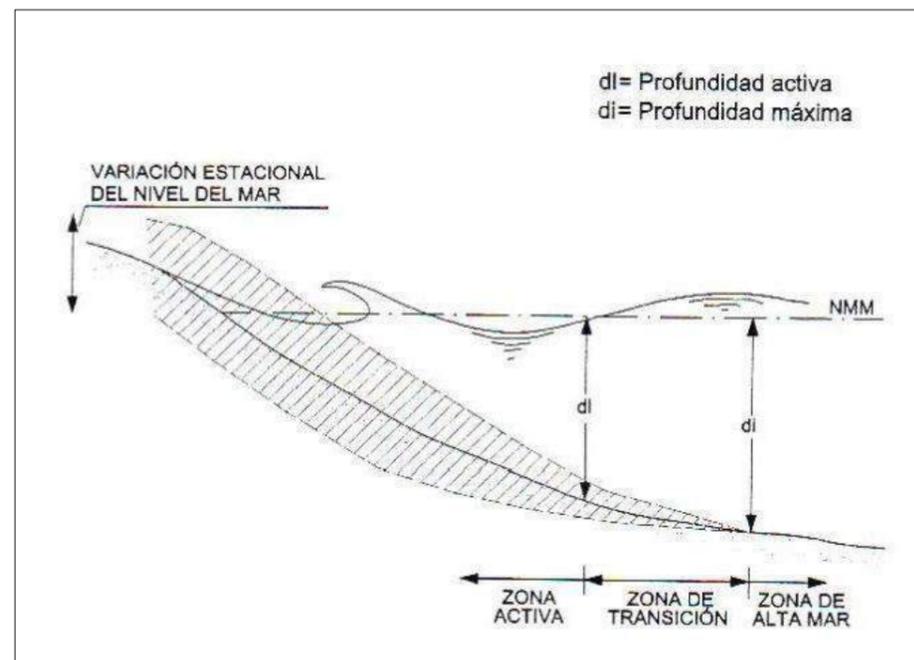


Figura 2. Zonificación del perfil de playa

- offshore o mar adentro
- intermedia (shoal)
- litoral.

La zona intermedia se caracteriza porque hasta su zona de menor profundidad (d_l) pueden llegar sedimentos transportados desde la zona litoral por oleajes extremales, mientras que hasta su zona de mayor profundidad (d_i) pueden llegar sedimentos del sector offshore trasladados por oleajes medios.

La formulación más utilizada para determinar esta profundidad de cierre es la propuesta por **Hallermeier (1978)** a partir del análisis teórico del transporte transversal de sedimentos:

$$d_l = 2,28 * H_{s12} - 68,5 \left(\frac{H_{s12}^2}{gT_s^2} \right)$$

Siendo:

- H_{s12} = altura de ola significativa excedida como media 12 horas al año.
- T_s = periodo asociado a la altura H_{s12} .
- d_l = límite entre la zona litoral y la zona intermedia.

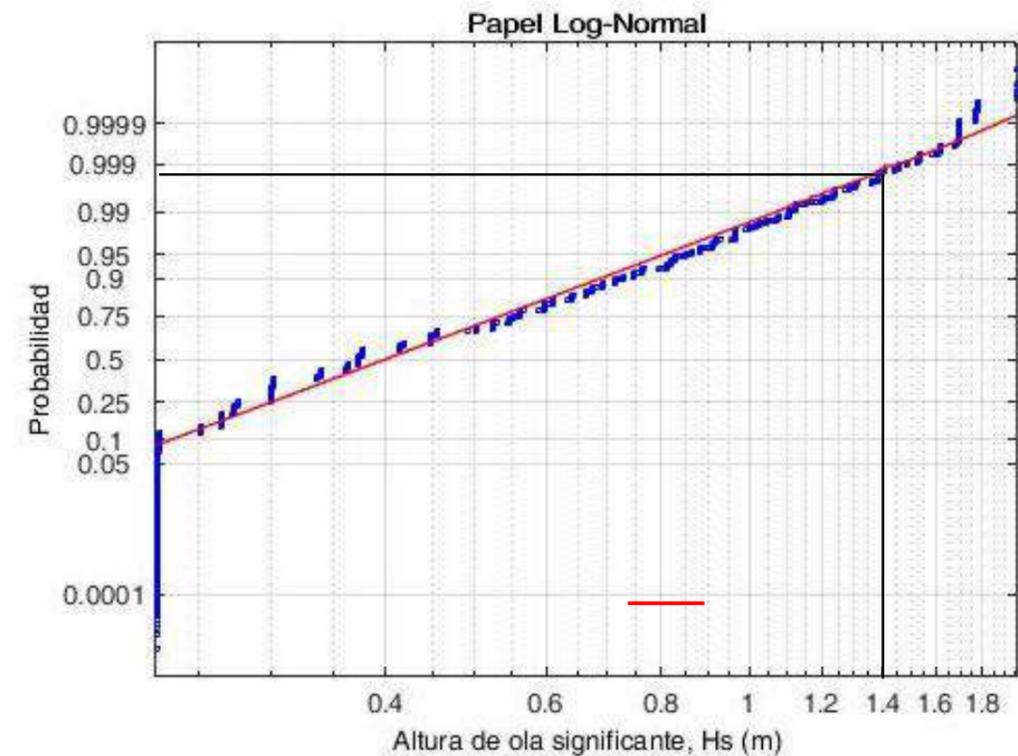


Figura 3. Función distribución H_s Punto M (R. medio)

La altura de ola que es excedida 12 horas al año tiene una probabilidad de no excedencia:

$$F(H_{s12}) = 1 - \frac{12}{365 * 24} = 0,9986$$

$$H_{s12} = 1,4 \text{ m}$$

Por tanto resulta una profundidad de cierre para la playa de la Cola:

$$h^* = d_l = 2,28 * 1,4 - 68,5 \left(\frac{1,4^2}{g * 6,3^2} \right) = 2,8 \text{ m}$$

A partir del análisis de variaciones anuales de playas, Birkemeier (1985) ajustó la formulación anterior al valor:

$$h^* = d_l = 1,75 * H_{s12} - 57,9 \left(\frac{H_{s12}^2}{gT_s^2} \right)$$

Se obtiene por tanto un valor de la profundidad de cierre:

$$h^* = d_l = 1,75 * 1,4 - 57,9 \left(\frac{1,4^2}{g * 6,3^2} \right) = 2,2 \text{ m}$$

El contraste con resultados de mediciones reales hace esta segunda ecuación, más adecuada para el cálculo de profundidades de cierre que la deducida por Hallermeier. Así es habitual adoptar como profundidad límite de playa, profundidad de cierre, h^* , el límite exterior de la zona litoral, obtenida por Birkemeier.

Para la costa española R. Medina (1995) en sus apuntes sobre "Perfiles de Playa" de la Universidad de Cantabria, propone, tras analizar distintas fachadas marítimas de la ROM el siguiente valor para la profundidad de cierre, d_l , obtenido de la formulación de Birkemeier:

$$d_l = 1,57H_{s12}$$

De acuerdo con esta expresión obtuvo la profundidad de cierre ($d_l=h^*$), para las distintas fachadas marítimas peninsulares:

TABLA 3.1
Valores Aproximados Profundidad de Cierre
Fachada Peninsular Española
(De R. Medina, 1995)

Area	Boya	H_{s12}	d_l
I	Gijón	5.7	9.0
II	Coruña	7.0	11
III	Silleiro	7.0	11
IV	Cádiz	3.8	6.0
V	Málaga	2.8	4.5
VI	Palos	3.5	2.5
VII	Valencia	2.5	4.0
VIII	Rosas	3.8	6.0

Para la zona de actuación del presente Proyecto la boya de estudio más cercana corresponde a la de Palos, resultado un valor aproximado de la profundidad de cierre igual a 2,5 metros.

En resumen, atendiendo a los resultados anteriores se estima un valor de la profundidad de cierre:

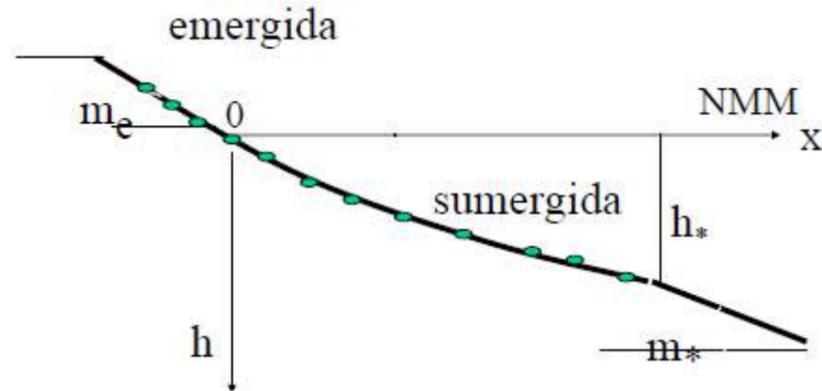
$$h^* = 2,5 \text{ m}$$

3.1.2 PERFIL DE EQUILIBRIO

El perfil de equilibrio, perfil final que se produce en una playa, con un tamaño de grano concreto, expuesta a unas condiciones de oleaje constantes, es un concepto teórico que simplifica la realidad de los perfiles reales que son complejos y diversos debido a la variación del nivel del mar y el oleaje.

Se puede admitir la existencia de una situación modal o perfil de equilibrio medio que permite tener una representación aproximada, pero fiel, de la morfología de una playa.

Existen numerosos modelos de perfil de equilibrio; para el caso que nos ocupa utilizaremos el perfil de Dean (1977), dada su simplicidad matemática y ser el que mejor se ajusta a un gran número de perfiles de playa.



La expresión parabólica del perfil de equilibrio corresponde a la siguiente expresión:

$$h = A * x^{2/3}$$

Dean (1987) encontró la relación entre el tamaño de grano, D50, y el parámetro de forma, A, expresándola en términos de velocidad de caída del grano, w:

$$A(m^{1/3}) = K * w^{0,44} (m/s)$$

Dónde:

k = 0,51. Valor propuesto por Dean (1987)

De manera aproximada, y en arenas de densidad $\rho_s=2,65 \text{ tn/m}^3$, la velocidad de caída del grano puede obtenerse:

$$\begin{aligned} w(m/s) &= 1,1 * 10^6 * D^2 && D < 0,1 \text{ mm} \\ w(m/s) &= 273 * D^{1,1} && 0,1 < D < 1 \text{ mm} \\ w(m/s) &= 4,36 * D^{0,5} && D > 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

La playa de La Cola presenta una gran heterogeneidad longitudinal en lo que se refiere al tamaño de grano de arena, disminuyendo a medida que se avanza en dirección Oeste-Este. Por tanto, el tamaño medio de arena obtenido del Estudio Ecocartográfico no resulta representativo, ni fiable para el cálculo de los perfiles de equilibrio de dicha playa.

En las siguientes figuras se superpone el perfil teórico de Dean, para tamaños de arenas tales que resulten perfiles de equilibrio próximos a los reales y con una profundidad de cierre igual a 2,5 m, sobre tres perfiles del terreno de la playa:



Figura 4. Ejes de estudio

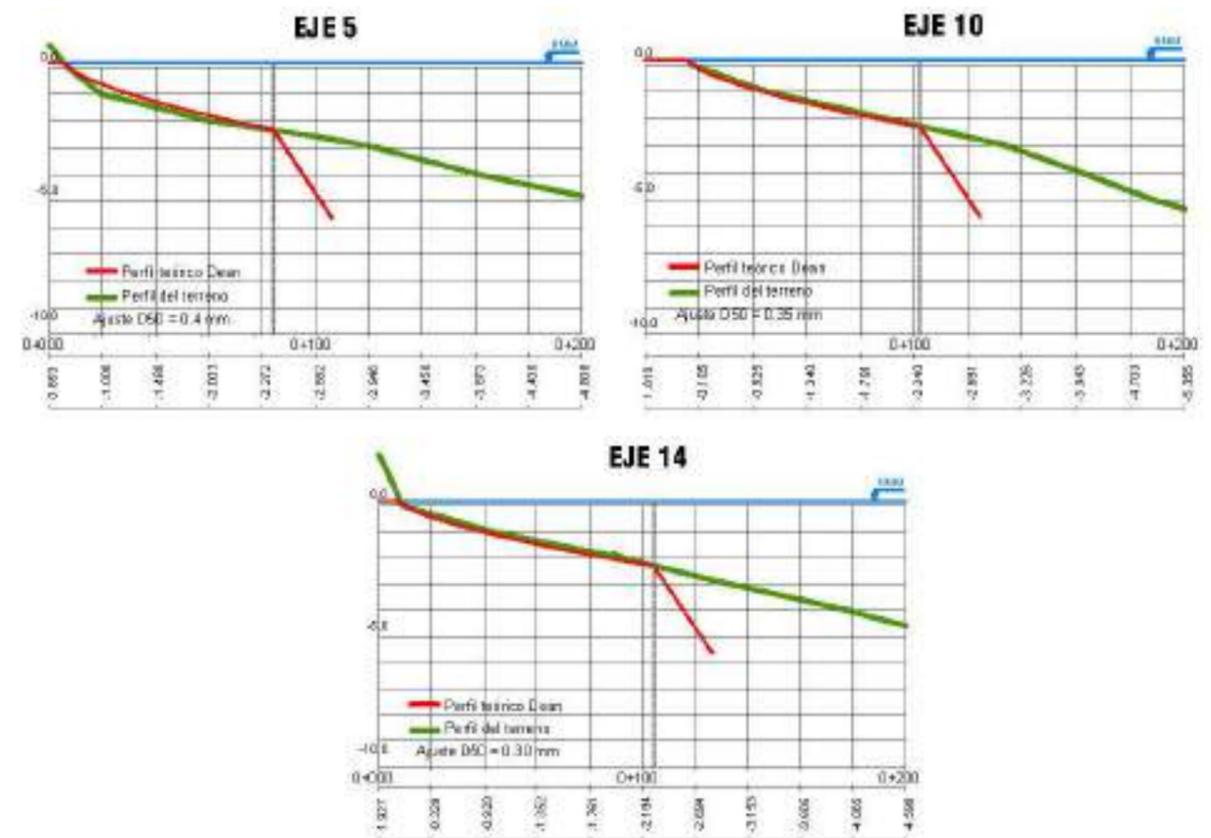


Figura 5. Comparación perfiles reales – perfiles teóricos de equilibrio

Atendiendo a los perfiles obtenidos, se verifica la heterogeneidad longitudinal de la playa variando el tamaño de grano desde 0.40 mm en la zona Oeste mm hasta 0.30 mm en la zona Este.

Para los ejes 10 y 14 se concluye que los perfiles de playa oscilan alrededor del perfil de equilibrio de Dean, con cierta variación debido a la barrera de roca discontinua presente en la playa y la existencia de paradera de Posidonia oceánica, que hacen que el perfil no se comporte exactamente como un perfil tipo teórico de arena.

El eje 5 difiere aún más del perfil de Dean, presentando una mayor pendiente en los primeros 50 metros del transecto. Éste se corresponde con un perfil erosivo, típico de una zona de pérdida de sedimento.

3.1.3 FORMA EN PLANTA

Existen formulaciones empíricas que permiten estimar cuál es la forma en planta de playas ubicadas en la zona de sombra de un cabo o elemento de protección.

Hsu y Evans(1989) propusieron para la forma en planta de una playa la siguiente expresión:

$$\left(\frac{R}{R_0}\right) = C_0 + C_1 \left(\frac{\beta}{\theta}\right) + C_2 \left(\frac{\beta}{\theta}\right)^2$$

Dónde:

- R = radio vector, tomado desde el punto de difracción, que define la forma de la playa.
- R₀ = radio vector, tomado desde el punto de difracción, correspondiente al extremo no abrigado de la playa.
- C₀, C₁, C₂= coeficientes (función de β).
- β = ángulo (fijo) formado entre el frente de oleaje y el radio vector R₀.
- θ = ángulo (variable) entre el frente de oleaje y el radio vector R.

González y Medina (2001) desarrollaron una metodología para el diseño de playas encajadas a partir de la formulación de Hsu. En el método desarrollado β es función de:

- El número de longitudes de onda o distancia adimensional que exista hasta la línea de costa (Y/L), siendo Y la distancia a la línea de costa y L la longitud de onda.
- La dirección del frente del oleaje, que corresponde con la dirección del flujo medio de energía en la zona del polo de difracción. En la Figura 6 se muestra de forma resumida la metodología para obtener la forma en planta de equilibrio.

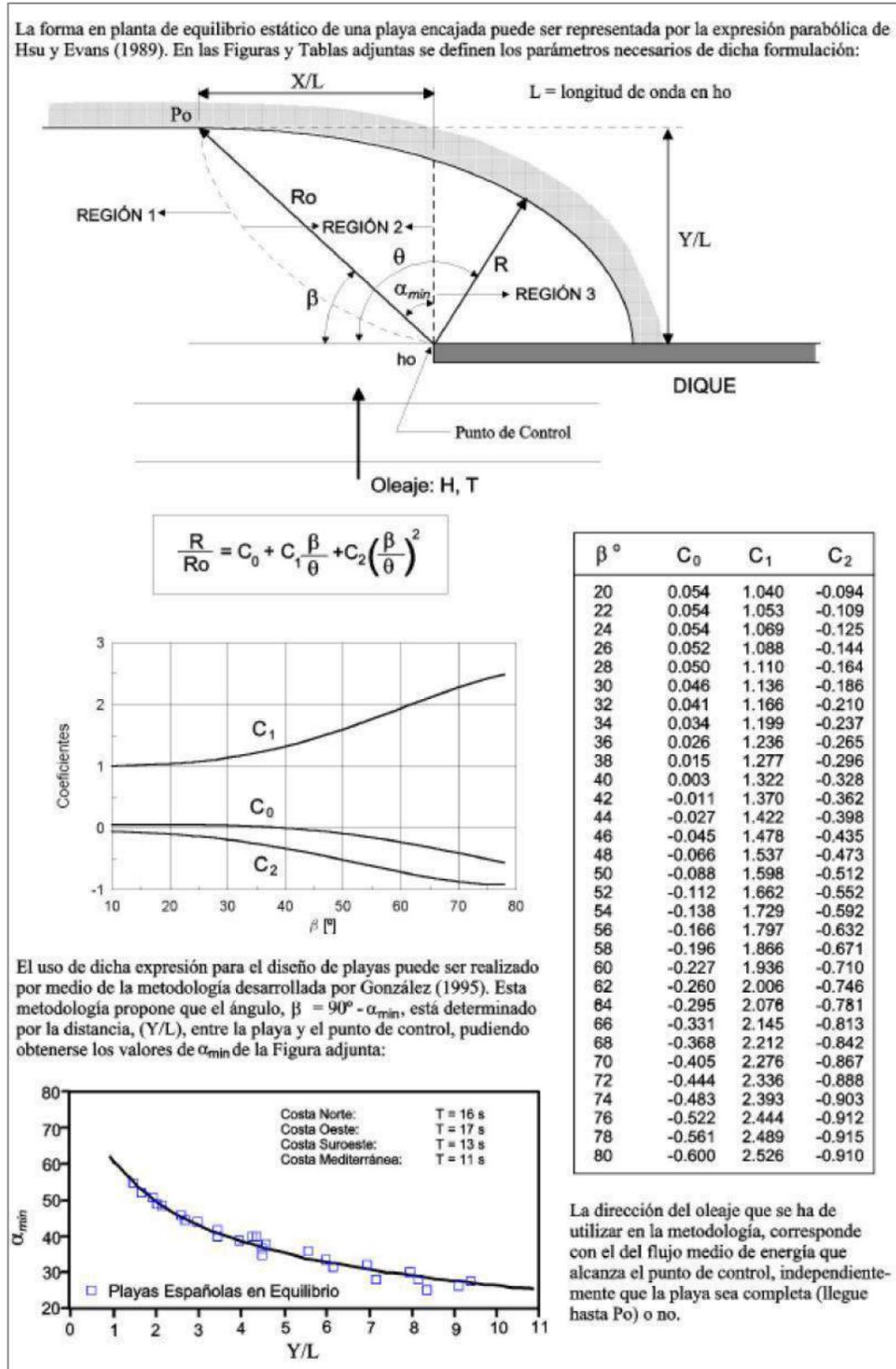


Figura 6. Forma en planta de equilibrio. Playas encajadas

La forma en planta de una playa no es capaz de responder instantáneamente a los cambios de dirección del oleaje, por lo que tiende a ubicarse en una posición media o de equilibrio con las condiciones medias energéticas del oleaje. Esta condición se define mediante el flujo medio anual de energía, F_H , caracterizado en el Anejo N° 05. Clima marítimo para cada uno de los puntos objetivos situados frente a la playa.

A partir del flujo medio de energía, se obtiene la orientación de la línea de costa, perpendicular a los valores del flujo medio de energía calculados para cada una de los puntos objetivos.

En los extremos de la playa de La Cola la forma en planta viene definida por los puntos de difracción que suponen los salientes naturales existentes. Se dibuja la forma en planta de estas zonas con la ayuda del programa SMC, el cual aplica la formulación de Gonzalez y Medina (2001) descrita anteriormente.



Figura 7. Forma en planta de equilibrio, situación actual

3.1.4 POSIBLES CAUSAS MODIFICADORAS DE LA DINÁMICA LITORAL

Tal y como se ha mencionado anteriormente, se ha detectado un retroceso generalizado de la línea de costa a lo largo del todo el frente costero. El retroceso sufrido llega a alcanzar los 25 metros en la zona más occidental limitando con la carretera comarcal RM-D15. En la siguiente figura se ha superpuesto una ortofoto histórica de 1957 con la línea de costa actual, donde pueden apreciarse los cambios descritos.

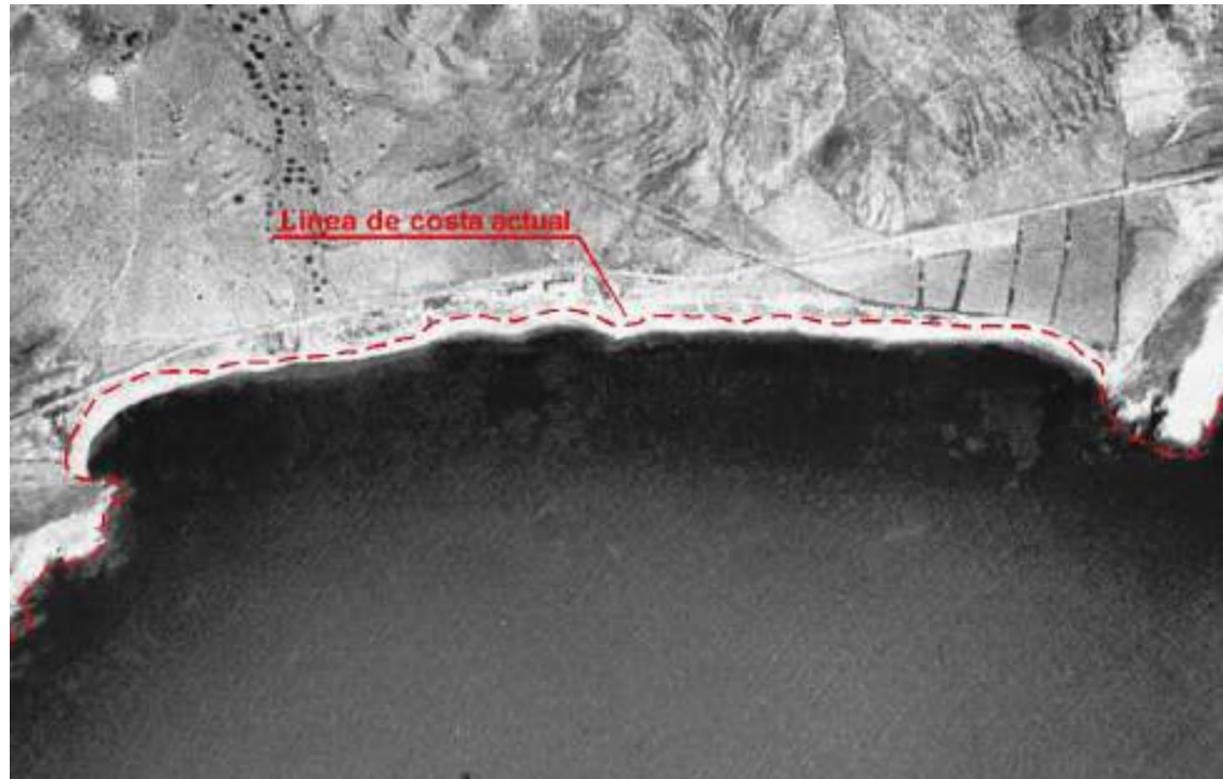


Figura 8. Comparativa ortofoto 1973 – línea de costa actual

Con carácter general, un cambio de forma se puede atribuir a dos factores; un cambio en los puntos de difracción que controlan la forma de la playa, o un cambio en la distribución del oleaje y de la corriente que afectan a la playa. Dado que los puntos de difracción que definen el equilibrio actual son elementos naturales localizados en el exterior de la playa y que no se ha construido ningún dique que pueda afectar a la forma en planta de la playa, **el cambio de forma ha de estar originado por un cambio en la distribución del oleaje, asociado asimismo a un cambio en la batimetría.**

Un factor importante a considerar, que puede ser el más significativo del proceso de erosión de la playa, son los cambios relacionados con la *Posidonia Oceánica*.

El patrón de corrientes existente en la playa (Anejo N° 05 CLIMA MARÍTIMO) refleja la existencia de unas corrientes concentradas en los extremos y parte de central de la playa. Un cambio compatible con las pérdidas de sedimento observadas en los laterales, es el incremento de la intensidad de estas corrientes que transportan el sedimento.

Dicha intensificación de corrientes puede estar originada en parte por los cambios producidos en la pradera de Posidonia:

- **Retirada de los montículos de Posidonia muerta que se depositan tras cada temporal:** Las labores de mantenimiento de la playa, en la que se retira la posidonia muerta de la línea de orilla para acondicionar la playa al baño, lleva inevitablemente asociada la retirada de parte de la arena presente en la playa y que se encuentra entre estos montículos de Posidonia muerta.
- **Desaparición de parte de la Posidonia existente en las proximidades del frente costero.** Las praderas de Posidonia actúan como un dique sumergido que reduce la energía del oleaje que incide en la playa (Méndez y Losada, 2004). Al desaparecer parte de la Posidonia, se reduce la densidad del campo de esta pradera y por tanto, se reduce la disipación del oleaje, incrementándose la altura de ola incidente y, como consecuencia, produciéndose un incremento de las corrientes y transporte de sedimentos hacia la zona central de la playa.

Por otra parte, un hecho que puede estar favoreciendo la pérdida de sedimento es **la presencia de un surco submarino en la zona oeste de la playa** de unos 300 metros de longitud, extendiéndose desde la batimétrica -1 m hasta la -17 m., coincidente con la zona más erosionada de la playa. Este surco, tenía su continuación en la parte terrestre en forma de pequeña vaguada, que aportaba sedimentos a la playa; en la actualidad ésta vaguada ha desaparecido por las transformaciones sufridas (Anejo 4, apartado 3.Red Fluvial). Dicha singularidad proporciona un sumidero potencial del sedimento que es puesto en movimiento por las corrientes.

3.2 ESTABILIDAD DE LA PLAYA A CORTO PLAZO

El balance sedimentario actual es prácticamente nulo en condiciones normales, sin embargo la playa de La Cola sufre una variación a corto plazo debido a temporales del oleaje.

3.2.1 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS TRAS UN TEMPORAL

Atendiendo a los resultados de corrientes obtenidos en el ANEJO N°05. CLIMA MARÍTIMO, se puede realizar el análisis del transporte sedimentario que se produce en la playa tras un temporal.

En la playa de la Cola predominan las corrientes desde levante a poniente, resultando el transporte neto de sedimentos hacia la zona Oeste, tal y como se da verificado en el apartado "2.1 CAUDAL DE TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS EN FUNCIÓN DEL FLUJO DE ENERGÍA DEL OLAJE." del presente documento.

Mediante el módulo EROS del programa SMC se realiza la simulación del transporte longitudinal de sedimentos, indicando las zonas de erosión y sedimentación tras la acción de un temporal. Las simulaciones se realizan con las mallas establecidas para la propagación y para los oleajes procedentes de los sectores E, ESE, S, SSE, SSW y SW, correspondientes a los presentes en la caracterización del oleaje en profundidades indefinidas.

Como puede observarse en los siguientes gráficos, la erosión originada por los distintos oleajes que llegan a la playa se produce de forma generalizada en todo el frente costero incrementándose en los extremos debido a la concentración de corrientes en estas zonas.

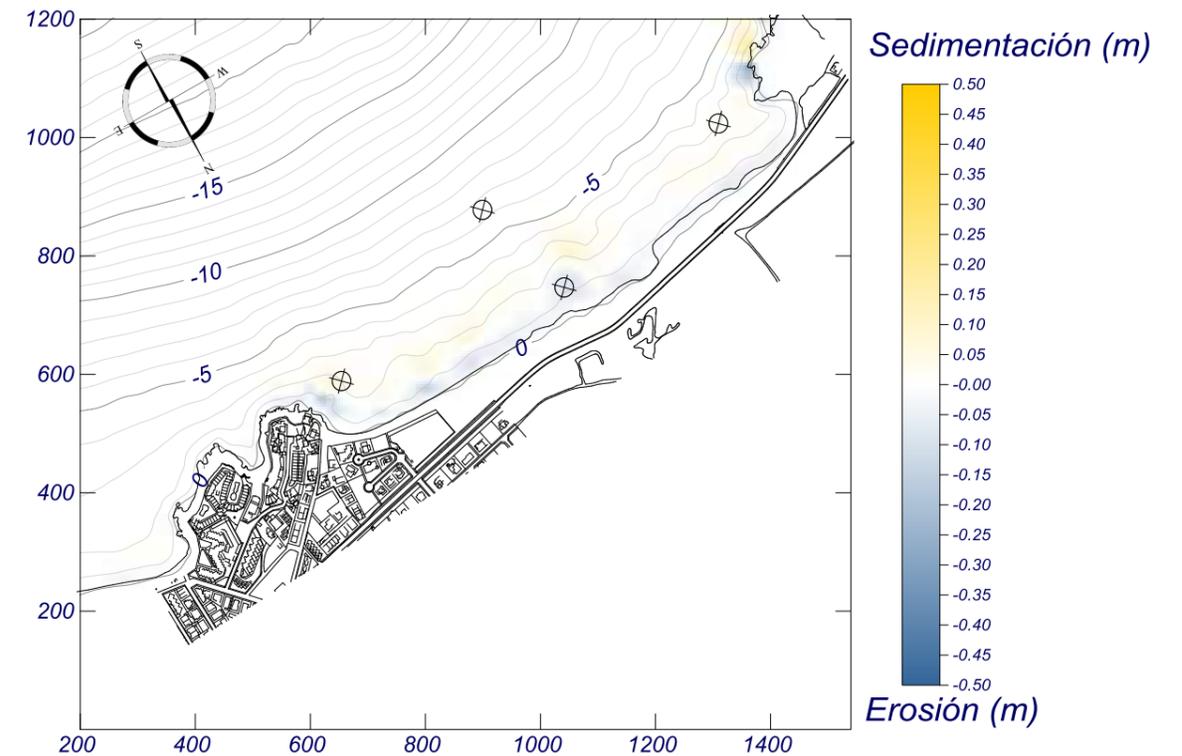


Figura 9. Topografía final y variación de la topografía. Temporal E

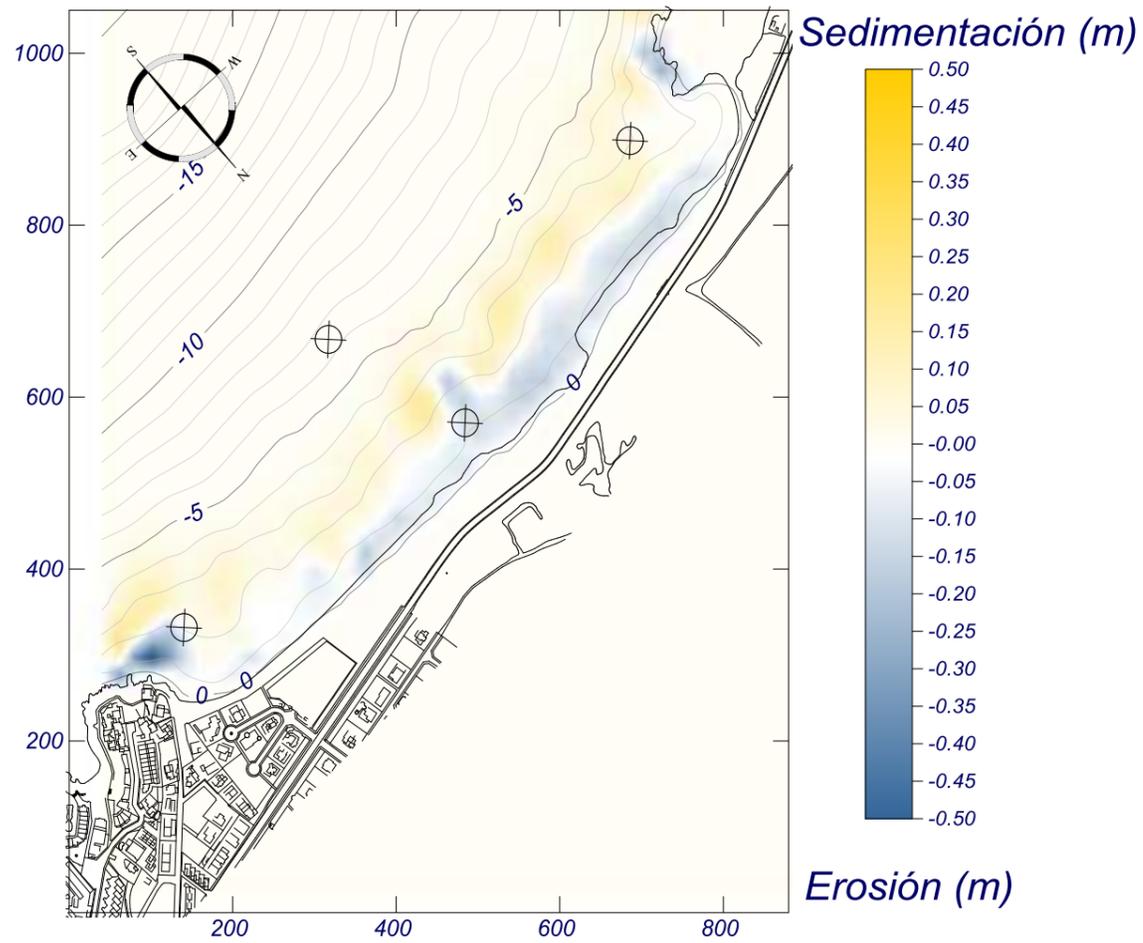


Figura 10. Topografía final y variación de la topografía. Temporal ESE

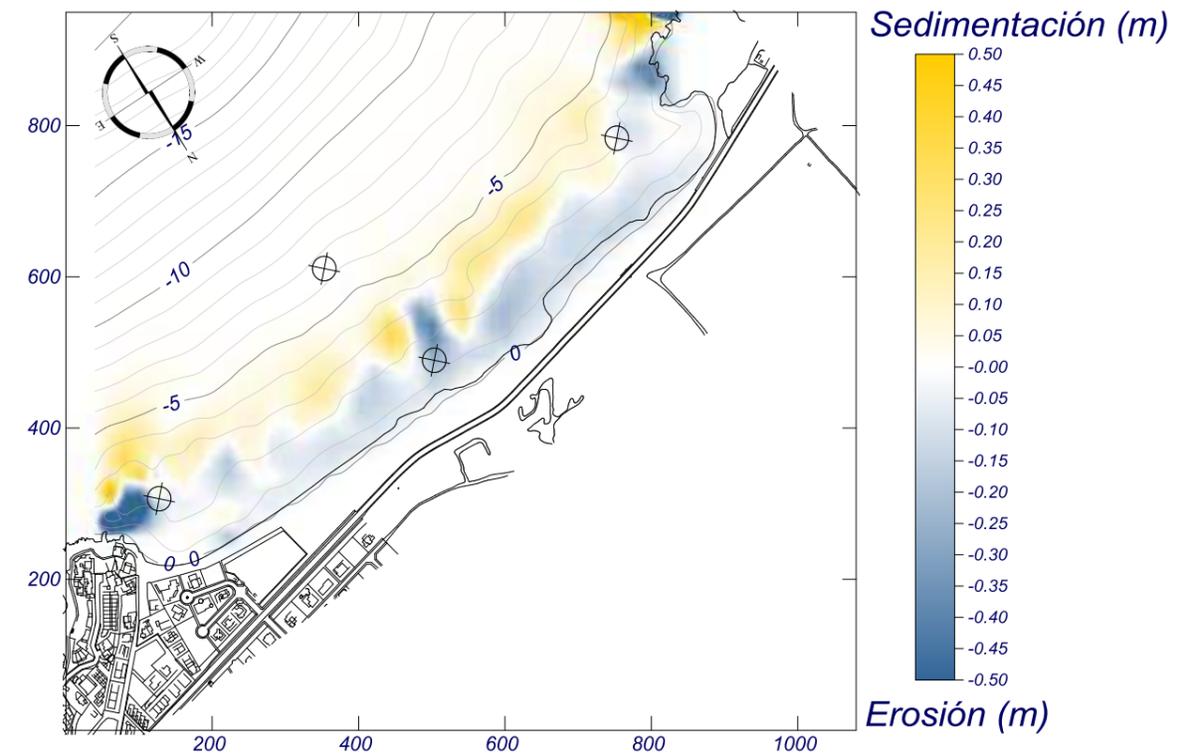


Figura 11. Topografía final y variación de la topografía. Temporal SE

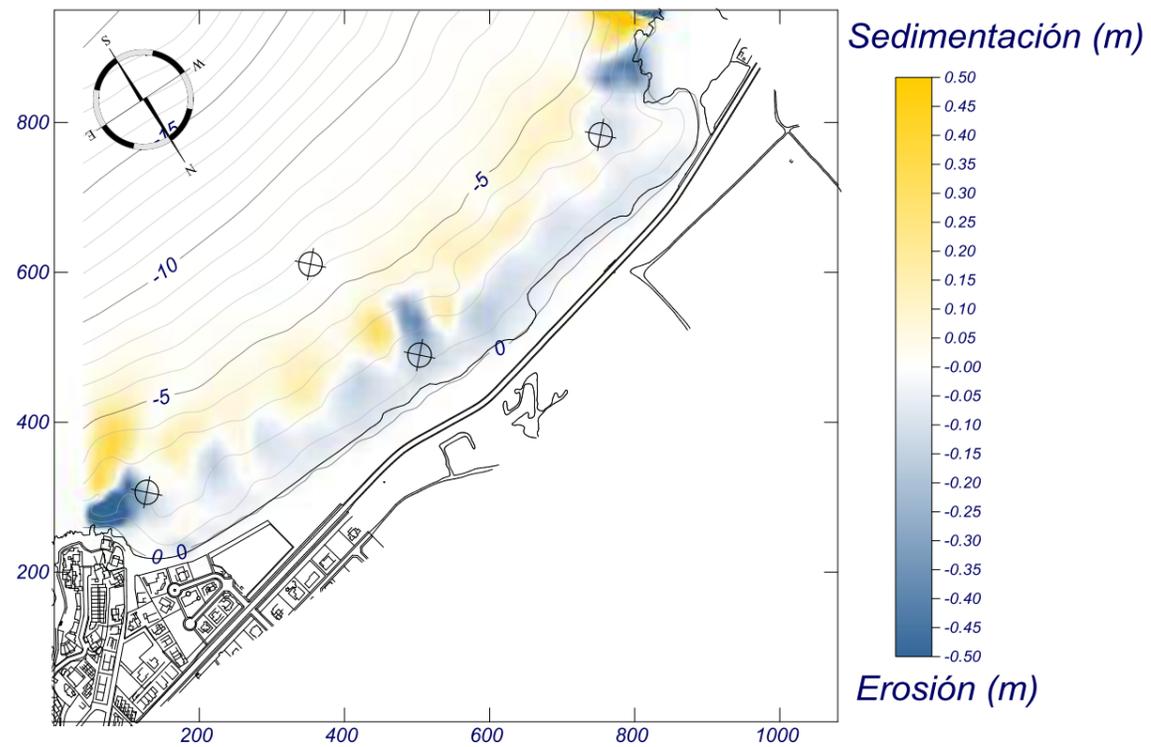


Figura 12. Topografía final y variación de la topografía. Temporal SSE

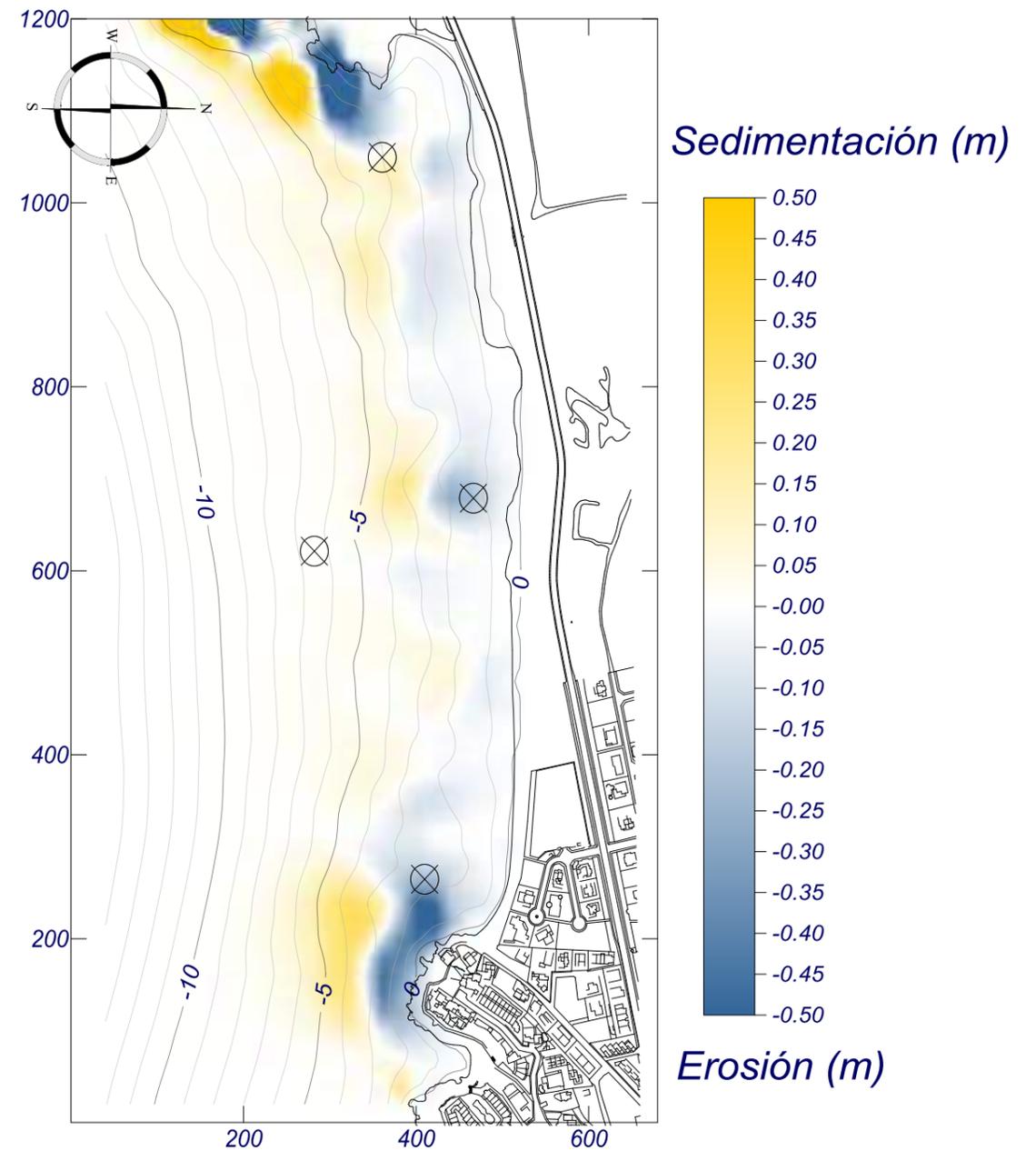


Figura 13. Topografía final y variación de la topografía. Temporal S

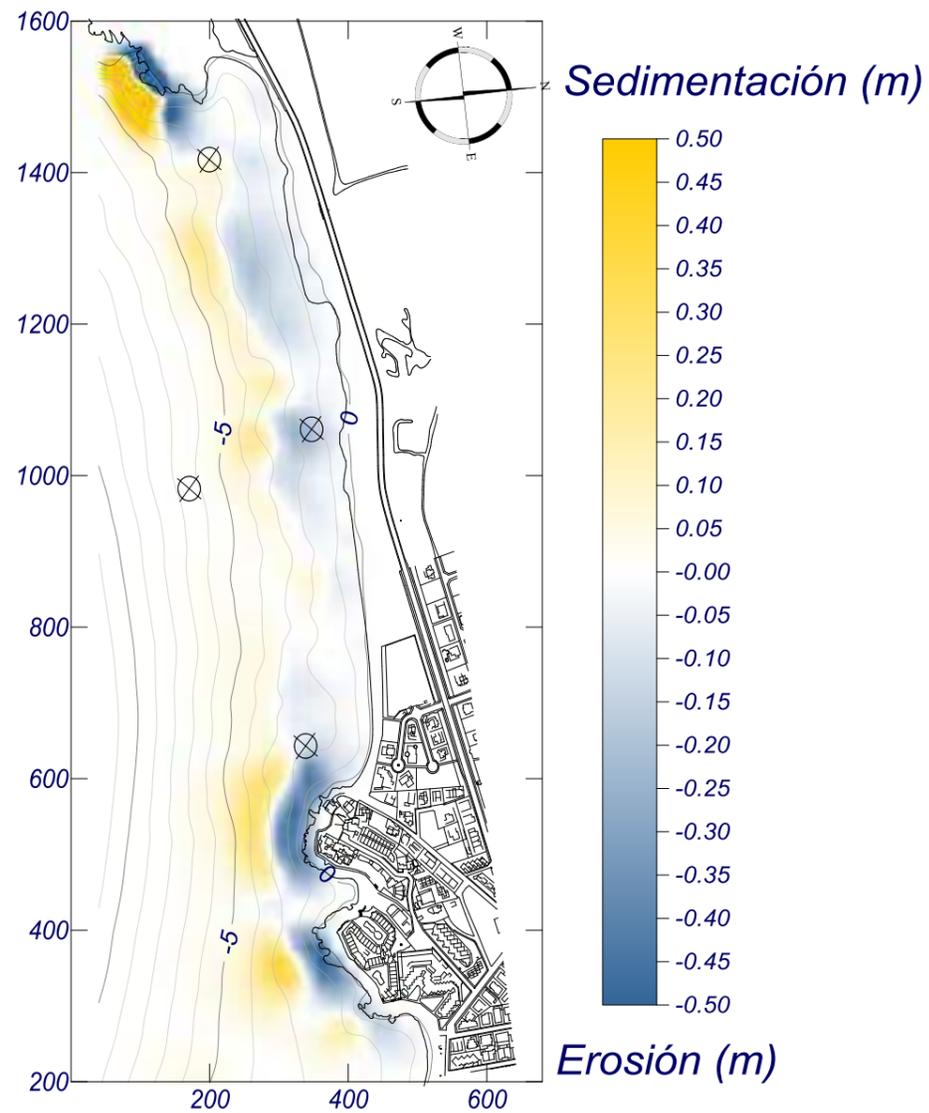


Figura 14. Topografía final y variación de la topografía. Temporal SSW

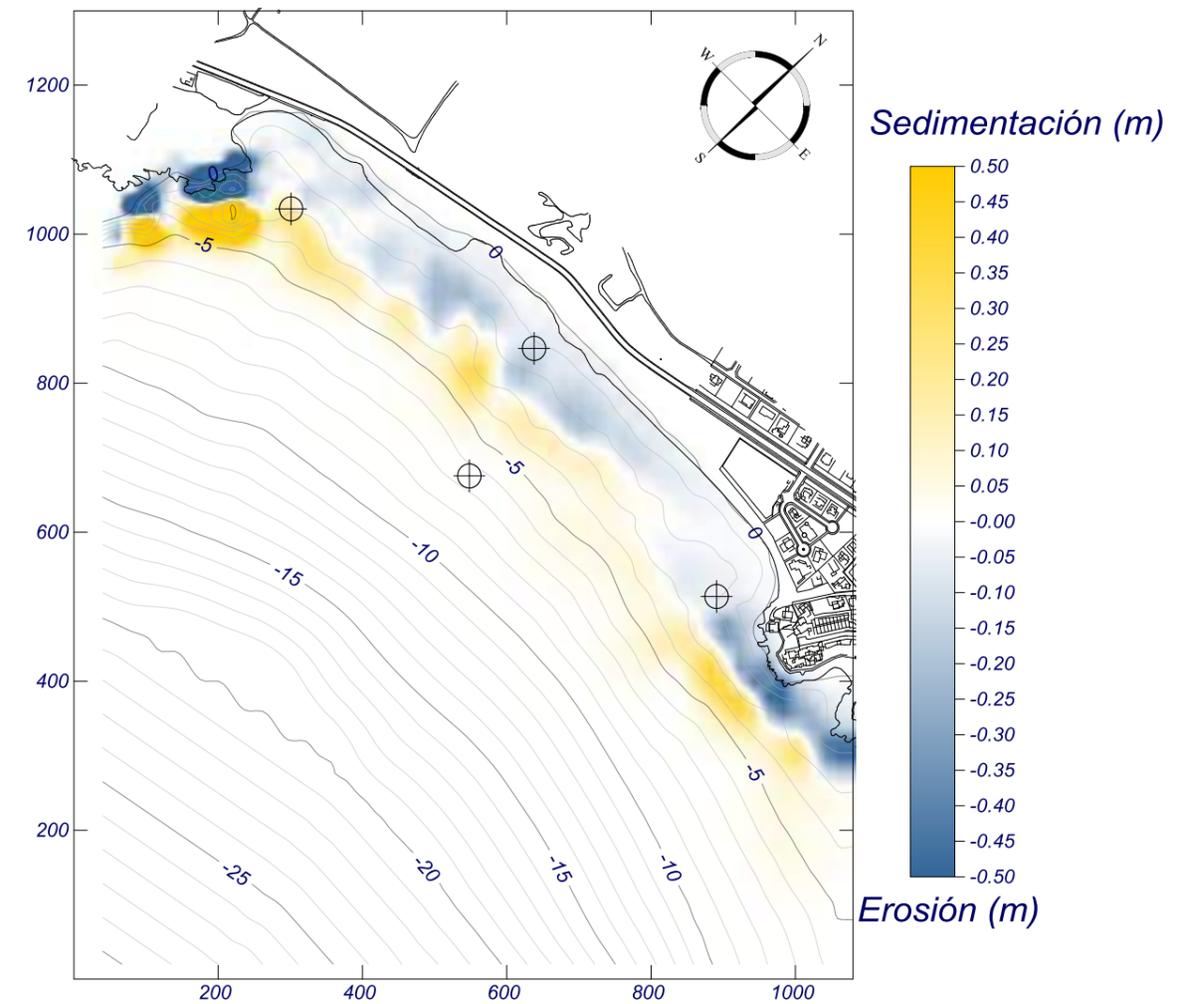


Figura 15. Topografía final y variación de la topografía. Temporal SW

4 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FUTURA

En este apartado se llevará a cabo el análisis a largo y corto plazo de la playa de La Cola en su situación futura, es decir una vez ejecutadas las obras que integran el presente Proyecto.

4.1 ESTABILIDAD DE LA PLAYA A LARGO PLAZO

Se determinará la forma en planta y perfil de equilibrio de la playa utilizando el modelo numérico SMC, asumiendo la hipótesis de ortogonalidad (la estabilidad del perfil de playa es independiente de la estabilidad de la planta, por lo que pueden estudiarse por separado).

4.1.1 PERFIL DE EQUILIBRIO

Al igual que para la situación actual (apartado 3.1.2. PERFIL DE EQUILIBRIO) el perfil de equilibrio resultante de la regeneración se ajustará a un perfil de Dean, dada su simplicidad matemática y ser el que mejor se ajusta a un gran número de perfiles de playa.

La expresión parabólica del perfil de equilibrio corresponde a la siguiente expresión:

$$h = A * x^{2/3}$$

Dean (1987) encontró la relación entre el tamaño de grano, D50, y el parámetro de forma, A, expresándola en términos de velocidad de caída del grano, w:

$$A(m^{1/3}) = K * w^{0,44} (m/s)$$

Dónde:

k = 0,51. Valor propuesto por Dean (1987)

De manera aproximada, y en arenas de densidad $\rho_s=2,65 \text{ tn/m}^3$, la velocidad de caída del grano puede obtenerse:

$$\begin{aligned}
 w(m/s) &= 1,1 * 10^6 * D^2 & D < 0,1 \text{ mm} \\
 w(m/s) &= 273 * D^{1,1} & 0,1 < D < 1 \text{ mm} \\
 w(m/s) &= 4,36 * D^{0,5} & D > 1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

En la siguiente figura se representa el perfil teórico de Dean, para un tamaño de arena empleado en la regeneración igual a 1,5 mm, y con una profundidad de cierre igual a 2,5 m. Se utiliza el programa SMC para la determinación del mismo:

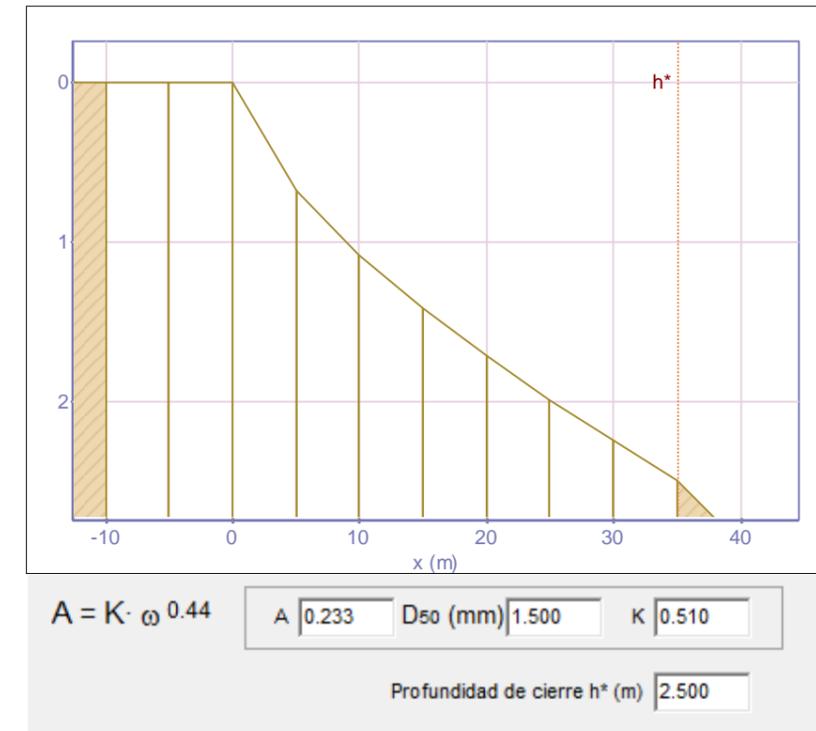


Figura 16. Ajuste perfil Dean regeneración

4.1.2 FORMA EN PLANTA

La construcción del espigón supondrá un nuevo punto de difracción de la playa, resultando una forma en planta de la zona oriental distinta a la actual. La regeneración parcial proyectada se apoyará en esta estructura, cuya forma en planta responderá según la formulación empírica descrita en el apartado "3.1.3 FORMA EN PLANTA" del presente anejo. Se ha determinado mediante el programa SMC, que aplicando la formulación anterior, representa gráficamente la línea de costa resultante de la sombra de olaje generada por el punto de difracción que supone el espigón proyectado.

El resto de línea de costa permanecerá tal y como se ha descrito para la situación actual, ya que no se presentan nuevos puntos de difracción ni variaciones de los flujos medios calculados.



Figura 17. Forma en planta equilibrio, situación futura. SMC



Figura 18. FME y forma en planta equilibrio, situación futura

4.2 ESTABILIDAD DE LA PLAYA A CORTO PLAZO

Para analizar el comportamiento que la playa de la Cola tendría una vez ejecutadas las obras proyectadas, se realiza el de nuevo el estudio de corrientes durante una tormenta procedente de los sectores E, ESE, SE, SSE, S, SSW Y SW.

Se analizan temporales caracterizados con una altura de ola significativa de 3 m y un periodo de 10 s. Se han utilizado los mismos sistemas de mallas definidos para la propagación del oleaje.

Como es de esperar los sistemas de corrientes obtenidos son muy similares a la situación actual (ANEJO Nº 05. CLIMA MARÍTIMO). Con la construcción de las obras proyectadas, las corrientes alrededor del espigón variarán interrumpiéndose con la propia estructura.

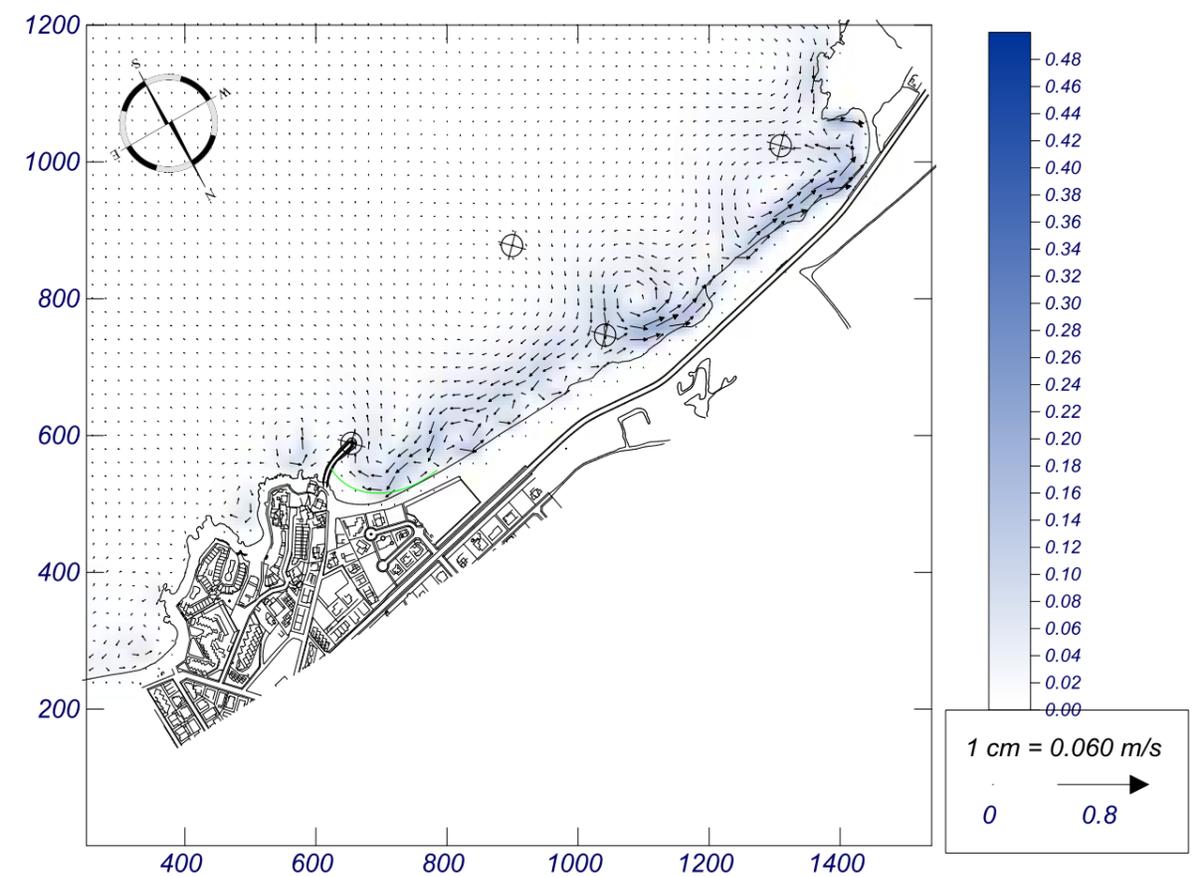


Figura 19. Vectores de corriente-Magnitud. Temporal E

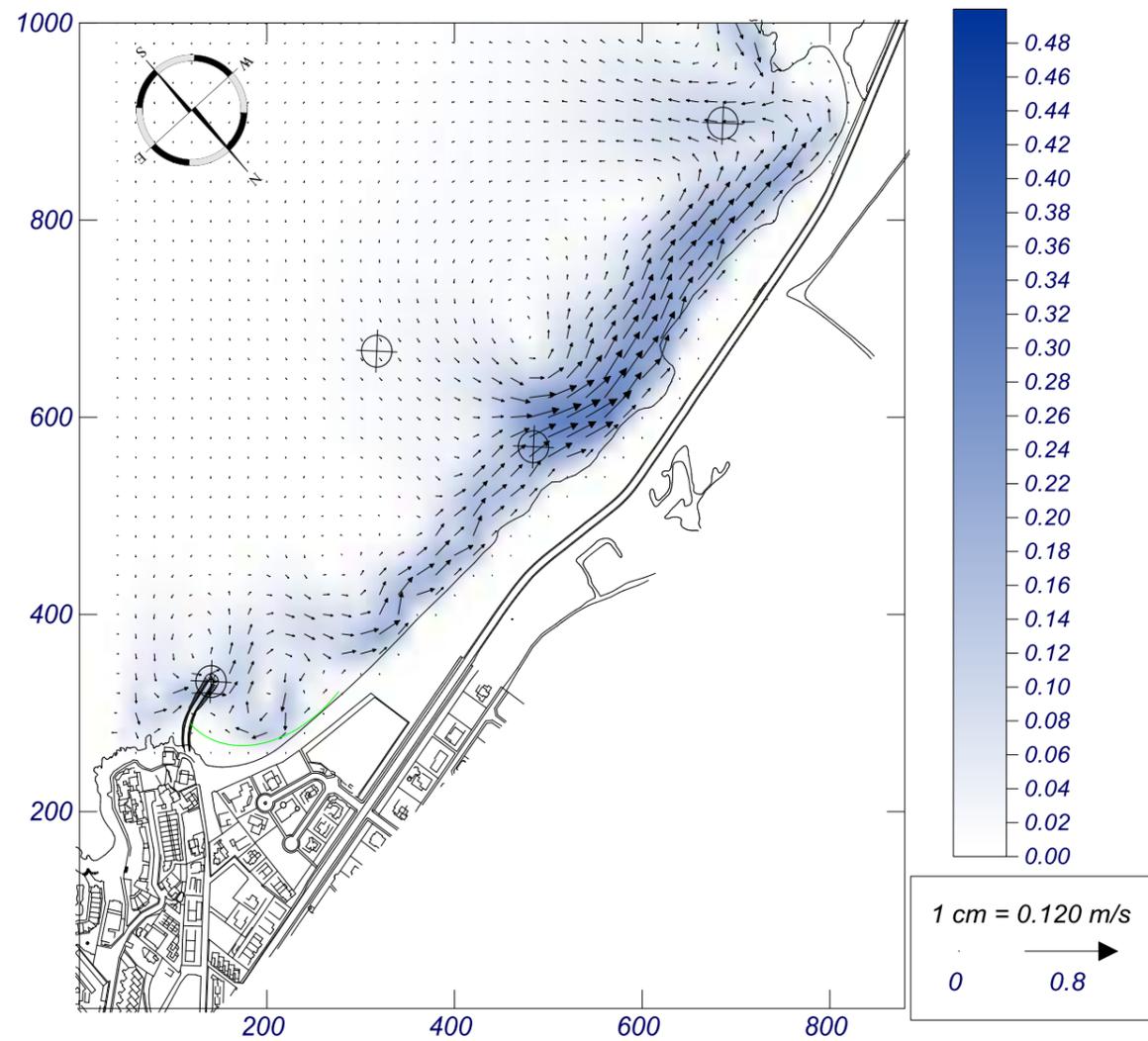


Figura 20. Vectores de corriente-Magnitud. Temporal ESE

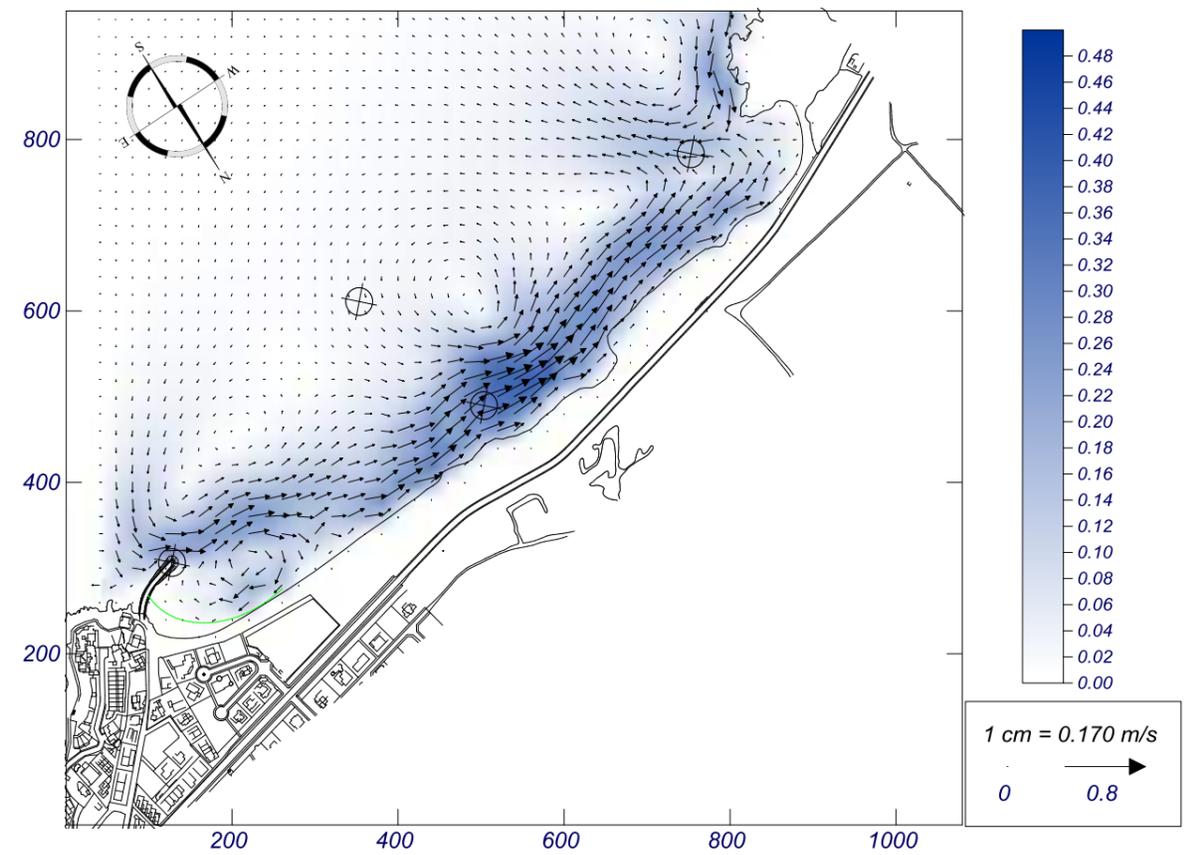


Figura 21. Vectores de corriente-Magnitud. Temporal SE

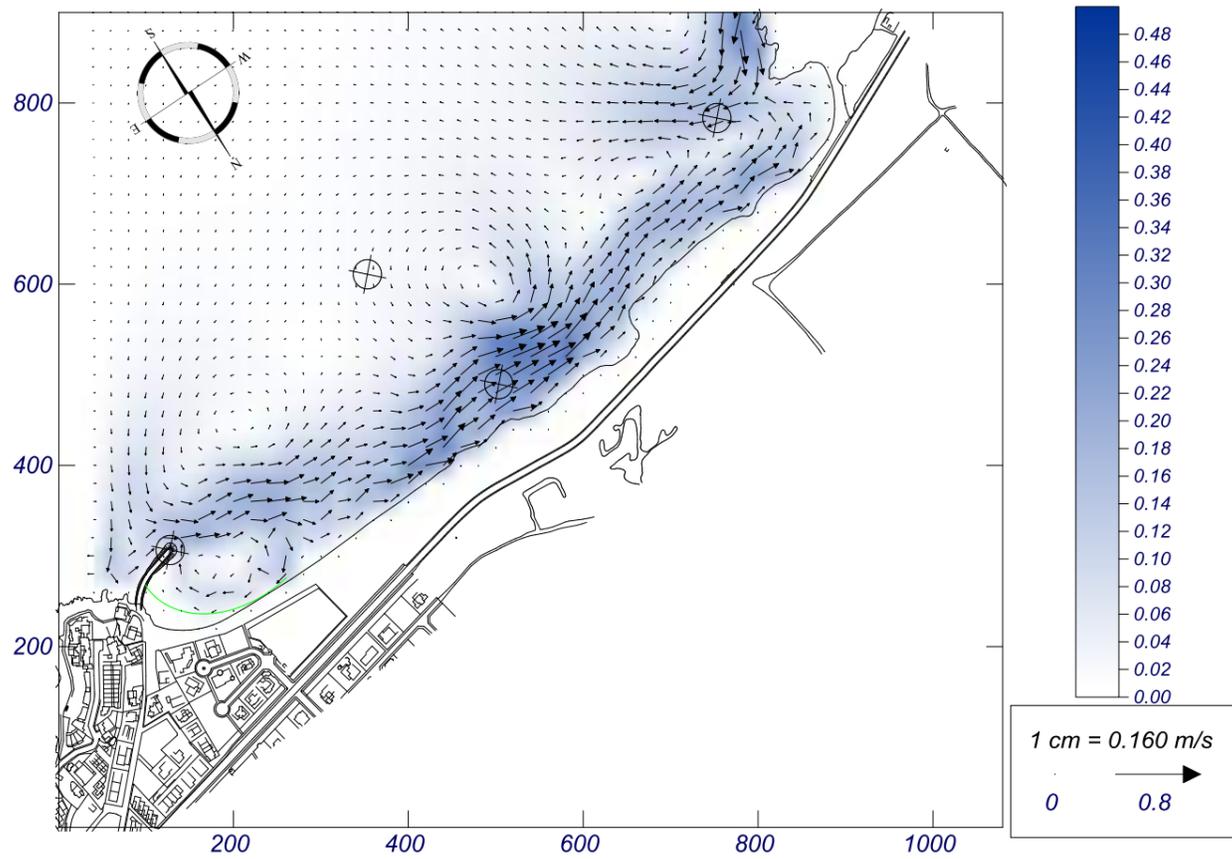


Figura 22. Vectores de corriente-Magnitud. Temporal SSE

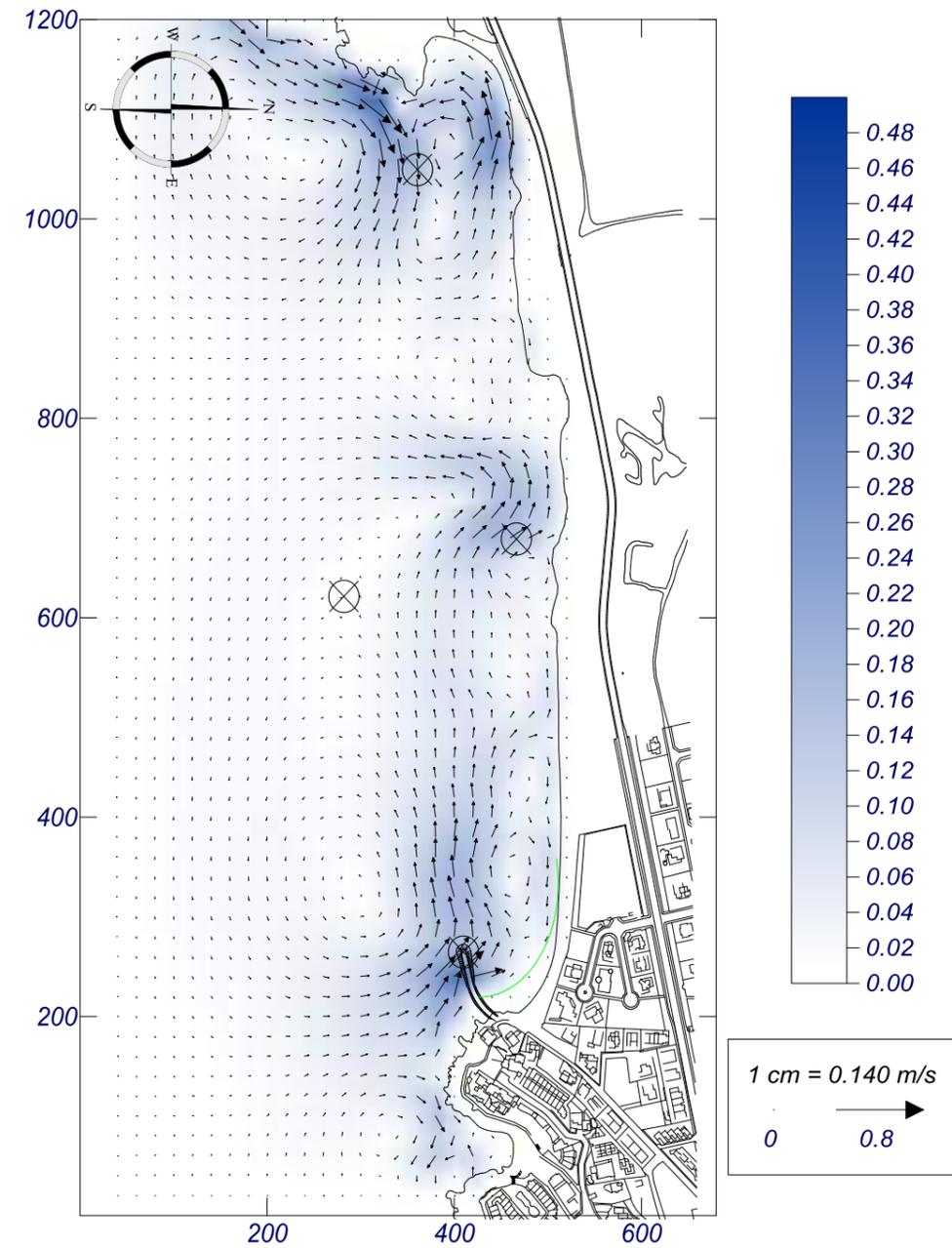


Figura 23. Vectores de corriente-Magnitud. Temporal S

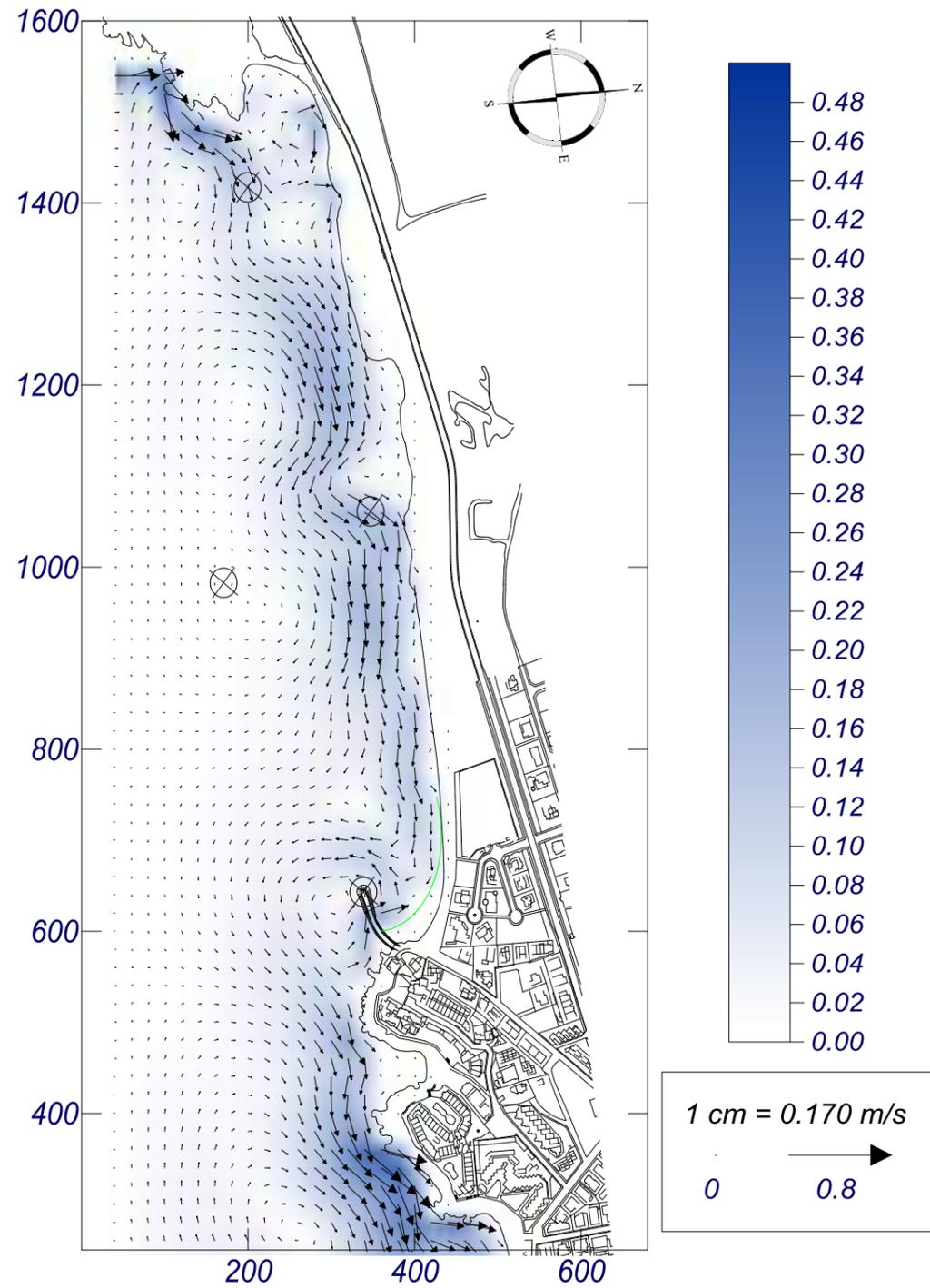


Figura 24. Vectores de corriente-Magnitud. Temporal SSW

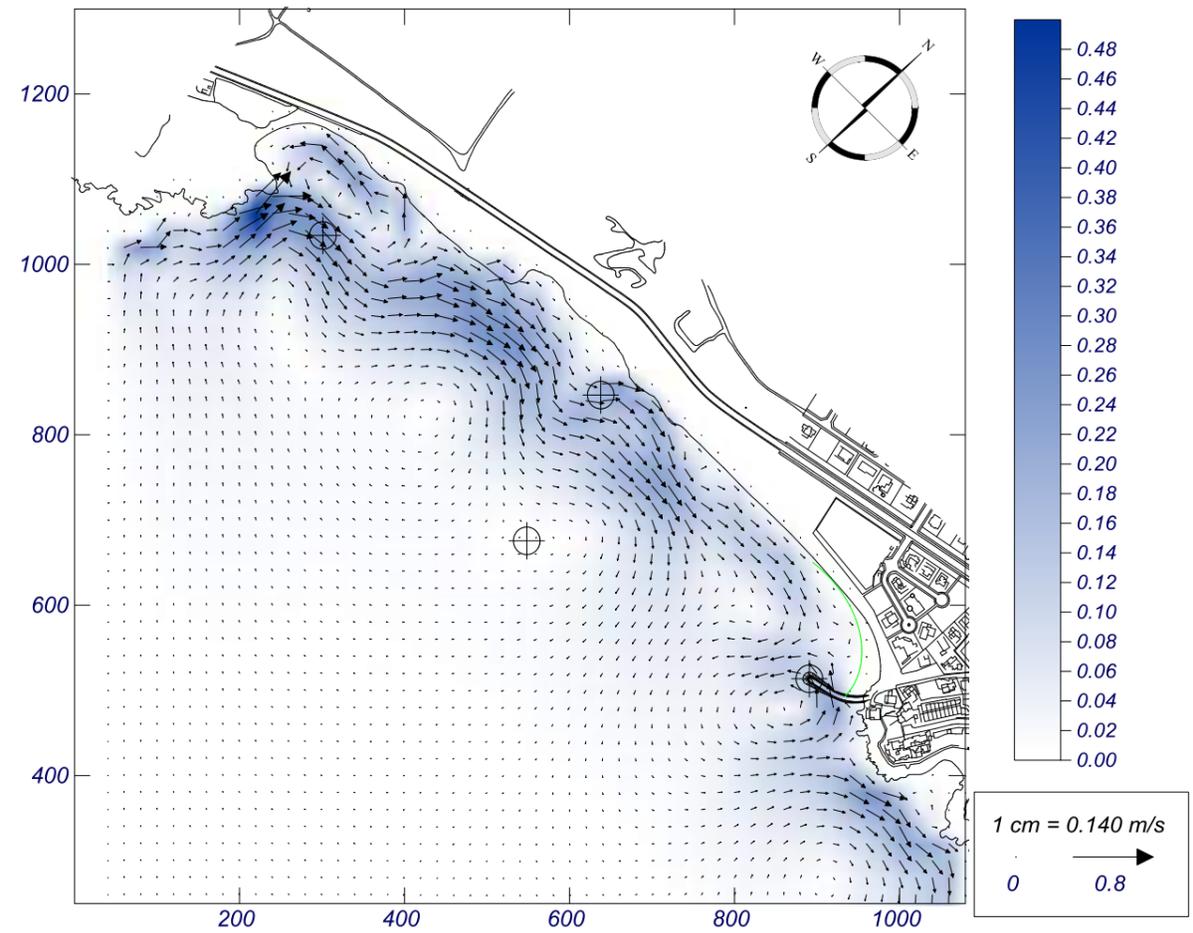


Figura 25. Vectores de corriente-Magnitud. Temporal SW

4.2.1 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS TRAS UN TEMPORAL

La construcción del espigón supondrá la interrupción del transporte longitudinal de sedimentos hacia las zonas de levante. La playa de la Cola quedará completamente encajada entre esta nueva estructura y el saliente Oeste, conformando un sistema rígido en el que el transporte longitudinal neto de sedimentos será nulo.

Al igual que para la situación actual se realiza mediante el módulo EROS del programa SMC la simulación del transporte longitudinal de sedimentos, indicando las zonas de erosión y sedimentación. Las simulaciones se realizan con las mallas establecidas para la propagación y para los oleajes de los sectores E, ESE, SE, SSE, S, SSW y SW.

Como puede comprobarse, la erosión en la zona Este de la playa disminuye con la presencia del espigón proyectado, evitando asimismo el retroceso de la línea de costa y la protección del frente costero en esta zona.

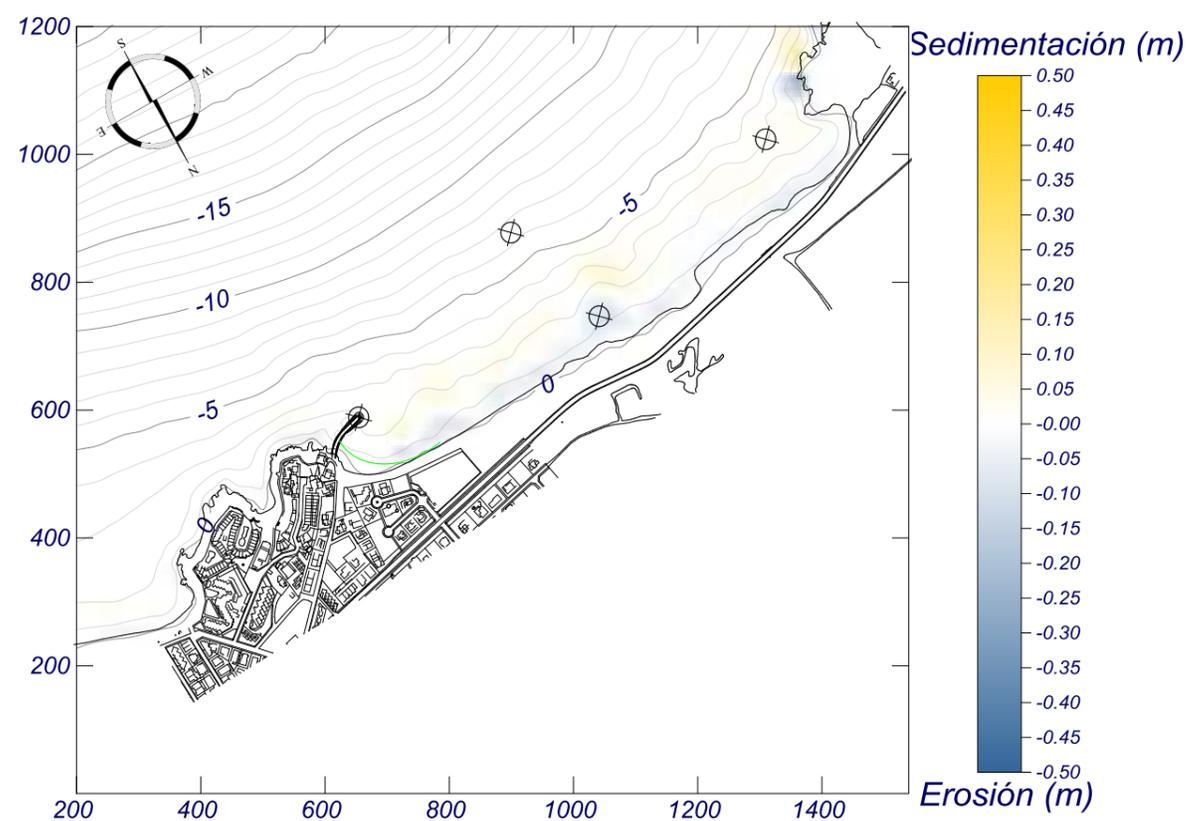


Figura 26. Topografía final y variación de la topografía. Temporal E

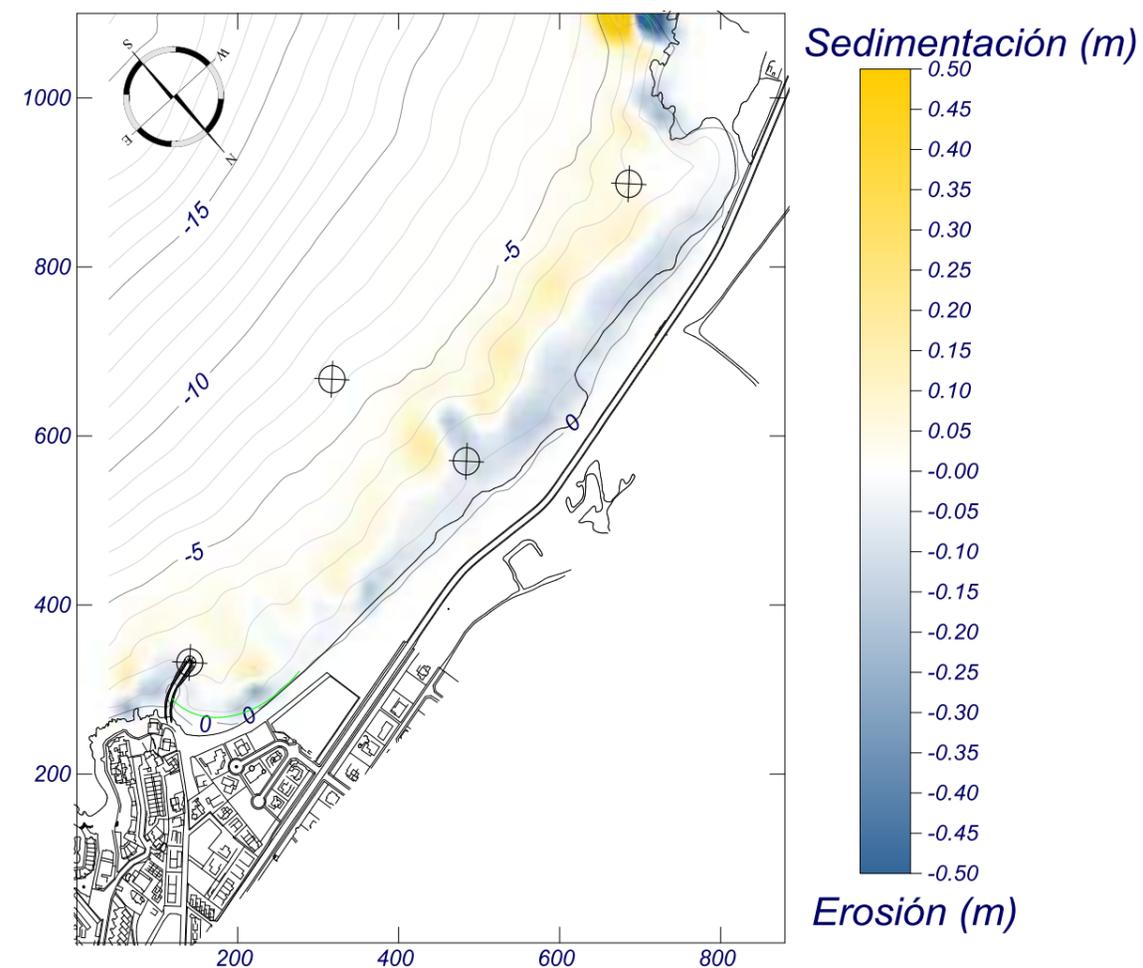


Figura 27. Topografía final y variación de la topografía. Temporal ESE

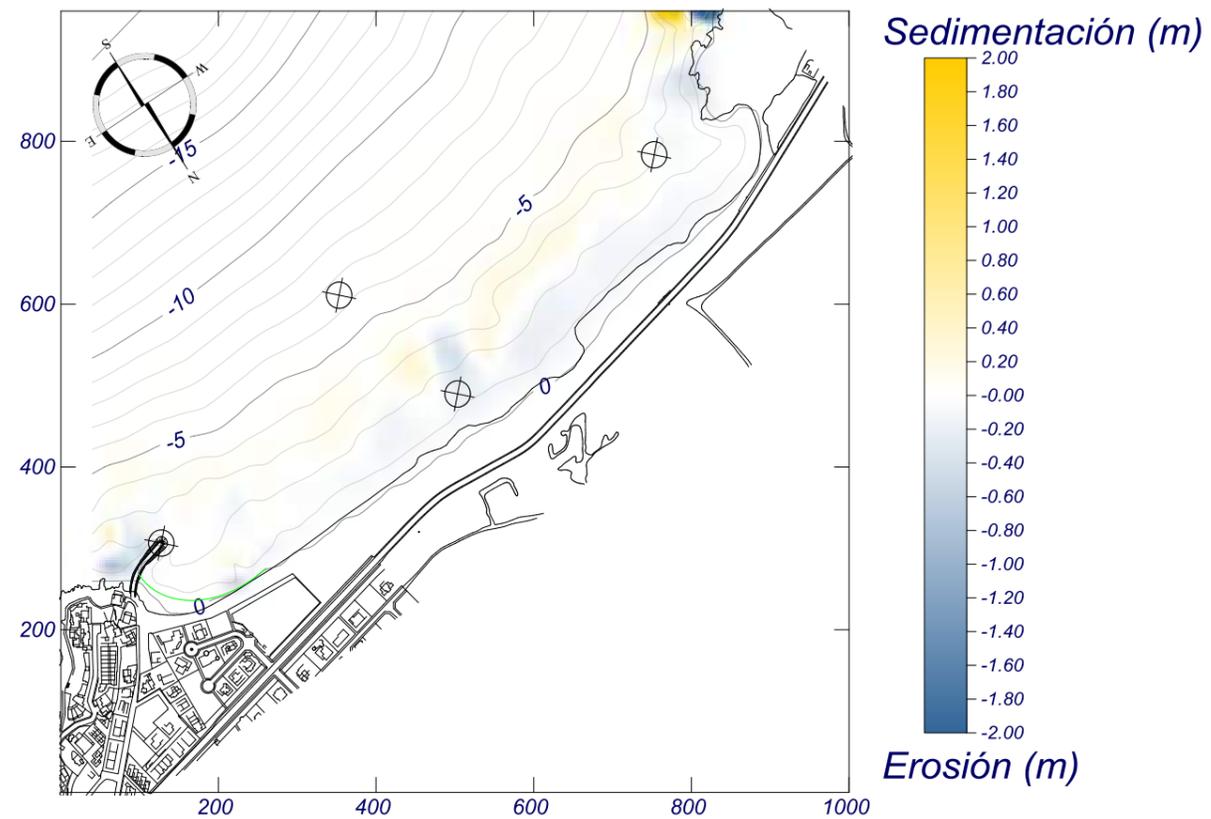


Figura 28. Topografía final y variación de la topografía. Temporal SE

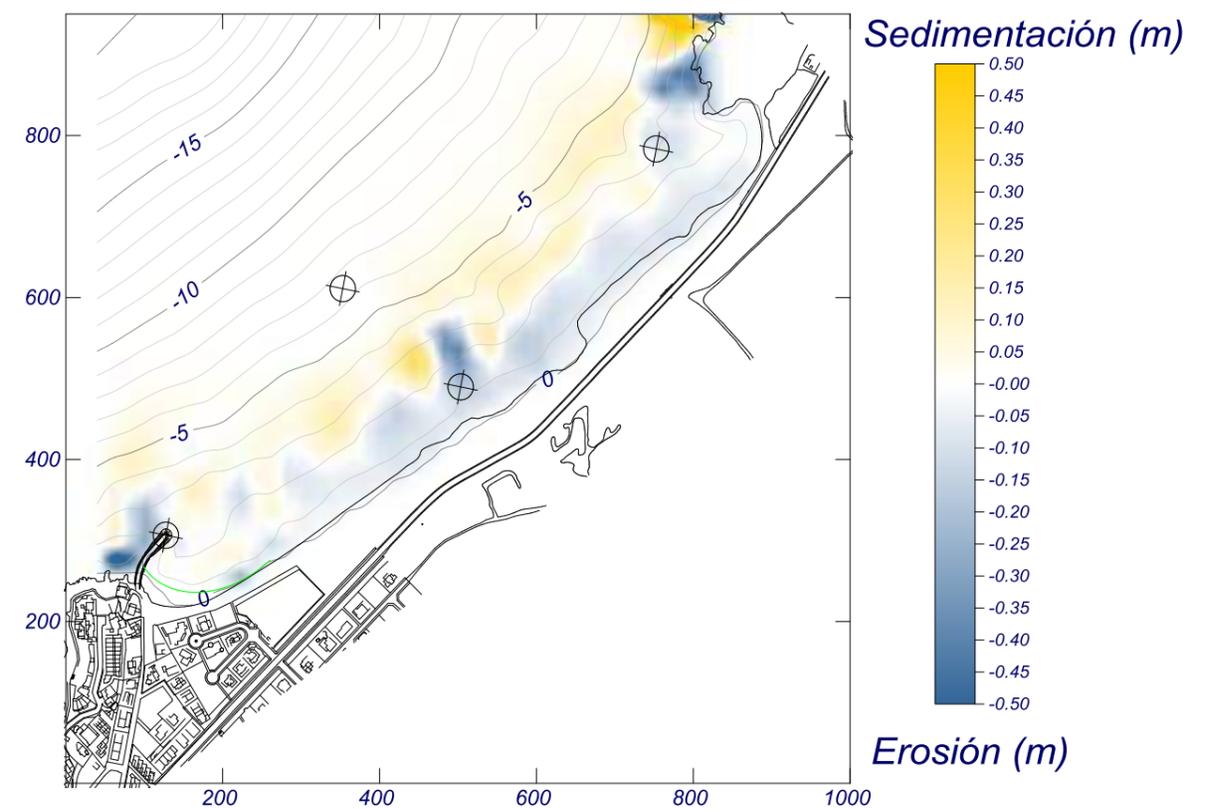


Figura 29. Topografía final y variación de la topografía. Temporal SSE

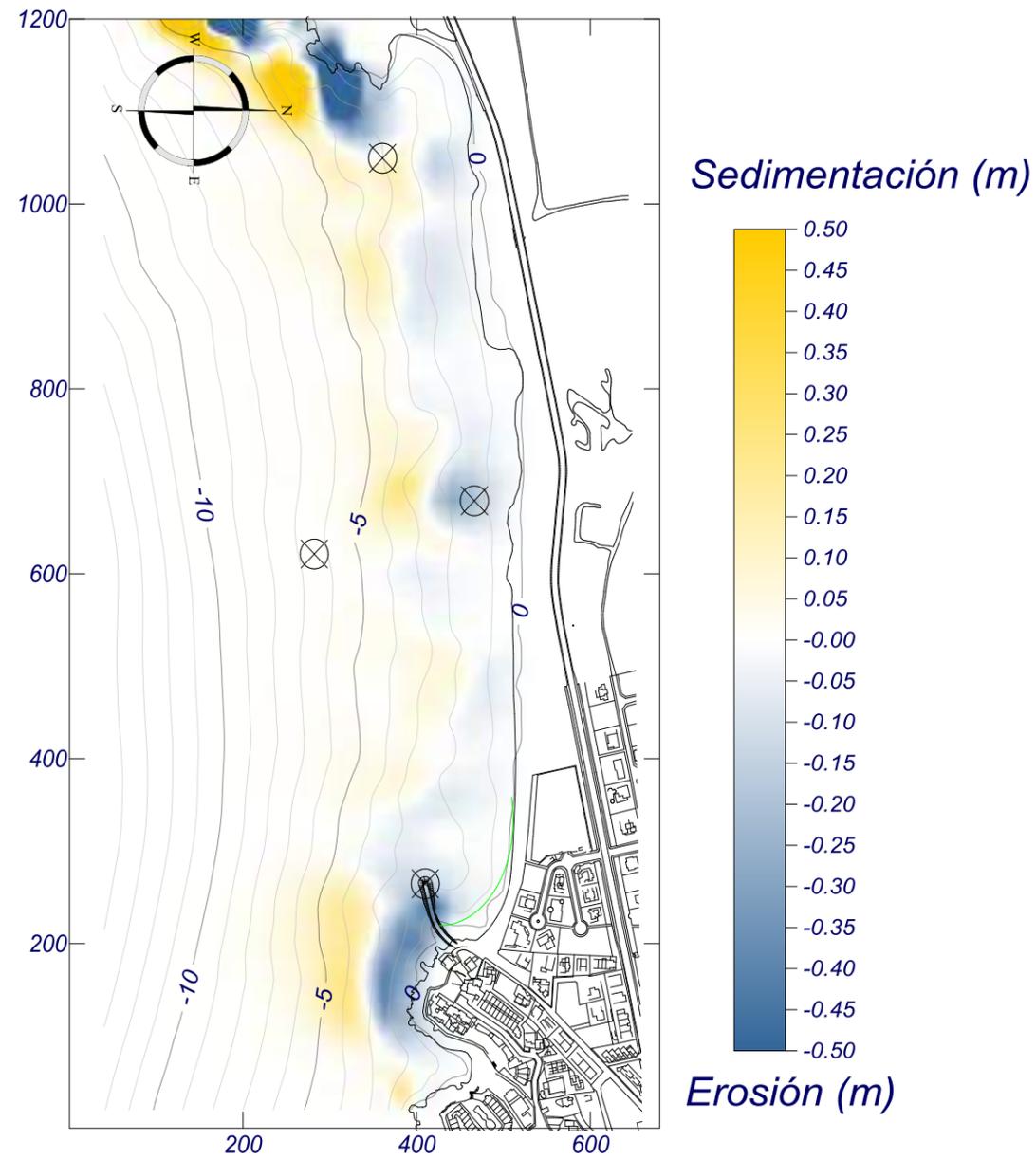


Figura 30. Topografía final y variación de la topografía. Temporal S

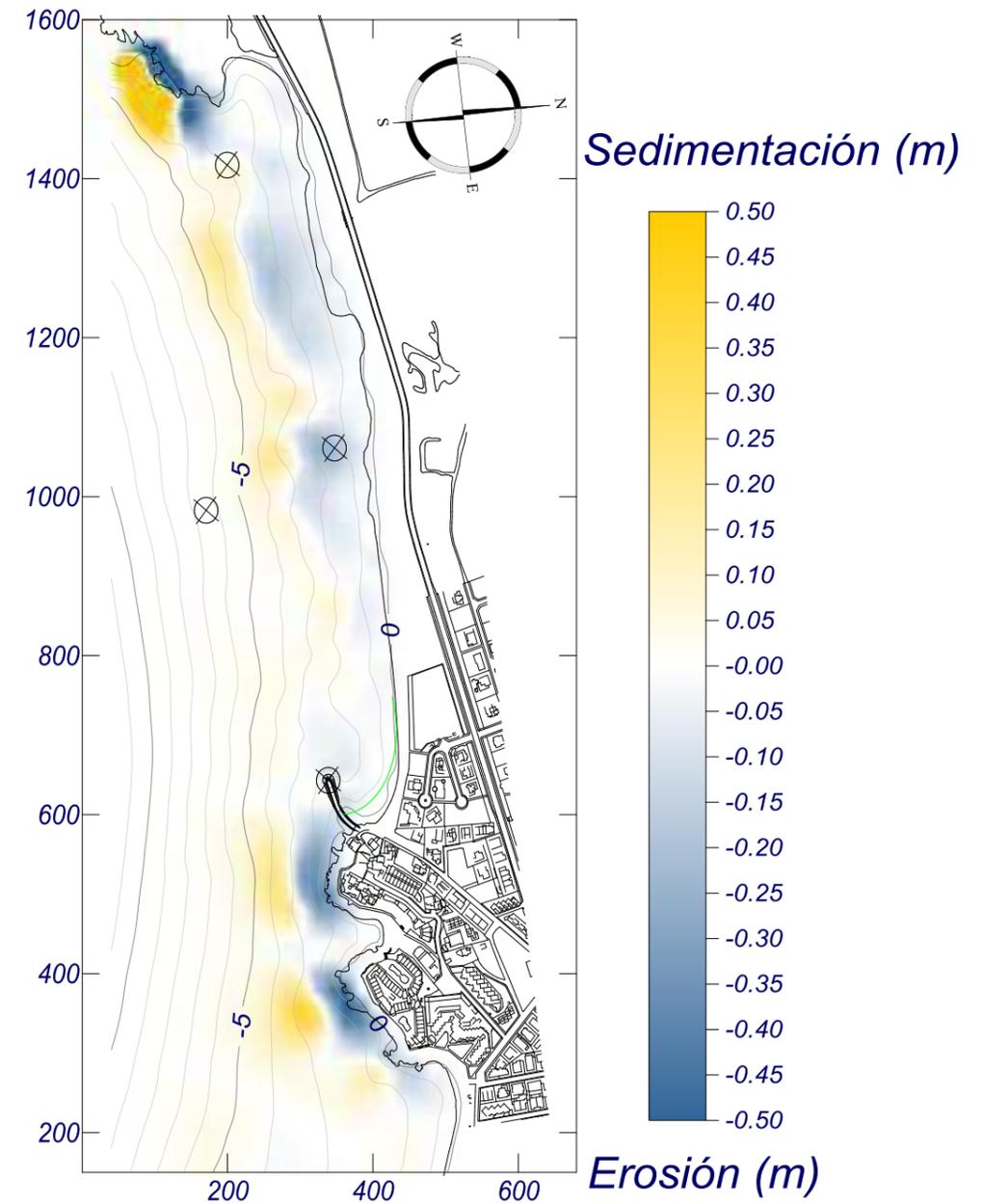


Figura 31. Topografía final y variación de la topografía. Temporal SSW

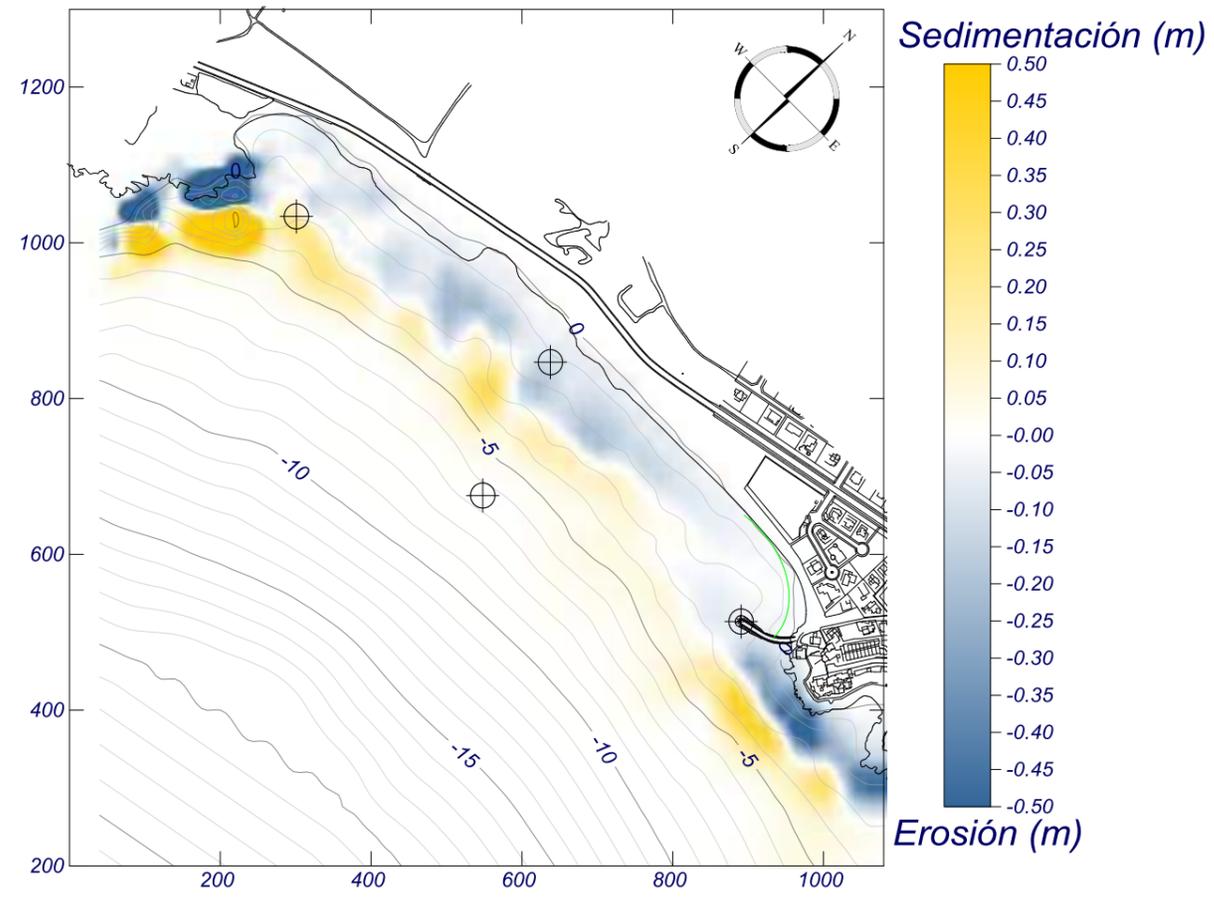


Figura 32. Topografía final y variación de la topografía. Temporal SW

ANEJO 7. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS Y ESTRUCTURALES

ANEJO 07. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS Y ESTRUCTURALES

1	PREDIMENSIONAMIENTO	2
2	DISEÑO DEL ESPIGÓN	2
3	CARACTERIZACIÓN DE LA OBRA	3
3.1	INTRODUCCIÓN	3
3.2	CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO	3
3.3	DEFINICIÓN DE TRAMOS Y SUBTRAMOS	3
3.4	CARÁCTER DE LA OBRA	3
3.4.1	CARÁCTER GENERAL DE LA OBRA	4
3.4.2	CARÁCTER OPERATIVO DE LA OBRA	6
3.5	RESUMEN	8
3.6	MÉTODO DE VERIFICACIÓN	8
3.7	PERIODO DE RETORNO	9
4	DISEÑO DEL ESPIGÓN	9
4.1	INTRODUCCIÓN	9
4.2	DATOS DE CÁLCULO	9
4.2.1	NIVEL DEL MAR	9
4.2.1	ALTURA DE OLA DE DISEÑO	9
4.3	CÁLCULOS ESTRUCTURALES	10
4.3.1	FORMULACIÓN DE LOSADA Y GIMÉNEZ-CURTO (1979)	10
4.3.2	FORMULACIÓN DE HUDSON (1959)	10
4.3.3	FORMULACIÓN DE VAN DER MEER (1988)	11
4.3.4	FORMULACIÓN DE DIQUES REBASABLES	11
4.3.5	DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS DEL MORRO	11
4.3.6	RESULTADOS	12
5	DISEÑO DE LA REGENERACIÓN	13
5.1	CÁLCULO VOLUMEN DE APORTACIÓN	14

1 PREDIMENSIONAMIENTO

Según marca la ROOM 1.0-09-2, con carácter general, un dique en talud se puede construir para abrigar frente a cualquier régimen de oleaje: olas sin romper, rompiendo o rotas.

Con el fin de establecer unas primeras dimensiones para iniciar el cálculo, se considerarán las recomendaciones que marca dicha ROOM 1.0-09-2:

Siempre que sea posible se recomienda utilizar piedra natural como elemento del manto principal y adoptando un ángulo del talud α , del lado de barloomar tal que se encuentre en el intervalo $[1,5 \leq \cot\alpha \leq 3,0]$.

En su defecto, sin perjuicio de que puedan utilizarse otro tipo de piezas artificiales, se recomienda utilizar piezas cúbicas o ligeramente paralelepípedicas ($\eta * \eta * 1,3\eta$) de hormigón en masa. En este caso, se recomienda adoptar taludes con ángulos que cumplan $[1,5 \leq \cot\alpha \leq 2,0]$. Para piezas artificiales de hormigón, cúbicas o paralelepípedicas, se recomienda iniciar los tanteos de predimensionamiento "a inicio de avería" con un peso mínimo de la pieza en el intervalo:

$$\frac{W}{\gamma_w R_s H_*^3} \geq 0,020$$

$$H_* \cong 1,5H_l$$

$$\cot\alpha \cong 1,5$$

$$R_s = \frac{S_s}{(S_s - 1)^3}; S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

- Dónde:
- H_* es una altura de ola a pie de dique
- W peso mínimo de la pieza para estabilidad
- α : ángulo del talud
- S_s : Relación entre densidad de las piezas y del agua

En la Figura 1 se muestra el esquema con las características geométricas generales de un dique en talud.

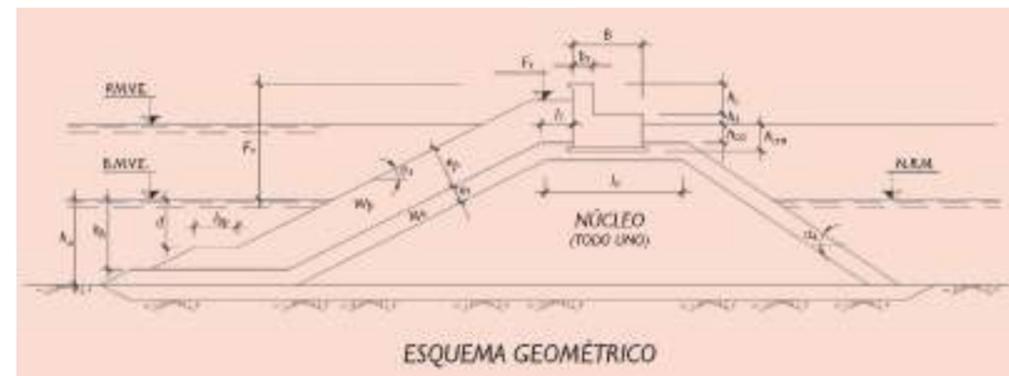


Figura 1. Esquema geométrico de dique en talud

2 DISEÑO DEL ESPIGÓN

Forma en planta:

Previamente al dimensionamiento de las secciones del espigón, es necesario definir su forma en planta. Teniendo en cuenta la batimetría existente y los oleajes esperados se diseña con las siguientes características:

El espigón arranca 5,4 m anclado en playa seca y se adentra en el mar 73,74 m. Sigue una alineación curva de radio 60 m en los primeros 40 metros y una alineación recta en los últimos 33,74 metros hasta la batimétrica 2,4 m (respecto NMMA), alcanzando así la profundidad de cierre del perfil de equilibrio, y estabilizando el movimiento del sedimento.

Con estas características se conseguirá la estabilización de la playa de La Cola evitando el transporte longitudinal de sedimentos y la erosión de la misma.

Sección tipo:.

Para la ejecución del espigón se opta por un dique en talud, ya que al no existir una gran profundidad resulta una solución flexible, económica e integrada con el paisaje de la zona. Además esta tipología presenta ciertas ventajas:

- Pocos exigentes en cuanto a la cimentación.
- Medios constructivos relativamente sencillos.
- Facilidad de construcción en condiciones de oleaje poco favorables (zona de rompientes o en mares con nivel de agitación elevado).
- Buen comportamiento energético, al disipar una elevada proporción de la energía incidente.
- Flexibilidad de la estructura y resistencia ante las averías, que suelen ser progresivas y reparables. Resisten sin problemas la rotura del oleaje.

Se usarán el menor ángulo de talud posible, compatible con la estabilidad de las piezas y del propio espigón, para minimizar los volúmenes de materiales sueltos a emplear. En el caso que nos ocupa se diseña un espigón de escollera con taludes 3H:2V.

3 CARACTERIZACIÓN DE LA OBRA

3.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la ROM0.0, se recomienda que las obras construidas al amparo de esas Recomendaciones sean sometidas regularmente a inspección, auscultación e instrumentación para comprobar la satisfacción de los requisitos de proyecto durante la duración de la fase de proyecto y, en particular, en la vida útil. En los casos en los que éstos no se satisfagan será necesario reparar la obra.

3.2 CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO

Es necesario establecer unos criterios de proyecto que respondan a los requisitos de seguridad, servicio y explotación del dique. Estos requisitos se traducen en unos niveles de fiabilidad, funcionalidad y operatividad que la obra en su conjunto (y todos sus tramos o elementos) debe verificar en todas las fases de proyecto: estudios previos y anteproyecto, proyecto de construcción, construcción, servicio, mantenimiento y reparación y, en su caso, desmantelamiento.

Los criterios generales de proyectos se emplean para definir y verificar una situación de proyecto. En el proyecto de las obras marítimas, se consideran los siguientes criterios generales:

- Los tramos de obra y los intervalos de tiempo.
- La temporalidad y vida de proyecto.
- El carácter de la obra.
- Las condiciones de trabajo.
- El procedimiento de verificación y cálculo.
- Probabilidad conjunta de fallo y operatividad.

En primer lugar, se establecen los criterios generales de proyecto. A continuación, se describen los factores del proyecto, partiendo de los estados a considerar según los parámetros geométricos, propiedades del terreno, los materiales de construcción, el medio físico y los agentes y acciones.

3.3 DEFINICIÓN DE TRAMOS Y SUBTRAMOS

A este respecto, se entiende por tramo o parte de una obra marítima, al conjunto de secciones de la misma que cumplen, solidariamente, una función específica y relevante de los objetivos de la totalidad de la obra, están sometidos a los mismos niveles de acción de los agentes actuantes y forman parte de la misma tipología formal y estructural.

La altura de ola de cálculo viene condicionada por la profundidad, así dado que el espigón abarcará un rango de profundidades diferentes, es necesario establecer dos tramos de estudio. Cada tramo estará representado por una profundidad, que definirá dicha altura de ola de cálculo. Tal y como puede observarse en la Figura 2, el tramo 1 corresponde con una zona de salientes rocosos sobre el nivel del mar, por lo que la profundidad existente es muy reducida, considerándose despreciable el oleaje incidente limitado ampliamente por rotura y la

interposición de los salientes. Por tanto, el cálculo estructural del espigón proyectado recae exclusivamente en el dimensionamiento de las piezas que conforman el tramo 2. La sección tipo establecida para llevar a cabo los cálculos, es aquella que resulta más desfavorable, es decir, la que mayor calado presenta.

TRAMO	P.K. TRAMO	LONGITUD (m)	P.K. SECCIÓN TIPO	COTA BATIMÉTRICA (CP)	PMVE (CP)	CALADO, h (m)	PENDIENTE DEL FONDO (tanβ)	TALUD (cotα)
TRAMO 1	0+000 - 40+000	40	-	-	-	-	-	-
TRAMO 2	40+000 - 71+240	31,24	68+000	2,27	0,66	2,93	0,02	1,5

Tabla 1. Definición de tramos

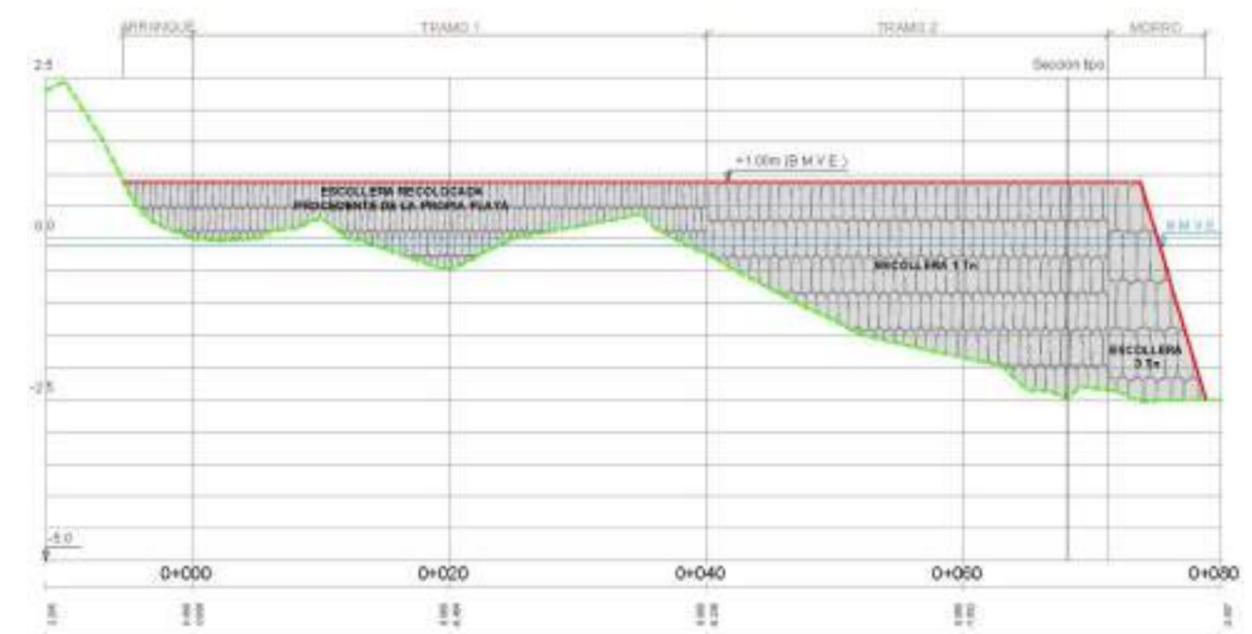


Figura 2. Definición de tramos

En la figura anterior se muestra el perfil batimétrico del eje del espigón, donde se establecen los tramos a estudiar según la cota batimétrica existente.

3.4 CARÁCTER DE LA OBRA

La destrucción o pérdida de funcionalidad de una obra origina unas repercusiones económicas, sociales y ambientales que permiten definir el carácter general y el carácter operativo de la obra.

3.4.1 CARÁCTER GENERAL DE LA OBRA

La importancia de una obra marítima, así como su repercusión económica, social y ambiental se valora por medio del carácter general de la obra.

El carácter general del tramo de la obra se determinará considerando un modo principal de fallo adscrito a un estado límite último, es decir será función de la seguridad. No obstante, habrá casos en los que el carácter de la obra se establecerá en función de un modo principal de fallo adscrito a un estado límite de servicio, es decir, dependerá de la funcionalidad.

Se determina de acuerdo con el procedimiento indicado en la ROM1.0 "Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo. (Parte 1ª. Bases y Factores para el proyecto. Agentes climáticos), y la ROM.0.0."Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias", a partir de los índices de repercusión económica (IRE) y de repercusión social y ambiental (ISA).

3.4.1.1 Índice de Repercusión Económica, IRE

Este índice valora cuantitativamente las repercusiones económicas, por reconstrucción de la obra (CRD), y por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con ella (CRI), previsibles, en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la misma. El IRE se puede calcular por la siguiente relación de costes:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0}$$

Donde C_0 es un parámetro económico de adimensionalización.

En función del valor del Índice de Repercusión Económica IRE, las obras marítimas se clasificarán en tres tipos correspondientes a tres subintervalos R_i , $i = 1, 2, 3$.

- R1, obras con repercusión económica baja: $IRE \leq 5$
- R2, obras con repercusión económica media: $5 < IRE \leq 20$
- R3, obras con repercusión económica alta: $IRE > 20$

3.4.1.2 Índice de Repercusión Social y Ambiental, ISA

Este índice estima cualitativamente el impacto social y ambiental esperable en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de: (1) pérdida de vidas humanas, ISA1; (2) daños en el medio ambiente y en el patrimonio histórico y artístico, ISA2; y (3) alarma social generada, ISA3; considerando que el fallo se produce una vez consolidadas las actividades económicas relacionadas con la obra.

El ISA se define por el sumatorio de los tres subíndices:

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i$$

En función del valor del índice de repercusión social y ambiental ISA, las obras marítimas se clasificarán en cuatro tipos correspondientes a cuatro subintervalos, S_i , $i = 1, 2, 3, 4$.

- S1, obras sin repercusión social y ambiental significativa, $ISA < 5$
- S2, obras con repercusión social y ambiental baja, $5 \leq ISA < 20$
- S3, obras con repercusión social y ambiental alta, $20 \leq ISA < 30$
- S4, obras con repercusión social y ambiental muy alta, $ISA \geq 30$

La ROM 1.0 "Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo. (Parte 1ª. Bases y Factores para el proyecto. Agentes climáticos), establece en el apartado 2.8 los valores recomendados de IRE e ISA para obras de abrigo y defensa:



Figura 2.2.33. IRE, ISA y vida útil mínima en función del tipo de área abrigada

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE IRE ⁷	VIDA ÚTIL MÍNIMA (V _m) ⁷ (años)	
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r ₃ Alto	50
		Puertos para tráficos especializados	r ₂ (r ₃) ¹ Medio (alto) ¹	25 (50) ¹
	PUERTO PESQUERO	r ₂ Medio	25	
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO	r ₂ Medio	25	
	INDUSTRIAL	r ₂ (r ₃) ¹ Medio (alto) ¹	25 (50) ¹	
	MILITAR	r ₂ (r ₃) ² Medio (alto) ²	25 (50) ²	
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES	r ₂ (r ₃) ³ Medio (alto) ³	25 (50) ³	
	ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ⁴	r ₃ Alto	50
PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		r ₂ (r ₃) ⁵ Medio (alto) ⁵	25 (50) ⁵	
PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		r ₁ (r ₂) ⁶ Bajo (alto) ⁶	15 (50) ⁷	
REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r ₁ Bajo	15	

¹ El índice IRE se elevará a r₃ cuando el tráfico esté asociado con el suministro energético o con materias primas minerales estratégicas y no se disponga de instalaciones alternativas adecuadas para su manipulación y/o almacenamiento.
² El índice IRE se elevará a r₃ cuando la instalación militar se considere esencial para la defensa nacional.
³ En obras de protección de rellenos o de defensa de márgenes se tomará un índice IRE igual al señalado para el área portuaria en que se localiza.
⁴ Se entienden como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquellos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.
⁵ El índice IRE se elevará a r₃ cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o con la producción energética.
⁶ El índice IRE se elevará a r₂ cuando en su zona de afectación se localicen edificaciones o instalaciones industriales.
⁷ Los índices inferiores a r₁ de la tabla se elevarán un grado por cada 20 M€ de coste de inversión inicial de la obra de abrigo.

Figura 2.2.34. ISA y probabilidad conjunta de fallo para ELU y P_{ELLS}

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE ISA	P _{ELU}	P _{ELLS}	
ÁREAS PORTUARIAS	COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹ / Mercancías peligrosas ²	s ₃ Alto	0.01	0.07
		Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹ / Pasajeros y Mercancías no peligrosas ¹	s ₂ Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique	s ₁ No significativo	0.20	0.20
	PESQUERO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique	s ₂ Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique	s ₁ No signif.	0.20	0.20
	NÁUTICO-DEPORT.	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique	s ₂ Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique	s ₁ No signif.	0.20	0.20
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹ / Mercancías peligrosas ²	s ₃ Alto	0.01	0.07
		Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹ / Mercancías no peligrosas	s ₂ Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique	s ₁ No significativo	0.20	0.20
MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique ¹	s ₃ Alto	0.01	0.07	
	Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique	s ₁ No signif.	0.20	0.20	
PROTECCIÓN *	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique ¹ / Mercancías peligrosas ²	s ₃ Alto	0.01	0.07	
	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique ¹ / Mercancías no peligrosas	s ₂ Bajo	0.10	0.10	
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ³	s ₄ Muy alto	0.0001	0.07	
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO	s ₂ (s ₃) ⁴ Bajo (alto) ⁴	0.10	0.07	
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES	s ₂ (s ₄) ⁵ (muy alto) ⁵	0.10	0.07	
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS	s ₁ No signif.	0.20	0.20	

* PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES.
¹ En el caso de que en la superficie adosada al dique esté previsto que se ubiquen edificaciones (p.e. estaciones marítimas, lonjas...), depósitos o silos que pudieran resultar afectados en el caso de fallo de la obra de abrigo, se considerará un índice ISA muy alto (s₄) (P_{ELU}=0.0001; P_{ELLS}= 0.007).
² Se consideran mercancías peligrosas los grupos de de sustancias prioritarias incluidas en el anexo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER: Decisión 2004/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas (Real Decreto 1451/1989). (Ver ROM 5.1-05).
³ Se entiende como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquellos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.
⁴ El índice ISA se elevará a s₃ cuando la toma de agua o el punto de vertido estén asociados con el abastecimiento de agua para uso urbano o industrial o con la producción energética.
⁵ El índice ISA se elevará a s₄ cuando en caso de fallo pudieran resultar afectadas edificaciones u otras instalaciones industriales.

3.4.1.3 Criterios de proyecto dependientes del carácter general

La ROM 1.0 proporciona, en función de los índices que definen el carácter general de la obra, unos valores recomendables para la vida útil mínima (duración mínima de cada fase de proyecto) y las máximas probabilidades conjuntas de fallo en la seguridad (pf, ELU) y servicio (pf, ELS), que se indican a continuación:

De acuerdo con los índices anteriores de IRE e ISA, se recomienda adoptar, como mínimo, los siguientes valores de proyecto:

Vida Útil Mínima: 15 años

Máxima Probabilidad Conjunta de Fallo: 0.2 (En la fase de servicio, frente a todos los modos de fallo adscrito a los estados límite último (E.L.U.) y estados límite de servicio (E.L.S.)).

3.4.2 CARÁCTER OPERATIVO DE LA OBRA

Las repercusiones económicas y los impactos social y ambiental que se producen cuando una obra marítima deja de operar o reduce su nivel de operatividad se valoran por medio de su carácter operativo. Éste se evaluará seleccionando de entre todos los modos de parada operativa, aquél que proporcione el mínimo de servicio.

El carácter operativo de la obra se determina para cada tramo de obra a partir de los índices de Repercusión Económica Operativo (IREO) y de Repercusión Social y Ambiental Operativo (ISAO).

3.4.2.1 Índice de Repercusión Económica Operativo, IREO

Debido a la dificultad de valorar cuantitativamente los costes ocasionados por la parada operativa de una obra marítima, éstos se estiman cualitativamente a través del índice de repercusión económica operativo, IREO, teniendo en cuenta:

En función del valor del Índice de Repercusión Económica Operativo IREO, las obras marítimas se clasificarán en tres tipos correspondientes a tres subintervalos, RO,i, i=1, 2, 3.

- RO,1, obras con repercusión económica operativa baja: $IREO \leq 5$
- RO,2, obras con repercusión económica operativa media: $5 < IREO \leq 20$
- RO,3, obras con repercusión económica operativa alta: $IREO > 20$

3.4.2.2 Índice de Repercusión Social y Ambiental Operativo, ISAO

Se estima cualitativamente la repercusión social y ambiental esperable, en el caso de producirse un modo de parada operativa de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de: (1) pérdida de vidas humanas; (2) daños en el medio ambiente y el patrimonio histórico artístico; y (3) la alarma social generada.

$$ISAO = \sum_{i=1}^3 ISAO_i$$

En función del valor del índice de repercusión social y ambiental ISAO, los tramos de la obra marítima

se clasificarán en cuatro tipos correspondientes a cuatro subintervalos, SO,i, i = 1, 2, 3, 4

- SO,1 obras sin repercusión social y ambiental significativa, $ISAO < 5$
- SO,2, obras con repercusión social y ambiental baja, $5 \leq ISAO < 20$
- SO,3, obras con repercusión social y ambiental alta, $20 \leq ISAO < 30$
- SO,4, obras con repercusión social y ambiental muy alta, $ISAO \geq 30$

La ROM 1.0 "Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo. (Parte 1ª. Bases y Factores para el proyecto. Agentes climáticos)", establece en el apartado 2.8 los valores recomendados de IREO e ISAO para obras de abrigo y defensa:



Figura 2.2.25. IREO y operatividad mínima

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE IREO		r_{CELO}		
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	r_{02}	Alto	0.99	
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique con adosadas a las que no les afecte el rebase	Con tráfico de graneles	r_{02}^2	Medio	0.95 ¹
			Con tráfico de pasajeros y de mercancía general regulares	r_{02}^2	Alto	0.99 ¹
			Con tráfico de mercancía general tramp	r_{02}^2	Medio	0.95 ¹
	PUERTO PESQUERO		r_{02}	Alto	0.99 ¹	
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		r_{02}	Alto	0.99 ¹	
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	r_{02}	Alto	0.99	
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	r_{02}	Medio	0.95 ¹	
	MILITAR		r_{02}	Alto	0.99	
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		r_{02}	Alto	0.99	
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES		r_{02}	Alto	0.99	
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		r_{02} (r_{02}) ³	Alto (medio) ²	0.99 (0.95) ²	
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		r_{01} (r_{02}) ⁴	Bajo (alto) ⁴	0.85 (0.99) ⁴	
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r_{01}	Bajo	0.85	

1 En el caso de que los tráfico sean estacionales, la operatividad mínima se referirá a dicho periodo.
2 En el caso de que la intensidad de la demanda sea pequeña (grado de utilización del área abrigada < 40%) los índices obtenidos podrán reducirse en grado.
3 El índice IREO podrá reducirse a r_{02} cuando pueda considerarse que la demanda puede adaptarse a la parada operativa.
4 El índice IREO deberá aumentarse a r_{01} cuando su zona de afectación sea urbana o industrial.

Figura 2.2.26. ISAO y número máximo de paradas anuales

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE ISAO		N_{max}		
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas ¹ s_{02}	Alto	2	
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique o sólo con las que no les afecte el rebase	Pasajeros y Mercancías no peligrosas	s_{02}	Bajo	5
				s_{01}	No signif.	10
	PUERTO PESQUERO		s_{02}	Bajo	5	
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		s_{02}	Bajo	5	
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas ¹	s_{02}	Alto	2
			Mercancías no peligrosas	s_{02}	Bajo	5
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique o adosadas a las que no les afecte el rebase	s_{01}	No signif.	10	
	MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique a las que afecte el rebase	s_{02}	Alto	2	
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique	s_{01}	No signif.	10	
PROTECCIÓN*	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas ¹	r_{02}	Alto	2	
		Mercancías no peligrosas	s_{02}	Bajo	5	
DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES		s_{04}	Muy alto	0		
ÁREAS LITORALES	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		s_{02} (s_{03}) ²	Bajo (alto) ²	5 (2)	
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		s_{01} (s_{02}) ³	No signif. (alto) ³	10 (2) ³	
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		s_{01}	No signif.	10	

* PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES.
1 Se considerarán mercancías peligrosas los grupos de sustancias prioritarias incluidas en el anexo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CEE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPEC, Decisión 2000/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas (Real Decreto 145/1989). (Véase RDM 5.1).
2 El índice ISAO se elevará a s_{02} cuando la parada operativa pueda tener importantes consecuencias medioambientales.
3 El índice IREO deberá aumentarse a s_{01} cuando su zona de afectación sea urbana o industrial.

Figura 2.2.37. Duración máxima probable de una parada operativa

INDICE IREO	INDICE ISAO			
	No significativo	Bajo	Alto	Muy alto
Bajo	24 horas	12 horas	6 horas	0
Medio	12 horas	6 horas	3 horas	0
Alto	6 horas	3 horas	1 horas	0

3.4.2.3 Criterios de proyecto dependientes del carácter operativo

La ROM 0.0 especifica, para el intervalo de tiempo considerado (el año) y para la fase de proyecto servicio, la explotación del tramo de obra por los niveles mínimos de operatividad, el número medio de paradas y la duración máxima admisible de la parada (en horas), en función de los índices IREO e ISAO.

La operatividad mínima debe entenderse como la fiabilidad mínima del tramo frente a los modos de parada, considerando los estados de proyecto que pudieren presentarse en condiciones de trabajo operativas normales. El número medio de paradas operativas exige que, en promedio, no se supere un cierto número de ocurrencias de modos de parada, mientras que la duración máxima de la parada limita la duración de una parada, una vez producida. Los valores recomendados en la citada ROM son los siguientes:

Los criterios de proyecto recomendados, asociados a los índices IREO e ISAO, para la obra serán:

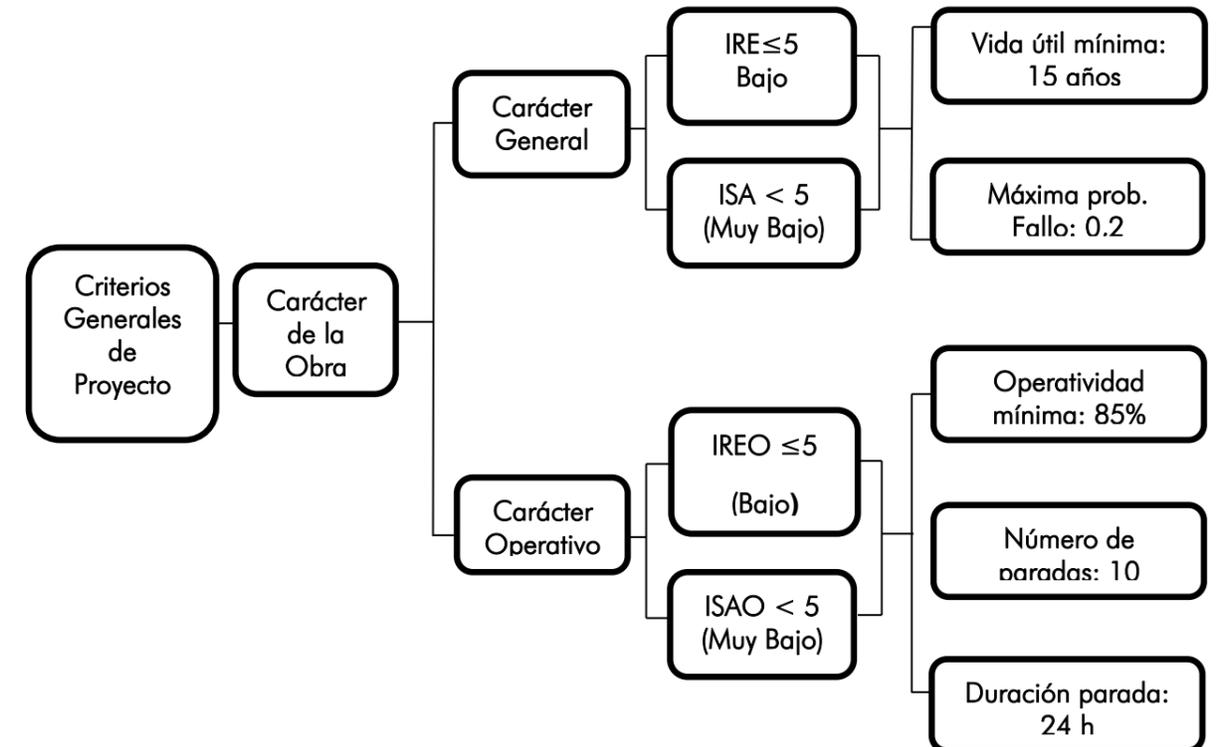
Operatividad Mínima: 85%

Número Medio de Paradas Operativas al año: 10

Duración de la Parada: 24 horas

3.5 RESUMEN

Se ha llevado a cabo un análisis de los criterios generales de proyecto siguiendo el procedimiento que se recoge en las recomendaciones para obras marítimas (ROM 0.0). Según esto, los criterios de proyecto que se adoptarán en este proyecto se resumen en el siguiente esquema:



3.6 MÉTODO DE VERIFICACIÓN

Según los resultados obtenidos para los índices IRE/ISA y siguiendo la clasificación planteada en la Tabla 2.2.16. de la ROM 1.0, se recomienda aplicar, como mínimo, métodos de Nivel I, de Coeficientes de seguridad global.

Tabla 2.2.16. Métodos de verificación en función del IRE e ISA

IRE	No significativo	Bajo	Alto	Muy Alto
Bajo	[1]	[2]	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]
Medio	[2]	[2]	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]
Alto	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]

Siendo:

[1]: Método del Coeficiente de seguridad global, (Nivel I);

[2]: Método de los Coeficientes Parciales, (Nivel I);

[3]: Métodos de Nivel II;

[4]: Métodos de Nivel III.

3.7 PERIODO DE RETORNO

El periodo de retorno de la ocurrencia de fallo por la excedencia de una determinada altura de ola, es el tiempo medio T_R , expresado en número de intervalos de tiempo, que transcurre entre dos excedencias consecutivas. Suponiendo que los sucesos que ocurren en cada intervalo de tiempo son independientes, el periodo de retorno se puede expresar por:

$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - P_{f_{ELU}})^{1/V}} = \frac{1}{1 - (1 - 0.2)^{1/15}} = 68 \text{ años}$$

4 DISEÑO DEL ESPIGÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se analiza básicamente la estabilidad hidrodinámica de las piezas que conforman el espigón.

Será necesario definir las sollicitaciones propias del régimen extremal, cuya probabilidad de excedencia viene definida en función del carácter general de la obra, así como la vida útil de la estructura, índices IRE e ISA calculados anteriormente.

4.2 DATOS DE CÁLCULO

Todas las cotas establecidas en el presente anejo están referidas al cero del Puerto de Almería, tal y como se define en el "Anejo N° 05. Clima marítimo". En la siguiente tabla se observan cada uno de los niveles para las referencias más significativas.

NIVEL	MAEÓGRAFO PUERTO DE ALMERÍA		
	RESPECTO CP (cm)	RESPECTO NMMA (cm)	RESPECTO NMMA (cm)
Max. Nivel observad	97	74	86
PMMA	66	43	55
NMM	40	17	29
NMMA	23	0	12
PMMI	11	-12	0
CP	0	-23	-11
Min, nivel observado	-10	-33	-21

Tabla 2. Niveles de referencia

4.2.1 NIVEL DEL MAR

La altura de ola a pie de dique viene condicionada por la rotura, dependiendo ésta a su vez de la profundidad de cálculo. Para el dimensionamiento del espigón se considera como nivel del

mar el valor más desfavorable, de este modo se establece el correspondiente a la pleamar viva equinoccial determinado en el "Anejo N° 05. Clima marítimo", por tanto:

$$PMVE = + 0,66 \text{ m (C.P)}$$

4.2.1 ALTURA DE OLA DE DISEÑO

La altura de ola de diseño se define como la menor entre la altura de ola en rotura para cada tramo definido y la ola de cálculo:

$$H_D = \min \{H_b, H_{cálculo}\}$$

Se establece la formulación de Goda para el cálculo de esta altura de ola (H_b):

$$H_b = 0,17 * L_0 \left\{ 1 - \exp \left[\frac{-1,5 * \pi * h}{L_0} * \left(1 + 15 * tg\beta^{\frac{4}{3}} \right) \right] \right\}$$

La altura de ola de cálculo es la correspondiente a la altura de ola significativa obtenida en la definición del régimen extremal escalar en profundidades reducidas (punto M objetivo).

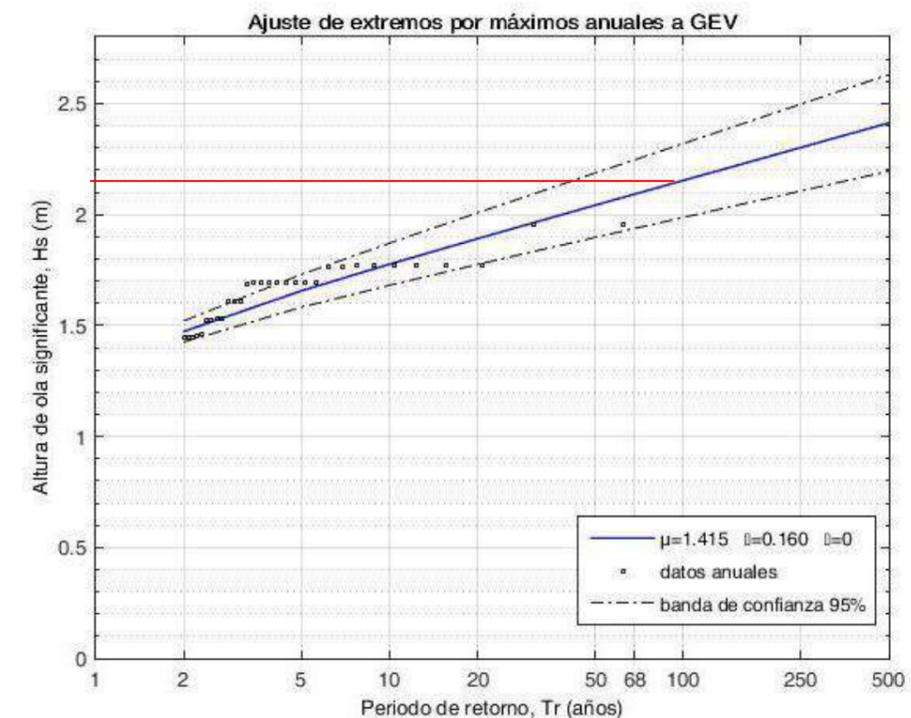


Figura 3. Régimen Extremal de H_s en el Punto M

$$H_s (T_r = 68 \text{ años}) = 2,15 \text{ metros}$$

En resumen, las alturas de ola de diseño para los diferentes tramos del espigón resultan:

TRAMO	Hs (m)	Hb (m)	HD (m)
TRAMO 1	-	-	-
TRAMO 2	2,15	2,31	2,15
MORRO	2,15	2,31	2,15

Tabla 3. Altura de ola de diseño

4.3 CÁLCULOS ESTRUCTURALES

Para el modo de fallo de desplazamiento de las piezas del manto principal, se utilizan diferentes formulaciones de diseño para la obtención del peso de las piezas de escollera, entre ellas:

- Losada y Gimenez Curto (1979)
- Hudson (1959)
- Van der Meer (1988)
- Formulación diques rebasables.

4.3.1 FORMULACIÓN DE LOSADA Y GIMÉNEZ-CURTO (1979)

$$W = \psi * \gamma_w * R * H_D^3$$

Dónde:

- W= Peso medio de las piezas del manto
- Ψ =función de estabilidad

$$\psi = A(I_{ric} - I_{r0}) \exp(B((I_{ric} - I_{r0}))); \text{válido para } I_{ric} > I_{r0}$$

$$I_{ric} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_{ic}}{L_{oic}}}}$$

Tipo de pieza	Cotan α	A	B	I_{r0}	BC 95%	BC ψ_{max}
Escolleras (Inicio de Avería)	1.50	0.09035	-0.5879	1.77	1.41	0.0797
	2.00	0.05698	-0.6627	1.33	1.46	0.0462
	3.00	0.04697	-0.8084	0.88	1.35	0.0289
	4.00	0.04412	-0.9339	0.68	1.64	0.0285

- HD = Altura de ola de diseño (m). Se recomienda emplear H 50 para esta formulación
- γ_w = Peso específico del agua de mar
- γ = Peso específico de la pieza
- α = Ángulo del talud del dique
- $R = \frac{S_r}{(S_r - 1)^3}; S_r = \frac{\gamma}{\gamma_w}$

El dimensionamiento de las piezas del morro se establece según la siguiente relación:

$$W_{morro} = K * W_{tronco}$$

con $k = 1,50$

4.3.2 FORMULACIÓN DE HUDSON (1959)

$$W = \frac{\gamma * H_D^3}{K_D * \cot \alpha * \left(\frac{\gamma}{\gamma_w} - 1\right)^3}$$

Dónde:

- W = peso medio de las piezas del manto (Tn)
- K_D = Coeficiente de estabilidad de Hudson

CRITERIO DE INICIACION DE AVERIAS SIN REBASE							
Tipo de cantos	num. capas	Colo- cacion	C. del dique		Morro del dique		Talud cotg(θ)
			Kd Rota	Kd No Rota	Kd Rota	Kd No rota	
Escollera. Nat.							
Lisa red.	2	Rand.	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 a 3.0
Lisa red.	>3	Rand.	1.6	3.2	1.4	2.3	
Rug. ang.	2	Rand.	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
Rug. ang.	>3	Rand.	2.2	4.5	1.6	2.8	2.0
Rug. ang.	2	Epsc.	5.8	7.0	1.3	2.3	3.0
Tetrapo. y Quadrip.	2	Rand.	7.0	8.0	2.1	4.2	1.5
					5.0	6.0	2.0
					4.5	5.5	3.0
					3.5	4.0	

- γ = Peso específico de la pieza
- γ_w = Peso específico del agua de mar
- H_D = Altura de ola de diseño (m). Se recomienda emplear $H_{1/10}$ con escolleras
- α = Ángulo del talud del dique

4.3.3 FORMULACIÓN DE VAN DER MEER (1988)

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta * D_{n50}} = 6,20 * P^{0,18} * \left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0,20} * \xi^{-0,5}; \quad \xi < \xi_c \text{ rotura plunging}$$

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta * D_{n50}} = 1,00 * P^{-0,13} * \sqrt{\cot \alpha} * \left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0,20} * \xi^P; \quad \xi < \xi_c \text{ rotura surging}$$

$$\xi_c = (6,20 * P^{0,31} * \sqrt{\tan \alpha})^{\frac{1}{P+0,50}}; \quad \text{transición}$$

Dónde:

- N_s = Número de estabilidad
- H_s = Altura de ola significativa
- $S = \frac{A}{D_{n50}^3}$; Avería adimensional (escolleras); A = área de la zona erosionada
- $\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H}{L}}}$; Número de Iribarren
- P = Permeabilidad teórica
- N = Número de olas activas

4.3.4 FORMULACIÓN DE DIQUES REBASABLES

Los diques rebasables son aquellos que, debido a su baja cota de coronación, han sido diseñados para permitir un rebase importante sobre la misma, siendo el mecanismo de transmisión más importante el rebase sobre la coronación.

Desde 1992 hasta 2004, la Universidad de Cantabria ha mantenido un programa de investigación sobre estabilidad de diques rebasables, Vidal et al. (1992, 1995, 2000), y que ha permitido desarrollar metodologías para el cálculo de las piezas del manto principal de estas estructuras. Dentro del proyecto Europeo DELOS, se desarrolló asimismo metodologías para el diseño de diques rebasables, basadas en nueva experimentación, Kramer y Burcharth (2003).

En Figura 4 se muestran las curvas del número de estabilidad en función del francobordo adimensional para inicio de avería en todos los sectores de un dique rebasable de escolleras, así como la curva envolvente propuesta por Kramer y Burcharth (2003), transformada en términos de H_{50} asumiendo una distribución de Rayleigh y 900 olas en los ensayos.

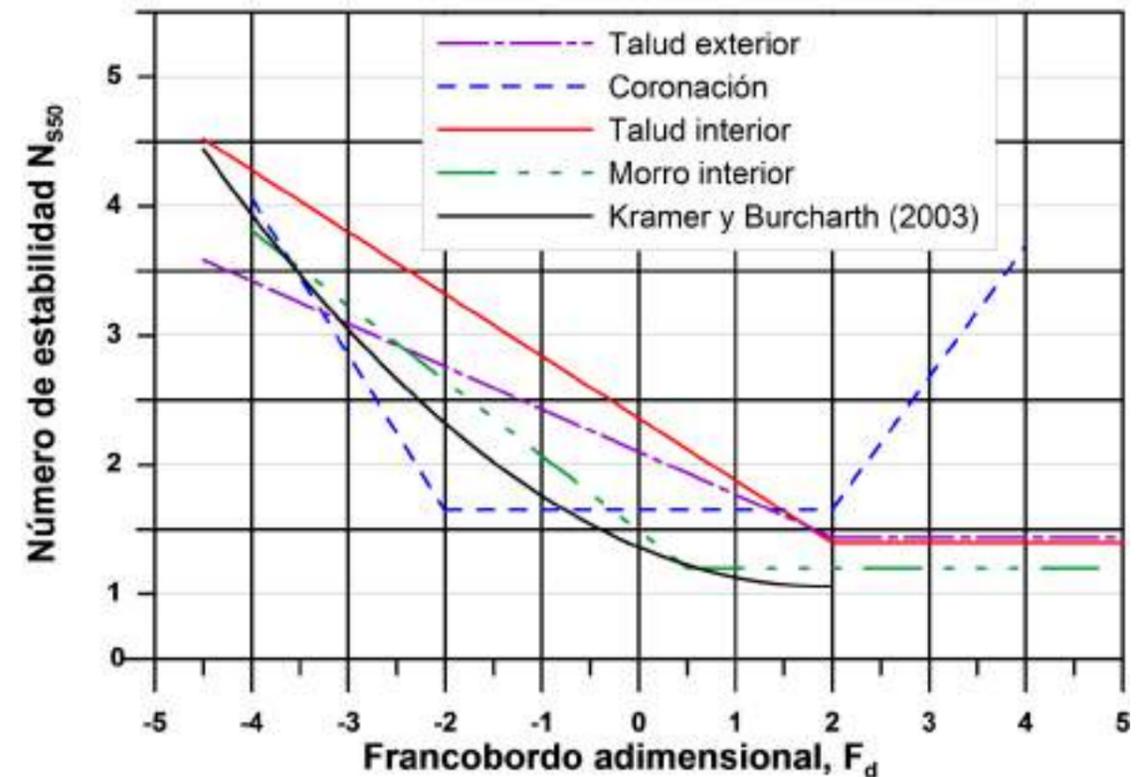


Figura 4. Curvas del número de estabilidad en función del francobordo adimensional

Siendo la ecuación de la envolvente:

$$N_s = 0,06 * F_d^2 - 0,23 * F_d + 1,36 \text{ para } -3 \leq F_d < 2$$

4.3.5 DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS DEL MORRO

El dimensionamiento de las piezas del morro se establece según la siguiente relación:

$$W_{\text{morro}} = K * W_{\text{tronco}} \\ \text{con } k = 1,50$$

4.3.6 RESULTADOS

En la Tabla 4 se observan los resultados de la aplicación de las formulaciones anteriormente expuestas:

FORMULACIÓN	W(kg) Tramo 2	W(kg) Morro
Losada y Gimenez Curto	568	851
Van der Mer	1.472	2.750
Hudson	1.055	1.131
Diques rebasables	3.744	

Tabla 4. Resultados cálculos estructurales

La experiencia española en la explotación de canteras para la construcción de diques se concreta en los siguientes intervalos de tamaños y pesos:

Intervalos de peso (Kg)	W50 / Wef
100 - 400	1,15
400 - 1500	1,10
1500 - 4000	1,05
4000 - 7000	1,00

Cada intervalo representa los pesos que se suelen obtener en una explotación normal de una cantera y que se pueden seleccionar sin tomar medidas especiales.

En consecuencia, es recomendable definir el peso medio de las piezas teniendo en cuenta estos intervalos "naturales".

LOSADA Y JIMENEZ CURTO								
TRAMO	Hs (m)	Hb (m)	HD (m)	PESO, W (Kg)	INTERVALO DE PESO (Kg)	PESO MEDIO (Kg)	PESO MEDIO (Tn)	TAMAÑO MEDIO Dn50 (m)
TRAMO 2	2,15	2,31	2,15	568	400-1500	1000	1	0,727
MORRO	2,15	2,31	2,15	851	400-1500	1000	1	0,727

VAN DER MEER								
TRAMO	Hs (m)	Hb (m)	HD (m)	PESO, W (Kg)	INTERVALO DE PESO (Kg)	PESO MEDIO (Kg)	PESO MEDIO (Tn)	TAMAÑO MEDIO Dn50 (m)
TRAMO 2	2,15	2,31	2,15	1472	400-1500	1000	1	0,727
MORRO	2,15	2,31	2,15	2208	1500 - 4000	3000	3	1,049

HUDSON								
TRAMO	Hs (m)	Hb (m)	HD (m)	PESO, W (Kg)	INTERVALO DE PESO (Kg)	PESO MEDIO (Kg)	PESO MEDIO (Tn)	TAMAÑO MEDIO Dn50 (m)
TRAMO 2	2,15	2,31	2,15	1055	400-1500	1000	1	0,727
MORRO	2,15	2,31	2,15	1131	1500 - 4000	1000	1	0,727

FORMULACIÓN DIQUES REBASABLES								
TRAMO	Hs (m)	Hb (m)	HD (m)	PESO, W (Kg)	INTERVALO DE PESO (Kg)	PESO MEDIO (Kg)	PESO MEDIO (Tn)	TAMAÑO MEDIO Dn50 (m)
ENVOLVENTE	2,15	2,31	2,15	3744	1500 - 4000	3000	3	1,049

Atendiendo a estos resultados se establece para los diferentes tramos como peso medio de las piezas del espigón un valor promedio de:

Tramo 2: 1 Tn

Morro: 3 Tn

Como se ha mencionado anteriormente, dada las características de calado del tramo 1, las dimensiones de escollera requerida para el mismo son mínimas. Se considera adecuada la reutilización de la escollera presente actualmente en la zona Este de la playa, que es necesaria retirar debido a la irregularidad en los permisos para el vertido de la misma.

5 DISEÑO DE LA REGENERACIÓN

La regeneración consiste en recargar artificialmente de arena la playa hasta conseguir una anchura tal que garantice la protección de las viviendas existentes que actualmente lindan con la línea de DPMT, y que se encuentran expuestas a la acción del oleaje.

La parte de playa seca a regenerar (por encima del NMM) se diseña de tal forma que se dispone de un ancho de 3 metros a modo de camino lindando con las viviendas existentes (DPMT); a partir de éste punto quedará un talud variable hasta alcanzar la playa sumergida definida por la nueva forma que planta que define el espigón.

La rasante de dicho camino se ajusta a la existente y se dispone una pendiente transversal del 2% hacia el lado de la playa para evitar que el agua de lluvia vierta hacia el lado de las viviendas.

La pendiente del estrán de la playa queda definida entre la rasante exterior del camino y la curva de avance de playa diseñada y condicionada por el nuevo punto de difracción que supondrá el espigón y las condiciones del oleaje incidente.



Figura 5. Sección tipo regeneración

El perfil de equilibrio, perfil final que se produce en una playa con un tamaño de grano concreto expuesta a unas condiciones de oleaje constantes, es un concepto teórico que simplifica la realidad ya que los perfiles reales son complejos y diversos debido a la variación del nivel del mar y oleaje. Sin embargo, las oscilaciones de éstos están acotadas, por lo que también lo estará la variabilidad del perfil pudiéndose admitir la existencia de una situación modal o perfil de equilibrio medio que permite tener una representación aproximada, pero fiel, de la morfología de una playa.

En la elección del material de préstamo deben tenerse en cuenta las características de color, textura, químicas y granulométricas del mismo. Una buena muestra de comparación la constituye la arena nativa en la zona donde se realizará el relleno. Las muestras tomadas de los perfiles originales, tomadas desde la playa seca al límite de movimiento transversal, deben mezclarse para obtener de esta manera la muestra "maestra" de la arena original, que las acciones del oleaje han distribuido en las diferentes secciones de la playa.

Las muestras tomadas de los lugares de posibles préstamos deben ser comparadas con esta en lo que respecta a distribución granulométrica, composición química, porcentajes de origen orgánico e inorgánico, forma de las partículas, resistencia a la abrasión y color. En aquellas muestras tomadas en medios reductores, es preciso tener en cuenta que la exposición de las mismas a la luz solar y oxígeno cambia rápidamente su color, de colores oscuros a claros.

Una vez caracterizadas las arenas nativas y de los posibles préstamos, es necesario considerar las arenas de las muestras obtenidas de los préstamos como muestras "maestras" y supondremos que la acción del oleaje distribuirá los diferentes tamaños a lo largo del perfil de una manera similar a como se ha producido en la arena nativa.

La acción del oleaje y corrientes provocará, en general, la emigración de los tamaños más finos hacia el mar, dejando los tamaños gruesos en la zona del perfil situada ligeramente hacia tierra de la línea de rotura; por último el frente de playa, quedará cubierto con los tamaños intermedios.

Algunos tamaños que se encuentran en el sedimento de préstamo y no se encuentran en la muestra maestra de la arena nativa, pueden no ser estables en el relleno y perderse para la playa. Este es el caso de las fracciones muy finas o de las partes orgánicas compuestas de conchas frágiles, que la abrasión reduce rápidamente de tamaño. Este proceso de selección realizado por la dinámica marina hará que la zona rellena tome un aspecto similar a la playa original, pero perdiendo una parte del volumen inicial. El volumen perdido se tendrá en cuenta calculando lo que llamaremos factor de sobrerrelleno.

Las fracciones de arena del relleno más gruesas que la nativa, tenderán a mantenerse en la zona de rompientes o en el talud de playa y provocarán un aumento de la pendiente de la playa. Sin embargo, materiales gruesos removidos hacia el mar por temporales, pueden no retornar en los períodos de calma.

Por otro lado, si la arena de aportación es mucho más gruesa que la nativa, aparte de la incomodidad para los posibles usuarios, puede provocar playas de gran pendiente, peligrosas para el baño y de menor vida animal. Por consiguiente, **las arenas que se eligen para la realimentación, son en general, arenas similares a la nativa o ligeramente más gruesas.**

Análisis material nativo playa

Se toma como base de información el estudio granulométrico realizado en el ECOMAG, en concreto el transecto 052, correspondiente a la playa de la Cola. Se analiza la mediana o D50, que es uno de los parámetros estadísticos más relevantes para caracterizar el sedimento y corresponde al tamaño de grano asociado al 50% de las partículas.



TRANSECTO 052			
Punto	Coordenada z	D50 (mm)	Media D50 (mm)
PLS103M073-0528	2	1,770	1,230
PLS103M073-0529	2	0,799	
PLS103M073-0530	0	1,121	
PLH102M073-0531	-1	alga	
PLH102M073-0532	-3	alga	
PLH102M073-0533	-6	alga	
S052-0333	-10	roca	
S052-0332	-15	roca	
S052-0331	-20	roca	
S052-0330	-29	0,380	
S052-0329	-40	0,410	
S052-0328	-50	0,240	

Tabla 5. Transecto 052

El tamaño medio de grano correspondiente a playa seca es de 1,23 mm, resultando un sedimento de tipo arena/arcilla.

Hay que tener en cuenta la heterogeneidad de la arena presente a lo largo de la playa, variando desde grandes lajas y piedras hasta arena fina.

En la siguiente figura se muestra las arenas presentes en la zona Este de la playa junto con acumulación de posidonia muerta:



Figura 6. Sedimentos presentes en la zona Este de la playa de la Cola

Análisis material de aportación

El material empleado para llevar a cabo la regeneración procede de la cantera La Huertecica, que ya ha suministrado material en aportaciones anteriores a la Playa de la Cola. Se establece

un tamaño medio, de 1,5 mm superior a 1,23 mm correspondiente al D50 de arena nativa, resultando por tanto un aporte adecuado que favorecerá su permanencia en el tiempo.

El perfil de equilibrio resultante de la realimentación, obtenido mediante el modelo numérico SMC, tendrá la siguiente forma para una profundidad de cierre de 2,5 metros y un tamaño medio de 1,5 mm:

$$h = A * x^{2/3}$$

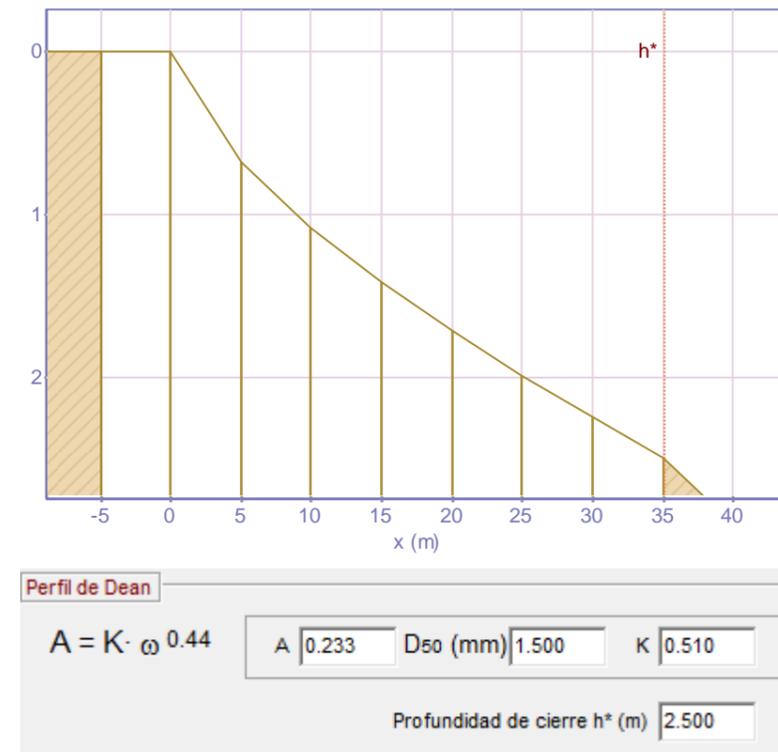


Figura 7. Perfil teórico de equilibrio regeneración

5.1 CÁLCULO VOLUMEN DE APORTACIÓN

El volumen de arena necesario para llevar a cabo la regeneración de la playa sumergida se ha calculado mediante el modelo número SMC, que superpone el perfil teórico de equilibrio resultante de la regeneración con el perfil natural del terreno, calculando el volumen entre ambos a lo largo de toda la curva de avance de playa seca diseñada.

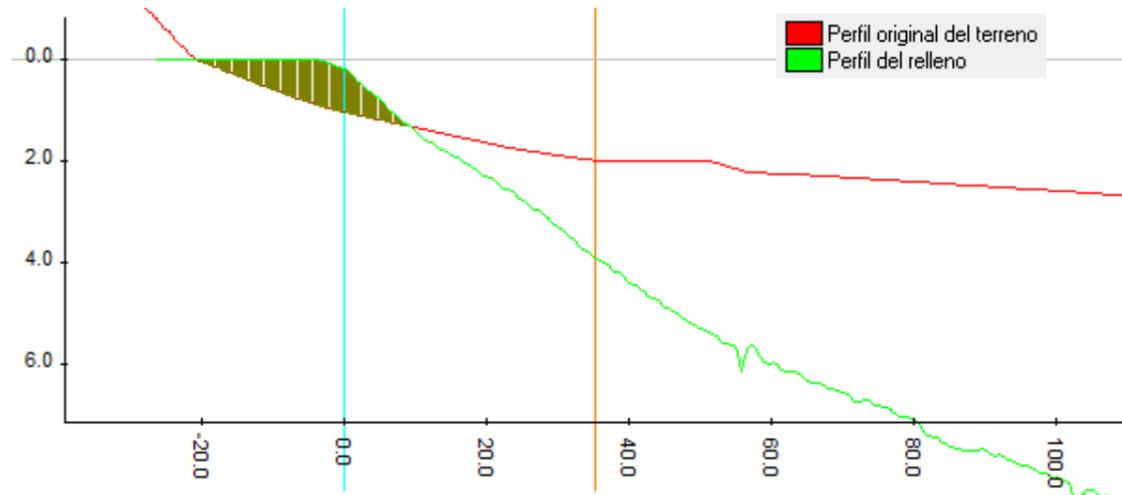


Figura 8. Perfil natural-perfil del relleno

$$\text{Volumen regeneración playa sumergida} = 1.215 \text{ m}^3$$

El volumen de arena que correspondiente a la parte seca de la playa se ha calculado mediante la herramienta ISTRAM, siendo ésta más adecuada para la definición del camino peatonal y la pendiente del estrán que conformará el frente de playa.

$$\text{Volumen regeneración playa seca} = 6534,7 - 276,8 = 6.257,9 \text{ m}^3$$

Resulta así un volumen total de regeneración de playa seca y sumergida:

$$\text{Volumen regeneración total} = 6.257,9 + 1.215 = 7.472,9 \text{ m}^3$$

Las diferencias entre las características físicas de los materiales de préstamo y originales de la playa hacen que al verter el material se produzcan unas pérdidas debido al diferente comportamiento frente a los agentes climáticos marinos. Por tanto, se aplicará un coeficiente de sobrellenado (RA) para prever esas pérdidas.

Por otra parte, habrá que prever un volumen extra que compense las pérdidas que se produzcan en el primer establecimiento, es decir, cuando se esté vertiendo el material y en el primer año de vida de la obra. Por tanto, el volumen final será:

$$Vol_{Total} = Vol_{RA} + Vol_p$$

El volumen por pérdidas Vol_p se aplica con un porcentaje que depende de la experiencia acumulada, y que generalmente se toma como un 5-10% del material vertido. Para el presente proyecto se tomará el valor del 6%.

Para obtener el volumen de sobrellenado se aplica el método desarrollado por James (1975) cuyo procedimiento permite tener en cuenta las posibles pérdidas debidas a la inadecuación de la granulometría del sedimento del préstamo a las condiciones para la muestra maestra impuestas por el diseño o por las condiciones de la muestra maestra de arena nativa. Pese a que los resultados de este procedimiento no pueden considerarse cuantitativamente exactos, se ha aplicado en el presente Proyecto al objeto de disponer una orientación cualitativa adicional del funcionamiento de la playa.

Para evaluar el volumen de sedimento necesario de préstamo que se requiere para un volumen determinado de relleno, James definió el factor de sobrellenado RA , como el número estimado de metros cúbicos de material de préstamo requeridos para producir un metro cúbico de relleno en la playa con unas condiciones granulométricas determinadas por la muestra maestra de la arena nativa o por las condiciones del diseño. El factor de sobrellenado RA puede obtenerse en el ábaco de James (Figura 9) a partir de las características granulométricas de la arena nativa y de aportación, esto es, su diámetro medio M_ϕ y su desviación típica σ_ϕ , en unidades ϕ (phi).

$$M_\phi = \frac{\phi_{84} + \phi_{16}}{2}$$

$$\sigma_\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2}$$

$$\phi = -\log_2(D(mm))$$

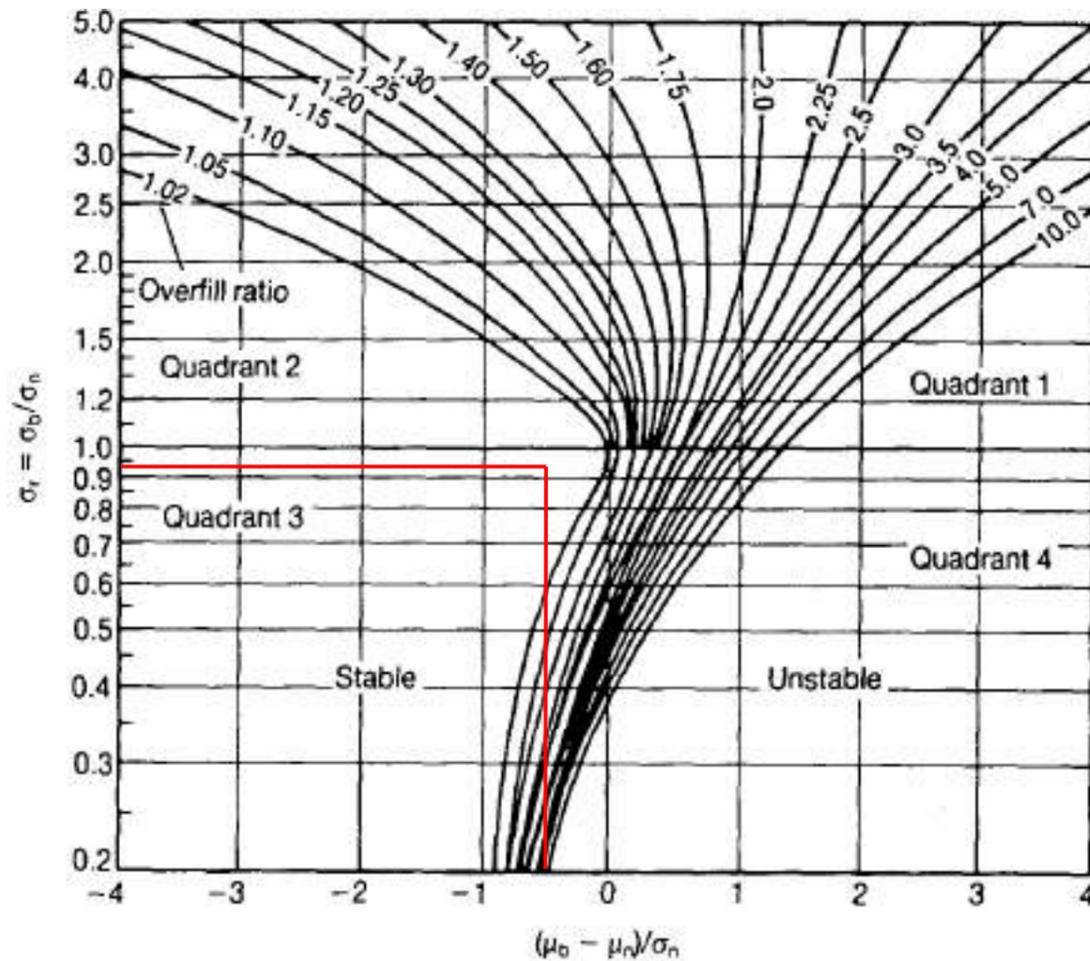


Figura 9. Factor de sobrellenado de James, RA

Los cuadrantes señalados en el ábaco de James con los números 1 a 4 se refieren a la calificación de los materiales de préstamo dada por Hobson (1977), en función de las características del tamaño medio y de la desviación del préstamo y arena nativa:

- Cuadrante 1: Material de préstamo más fino y peor graduado que el material nativo
- Cuadrante 2: Material de préstamo más grueso y peor graduado que el material nativo
- Cuadrante 3: Material de préstamo más grueso y mejor graduado que el material nativo
- Cuadrante 4: Material de préstamo más fino y mejor graduado que el material nativo

	D84 (mm)	D(16)mm	φ84	φ16	Mφ	σφ
NATIVA (n)	0,613	1,820	0,706	-0,864	-0,079	0,785
APORTACIÓN (b)	0,814	2,204	0,297	-1,140	-0,422	0,719

Tabla 6. Características granulométricas

Entrando en el gráfico con los siguientes valores:

$$\text{abcisas: } \frac{M_b - M_n}{\sigma_n} = \frac{-0,421 - (-0,079)}{0,785} = -0,436$$

$$\text{ordenada: } \sigma_r = \frac{\sigma_b}{\sigma_n} = \frac{0,718}{0,785} = 0,915$$

Se obtiene así un factor de sobrellenado $R_A = 1,02$, situándose así en el cuadrante 3 lo que significa que el material de préstamo es más grueso y mejor graduado que el material nativo.

Por tanto, el volumen de aportación total necesario será:

$$Vol_{Total} = 0,06 * 7.472,9 + 1,02 * 7.472,9 = 8.070,73 \sim 8.071 \text{ m}^3$$

ANEJO 8. DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE EXTRACCIÓN DE ARENAS Y ESCOLLERA

ANEJO 08. DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE EXTRACCIÓN DE ARENAS Y ESCOLLERA

1	INTRODUCCIÓN	2
2	ARENA PARA LA REGENERACIÓN DE PLAYA	2
2.1	UBICACIÓN DEL PRÉSTAMO	2
3	ESCOLLERAS PARA EL ESPIGÓN PROYECTADO	3
3.1	UBICACIÓN DE LAS CANTERAS	3
3.2	ESCOLLERA SOBRANTE	3

1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es la definición y ubicación del lugar propuesto tanto para la obtención del material empleado en la regeneración de la playa, como para la escollera necesaria para el espigón proyectado.

2 ARENA PARA LA REGENERACIÓN DE PLAYA

En la realimentación de las playas, la textura, granulometría y limpieza (ausencia de finos) de la arena de préstamo son factores fundamentales a la hora de la selección de un determinado préstamo como fuente de sedimento. Por ello, en general, las arenas de cantera de machaqueo, angulosas demasiado graduadas y sucias, no son del todo adecuadas para la realimentación, siendo más conveniente la extracción de ramblas o de depósitos de la plataforma continental o el lavado del material procedente de cantera.

La elección del tamaño de grano condiciona la formación del perfil de playa en equilibrio así como el transporte longitudinal del sedimento, por lo que también deberá tenerse en cuenta este aspecto y seleccionar un tamaño de arena mayor al de la arena nativa para garantizar la permanencia de éste en el perfil. Se establece un tamaño medio de sedimento de 1,5 mm, adecuado para estos condicionantes descritos.

Otro aspecto de especial interés a tener en cuenta es la cantidad de finos que contiene el material, ya que condicionará la turbidez del agua generada en el vertido y por consiguiente la conservación de la pradera de Posidonia Oceánica presente en la zona y sensible a estas condiciones. Por tanto, se prescribe el lavado del material previamente a su aportación.

Se propone como zona de extracción la **Cantera Huertecicas** ubicada en el Paraje Los Arejos en Águilas (Murcia), la cual ha proporcionado en regeneraciones anteriores de la playa de la Cola el material necesario. Previo contacto con dicha cantera, se confirma la disponibilidad del material que es necesario verter.

En el Anejo N° 7 del presente documento se describen las características granulométricas del material de relleno y nativo de la playa, así como el volumen de arena necesario para llevar a cabo la regeneración.

El volumen de arena necesario para la regeneración de la playa sumergida se ha calculado mediante el modelo numérico SMC, que superpone el perfil teórico de equilibrio resultante de la regeneración, con el perfil natural del terreno, calculando el volumen entre ambos. El volumen de arena que corresponde a la parte seca de la playa se ha calculado mediante la herramienta ISTRAM, siendo ésta más adecuada para la definición del camino peatonal y la pendiente del estrán que conformará el frente de playa. Además se ha considerado el volumen de material extra necesario que compense las pérdidas que se produzcan en el primer establecimiento y el factor de sobrellenado que tiene en cuenta las diferencias entre las características físicas de los materiales de préstamo y originales. Se obtiene, un volumen total de 8.071 m³ de arena necesarios para la ejecución de la recarga artificial de la playa de Cola.

Esta realimentación permitirá la restitución de la línea de costa y alcanzar el ancho de playa proyectado, permaneciendo estable en el tiempo debido al apoyo que la ejecución del espigón dará a la playa.

2.1 UBICACIÓN DEL PRÉSTAMO

A la hora de proponer los yacimientos es importante valorar la distancia al punto de vertido. Para el presente Proyecto, se propone la extracción del material de la Cantera Huertecicas, ubicada en el Paraje Los Arejos en Águilas (Murcia).

Al ser un yacimiento terrestre requiere equipos menos sofisticados para la explotación del mismo en comparación con los yacimientos marinos, pero el coste de explotación y transporte es más elevado.

En la Figura 1 se observa el itinerario que deberán seguir los camiones que transportan el material para la ejecución de la obra. La distancia total a recorrer es de 17 km, estimando un tiempo de 25 minutos.

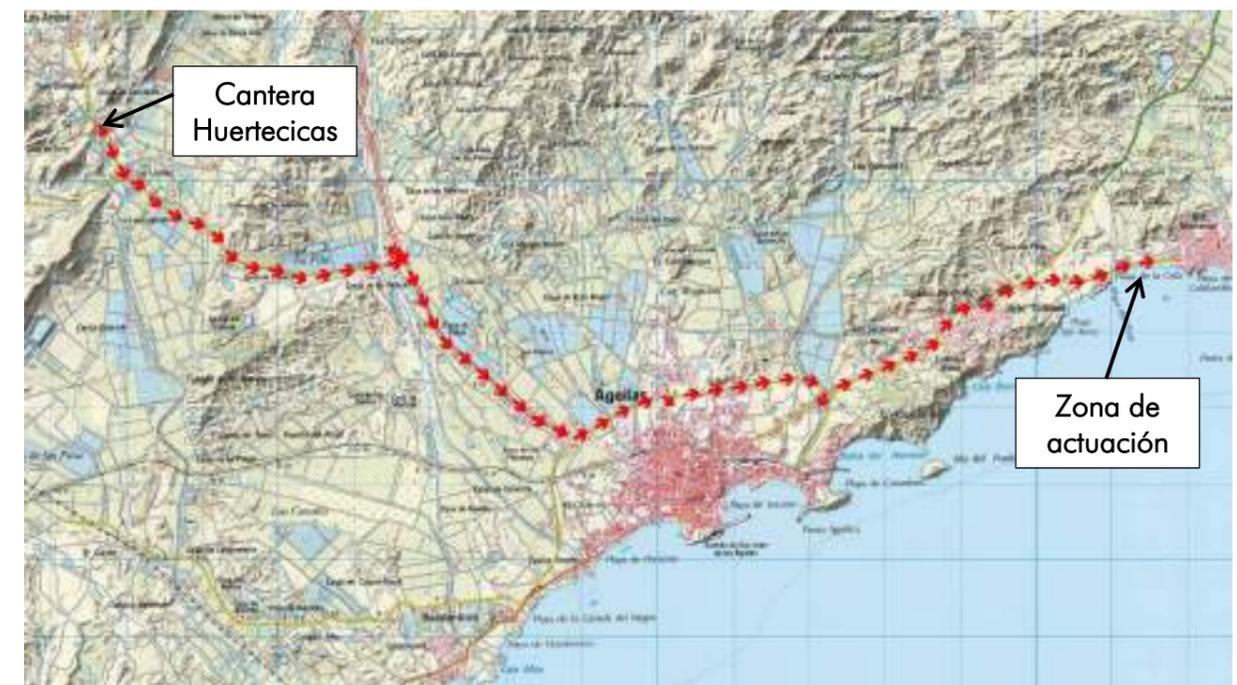


Figura 1. Itinerario yacimiento-zona de actuación

3 ESCOLLERAS PARA EL ESPIGÓN PROYECTADO

Como resultado de los cálculos estructurales para el modo de fallo de desplazamiento de las piezas del espigón (Anejo 07), se establecen tres tamaños de escollera para los diferentes tramos del espigón en los que se ha dividido para su dimensionamiento. En la Tabla 1 se recogen los volúmenes de escollera necesarios para cada peso.

TRAMO	ESCOLLERA	VOLUMEN (m3)
Arranque + Tramo 1	Escollera recolocada	269,5
Tramo 2	Escollera 1 Tn	589,3
Morro	Escollera 3 Tn	123,4

Tabla 1. Volúmenes de escollera

Para el arranque y el tramo 1, se utilizará la escollera existente actualmente en la zona Este de la playa y que es necesario retirar para la adecuada regeneración de la playa. Se seleccionarán las piezas de mayor tamaño y se recolocarán en el espigón proyectado.

Para el resto de tamaños necesarios, tramo 2 y morro, se utilizarán las canteras próximas a la zona:

CANTERA	DIRECCIÓN	TELEFONO
CANTERA DE ÁRIDOS "CUCALERAS"	Las Cunas, Ctra de Cuevas a Palomares (Murcia)	619 77 99 04
CANTERA DE ÁRIDOS "HUERTECICAS"	Paraje Los Arejos- Águilas (Murcia)	619 77 99 02

Tabla 2. Canteras propuestas

El contratista podrá utilizar la cantera que estime más conveniente, de entre las citadas o cualquier otra, siempre y cuando cumpla con los requisitos especificados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

3.1 UBICACIÓN DE LAS CANTERAS

Una vez consultado la disponibilidad de los tipos de escolleras requeridos para la ejecución de las obras proyectadas y estudiada la distancia entre las canteras citadas anteriormente y la zona de actuación, se propone como más idónea la Cantera de áridos Huertecicas, siendo la misma que la propuesta para el suministro de áridos. Por tanto el itinerario óptimo entre esta cantera y la zona de actuación será el especificado en la Figura 1.

El itinerario que finalmente realicen los camiones, deberá asegurar que no se perturbe a la población y cumpla con la legislación ambiental vigente.

Se deberán acondicionar los caminos ya existentes, tratando de minimizar la apertura de otros nuevos. Por otra parte, una vez concluidos los trabajos, se deberá proceder a la restitución de las condiciones iniciales, anteriores a la ejecución de las obras.

El espigón proyectado se ejecutará avanzando y vertiendo material desde tierra hacia el mar.

3.2 ESCOLLERA SOBRANTE

Como ya ha indicado, la escollera para el arranque y el tramo 1 del espigón procederá de la que actualmente existe en la zona.



Figura 2. Escollera existente a retirar vertida irregularmente

Se realiza una estimación del volumen total de dicha escollera, extendida en una longitud de 160 metros, con una altura de 1,8 metros y un ancho de 1,5 metros aproximadamente:

$$\text{Volumen de escollera a retirar: } 160 * 1,8 * 1,5 = 432 \text{ m}^3$$

Como el volumen que se puede recolocar en el espigón es sólo de 270 m³, será necesario transportar la restante al gestor de residuos más cercano, aproximadamente 163 m³.

$$\text{Volumen de escollera a Gestor de Residuos: } 432 - 269,5 = 162,5 \text{ m}^3$$



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y DEL MAR

DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA

Nº EXPEDIENTE: 30-1449

TÍTULO:

PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA DE LA COLA EN EL T.M. DE ÁGUILAS (MURCIA)

LOCALIDADES QUE DEFINEN EL TRAMO:

ÁGUILAS

INGENIERA DIRECTORA DE PROYECTO:

ENCARNACIÓN SEGURA TORRES

FECHA:

JULIO 2018

INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO:

SANTIAGO MANZANO MANZANO

EMPRESA CONSULTORA:



**EJEMPLAR: 01
TOMO: II de II**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

CONTENIDO:

**DOCUMENTO Nº 1. ANEJOS (DEL 9 AL 16)
DOCUMENTO Nº 2. PLANOS
DOCUMENTO Nº 3. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES
DOCUMENTO Nº 4. PRESUPUESTO**

TOMO II

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA

Memoria

Anejo 01. Antecedentes y objeto de la actuación

Anejo 02. Estudio de alternativas

Anejo 03. Levantamientos topográficos

Anejo 04. Caracterización de la playa

Anejo 05. Clima marítimo

Anejo 06. Dinámica Litoral

Anejo 07. Cálculos justificativos y estructurales

Anejo 08. Análisis y determinación de la zona de extracción de arenas y escollera

Anejo 09. Estudio de Impacto Ambiental

Anejo 10. Efectos del Cambio Climático

Anejo 11. Justificación de Precios

Anejo 12. Clasificación del Contratista

Anejo 13. Plan de obra

Anejo 14. Gestión de Residuos

Anejo 15. Reportaje fotográfico

Anejo 16. Seguridad y Salud

DOCUMENTO Nº 2. PLANOS

DOCUMENTO Nº 3. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO Nº 4. PRESUPUESTO

4.1. Mediciones

4.1.1. Mediciones auxiliares

4.1.1. Mediciones generales

4.2. Cuadro de precios

4.2.1 Cuadro de Precios 1

4.2.2. Cuadro de Precios 2

4.3. Presupuestos

4.3.1 Presupuestos Parciales

4.3.2. Presupuesto de Ejecución Material

4.3.3. Presupuesto Base de Licitación

ANEJO 9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO 09. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1. INTRODUCCIÓN	3	7.1.7.5	Forma en planta	37
2. MARCO LEGAL	3	7.1.7.6	Cambios que pueden afectar a la línea de costa	38
2.1 LEY 21/2013 DE 9 DE DICIEMBRE, DE EVALUACIÓN AMBIENTAL	3	7.2 MEDIO BIOLÓGICO		39
3. OBJETIVOS Y CONTENIDO DEL PRESENTE DOCUMENTO AMBIENTAL	4	7.2.1 FIGURAS DE PROTECCIÓN EN LA ZONA		39
4. ESTUDIOS PREVIOS DISPONIBLES	5	7.2.1.1	Espacios Naturales Protegidos	39
5. DESCRIPCIÓN E UBICACIÓN DEL PROYECTO	5	7.2.1.2	Red Natura 2000	40
5.1 MARCO GEOGRÁFICO	5	7.2.1.3	Áreas protegidas por Instrumentos Internacionales	41
5.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	5	7.2.2 OTRAS FIGURAS DE PROTECCIÓN		41
5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	6	7.2.2.1	Áreas Importantes para la Conservación de la Aves y la Biodiversidad	41
6. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	8	7.2.2.2	Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE)	41
6.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS	8	7.2.2.3	Figuras de protección territorial. Región de Murcia	42
6.1.1 ALTERNATIVA 0. NO ACTUACIÓN	8	7.2.3 HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO		43
6.1.2 ALTERNATIVA 1. REGENERACIONES PARCIALES + RETIRADA DE ESCOLLERA	8	7.2.4 BIOCENOSIS		44
6.1.3 ALTERNATIVA 2. REGENERACIONES PARCIALES + ESPIGONES + RETIRADA ESCOLLERA	9	7.2.4.1	Biocenosis de algas fotófilas infralitorales de régimen calmo	44
6.1.3.1 Dique Oeste	9	7.2.4.2	Biocenosis de arenas bien calibradas	45
6.1.3.2 Dique Este	9	7.2.4.3	Biocenosis de pradera de <i>Posidonea Océánica</i>	46
6.1.4 ALTERNATIVA 3. REGENERACIÓN TOTAL + ESPIGONES + RETIRADA DE ESCOLLERA	9	7.2.4.4	Biocenosis de matas muertas de <i>Posidonea Océánica</i>	47
6.1.5 ALTERNATIVA 4. REGENERACIÓN PARCIAL Y ESPIGÓN ESTE + RETIRADA DE ESCOLLERA	9	7.2.4.5	Biocenosis de los fondos detríticos costeros	47
6.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	9	7.2.4.6	Biocenosis de fondos detríticos enfangados	48
7. INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL	11	7.2.4.7	Pradera de <i>Caulerparacemosa</i>	48
7.1 MEDIO FÍSICO	11	7.2.4.8	Valoración de la Biocenosis	48
7.1.1 VIENTO	11	7.2.5 ESTUDIO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA POSIDONIA OCEÁNICA		48
7.1.1.1 Régimen medio	11	7.2.5.1	Variables objeto de estudio	50
7.1.2 OLEAJE	11	7.2.5.2	Resultados obtenidos	51
7.1.2.1 Oleaje en profundidades indefinidas	12	7.3 CALIDAD ATMOSFÉRICA		52
7.1.2.2 Propagación del oleaje	16	7.4 CALIDAD DEL AGUA		53
7.1.2.3 Oleaje en puntos objetivos	19	7.5 PAISAJE		54
7.1.3 CORRIENTES	22	7.6 ARQUEOLOGÍA		55
7.1.4 NIVEL MAR	26	7.7 MEDIO SOCIO ECONÓMICO		56
7.1.4.1 Niveles de referencia	27	8. IDENTIFICACIÓN DE LA INCIDENCIA AMBIENTAL		56
7.1.4.2 Régimen medio	28	8.1 FACTORES	56	
7.1.4.3 Variaciones del nivel del mar en la playa de la cola	29	8.2 VALORACIÓN CUALITATIVA DE LOS IMPACTOS	57	
7.1.5 ENCUADRE GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO	29	8.2.1 IMPACTO SOBRE LA DINÁMICA DEL LITORAL	57	
7.1.6 MORFOLOGÍA DE LOS FONDOS	31	8.2.2 IMPACTO SOBRE EL MEDIO MARINO	57	
7.1.7 DINÁMICA DEL LITORAL	33	8.2.3 IMPACTO CALIDAD DE LAS AGUAS	57	
7.1.7.1 Balance sedimentario	33	8.2.4 IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE	58	
7.1.7.2 Estabilidad de la playa a largo plazo	33	8.2.5 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	58	
7.1.7.3 Profundidad de cierre	34	8.2.6 IMPACTO SOBRE EL MEDIO TERRESTRE	58	
7.1.7.4 Perfil de equilibrio	35	8.2.7 IMPACTO SOBRE EL PAISAJE	58	
		8.2.8 INCIDENCIA SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	59	
		8.2.9 IMPACTO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO	59	
		8.3 VALORACIÓN CUANTITATIVA DE LOS IMPACTOS	62	
		8.3.1 IMPACTO NETO DE PROYECTO	62	
		9. AFECCIÓN A LA RED NATURA 2000	67	
		9.1 IDENTIFICACIÓN DE ESPACIOS RED NATURA 2000	67	
		9.1.1 HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO EN LOS ESPACIOS RED NATURA 2000	67	
		9.1.1.1 Hábitats prioritarios	68	
		9.1.1.2 Hábitats no prioritarios	68	

9.1.2	ESTUDIO AMBIENTAL DE LOS TAXONES SIGNIFICATIVOS AFECTADOS.....	68	11.2.1	FASE PREVIA O PREOPERACIONAL.....	80
9.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS AFECCIONES A LA RED NATURA 2000	69	11.2.2	FASE DE OBRAS	81
9.2.1	AFECCIÓN AL HÁBITAT “PRADERAS DE POSIDONIA OCEANICA” (CÓDIGO 1120).....	69	11.2.2.1	En la cantera	81
9.2.2	AFECCIÓN AL HÁBITAT “BANCOS DE ARENA CUBIERTOS PERMANENTEMENTE POR AGUA MARINA, POCO PROFUNDA” (CÓDIGO 1110).....	69	11.2.2.2	En los viales de transporte.....	81
9.2.3	AFECCIÓN AL HÁBITAT “ARRECIFES” (CÓDIGO 1170)	70	11.2.2.3	En la zona de actuación	82
9.3	ANÁLISIS DE AFECCIONES PREVISTAS A TAXONES DE FAUNA DE INTERÉS COMUNITARIO ...	70	11.2.3	FASE OPERACIONAL	82
9.3.1	ANÁLISIS DE AFECCIONES PREVISTAS POR FASES	70	11.2.4	PRESUPUESTO	83
9.3.1.1	Fase de construcción.....	70			
9.3.1.2	Fase de explotación.....	70			
9.4	PROPUESTA DE MEDIDAS	71			
9.4.1	MEDIDAS DE CARÁCTER GENERAL.....	71			
9.4.2	MEDIDAS ESPECÍFICAS	71			
9.5	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	71			
9.5.1	ETAPA DE VERIFICACIÓN.....	71			
9.5.2	ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	73			
9.5.3	ETAPA DE REDEFINICIÓN	74			
9.5.4	ETAPA DE EMISIÓN Y REMISIÓN DE INFORMES	74			
9.6	CONCLUSIÓN	74			
9.6.1	ANÁLISIS DE LAS AFECCIONES PREVISTAS A LOS HÁBITATS INVENTARIADOS	74			
9.6.2	ANÁLISIS DE LAS AFECCIONES PREVISTAS A LOS TAXONES INVENTARIADOS.....	74			
9.6.3	ANÁLISIS DE LA AFECCIÓN POTENCIAL SOBRE LA INTEGRIDAD FUNCIONAL DEL LUGAR. ANÁLISIS GLOBAL DE IMPACTOS SOBRE LA RED NATURA 2000.....	74			
10.	MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS	75			
10.1	MEDIDAS PREVENTIVAS	75			
10.1.1	MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	75			
10.1.2	MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE	76			
10.1.3	MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	76			
10.1.4	MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE EL MEDIO BIOLÓGICO	76			
10.1.5	MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE EL PAISAJE	76			
10.1.6	MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE EL FACTOR HUMANO	77			
10.1.7	MEDIDAS PREVENTIVAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	77			
10.2	MEDIDAS CORRECTORAS	77			
10.2.1	MEDIDAS CORRECTORAS SOBRE LA CALIDAD DE LAS GUAS.....	77			
10.2.2	MEDIDAS CORRECTORAS SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE	77			
10.2.3	MEDIDAS CORRECTORAS SOBRE LA CONTAMINACIÓN ACUSTICA.....	78			
10.2.4	MEDIDAS CORRECTORAS SOBRE EL MEDIO BIOLÓGICO.....	78			
10.2.5	MEDIDAS CORRECTORAS SOBRE EL PAISAJE.....	78			
10.2.6	MEDIDAS PREVENTIVAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	78			
10.3	MEDIDAS COMPENSATORIAS.....	78			
11.	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	79			
11.1	ÁMBITO TERRITORIAL DEL PROGRAMA	79			
11.2	ALCANCE DE LOS TRABAJOS	79			
	12. VALORACIÓN GLOBAL. CONCLUSIONES.....	83			

APÉNDICE 1. PLANOS

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objeto el análisis ambiental del Proyecto de Regeneración de la playa de La Cola en el Término Municipal de Águilas (Murcia).

Actualmente La Playa de la Cola se encuentra en un proceso de regresión, en el que las infraestructuras presentes se ven afectadas frente a los oleajes típicos de temporal dada su escasa distancia con la línea de playa. Entre estas infraestructuras cabe destacar la carretera comarcal RM-D15, prácticamente colindante con la playa en su zona Oeste, y diversas viviendas en la zona Este.

El presente proyecto define un pequeño dique y la regeneración parcial de la playa en la zona Este de la misma, que soluciona a largo plazo los problemas de erosión en la zona y por consiguiente la protección de las viviendas próximas frente al oleaje.

2. MARCO LEGAL

El proyecto de Defensa y Mejora de la Playa de la Cola, es una actuación promovida por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar (Demarcación de Murcia) del Ministerio para la Transición Ecológica por lo que el órgano ambiental es el Ministerio para la Transición Ecológica, siéndole por tanto de aplicación **en materia de Prevención Ambiental la Ley 21/2013, de 9 de diciembre de Evaluación ambiental.**

Otras normativas que pueden ser de aplicación son:

En materia de conservación del medio natural (biodiversidad, fauna, flora y hábitats):

- Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad

En materia de protección del medio marino

- Ley 41/2010 de Protección del medio marino

En materia de gestión ambiental de proyectos de dragado y vertido/colocación.

- Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.

En materia de adaptación al cambio climático

- Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa española.

Normativas Sectoriales

- Orden 10833/1976, de 26 de mayo, que supone la adhesión de España a los convenios de Oslo y Londres sobre el vertido al mar de sustancias contaminantes.
- Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

Reglamento General de Costas (Real Decreto 876/2014)

El Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el nuevo Reglamento General de Costas, desarrolla y aplica la Ley 22/1988, de Costas y la Ley 2/2013, de protección y uso sostenible del litoral, que además modificaba la Ley de Costas.

Deroga el Reglamento General para desarrollo y ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, aprobado por Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre.

Su finalidad es garantizar la protección ambiental del litoral, la seguridad jurídica de los titulares de derechos en la costa y el desarrollo en condiciones de sostenibilidad de las actividades económicas en la zona.

Como principales novedades de este nuevo Reglamento General que afectan al presente estudio pueden destacarse las siguientes:

- Máxima protección de los tramos naturales de las playas y diferencia entre los tramos urbanos y naturales de las playas.
- Cambio climático: El Reglamento recoge las previsiones de la Ley de 2013 respecto a los efectos del cambio climático en el litoral. La Ley de 1988 y el Reglamento de 1989 no contenían la menor previsión.

Legislación autonómica

- Ley 4/2009, de 14 de mayo, de protección ambiental integrada
- Ley 4/1992, de 30 de julio, de Ordenación y Protección del Territorio de la Región de Murcia.
- Orden sobre la planificación integrada de los espacios protegidos de la Región de Murcia.
- Orden de 3 de noviembre de 2003, varamientos de cetáceos y tortugas marinas en la Región de Murcia
- Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia (en fase de aprobación).

2.1 LEY 21/2013 DE 9 DE DICIEMBRE, DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

En el Anexo I de la Ley 21/2013, en el que se definen las categorías de los proyectos sometidos a evaluación ambiental ordinaria, no está incluida la actuación proyectada.

Sin embargo, en el Anexo II de la Ley, en el que se definen las categorías de los proyectos sometidos a evaluación ambiental simplificada, sí se localiza el proyecto objeto de estudio, ya que en el Grupo 7, relativo a "Proyectos de infraestructuras", se contemplan los siguientes:

"e) Obras de alimentación artificial de playas cuyo volumen de aportación de arena supere los 500.000 metros cúbicos o bien que requieran la construcción de diques o espigones."

“h)Obras costeras destinadas a combatir la erosión y obras marítimas que puedan alterar la costa, por ejemplo, por la construcción de diques, malecones, espigones y otras obras de defensa contra el mar, excluidos el mantenimiento y la reconstrucción de tales obras y las obras realizadas en la zona de servicio de los puertos.”

La actuación se puede enmarcar en cualquiera de los epígrafes anteriores por lo que debería pasar el trámite de Evaluación Ambiental Simplificada.

No obstante lo anterior, Anexo III “Criterios mencionados en el artículo 47.5 de esta ley para determinar si un proyecto del Anexo II debe someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria” la actuación proyectada se enmarca en el punto 2, c), 5.º Lugares Red Natura 2000, por lo que el Proyecto objeto del presente estudio deberá pasar el trámite de **Evaluación de impacto ambiental ordinaria**.

El procedimiento a seguir para el trámite de Evaluación Ambiental Ordinaria se define en el artículo 33 a 44 de la Ley 21/2013, y se inicia con la recepción por el órgano ambiental del expediente completo de evaluación de impacto ambiental.

Con carácter previo al inicio del procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinario se establecen las siguientes actuaciones:

- a) Con carácter potestativo, el promotor podrá solicitar, de conformidad con el artículo 34, que el órgano ambiental elabore el documento de alcance del estudio de impacto ambiental. El plazo máximo para su elaboración es de tres meses.
- b) Con carácter obligatorio, el órgano sustantivo, dentro del procedimiento sustantivo de autorización del proyecto, realizará los trámites de información pública y de consultas a las Administraciones públicas afectadas y a las personas interesadas.

Los trámites de información pública y de consultas tendrán una vigencia de un año desde su finalización. Transcurrido este plazo sin que se haya iniciado la evaluación de impacto ambiental ordinaria, el órgano sustantivo declarará la caducidad de los citados trámites.

Tras las actuaciones previas a las que se refiere el apartado anterior, la evaluación de impacto ambiental ordinaria se desarrollará en los siguientes trámites:

- a) Solicitud de inicio.
- b) Análisis técnico del expediente de impacto ambiental.
- c) Declaración de impacto ambiental.

El órgano ambiental realizará estos trámites en el plazo de cuatro meses, contados desde la recepción completa del expediente de impacto ambiental. Este plazo podrá prorrogarse por dos meses adicionales debido a razones justificadas, debidamente motivadas.

En el artículo 35 de la mencionada ley, se establece el contenido del estudio para la solicitud de la evaluación de impacto ambiental ordinaria, en los términos desarrollados en el anexo VI de la misma ley

- a) Descripción general del proyecto y previsiones en el tiempo sobre la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
- b) Exposición de las principales alternativas estudiadas, incluida la alternativa cero, o de no realización del proyecto, y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.

- c) Evaluación y, si procede, cuantificación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, la geodiversidad, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución, explotación y en su caso durante la demolición o abandono del proyecto.

Cuando el proyecto pueda afectar directa o indirectamente a los espacios Red Natura 2000 se incluirá un apartado específico para la evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación del espacio.

- d) Medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- e) Programa de vigilancia ambiental.
- f) Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles.

Además, el presente estudio contemplará para su desarrollo el nuevo Reglamento General de Costas y la legislación y normativa autonómica correspondiente:

3. OBJETIVOS Y CONTENIDO DEL PRESENTE DOCUMENTO AMBIENTAL.

Los objetivos básicos del estudio son:

- Elaborar un documento ambiental que recoja todos y cada uno de los aspectos contemplados en la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, que afecten al proyecto.
- Desarrollar aquellas investigaciones encaminadas a obtener un conocimiento preciso, profundo y exhaustivo de todas las implicaciones ambientales claves, incluyendo aquellas que ayuden a conocer los mecanismos dinámicos, físico-químicos y ecológicos que se pueden ver afectados en el entorno de la actuación, llegando a predecir las alteraciones previsibles en todos estos aspectos, tanto en la fase de ejecución como de funcionamiento de la obra proyectada, con el objeto de proponer las medidas más adecuadas para su minimización y control.

La consecución de dichos objetivos supone el desarrollo de las siguientes tareas:

- Determinar y caracterizar las comunidades naturales de la zona potencialmente afectada.
- Realizar el diagnóstico de la situación actual del ecosistema, con anterioridad a la ejecución de las obras, con identificación de las zonas que por sus peculiares condiciones requieran la toma de especiales precauciones, especialmente las áreas eventualmente ocupadas por comunidades de mayor valor ecológico.
- Valorar cualitativamente la incidencia ambiental del proyecto sobre las comunidades naturales y sobre otras variables ambientales como el paisaje, el medio atmosférico y los aspectos sociales y económicos.
- Elaborar un programa de vigilancia ambiental que comprenda tanto el desarrollo y control de la obra como la fase posterior a la misma.

4. ESTUDIOS PREVIOS DISPONIBLES

En el presente apartado se recogen cada una de las fuentes de información que se han consultado y/o empleado para la realización del presente Estudio:

- Estudio Ecocartográfico de las Provincias de Murcia, Almería y Granada (ECOMAG): Este estudio constituye una potencial fuente de información de las zonas que comprende, disponiendo la siguiente información:
 - o Topografía y Cartografía
 - o Cartografía marina
 - o Estudio de mareas
 - o Estudio de morfología de fondos
 - o Estudio hidrodinámico
 - o Clasificación de playas
 - o Estudio de dinámica litoral
 - o Reconocimiento ecológico marino
 - o Estudio de caracterización de las aguas marinas
 - o Comunidades Planctónicas
 - o Estudio de sedimentos
 - o Cartografía bionómica
 - o Caladeros y zonas de pesca
 - o Estudio de infraestructuras
 - o Reconocimiento ecológico terrestre
 - o Estudio de usos del suelo
 - o Estudio de patrimonio natural
 - o Estudio de patrimonio cultural
 - o Estudio de Información Geográfica
- Proyecto de Remodelación de la Playa de la Cola (Murcia) realizado por ALVAREZ INGENIEROS, S.L. en octubre de 2001 a petición de la Dirección General de Costas, Servicios Provinciales en Murcia.
- Libro “El litoral Sumergido de la Región de Murcia. Cartografía bionómica y valores ambientales” (Segunda edición) elaborado en diciembre de 1999 del cual se ha obtenido gran parte de la información para llevar a cabo la caracterización bionómica de la zona de estudio.
- Topografía y batimetría actualizada de la zona de estudio realizada por la empresa especializada, CTIN Ingeniería Topográfica.
- Ortofotografía de la playa de la Cola actualizada y de gran calidad mediante vuelo de Dron realizada por la empresa especializada, CTIN Ingeniería Topográfica.

- Vídeos georreferenciados con cámara sumergida obteniendo un producto audiovisual de gran calidad, en el que pueden apreciarse las diferentes especies y biocenosis presentes en la zona, realizada por la empresa especializada, CTIN Ingeniería Topográfica.

5. DESCRIPCIÓN E UBICACIÓN DEL PROYECTO

5.1 MARCO GEOGRÁFICO

La playa de La Cola se ubica en el término municipal de Águilas (Murcia) entre los accidentes geográficos de Cabo Cope e Isla del Fraile. Abarca un frente litoral de aproximadamente 1.150 m, situada entre el promontorio que flanquea el extremo oeste de La playa de Calabardina y el que la separa de la Cala del Pino.



Figura 1. Descripción del entorno

Está constituida por una estrecha franja arenosa y formaciones de bajos rocosos muy extendidos en toda su longitud. Muy próxima al límite del DPMT discurre una carretera comarcal y al otro lado de ésta el terreno está sin edificar.

5.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el año 2004 la Dirección General de Ordenación del Territorio y Costas de la Región de Murcia publicó las Directrices y el **Plan de Ordenación Territorial del Litoral de la Región de Murcia**. La playa de La Cola forma parte del área *Funcional del Litoral Suroccidental*, formada por la parte oeste del municipio de Cartagena y los municipios de Mazarrón y Águilas así como la parte litoral del municipio de Lorca. Concretamente la zona de estudio abarca la subárea de Águilas siendo la más alejada hacia el suroeste.

Las consideraciones desarrolladas por la **Dirección General de Costas** en su documento de "Estrategia para la sostenibilidad de la Costa" en la unidad, Límite de la provincia de Almería - Cabo Cope", son las siguientes:

- Infraestructuras viarias o lindando con la costa o sobre la playa, desde la playa de la Cola a la playa de Calabardina, donde el agua llega hasta el mismo borde de la carretera, valorado como una mala actuación antrópica.
- La ocupación del litoral que se hizo con la urbanización de Calabardina y Calarreona en suelo urbanizable programado ha sido muy arbitraria, no respetando las servidumbres de la ley de Costas del 88, lo que provoca saturación del medio costero en la zona.

Así, es un hecho que La playa de La Cola se encuentra actualmente en continua regresión, afecta a la carretera autonómica RM-D15, y sufre invasión urbanística en la parte comarcal oriental de la misma.

Ante esta situación, desde 1996 se han sucedido numerosos proyectos de mejora y ampliación de la playa de La Cola cuyo objetivo es la recuperación de la misma y la protección de las infraestructuras y viviendas que limitan con la zona de DPMT, pero hasta la fecha ninguno ha prosperado.

Asimismo en 2007 se realizó un vertido no autorizado de escollera para la protección de las viviendas próximas al frente costero, la cual aceleró el declive de la playa en esta zona.



Figura 2. Vertido de escollera de forma irregular

Por tanto, según lo expuesto anteriormente, la principal problemática que exhibe actualmente la playa de La Cola es la limitación que presenta la línea de Dominio Público Marítimo Terrestre por la presencia de infraestructuras construidas con anterioridad a la Ley de Costas del Ley 22/1988, de 28 de julio. Cabe destacar dos puntos críticos:

- Su proximidad con la carretera comarcal RM-D15, que llega a verse afectada bajo condiciones de fuertes oleajes. Esta situación se ve agravada por la regresión que está sufriendo la línea de costa.
- Presencia de viviendas, limitando con la línea de DPMT, muy próximas al frente costero que del mismo modo se ven afectadas bajo episodios de temporales marítimos.



Figura 3. Ubicación de la playa

Figura 4. Vertido de escollera (2007)

El gran condicionante que presenta cualquier tipo de actuación sobre la playa de La Cola es la presencia en la zona de Praderas de Posidonia, considerado desde el punto de vista ambiental y científico uno de los ecosistemas de mayor interés dada su aportación global a la biodiversidad. Esta especie es especialmente sensible a los cambios de calidad del agua, por lo que la regeneración de playa, que lleva asociada movimientos de sedimentos y aumentos locales en la turbidez en las aguas, es una actuación sensible en la que se tendrán que extremar las precauciones para evitar afectarla, en la medida de lo posible.

La actuación prevista se enmarca en terrenos de dominio público marítimo terrestre.

5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras consisten en la construcción de un espigón en la zona Este de la playa de la Cola y la regeneración parcial de la misma.

Espigón

En su forma en planta, el espigón arranca 5,4 m anclado en playa seca y se adentra en el mar 73,74 m. Sigue una alineación curva de radio 60 m en los primeros 40 metros y una alineación recta en los últimos 33,74 metros hasta alcanzar la batimétrica 2,4 m (respecto NMMA), superando así la profundidad de cierre del perfil de equilibrio, y estabilizando el movimiento del sedimento.

La cota de coronación del mismo se establece en 1 metro sobre la Bajamar Viva Equinoccial, tratando así de evitar los impactos visuales desde la playa que pueda suponer la estructura. Se dispone un ancho en coronación de 5 metros, que facilitará la construcción del mismo y las posibles labores de mantenimiento.

Los tamaños de escolleras requeridos para asegurar la estabilidad del propio espigón son de 1 Tn para el tramo 2 y de 3 Tn para el morro, con un talud 1,5/1 en toda su longitud. Dadas las características geométricas del arranque y el tramo 1, la acción del oleaje esperable sobre ellos será mínima y con ello los pesos de las piezas de escollera que aseguren su estabilidad. De este modo, se considera adecuada la recolocación de la escollera presente actualmente en la zona Este de la playa, tratando siempre de aprovechar las piezas de mayor tamaño posible de la misma. En la siguiente tabla se especifican los volúmenes requeridos de escollera:

TRAMO	ESCOLLERA	VOLUMEN (m3)
Arranque + Tramo 1	Escollera recolocada	269,5
Tramo 2	Escollera 1 Tn	589,3
Morro	Escollera 3 Tn	123,4
TOTAL		982,2

La ejecución del mismo se realiza por vía terrestre, donde el propio material vertido servirá de superficie de apoyo a la maquinaria que irá avanzando conjuntamente con la ejecución del espigón. En los recorridos de vuelta, es decir hacia playa seca, el principal objetivo de la maquinaria será la correcta definición de los taludes proyectados del espigón.

Dada la importancia ecológica de la pradera de *Posidonia Oceánica* presente en la zona de actuación, se propone como medida compensatoria, y con carácter previo a la construcción del espigón, examinar cuantitativamente la superficie afectada de dicha especie y realizar su restauración en zonas actualmente despobladas.

Regeneración de la playa

La regeneración consiste en recargar artificialmente de arena la playa hasta conseguir una anchura tal que garantice la protección de las viviendas existentes que actualmente lindan con la línea de DPMT, y que se encuentran expuestas a la acción del oleaje durante temporales.

La parte de playa seca a regenerar (por encima del NMM) se diseña de tal forma que se dispone un camino peatonal de 3 metros de ancho formalizando la rasante existente de la senda actual. Dicho camino tiene una pendiente transversal del 2% hacia afuera para evitar que el agua de lluvia vierta hacia el lado de las viviendas. La pendiente del estrán de la playa queda definida entre la rasante exterior del camino y la curva de avance de playa diseñada y condicionada por el nuevo punto de difracción que supondrá el espigón y las condiciones del oleaje incidente.

La presencia de pradera de *Posidonia Oceánica* es el principal condicionante a tener en cuenta para establecer las características que definan la regeneración propuesta, ya que el vertido de arena supone una amenaza potencial para la especie. Si los sedimentos son demasiado finos, producen turbidez y pueden acelerar el declive de las praderas. La erosión de la playa se agudiza al desaparecer el fondo marino que esta especie constituye, y que sirve de medio

disipativo frente al oleaje incidente. Se puede llegar a producir un círculo vicioso “pérdida pradera-erosión playa” acelerando la regresión de la propia playa.

Teniendo en cuenta esto, la regeneración propuesta responde a las siguientes características:

- La zona de actuación se limita al extremo Este de la playa, donde actualmente no hay presencia de *Posidonia*. De esta forma se evitará el enterramiento de la especie y por consiguiente su destrucción.
- Se verterá arena lavada con un tamaño suficientemente grande para evitar la dispersión de finos, y con ello la turbidez del agua. Teniendo en cuenta esto y las características de la arena nativa, el tamaño de arena propuesto para la regeneración se establece en un $D_{50} = 1,5\text{mm}$.
- Durante las tareas de vertido se dispondrá una malla de protección para evitar que la turbidez que puede ser originada en las labores de vertido se extienda hacia profundidades mayores y afecte a la pradera.

El volumen de arena necesario para la regeneración de la playa sumergida se ha calculado mediante el modelo número SMC, que superpone el perfil teórico de equilibrio resultante de la regeneración con el perfil natural del terreno, calculando el volumen entre ambos. El volumen de arena correspondiente a la parte seca de la playa se ha calculado mediante la herramienta ISTRAM.

Las diferencias entre las características físicas de los materiales de préstamo y originales de la playa hacen que al verter el material se produzcan unas pérdidas debido al diferente comportamiento frente a los agentes climáticos marinos. Por tanto, se aplicará un coeficiente de sobrellenado (*RA*) para prever esas pérdidas.

Asimismo, se ha previsto un volumen extra que compense las pérdidas que se produzcan en el primer establecimiento, es decir, cuando se esté vertiendo el material y en el primer año de vida de la obra.

Así, el volumen de aportación total necesario se ha estimado en 8.071 m^3 , con el cual se conseguirá un ancho mínimo de playa seca de 20 metros en la zona más comprometida.

El sistema conjunto “Construcción del dique + Regeneración de playa” resultará óptimo para la defensa de la zona Este de la playa, ya que la construcción del dique evitará la pérdida de arena y proporcionará la protección requerida en esta zona frente a la acción del oleaje.

Disponibilidad de Materiales

Para el presente Proyecto, se propone como zona de extracción de arenas la Canteras Huertecicas ubicada en el Paraje Los Arejos en Águilas (Murcia) a unos 17 Km de la zona de actuación, la cual ha proporcionado el material necesario en regeneraciones anteriores de la playa de la Cola.

Para las distintas escolleras necesarias para la construcción del dique se disponen las siguientes canteras:

CANTERA	DIRECCIÓN	TELEFONO
CANTERA DE ÁRIDOS "CUCALERAS"	Las Cunas, Ctra de Cuevas a Palomares (Murcia)	619 77 99 04
CANTERA DE ÁRIDOS "HUERTECICAS"	Paraje Los Arejos- Águilas (Murcia)	619 77 99 02

El contratista podrá utilizar la cantera que estime más conveniente, de entre las citadas o cualquier otra, siempre y cuando cumpla con los requisitos especificados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Retirada de escollera vertida irregularmente

Se procederá a la retirada de la escollera presente actualmente en la parte Este de la playa, vertida de forma irregular en el año 2007. La construcción del espigón y la realimentación en esta zona serán las encargadas de proporcionar protección a estas viviendas.

Para reducir el coste de ejecución de las obras, las mayores piezas del material a retirar serán empleadas en la ejecución del dique, concretamente en el arranque y tramo 1 del mismo.

La reutilización de este material supondrá la reducción de los transportes a vertedero necesarios para su retirada, así como los transportes de suministro de material a la zona de actuación dado que se reducirá el material de cantera a emplear en la construcción del espigón. De este modo, además de los beneficios económicos, se verá reducida la afección al Medio Ambiente en lo referente a las emisiones de CO₂ que pudieran producir los camiones de la obra.

No obstante lo anterior, se prevé una pequeña cantidad de escollera sobrante que será retirada a gestor autorizado.

6. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

A continuación se describen las distintas estrategias de actuación posibles para la defensa y mejora la playa de La Cola.

6.1.1 ALTERNATIVA 0. NO ACTUACIÓN

Esta opción consiste en no actuar; dejar que el oleaje moldee la costa.

6.1.2 ALTERNATIVA 1. REGENERACIONES PARCIALES + RETIRADA DE ESCOLLERA

La playa de La Cola presenta en la actualidad un claro estado de erosión y regresión de línea de costa, especialmente bajo la acción de los temporales que actúan sobre ella; por ello, en esta alternativa se propone la regeneración parcial de la playa, en las zonas donde más playa seca se ha perdido, es decir en los extremos de la misma.

La presencia de pradera de *Posidonia Oceánica* es el principal condicionante a tener en cuenta para establecer las características que definan la regeneración propuesta, ya que el vertido de arena supone una amenaza potencial para la especie.

Si los sedimentos son demasiado finos, producen turbidez y pueden acelerar el declive de las praderas. La erosión de la playa se agudiza al desaparecer el fondo marino que esta especie constituye, y que sirve de medio disipativo frente al oleaje incidente. Se puede llegar a producir un círculo vicioso "pérdida pradera-erosión playa" acelerando la regresión de la propia playa.

Teniendo en cuenta esto, la regeneración propuesta responde a las siguientes características:

- La zona de actuación se limita a los extremos de la playa, donde actualmente no hay presencia de *Posidonia*. De esta forma se evitará el enterramiento de la especie y por consiguiente su destrucción.
- Se verterá arena lavada con un tamaño suficientemente grande para evitar la dispersión de finos, y con ello la turbidez del agua. Teniendo en cuenta esto, el tamaño de arena propuesto para la regeneración se establece en un D₅₀ = 1,5mm.
- Durante las tareas de vertido se dispondrá una malla de protección para evitar que la turbidez que puede ser originada en las labores de vertido se extienda hacia profundidades mayores y afecte a la pradera.

La parte de playa seca a regenerar en el extremo Este (por encima del NMM) se diseña de tal forma que se dispone un paseo peatonal de 3 metros de ancho formalizando la rasante existente de la senda actual. Dicho camino tiene una pendiente transversal del 2% para evitar que el agua de lluvia vierta hacia el lado de las viviendas. La pendiente del estrán de la playa queda definida entre la rasante exterior del camino y la curva de avance de playa diseñada y condicionada por el nuevo punto de difracción que supondrá el espigón y las condiciones del oleaje incidente. El volumen de aportación total necesario se ha estimado en 8.893 m³, con el

cual se conseguirá un ancho mínimo de playa seca de 20 metros en la zona más comprometida.

Además se incluye en esta alternativa la retirada de la escollera presente en la playa, la cual fue vertida de forma irregular en el año 2007. Esta escollera será transportada a vertedero, evitando de esta forma su inclusión en el medio como un elemento antrópico en la playa.

6.1.3 ALTERNATIVA 2. REGENERACIONES PARCIALES + ESPIGONES + RETIRADA ESCOLLERA

Esta alternativa consiste en la combinación de la alternativa anterior más la construcción de pequeños diques laterales que modifiquen los puntos de difracción que definen actualmente la forma en planta de la playa.

El objetivo de estas estructuras es la protección del frente costero, aumentando la zona de difracción del oleaje y reduciendo las alturas de olas que llegan a la costa.

Al igual que para la alternativa anterior, se llevará a cabo la retirada de escollera vertida irregularmente. En esta ocasión se aprovecharán las mayores piezas de dicho material para la ejecución del arranque y del tramo 1 del espigón Este.

Los diques planteados presentan las siguientes características:

6.1.3.1 Dique Oeste

Su forma en planta es una prolongación del saliente Oeste, llegando a alcanzar la cota batimétrica -3, y consiguiendo de esta forma interceptar el surco presente en esta zona que supone actualmente una vía de escape del sedimento movilizado por el oleaje.

El oleaje incidente en la playa de La Cola es de magnitud reducida debido a la configuración de ésta, encajada y protegida por los salientes geográficos adyacentes. De esta forma, el peso de escollera necesario para asegurar la estabilidad de esta estructura es de pequeña entidad, tanteado en un primer momento con peso inferior a 3Tn.

Se plantea un dique en talud 1,5/1 con un ancho en coronación de 6 metros; con una longitud de 90 metros, necesitará un volumen total de escollera del orden de 3500 m³.

Con respecto a la cota de coronación, se establece la menor posible (1 metro sobre el N.M.M.A) para reducir así los impactos visuales desde la playa, resultando un dique sumergido y rebasable.

6.1.3.2 Dique Este

En su forma en planta, el espigón arranca 5,4 m anclado en playa seca y se adentra en el mar 73,74 m. Sigue una alineación curva de radio 60 m en los primeros 40 metros y una alineación recta en los últimos 33,74 metros hasta alcanzar la batimétrica 2,4 m (respecto NMMA), superando así la profundidad de cierre del perfil de equilibrio, y estabilizando el movimiento del sedimento.

La cota de coronación del mismo se establece en 1 metro sobre la Bajamar Viva Equinoccial, tratando así de evitar los impactos visuales desde la playa que pueda suponer la estructura. Se dispone un ancho en coronación de 5 metros, que facilitará la construcción del mismo y las posibles labores de mantenimiento.

Se plantea un dique en talud 1,5/1 de escollera. Los tamaños requeridos para asegurar la estabilidad del propio espigón son de 1Tn para el tramo 2 y de 3 Tn para el morro.

Al igual que para la alternativa anterior se aprovecharán las mayores piezas de la escollera presente actualmente en la playa de forma irregular, para la ejecución del arranque y del tramo 1 de este espigón. El material sobrante será retirado y transportado a vertedero.

6.1.4 ALTERNATIVA 3. REGENERACIÓN TOTAL + ESPIGONES + RETIRADA DE ESCOLLERA

La propuesta que se plantea en esta alternativa es la regeneración total de la playa, restituyendo el frente costero completamente, y la construcción de los dos pequeños diques de protección frente a temporales descritos en la alternativa 2.

Al igual que en el caso anterior, se incluyen todas las medidas de protección descritas para la Posidonia Oceánica y la retirada de escollera, reutilizándola siempre que sea técnicamente posible, en la ejecución del espigón Este.

6.1.5 ALTERNATIVA 4. REGENERACIÓN PARCIAL Y ESPIGÓN ESTE + RETIRADA DE ESCOLLERA

Esta alternativa contempla únicamente la actuación en la zona Este de la playa de La Cola, cuyo objetivo principal es la protección de las viviendas existentes limitantes con el DPMT.

Para ello se plantea la ejecución del espigón Este así como la realimentación de playa en esta zona, definidas ambas actuaciones en las alternativas anteriores.

Del mismo modo, la escollera presente de forma irregular en la playa será retirada y empleada en la construcción del arranque y del tramo 1 del espigón Este.

En este caso no se ofrece protección a la carretera RM-015, titularidad de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia., pudiendo dicho organismo solicitar la autorización pertinente a la Demarcación de Costas para llevar a cabo actuaciones cuyo objetivo sea la protección de la misma.

6.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Un tramo de costa en regresión, que se encuentra en un estado continuado de erosión o con riesgo de estarlo, debe abordarse globalmente (estrategia o gestión integral de la costa) y no desde una visión puntual y subjetiva del problema.

Además de actuar sobre la costa, debe cuidarse el desarrollo de cualquier actividad en su franja litoral terrestre, para que en el futuro no se produzcan daños mayores y teniendo siempre en cuenta las repercusiones sociales que puedan derivarse de dicha actuación.

Los efectos esperables del cambio climático sobre las playas se consideran erosiones paulatinas a largo y medio plazo, y se incluyen como mantenimiento, necesitando de un control periódico de los cambios mediante el seguimiento de ellas.

Teniendo en cuenta esto, y para determinar la conveniencia de adoptar una u otra alternativa, se comparan según los siguientes parámetros de evaluación:

- Coste de inversión
- Evaluación ambiental
- Funcionalidad y Cambio climático
- Valoración social

En el documento ESTUDIO DE ALTERNATIVAS, documento previo a este Estudio Ambiental, se detalla la evaluación de cada uno de estos parámetros para cada alternativa.

Una vez definidos cada uno de los indicadores asociados a cada criterio de evaluación y transformados a valores en una escala común (0-10) donde 0 representa el estado más favorable con respecto al criterio de evaluación y el 10 el estado pésimo, podemos realizar una comparación objetiva de cada una de las alternativas planteadas. En la Tabla 1 se observa un resumen de los resultados obtenidos del estudio de cada uno de estos parámetros:

VALORES DE INDICADORES					
ALTERNATIVA	COSTE DE INVERSIÓN Y MANTENIMIENTO	EVALUACIÓN AMBIENTAL	FUNCIONALIDAD	VALORACIÓN SOCIAL	TOTAL
A0	0,00	2,00	10,00	9,00	21,00
A1	0,82	6,00	9,00	4,00	19,82
A2	2,82	4,00	2,00	2,00	10,82
A3	10,00	8,00	1,00	1,00	20,00
A4	0,86	3,00	3,00	3,00	9,86

Tabla 1. Resumen indicadores

Como puede observarse, en un primer momento y como resultado de la suma aritmética de los 4 indicadores, parece más favorable la elección de la Alternativa 4.

Sin embargo es necesario realizar una evaluación multicriterio, que permita comparar todas las alternativas independientemente de los pesos que se imputen a cada criterio de evaluación.

Se ha seleccionado por su adecuación para este caso el método denominado PATTERN como el más representativo, puesto que tiene en cuenta tanto el peso o importancia que el decisor atribuye a los diferentes criterios como las valoraciones que el analista da a cada solución en función de los criterios.

Alternativa	Evaluación Ambiental	Coste de inversión	Funcionalidad y Cambio Climático	Valoración Social	PLAYA DE LA COLA				
					A0	A1	A2	A3	A4
0	2,00	0,00	10,00	9,00					
1	6,00	0,82	9,00	4,00					
2	4,00	2,82	2,00	2,00					
3	8,00	10,00	1,00	1,00					
4	3,00	0,86	3,00	3,00					
					2,800	4,288	3,186	7,300	2,252
					3,300	4,697	3,145	6,850	2,359
					3,250	4,447	3,145	6,850	2,359
					3,800	5,106	3,105	6,400	2,466
					3,700	4,606	3,105	6,400	2,466
					3,750	4,856	3,105	6,400	2,466
					4,300	5,515	3,064	5,950	2,573
					4,150	4,765	3,064	5,950	2,573
					4,250	5,265	3,064	5,950	2,573
					4,200	5,015	3,064	5,950	2,573
					4,800	5,923	3,023	5,500	2,680
					4,600	4,923	3,023	5,500	2,680
					4,750	5,673	3,023	5,500	2,680
					4,650	5,173	3,023	5,500	2,680
					4,500	5,173	3,023	5,500	2,680
					4,700	5,423	3,023	5,500	2,680
					5,300	6,332	2,982	5,050	2,786
					5,050	5,082	2,982	5,050	2,786
					5,250	6,082	2,982	5,050	2,786
					5,100	5,332	2,982	5,050	2,786
					5,200	5,832	2,982	5,050	2,786
					5,150	5,582	2,982	5,050	2,786
					4,438	5,222	3,044	5,738	2,623

- Alternativa con menor índice de pertinencia (más favorable)
- Alternativa con un índice de pertinencia medio-bajo
- Alternativa con un índice de pertinencia medio
- Alternativa con un índice de pertinencia medio-alto
- Alternativa con mayor índice de pertinencia (más desfavorable)

Por consiguiente, la Alternativa 4 sigue siendo la más favorable como solución al presente Proyecto, independiente de los pesos que se dan a los diferentes criterios de evaluación.

7. INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

7.1 MEDIO FÍSICO

7.1.1 VIENTO

Para la caracterización del viento se han analizado los datos de retroanálisis del punto SIMAR 206689, que ofrece información desde 1958 hasta la actualidad. Contienen, para el punto de coordenadas Longitud 1,50° W y Latitud 37,42° N la siguiente información de viento:

Altura, Periodo Medio, y Dirección de Mar de Viento

Altura, Periodo Medio, Dirección de mar de fondo

Dada la cercanía de este punto a la zona de estudio, se puede considerar que la información proporcionada por este punto representa fielmente las condiciones naturales de esa zona.

7.1.1.1 Régimen medio

Dado que la velocidad del viento es una variable direccional, en la Figura 26 se representa la rosa de los vientos de la zona de estudio. Para la caracterización del viento se han definido sectores de 22,5 grados.

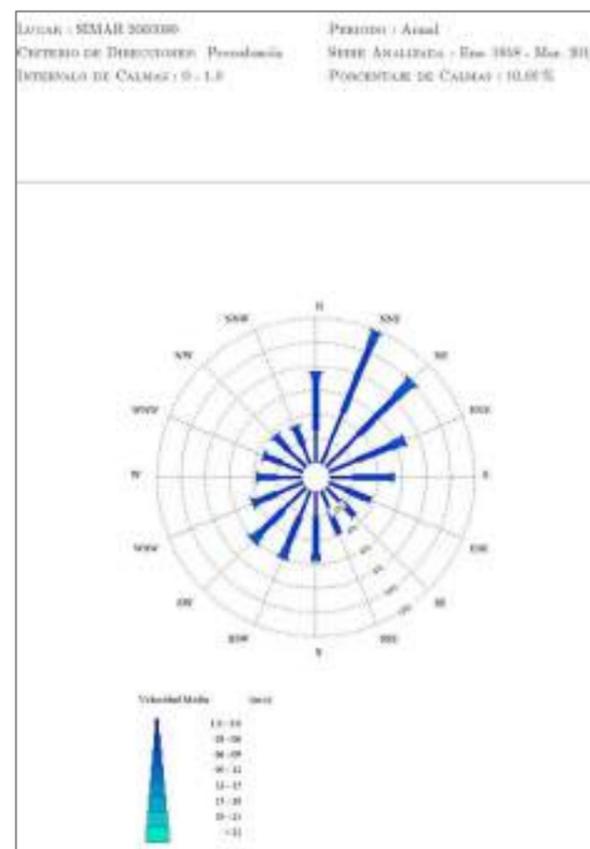


Figura 6. Rosa de viento anual

Por otro lado, se representa en la Figura 7 el régimen medio escalar de la velocidad de viento media ajustada a una función de distribución Weibull así como los parámetros de ajuste.

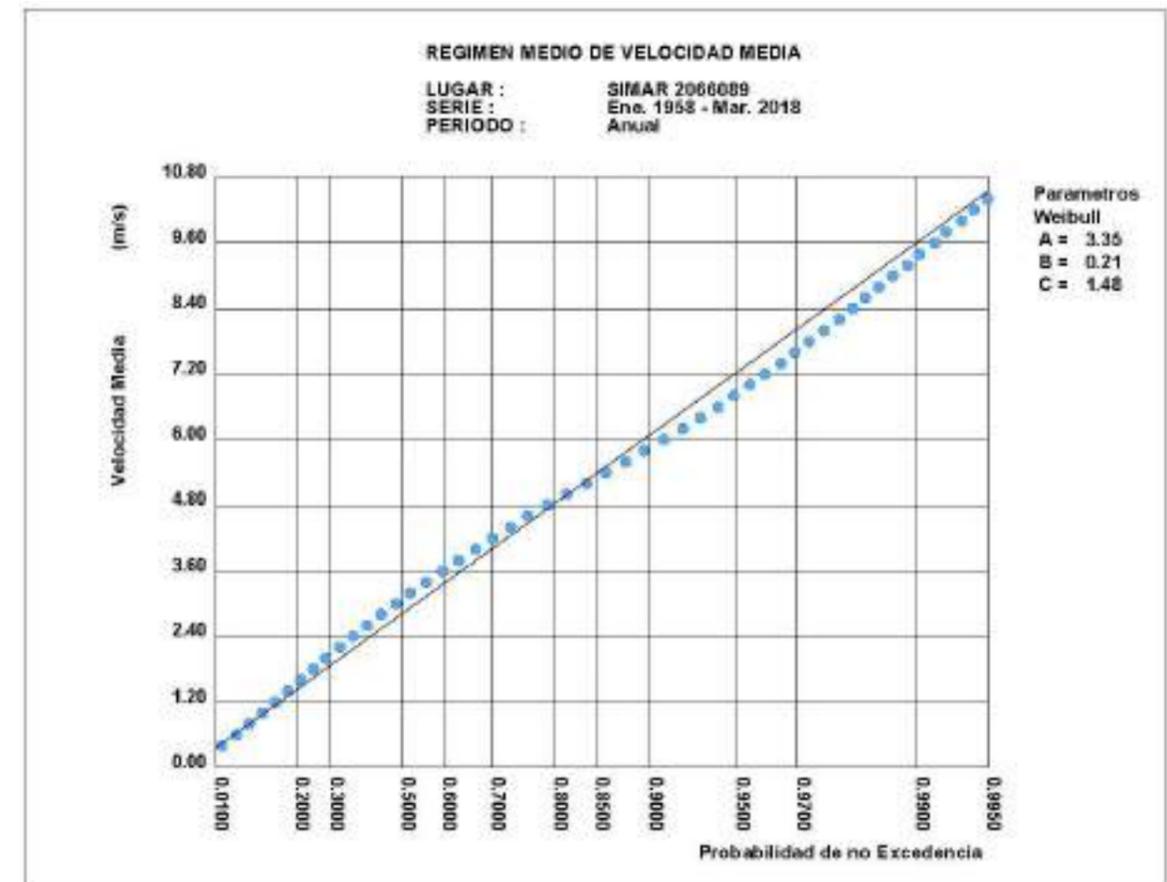


Figura 7. Régimen medio de la velocidad de viento media

Como se observa en la figura anterior, el viento medio en el área de estudio es de muy baja intensidad, estando la totalidad de los registros de viento por debajo de los 10,8 m/s.

7.1.2 OLEAJE

El oleaje es el principal agente causante de la dinámica litoral en las playas y de su evolución en el tiempo, por lo que su conocimiento es imprescindible para evaluar y estudiar la morfodinámica que gobierna la zona de estudio.

En el presente capítulo se analiza la dinámica marina de la playa de La Cola. Se realiza el estudio del oleaje tanto en profundidades indefinidas, como en la costa, en las inmediaciones de la zona de estudio.

Para realizar el cálculo de los regímenes medios y extremos se han utilizados los datos proporcionados por Puertos de Estado del punto SIMAR 2066089 en profundidades indefinidas,

con registros lo suficientemente largos para que los regímenes obtenidos a partir de ellos, sean estadísticamente representativos de las condiciones de oleaje.

Se ha utilizado la herramienta SMC, (Sistema de Modelado Costero), desarrollada por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) como modelo de propagación, para tener en cuenta los procesos que sufre el oleaje en su desplazamiento hasta la costa, y poder así representar adecuadamente el oleaje en aguas someras.

Se han seleccionado un número reducido de estados de mar representativos de las condiciones de oleaje, para poder reducir el coste operacional que supondría propagar todos los estados de mar disponibles. La propagación de estos datos se realiza mediante modelos numéricos, que tienen en cuenta los procesos de transformación que sufre el oleaje.

7.1.2.1 Oleaje en profundidades indefinidas

Los datos de oleaje con los que se ha contado para la realización del presente estudio provienen de datos de reanálisis del punto SIMAR 2066089 desarrollo por Puertos del Estado.

Esta base de datos de reanálisis, está formada por datos horarios con una longitud temporal de 60 años (1958-actualidad), 524.578 estados de mar. para el punto de coordenadas Longitud 1,50° W y Latitud 37,42° N la siguiente información de registros de oleaje:

- Altura de ola significativa
- Periodo medio
- Periodo de pico
- Dirección media

DATOS DIRECCIONALES

La distribución sectorial del oleaje queda caracterizado mediante las rosas de oleaje, que discretizan los datos en direcciones y alturas de ola. Cada sector se representa con un brazo de la rosa. La longitud de cada brazo es proporcional a la probabilidad de presentación de cada sector, calculada como la frecuencia relativa muestral. La anchura de cada parte del brazo representa las alturas de ola significativa. De esta forma se pueden apreciar visualmente cuáles son los sectores que predominan, pudiendo determinar los sectores más energéticos y las alturas de olas que se presentan.

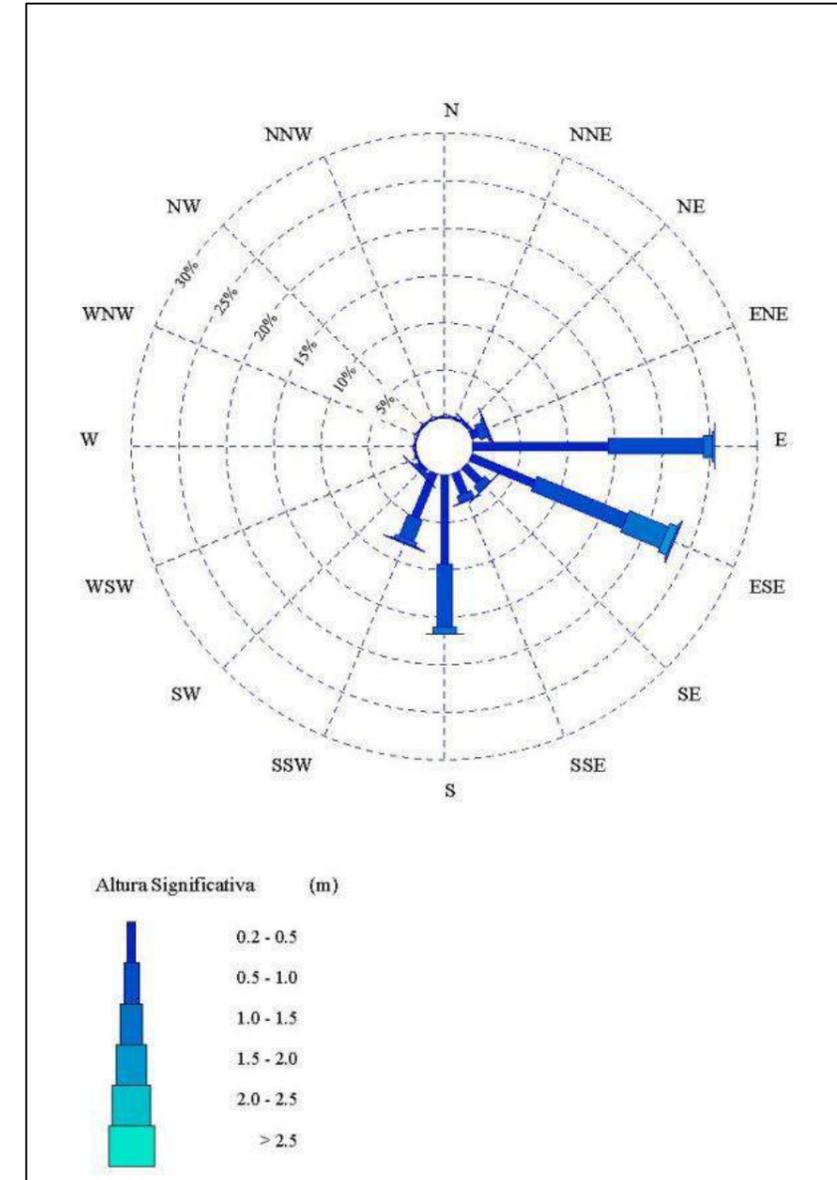


Figura 8. Rosa de oleaje anual

En la Figura 8 se muestra la rosa de oleaje anual en profundidades indefinidas. Los oleajes predominantes en la zona de estudio corresponden a los sectores Este (E), Este Sureste (ESE), Sur (S) y Sur Suroeste (SSW).



En las siguientes tabla se muestra la distribución conjunta de altura de ola -dirección del oleaje anual:

Tabla Hs-Dirección Anual

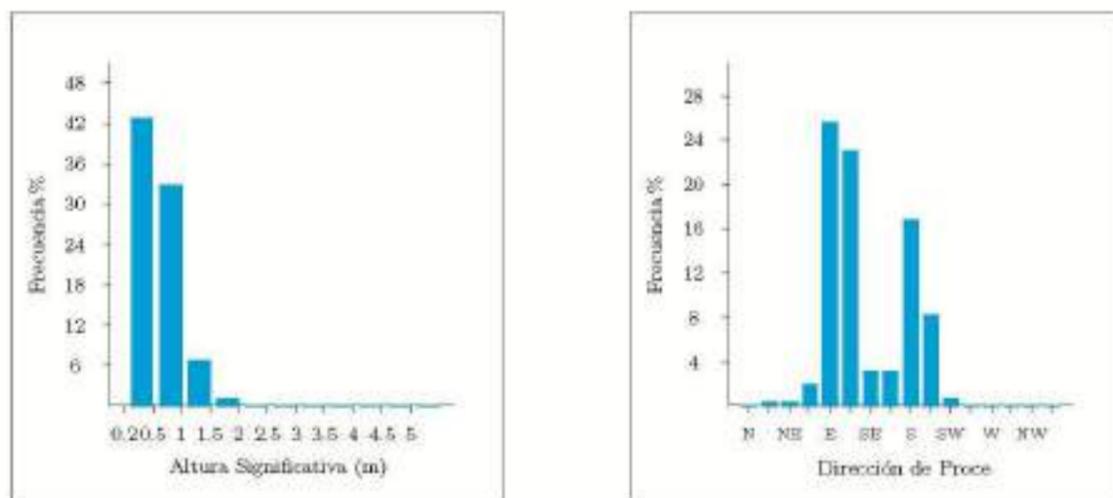


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	16.483												16.483
N	0.0	.095	.021	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.116
NNE	22.5	.133	.043	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.178
NE	45.0	.207	.110	.008	.002	-	-	-	-	-	-	-	.333
ENE	67.5	.805	.776	.229	.061	.021	.006	-	-	-	-	-	1.809
E	90.0	14.283	10.102	.943	.135	.037	.009	.002	-	-	-	-	25.481
ESE	112.5	7.249	10.367	4.462	.905	.163	.090	.002	.001	-	-	-	23.175
SE	135.0	2.245	.787	.039	.012	.006	.002	-	-	-	-	-	3.032
SSE	157.5	2.368	.791	.035	.003	-	-	-	-	-	-	-	3.197
S	180.0	9.410	6.576	.752	.044	.002	-	-	-	-	-	-	16.784
SSW	202.5	5.049	2.481	.419	.083	.027	.007	-	-	-	-	-	8.067
SW	225.0	.309	.341	.084	.011	.002	-	-	-	-	-	-	.748
WSW	247.5	.092	.051	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	.149
W	270.0	.054	.035	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	.093
WNW	292.5	.046	.015	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.062
NW	315.0	.048	.018	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.067
NNW	337.5	.055	.020	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.076
Total	16.483	42.416	52.541	6.986	1.257	.258	.065	.003	.001	-	-	-	100%

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA HS-TP

En la siguiente tabla se muestra la relación de las variables altura de ola significativa (Hs) y periodo de pico (Tp), para el conjunto completo de datos.

Tabla Hs-Tp Anual

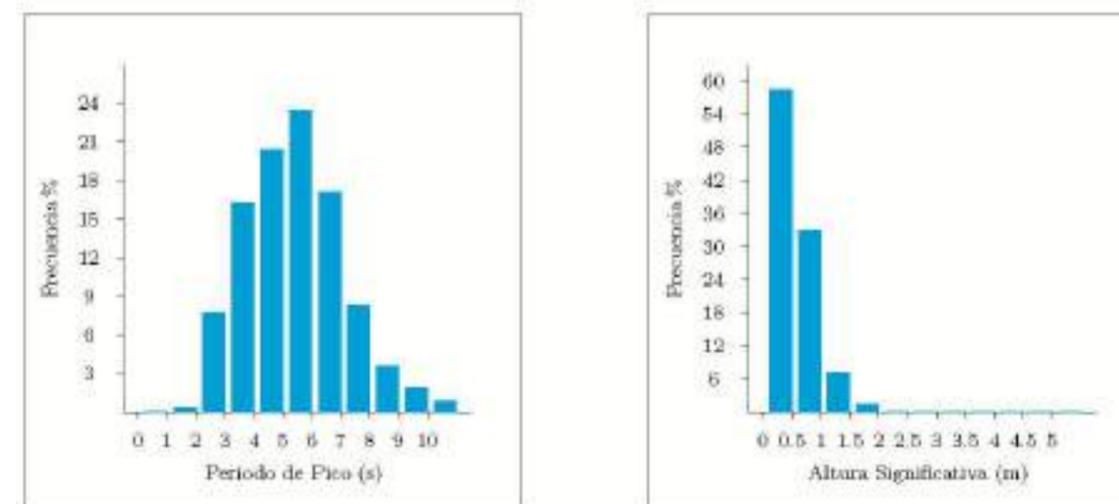


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)										Total	
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0		> 10.0
≤ 0.5	-	0.389	7.472	14.522	14.238	9.341	6.522	3.487	1.444	0.914	0.469	58.800
1.0	-	-	0.156	1.811	6.092	12.889	7.048	2.350	1.349	0.687	0.236	32.618
1.5	-	-	-	0.011	0.165	1.196	3.256	1.596	0.408	0.245	0.137	7.003
2.0	-	-	-	-	-	0.034	0.195	0.662	0.221	0.104	0.044	1.200
2.5	-	-	-	-	-	0.002	0.013	0.090	0.078	0.064	0.013	0.259
3.0	-	-	-	-	-	-	-	0.006	0.012	0.028	0.009	0.055
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.003
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.389	7.629	16.345	20.495	23.462	17.035	8.180	3.512	2.045	0.909	100%

RÉGIMEN MEDIO

Los regímenes medios escalares anuales del oleaje se definen como la distribución en el año medio de los parámetros de estado de mar de altura de ola significativa, H_s , y periodo de pico, T_p , en la profundidad correspondiente al punto de reanálisis.

Se representan mediante su función de distribución, que muestra la probabilidad de que en un estado de mar cualquiera del año, la altura de ola significativa o el periodo de pico sea menor que uno dado.

Las funciones de distribución de probabilidad de no excedencia más utilizadas son:

$$\text{función LogNormal: } F(x) = \frac{1}{B\sqrt{2\pi}x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu}{B}\right)^2\right]$$

$$\text{función Weibull: } F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - A}{B}\right)^C\right]$$

Siendo:

- x: valor de la variable (H_s o T_p)
- A: Parámetro de forma
- B: Parámetro de localización
- C: Parámetro de escala

El régimen medio caracteriza el comportamiento probabilístico del régimen de oleaje en el que por término medio se va a desenvolver una determinada actividad influida por uno de estos agentes.

El ajuste que utiliza Puertos del Estado es la distribución Weibull, resultado un buen ajuste de los valores tal y como se muestra en la siguientes gráfica:

Régimen medio de H_s Anual

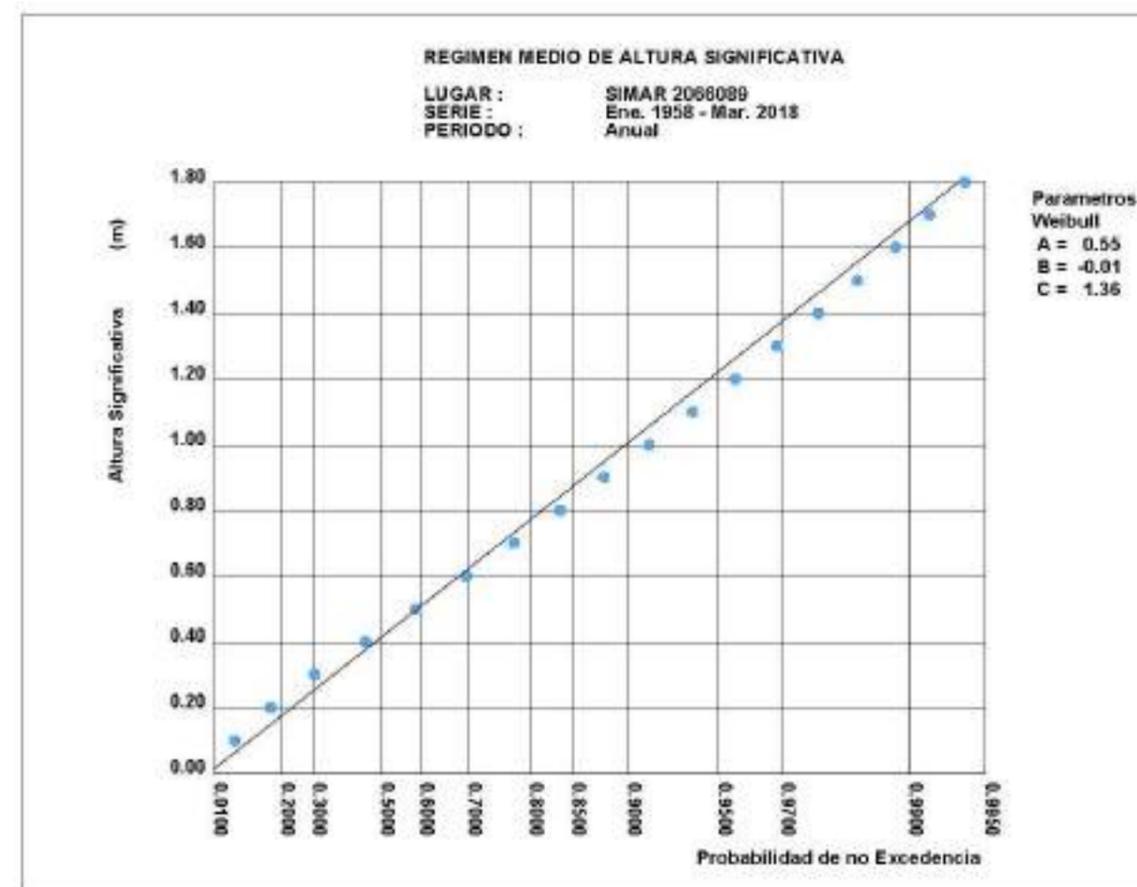


Figura 9. Régimen medio anual de H_s

RÉGIMEN EXREMAL (GEV)

El régimen extremal escalar de oleaje se define como la distribución del valor máximo anual de una variable de estado de mar en una profundidad determinada.

Para realizar el ajuste se utiliza el método de distribución de extremos, que divide el tiempo de registros en intervalos y únicamente utiliza el máximo de cada uno. **Para el presente proyecto se utilizarán los máximos anuales correspondientes a la serie ala serie completa (1958-2018). Así la muestra tendrá un tamaño final igual al número de años la serie, 61.**

Es necesario contar con una serie de datos superior a 20 años para que la muestra sea estadísticamente representativa, ya que en este caso únicamente se selecciona el valor de la máxima altura de ola al año. El método de máximos anuales por su método de muestro garantiza que los datos de la muestra sean independientes entre sí.

La caracterización de los valores extremos del oleaje resulta fundamental, ya que condicionará directamente la definición de las acciones extremas que deberán resistir las obras de abrigo a diseñar.

Para la representación del régimen extremal se ha usado la función de distribución de Extremos Generalizada (GEV). Su expresión es la siguiente:

$$F(x, \xi, \mu, \psi) = \exp\left[-1 + \left(\frac{\xi(x - \mu)}{\psi}\right)^{\frac{1}{\xi}}\right]; \quad \xi \neq 0$$

$$F(x, \xi, \mu, \psi) = \exp\left[-\exp\left(\frac{x - \mu}{\psi}\right)\right]; \quad \xi = 0$$

Siendo:

- x: valor de la variable Hs
- ξ : Parámetro de forma
- μ : Parámetro de localización
- ψ : Parámetro de escala

Esta función puede ser ajustada a una distribución de Gumbel, Fréchet o Weibull según el valor del parámetro de forma ξ :

Weibull: Si $\xi < -0,05$

Gumbel: Si $-0,05 \leq \xi \leq 0,05$

Fréchet : Si $\xi > 0,05$

Los valores de estos parámetros se obtienen mediante el método de máxima verosimilitud, para el cual se ha utilizado la herramienta AMEVA (Análisis Matemático y Estadístico de Variables Ambientales) desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) y cuyo soporte es el software Matlab:

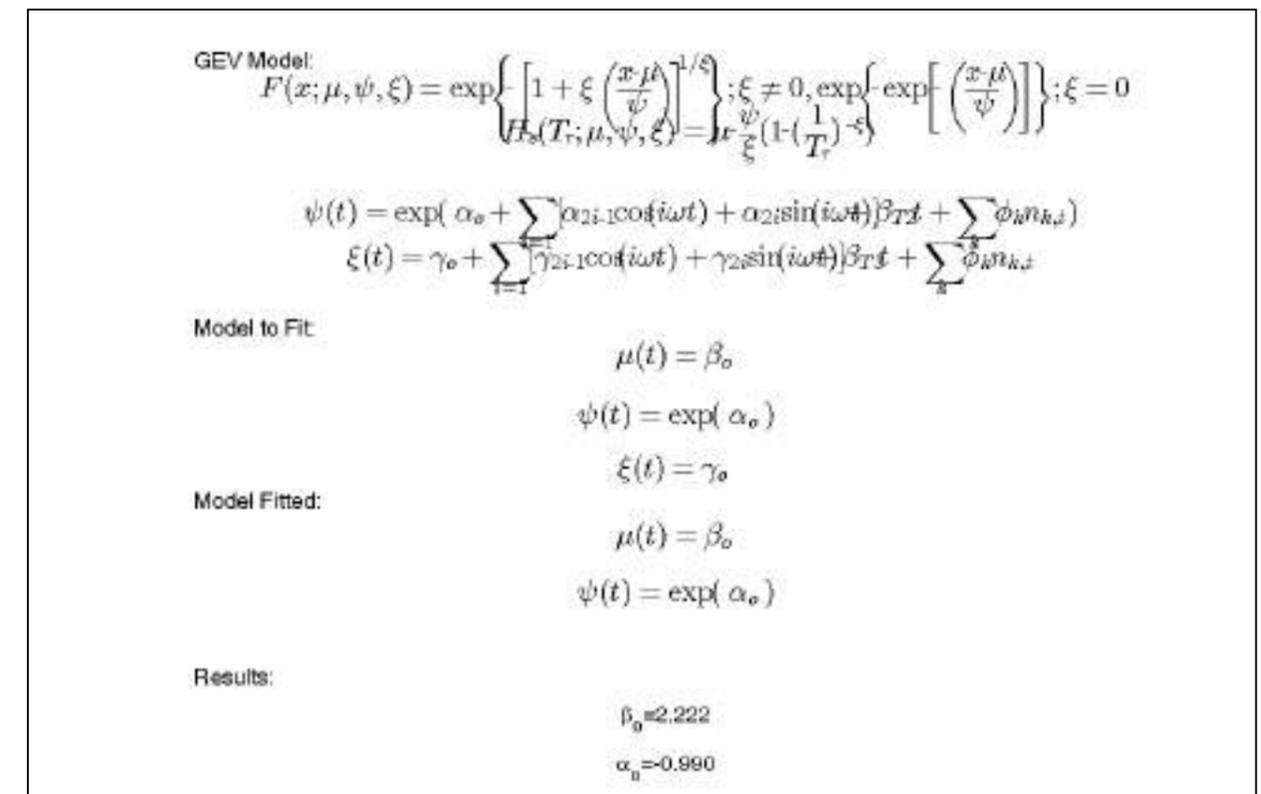


Figura 10. Parámetros ajuste GEV herramienta AMEVA

Dado que el parámetro de forma es igual a 0, la función de distribución se Valores Extremos Generalizada se ajusta a una distribución de Gumbel. En la Figura 11 se representa el régimen de temporales escalar para la muestra de máximos anuales seleccionados de la serie de altura de ola significativa del punto de reanálisis en profundidades indefinidas. ψ

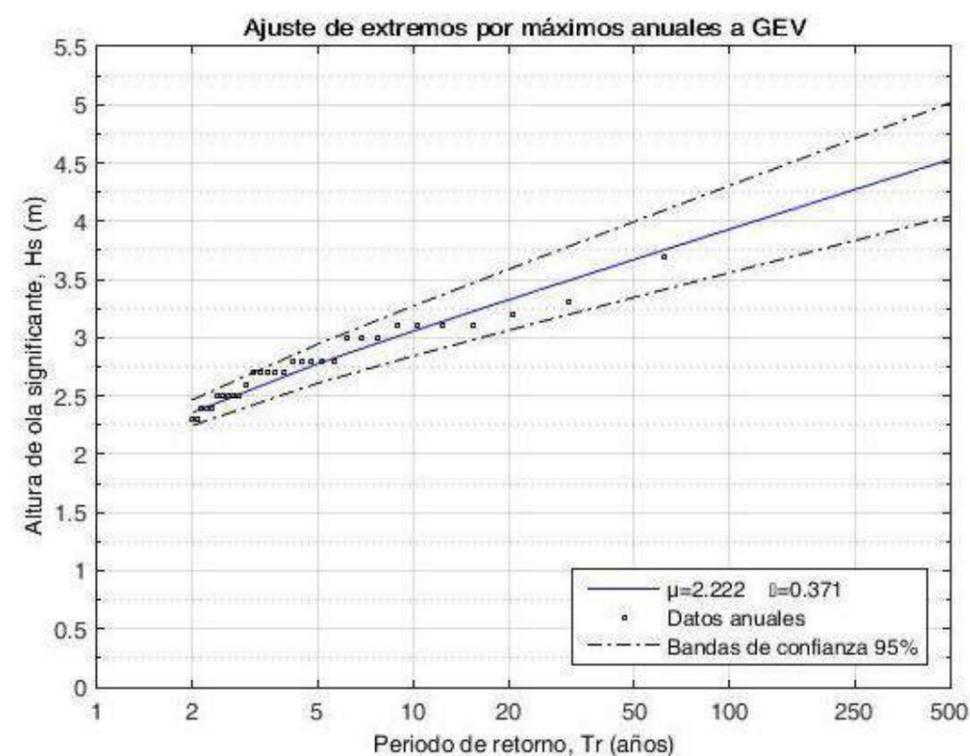


Figura 11. Régimen extremal en profundidades indefinidas

7.1.2.2 Propagación del oleaje

Dado que no se dispone de instrumentación en la zona de estudio, es necesario llevar a cabo una traslación de las condiciones de oleaje desde el punto de reanálisis a los puntos de interés en nuestra zona de estudio.

Una vez propagados los oleajes hasta la costa, se utilizará esta información para caracterizar el clima marítimo en profundidades reducidas, así como para el cálculo de las corrientes generadas por el oleaje y posteriormente analizar el transporte de sedimentos que se produce en la playa de La Cola.

SELECCIÓN DE DATOS

Una vez analizado el régimen medio en aguas profundas, se propagarán una serie de datos representativos que permitirán obtener los coeficientes de propagación, imprescindible para realizar la reconstrucción del clima marítimo en profundidades reducidas.

Se propagarán 3 valores de alturas de ola distintas, igual a 0.5, 1.5 y 3 metros. El periodo de pico asociado a cada una de estas alturas se obtiene de la tabla de distribución conjunta Hs-Tp.

Las direcciones de propagación son aquellas que resultan predominantes en el punto de reanálisis (SIMAR), resultando un total de 7 correspondientes a los sectores de E a SW.

En la Tabla 2 se observan cada uno de los casos a propagar:

Caso	Dir (°)	Hs (m)	Tp (seg)
1	E	0,5	4
2	ESE	0,5	4
3	SE	0,5	4
4	SSE	0,5	4
5	S	0,5	4
6	SSW	0,5	4
7	SW	0,5	4
8	E	1,5	7
9	ESE	1,5	7
10	SE	1,5	7
11	SSE	1,5	7
12	S	1,5	7
13	SSW	1,5	7
14	SW	1,5	7
15	E	3	10
16	ESE	3	10
17	SE	3	10
18	SSE	3	10
19	S	3	10
20	SSW	3	10
21	SW	3	10

Tabla 2. Casos a propagar

ELECCIÓN DE LOS PUNTOS OBJETIVOS

Es necesario establecer una serie de puntos de control en la zona de estudio y caracterizar las condiciones de oleaje en cada uno de ellos para poder captar las variaciones que sufre el oleaje en su propagación debido a los procesos de refracción y difracción propios de la proximidad de la costa.

En el presente Proyecto conviene localizar puntos objetivos a lo largo de toda la playa de La Cola, para obtener información del flujo medio de energía en cada uno de ellos, así como en la ubicación del morro del futuro espigón, necesario para calcular la altura de diseño del mismo.

En siguiente figura se pueden observar las coordenadas de los puntos objetivos seleccionados, así como su ubicación:

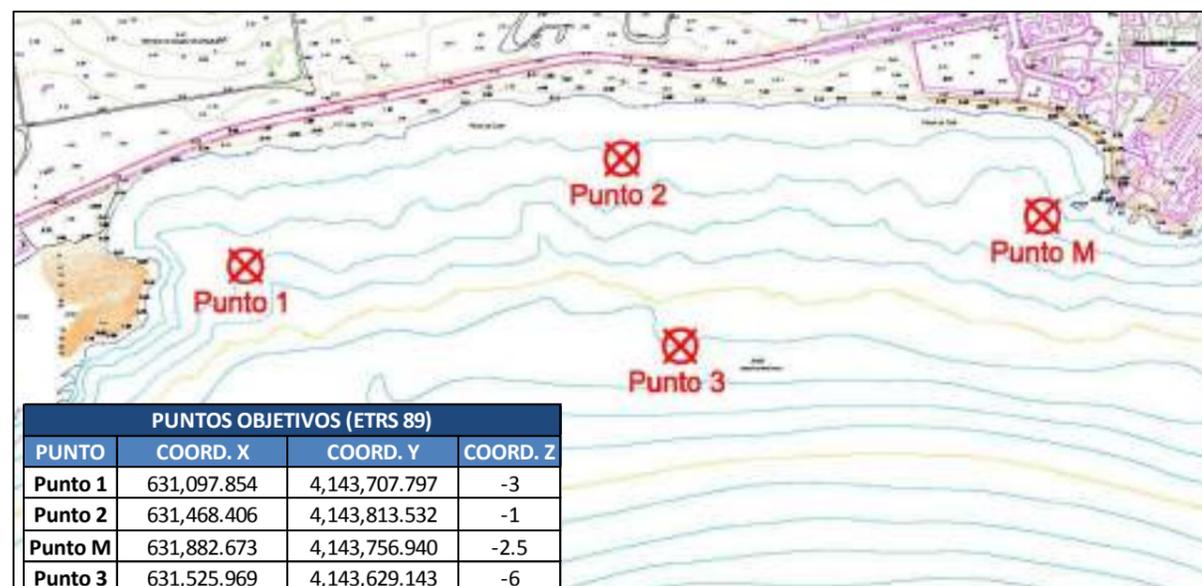


Figura 12. Ubicación puntos objetivos

PROPAGACIÓN NUMÉRICA DE LOS DATOS HACIA LA COSTA

La propagación mediante modelos numéricos permite simular todos los procesos que afectan al oleaje en su desplazamiento hacia la costa (refracción, difracción, asomeramiento, rotura, disipación por fondo) y caracterizar la estadística del oleaje en los puntos de interés. Además, generan mapas que pueden ofrecer una idea de forma visual de cómo se comporta el oleaje en su viaje hacia la costa.

En el presente Proyecto se ha utilizado un modelo de propagación denominado OLUCA-SP. El modelo fue desarrollado inicialmente por el Center for Applied Coastal Research, Department of Civil Engineering, Newark, Delaware (USA). Posteriormente, el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria (GIOC, 2000) modificó estos modelos incluyendo mejoras en el método numérico de resolución y condiciones de contorno, ampliando su aplicación a proyectos de ingeniería de costas.

Este modelo de propagación utiliza la aproximación parabólica de la ecuación de la pendiente suave, y sirve para propagar los oleajes de un espectro direccional, sobre una batimetría irregular considerando los procesos de asomeramiento, refracción-difracción, disipación por fricción con el fondo y rotura del oleaje. Este modelo, no incluye los efectos del viento y la aceleración de Coriolis, y considera condiciones de presión constantes en la superficie libre.

Datos de entrada

Para ejecutar el modelo numérico OLUCA-SP, es preciso definir como dato de entrada un estado de mar direccional en el contorno exterior y seleccionar el método paramétrico espectral de resolución. Se debe fijar el modelo para resolver el espectro, las ecuaciones de cálculo para

la disipación por rotura y fondo, las condiciones de contorno en el dominio de cálculo y los niveles de marea de referencia.

Se utiliza un espectro frecuencial que se aplica a las zonas en profundidades reducidas donde las olas son afectadas por el fondo. Se define a partir de un espectro tipo JONSWAP, que es modificado por una función adimensional de profundidad. Cada espectro propagado está definido por los siguientes parámetros:

- Altura de ola significativa, H_s
- Periodo de pico, T_p
- Dirección media, Θ_m
- Factor de pico, γ ($\gamma=8\sim 10$ en oleaje tipo Swell, $\gamma=2\sim 4$ en oleaje tipo Sea)
- Parámetro de dispersión angular, ($\sigma_m = 10$ espectro estrecho, $\sigma_m = 20$ espectro ancho)

La altura de ola significativa y el periodo de pico son variables, siendo la dirección media y el parámetro de dispersión angular fijos para cada dirección. El nivel del mar es otra variable, pero dado que nos encontramos en una zona micromareal, solo será necesario realizar los cálculos para un único nivel, NMM.

Mallas de cálculo

La aplicación de un modelo de propagación requiere la definición de una o varias mallas que permitan introducir las condiciones de contorno en las que el oleaje queda definido por su espectro direccional.

Se han generado diferentes mallas, en las que se discretiza el dominio de cálculo, para realizar la representación del clima marítimo en el punto de control. Han tenido que tenerse en cuenta varias consideraciones por tratarse de un modelo que usa la aproximación parabólica de la ecuación de la pendiente suave. Para las mallas generales se ha utilizado una resolución espacial de 100x100m y para las mallas de detalle se usó una resolución de 20x20m.

Se ha establecido para cada dirección un grupo de mallas (general y detalle), garantizando de esta forma la calidad de los resultados.

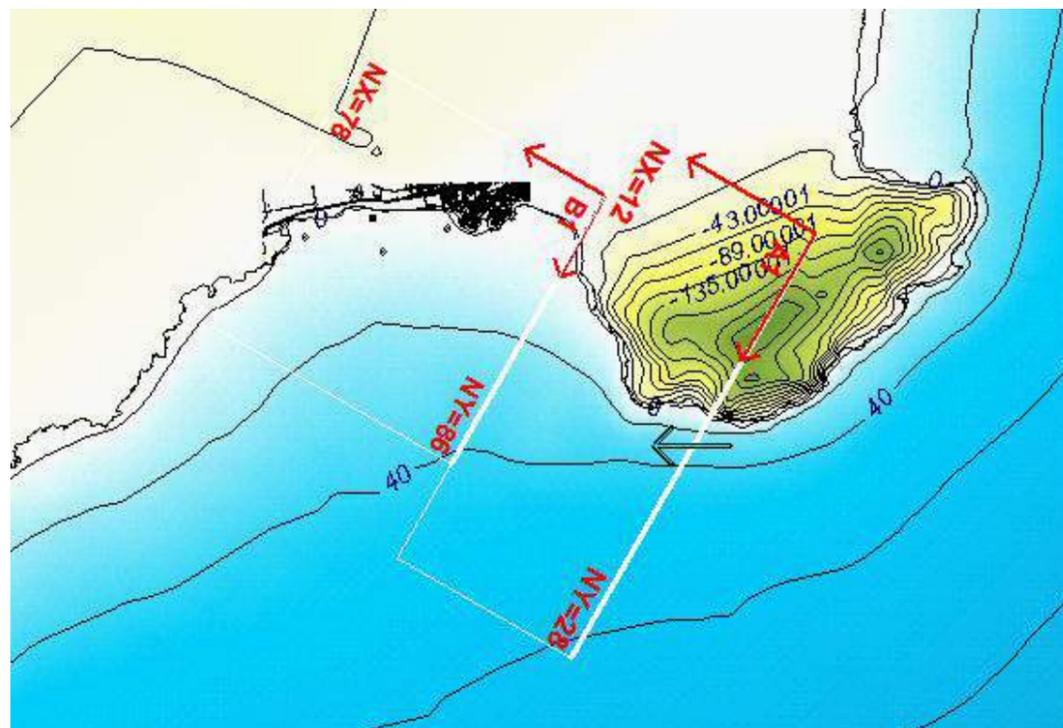


Figura 13. Malla sector E

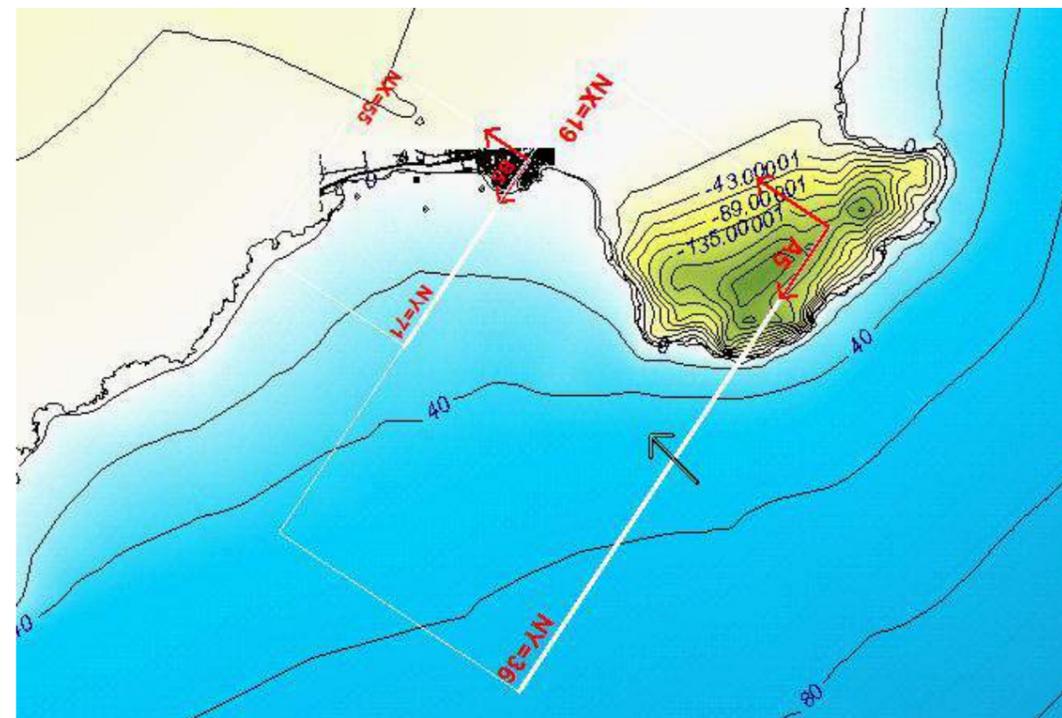


Figura 15. Malla sector SE y SSE

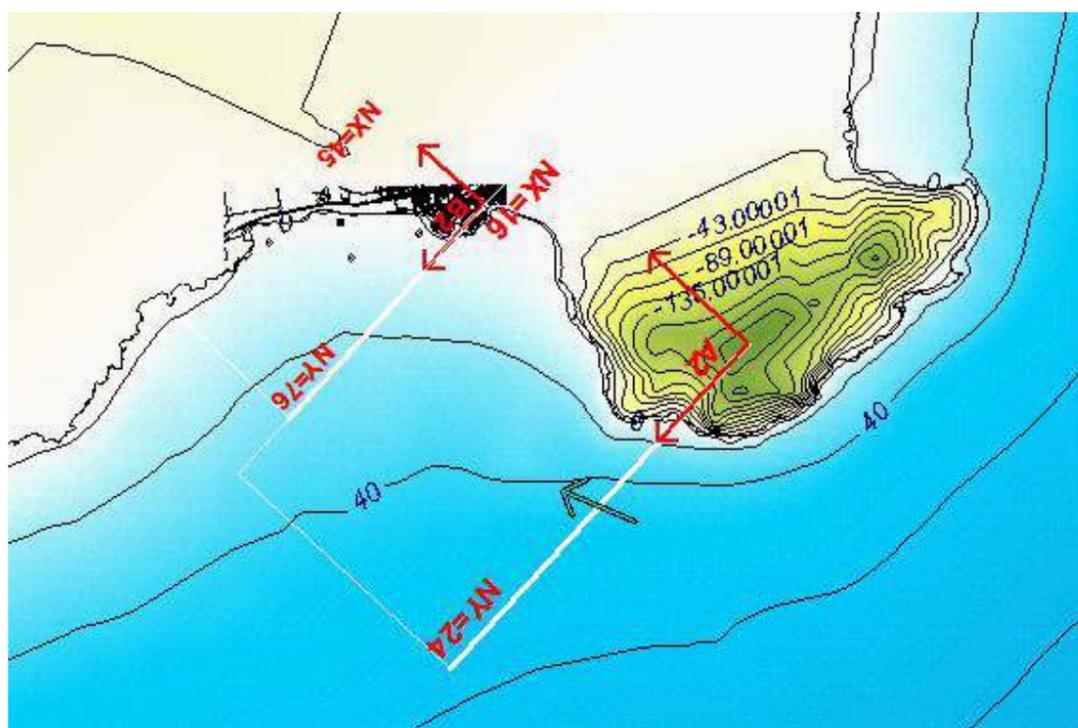


Figura 14. Malla sector ESE

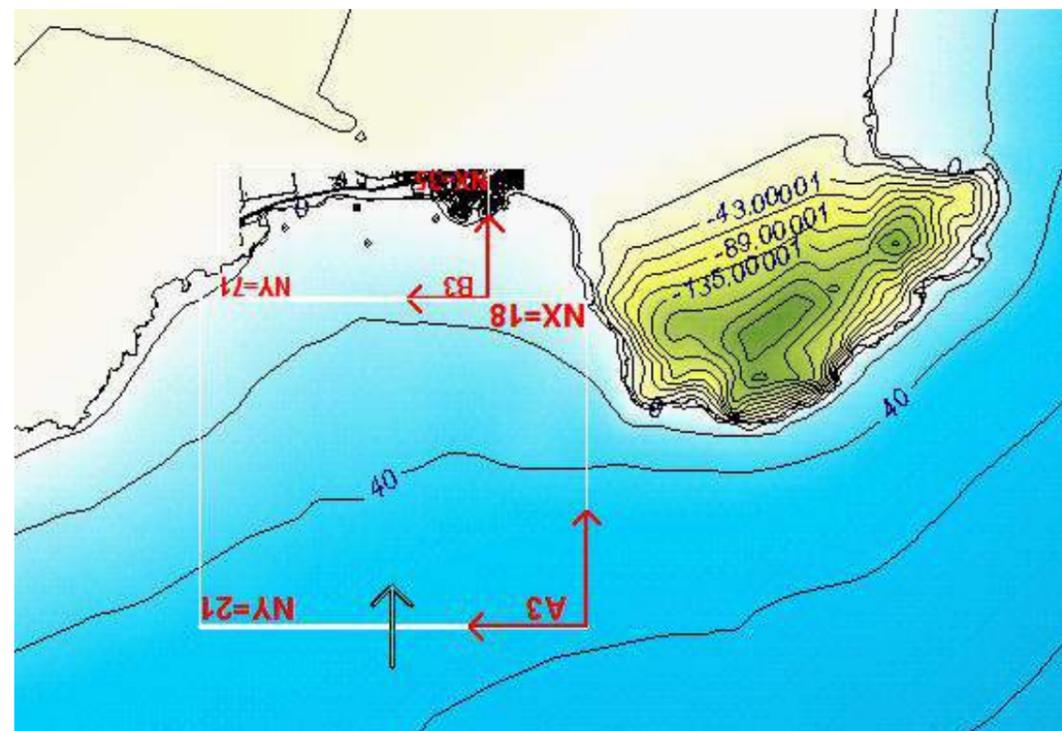


Figura 16. Malla sector S

7.1.2.3 Oleaje en puntos objetivos

Los resultados de Hs Tp y Dir obtenidos a partir de la propagación de los 21 casos fueron determinados para cada punto de interés:

A través del cálculo de los coeficientes de propagación con características direccionales, es posible reconstruir la serie temporal en aguas someras a través de rutinas elaboradas en MATLAB®.

En los siguientes apartados se realiza el estudio del clima marítimo en cada uno de estos puntos.

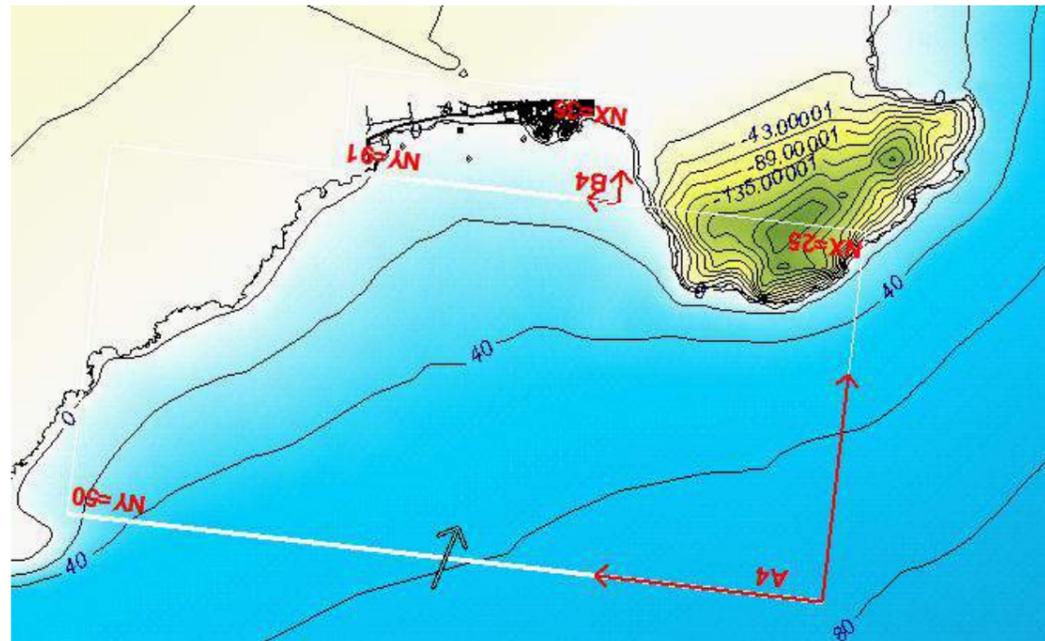


Figura 17. Malla sector SSW

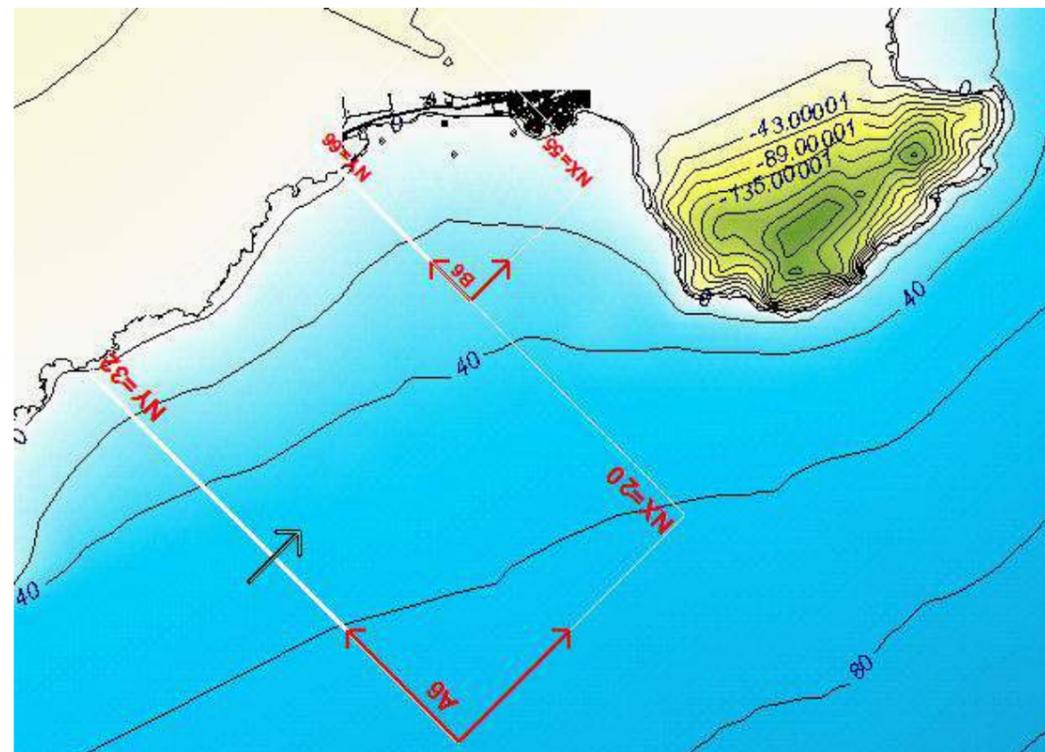


Figura 18. Malla sector SW

ROSAS DE OLAJE

Las rosas de oleaje correspondientes a los cuatro puntos objetivos en la costa se presentan a continuación superpuestas sobre la batimetría del tramo de actuación. Esta representación permite analizar la variación direccional de los oleajes que llegan a la costa tras su propagación desde aguas profundas, así como la variabilidad en función del tramo en los que se ha dividido el litoral en estudio.

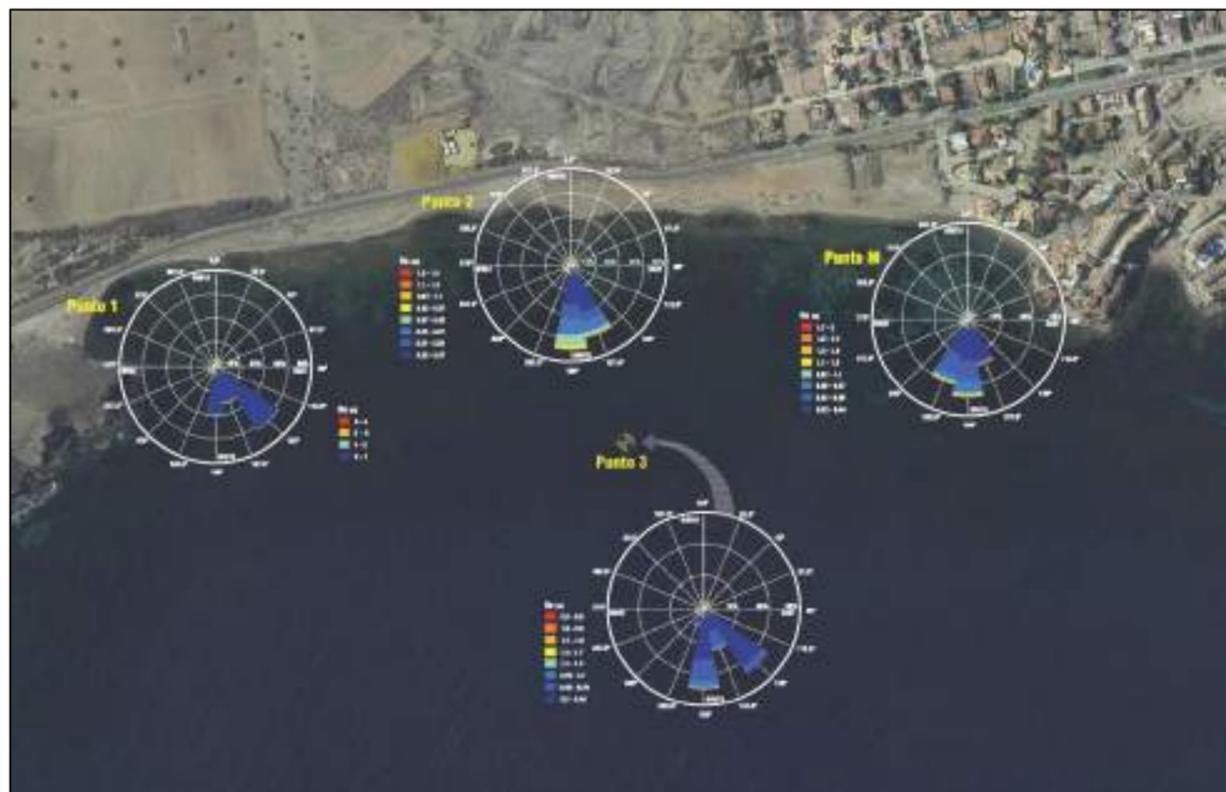


Figura 19 .Rosas de oleaje en los Puntos Objetivos

Dirección (º)		PUNTO 1												Total	
		Hs													
		≤0,2	0,2- 0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2	2-2,2	2,2-3,4	3,4-3,6	
CALMAS		185.981												185.981	
120	134,8		48821	24446	87	6	0	0	0	0	0	0	0	0	73.360
134,8	149,6		36313	17840	11662	1694	275	76	51	3	0	0	0	0	67.914
149,6	164,4		15492	6961	5431	2726	934	267	187	38	5	5	0	2	32.048
164,4	179,2		34669	23346	7339	3418	1849	448	163	15	2	0	0	0	71.249
179,2	194		11690	11875	3046	571	10	5	0	0	0	0	0	0	27.197
Total		185.981	146.985	84.468	27.565	8.415	3.068	796	401	56	7	5	0	2	457.749

Tabla 3. Distribución Hs-Dir. Punto 1

Dirección (º)		PUNTO 2								Total
		Hs								
		≤0,2	0,2- 0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	
CALMAS		223.840								223.840
139,0	152,4		22675	416	104	20	32	21	0	23.268
152,4	165,8		35750	18349	6128	1351	20	13	1	61.612
165,8	179,2		40696	23318	15630	7591	217	24	2	87.478
179,2	192,6		14825	13444	6448	3337	0	0	0	38.054
192,6	206,0		898	928	615	415	0	0	0	2.856
Total		244481	114.844	56.455	28.925	12.714	269	58	3	457.749

Tabla 4. Distribución Hs-Dir. Punto 2

Dirección (º)		PUNTO M										Total
		Hs										
		≤0,2	0,2- 0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2	
CALMAS		219.916										219.916
135,0	150,4		0	615	163	18	0	0	0	0	0	796
150,4	165,8		41.796	3.282	1.297	80	6	23	21	25	0	46.530
165,8	181,2		23.520	14.117	14.425	4.504	1.141	311	32	19	5	58.074
181,2	196,6		53.922	31.249	9.344	5.422	1.336	608	67	38	0	101.986
196,6	212,0		14.072	8.915	3.497	3.169	412	245	83	54	0	30.447
Total		219.916	133.310	58.178	28.726	13.193	2.895	1.187	203	136	5	457.749

Tabla 5. Distribución Hs-Dir. Punto M

Dirección (º)		PUNTO 3												Total	
		Hs													
		≤0,2	0,2- 0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2	2-2,2	2,2-2,4	2,4-2,6	
CALMAS		185.694												185.694	
117	138,2		51831	24218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76.049
138,2	159,4		29381	21877	10564	2254	375	114	32	0	7	7	6	0	64.617
159,4	180,6		17317	6933	3106	1186	658	375	102	45	14	0	1	0	29.737
180,6	201,8		40964	28062	17755	5840	1782	337	228	81	38	18	8	3	95.116
201,8	223		2570	2050	1228	687	1	0	0	0	0	0	0	0	6.536
Total		185.694	142.063	83.140	32.653	9.967	2.816	826	362	126	59	25	15	3	457.749

Tabla 6. Distribución Hs-Dir. Punto 3

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA HS-TP

En la siguiente tabla se muestra la relación de las variables altura de ola significativa (Hs) y periodo de pico (Tp), para el conjunto completo de datos en el punto M:

Hs (m)	Tp (sg)												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0-0.5	0,09	3,63	14,50	20,54	22,46	13,26	5,50	1,93	0,83	0,38	0,10	0,01	83,23
0.5-1	-	0,11	0,50	2,25	3,13	4,29	3,17	1,31	0,72	0,26	0,04	0,01	15,80
1-1.5	-	-	-	0,03	0,16	0,22	0,23	0,14	0,08	0,04	0,02	0,01	0,92
1.5-2	-	-	-	-	-	0,02	0,02	-	0,01	-	-	-	0,04
Total	0,09	3,74	15,00	22,81	25,74	17,78	8,92	3,38	1,64	0,69	0,16	0,03	100%

Tabla 7. Distribución Tp-Hs

RÉGIMEN MEDIO

Para el diseño del espigón es necesario redefinir el clima marítimo en las proximidades del mismo, es decir en el Punto M localizado en el morro de la futura estructura. Para ello se ajustan los datos resultantes de la propagación en este punto a una distribución Log-Normal, siendo este tipo la función que presenta un mejor ajuste. La expresión de la función de densidad

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}, x > 0$$

Donde:

- μ : es la media (parámetro de localización)
- σ : Desviación típica (parámetro de escala)

Se ha obtenido el ajuste del régimen medio en el punto M de interés, mostrándose a continuación, el gráfico de ajuste de los datos de Hs a la distribución Log-Normal:

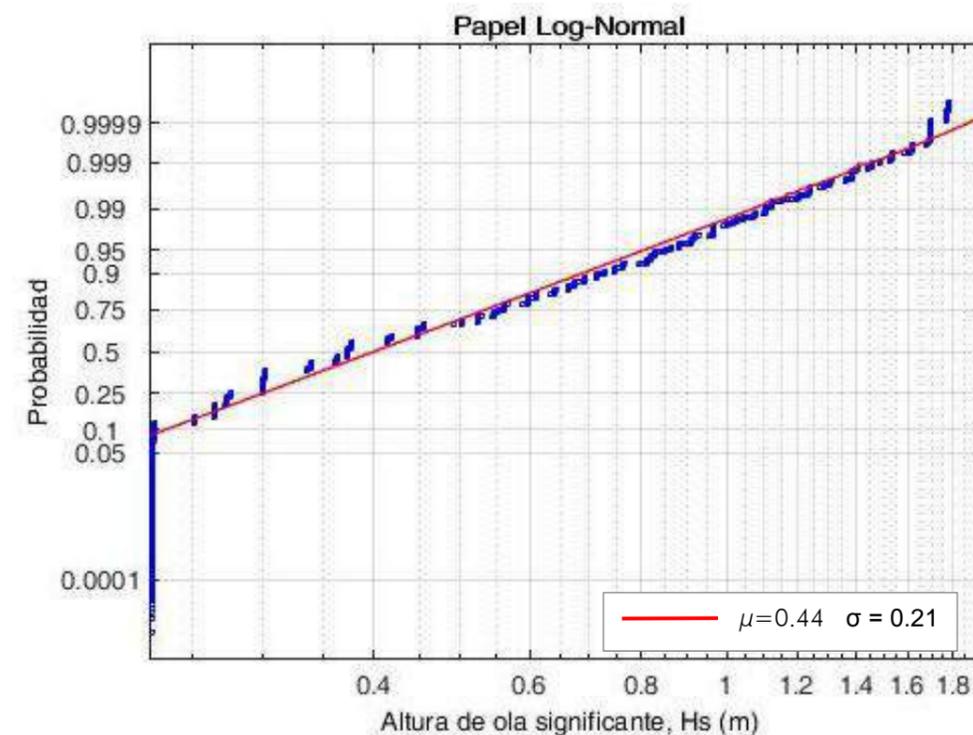


Figura 20. Régimen medio de Hs en el Punto M

RÉGIMEN EXTREMAL

La distribución que presenta un mejor ajuste a los datos mayores de altura de ola significativa correspondientes a los temporales de la serie, es la función de distribución triparamétrica General de Valores Extremos (GEV), cuya expresión es:

$$H(x; \mu, \psi, \xi) = \exp \left\{ - \left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\psi} \right)^{-1/\xi} \right\}$$

Donde:

- μ es el parámetro de localización
- ψ es el parámetro de escala
- ξ es el parámetro de forma

Los valores de los parámetros de ajuste se obtienen mediante el método de máxima verosimilitud, para el cual se ha utilizado la herramienta AMEVA (Análisis Matemático y Estadístico de Variables Ambientales) desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) y cuyo soporte es el software Matlab.

GEV Model:

$$F(x; \mu, \psi, \xi) = \exp\left\{-\left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\psi}\right)^{-1/\xi}\right]^{-\xi}\right\}; \xi \neq 0, \exp\left\{-\exp\left[-\left(\frac{x-\mu}{\psi}\right)\right]\right\}; \xi = 0$$

$$H_d(T_r; \mu, \psi, \xi) = \mu \frac{\psi}{\xi} \left(1 - \left(\frac{1}{T_r}\right)^{-\xi}\right)$$

$$\psi(t) = \exp\left(\alpha_0 + \sum_{i=1}^n [a_{2i-1} \cos(i\omega t) + a_{2i} \sin(i\omega t)] \beta_T t + \sum_k \phi_k n_{k,t}\right)$$

$$\xi(t) = \gamma_0 + \sum_{i=1}^n [\gamma_{2i-1} \cos(i\omega t) + \gamma_{2i} \sin(i\omega t)] \beta_T t + \sum_k \phi_k n_{k,t}$$

Model to Fit:

$$\mu(t) = \beta_0$$

$$\psi(t) = \exp(\alpha_0)$$

Model Fitted:

$$\xi(t) = \gamma_0$$

$$\mu(t) = \beta_0$$

$$\psi(t) = \exp(\alpha_0)$$

Results:

$$\beta_0 = 1.415$$

$$\alpha_0 = 1.829$$

Figura 21. Parámetros ajuste GEV herramienta AMEVA

En la gráfica siguiente, se representa el ajuste a esta función de los valores extremos de la serie de datos analizada para el punto de interés M.

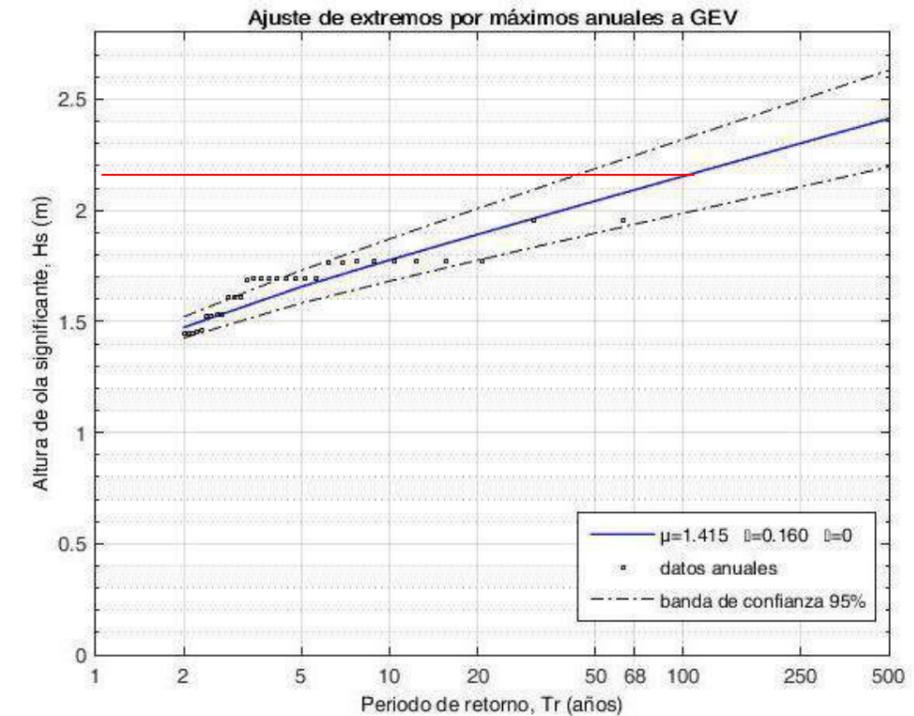


Figura 22. Régimen Extremal de Hs en el Punto M

Como puede observarse, para un periodo de retorno igual a 68 años la altura de ola significativa es igual a 2,15m.

$$\mu=0.439 \quad \psi=0.202 \quad \xi=0.3642$$

7.1.3 CORRIENTES

La rotura del oleaje genera un sistema de corrientes, fundamentalmente paralelas a la playa, que son función del ángulo con que el oleaje aborda la costa (corrientes de incidencia oblicua) y de su altura de ola. Estas corrientes, denominadas corrientes longitudinales, son de especial importancia en la disposición de equilibrio de una playa y, más concretamente, en su forma en planta, debido a su capacidad de transporte de arena. De este modo, para que la forma en planta de una playa esté en equilibrio, es necesario que el transporte de sedimento neto sea nulo.

Las corrientes longitudinales se producen en la zona de rotura del oleaje y, por tanto, en un área donde el sedimento se encuentra en suspensión por la acción de la propia rotura del oleaje, por lo que es fácilmente transportable por efecto de dichas corrientes. El gradiente longitudinal de la altura de ola genera un sistema circulatorio de corrientes, llamadas corrientes de retorno que determinan también la trayectoria del sedimento, las zonas de erosión y de depósito.

Estas corrientes longitudinales pueden ser obtenidas por medio de expresiones analíticas en ciertos casos, cuando la geometría de la playa es simple. En el caso que nos ocupa, debido a la complejidad de los contornos y de la batimetría existente, estas corrientes sólo puedan ser calculadas por métodos numéricos. Para el presente Proyecto se ha utilizado como modelo de cálculo de corrientes asociado a la rotura del oleaje, el modelo COPLA desarrollado por el Instituto Hidrográfico de Cantabria.

Para el análisis de la playa de La Cola, se estudian las corrientes generadas durante un temporal con oleajes procedentes de los sectores E, ESE, S, SSE, SSW y SW, correspondientes a los oleajes que se presentan en la caracterización del oleaje en profundidades indefinidas.

Se analizan temporales caracterizados con una altura de ola significativa de 3 m y un periodo de 10 s. Se han utilizado los mismos sistemas de mallas descritos en el apartado 0. PROPAGACIÓN NUMÉRICA DE LOS DATOS HACIA LA COSTA del presente anejo.

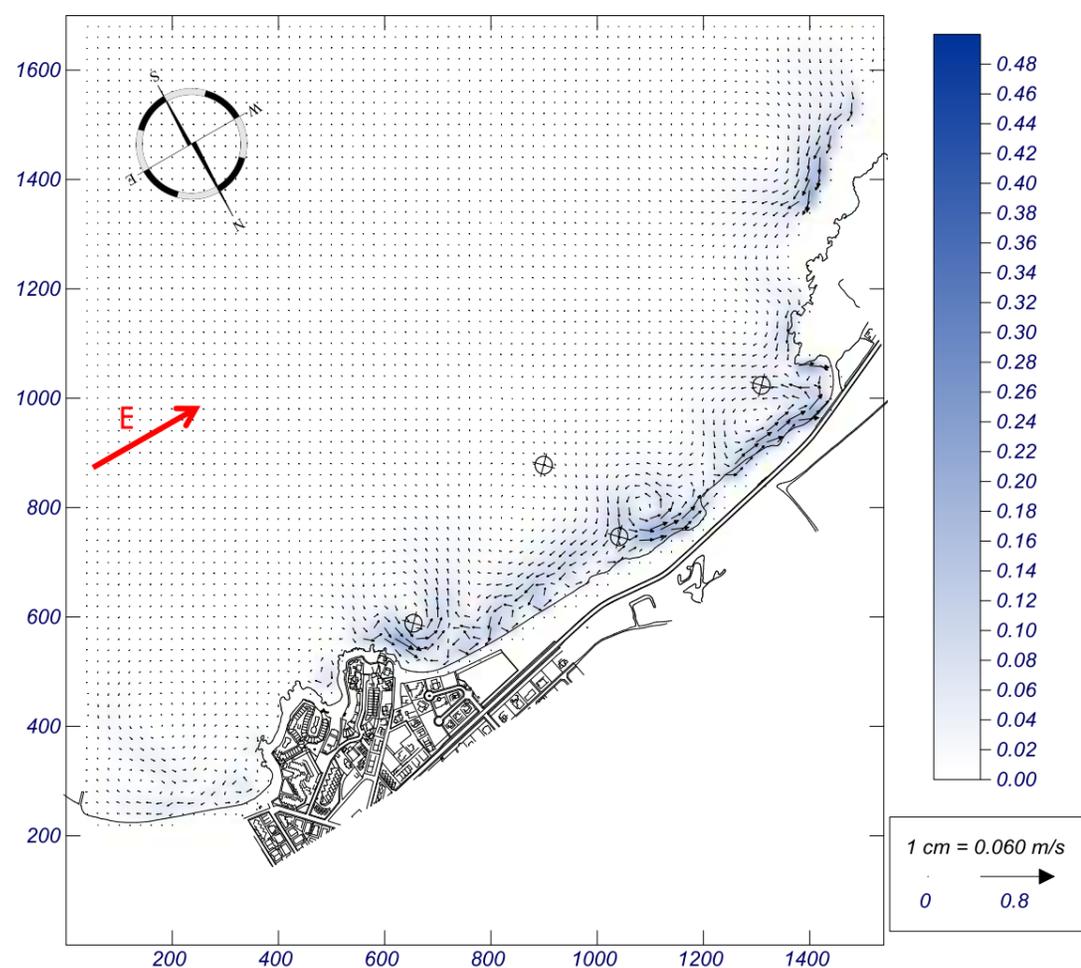


Figura 23. Propagación temporal E: Vectores de corrientes-magnitud

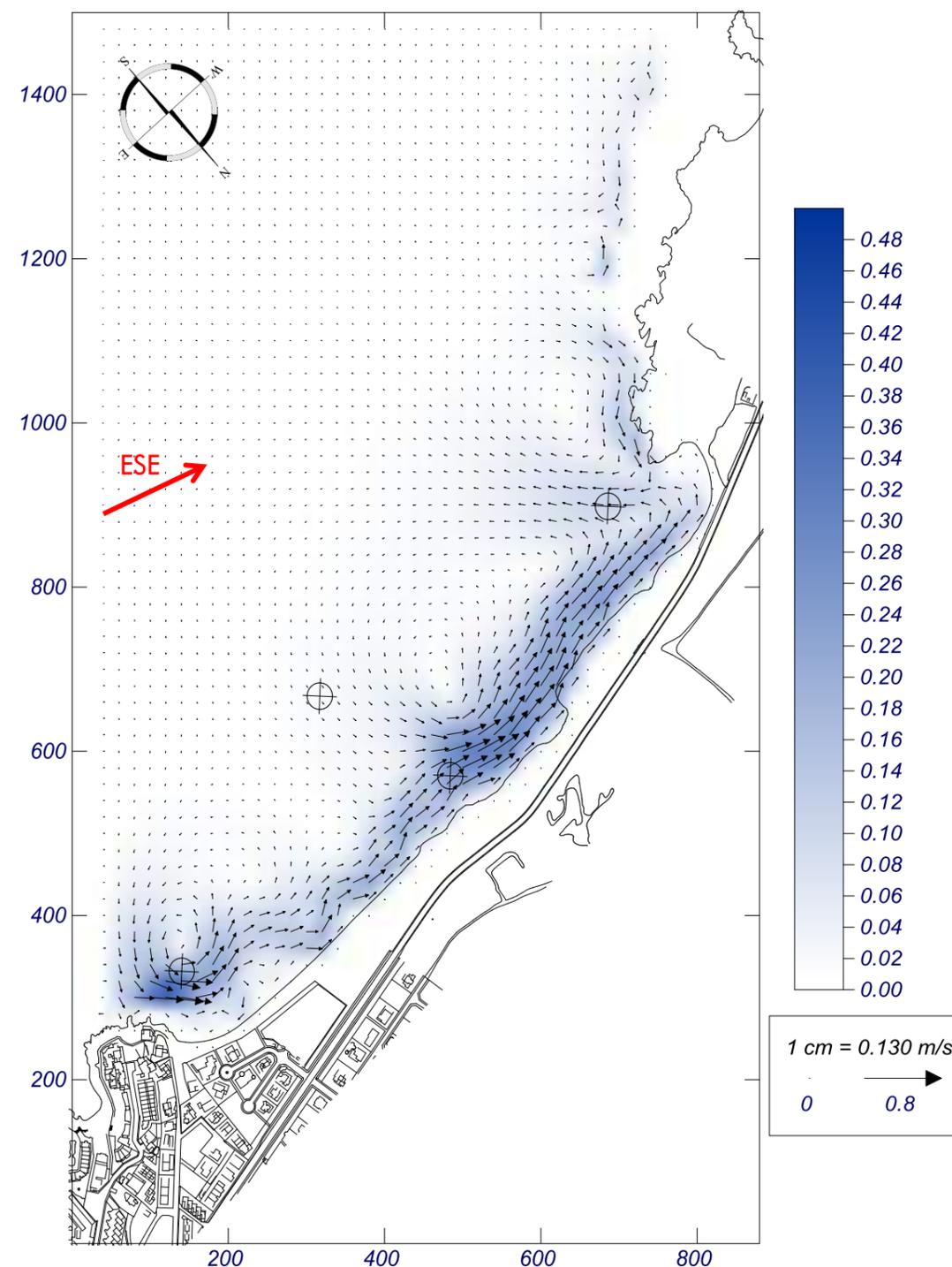


Figura 24. Propagación temporal ESE: Vectores de corrientes-magnitud

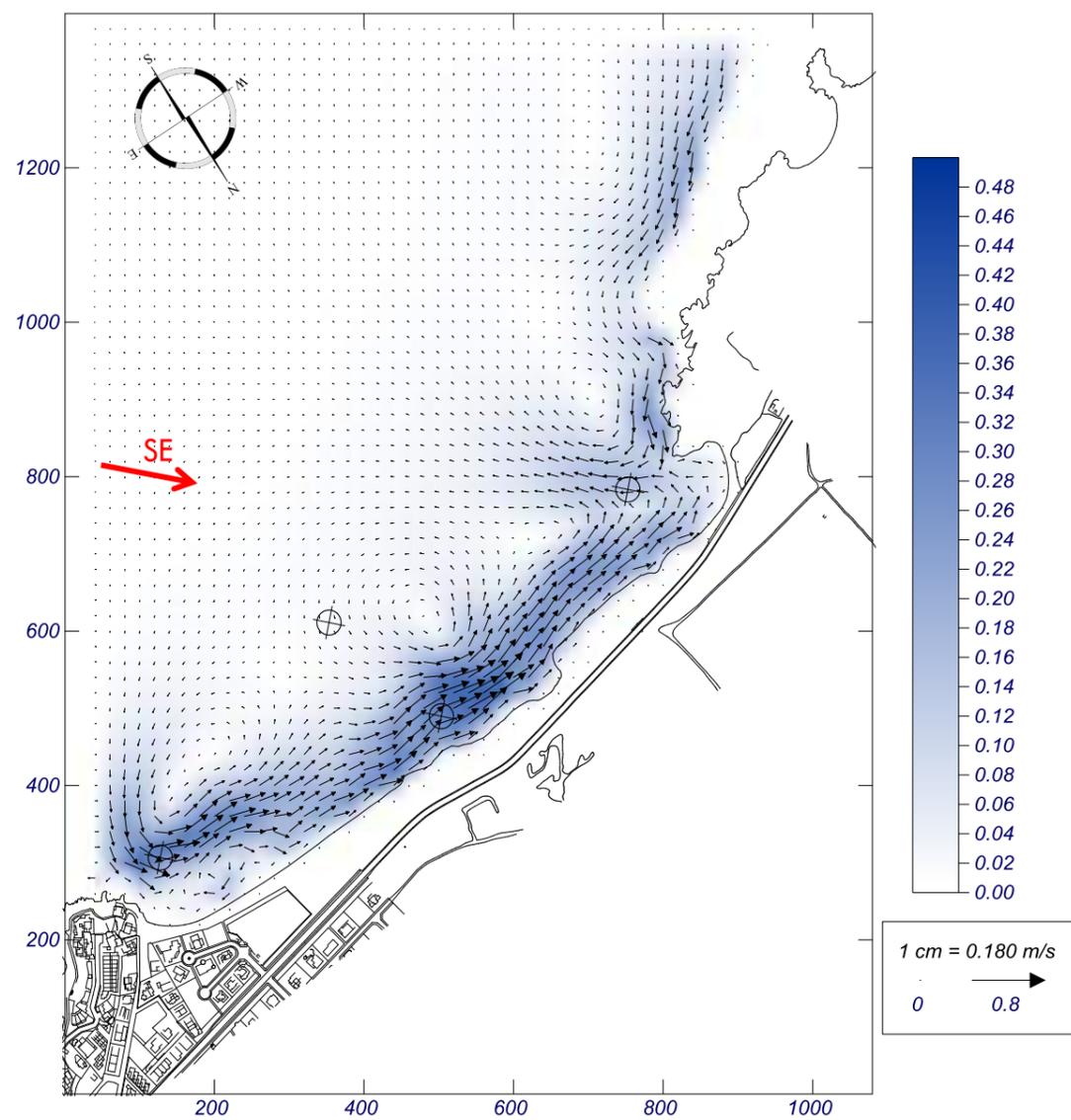


Figura 25. Propagación temporal SE: Vectores de corrientes-magnitud

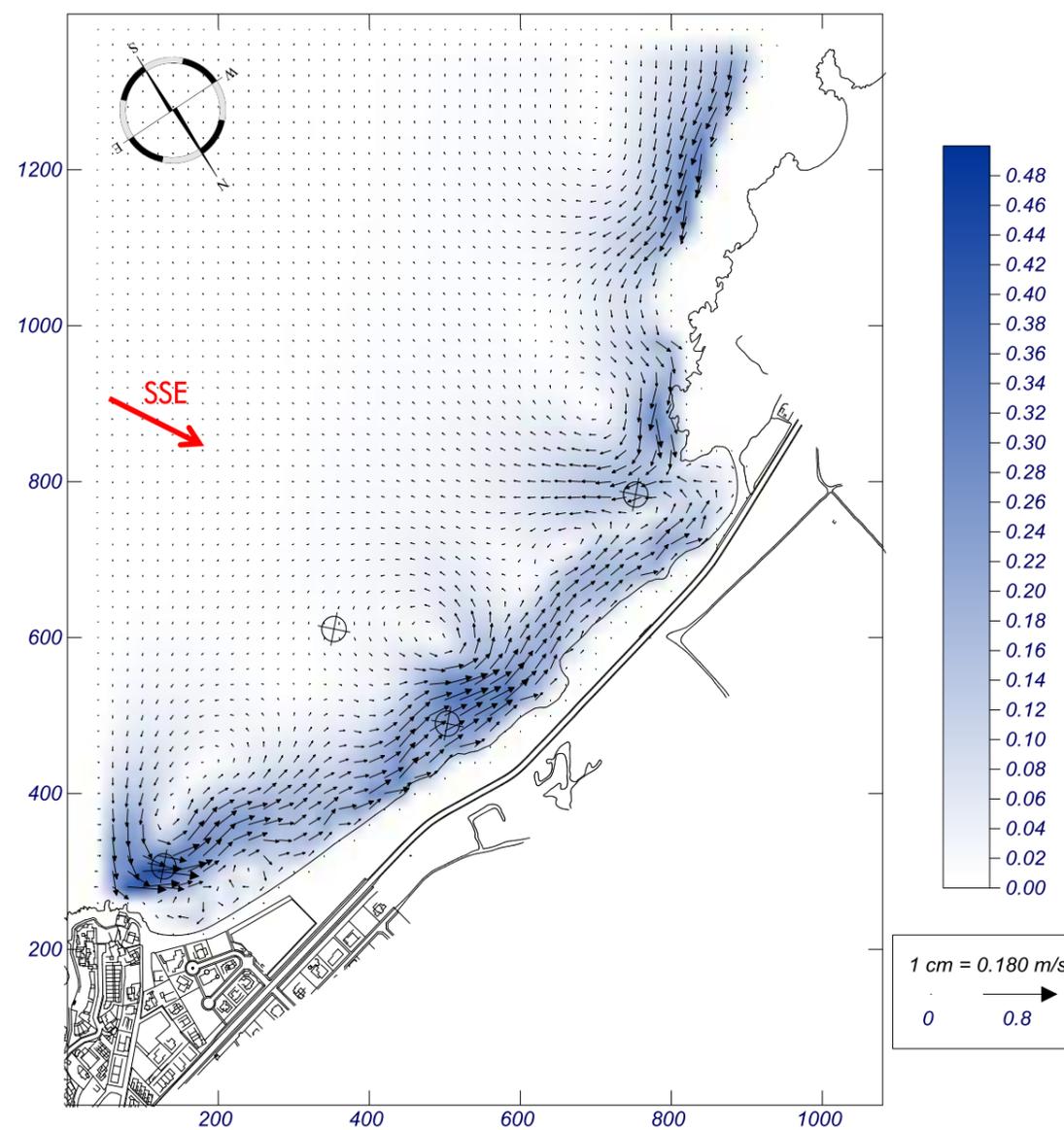


Figura 26. Propagación temporal SSE: Vectores de corrientes-magnitud

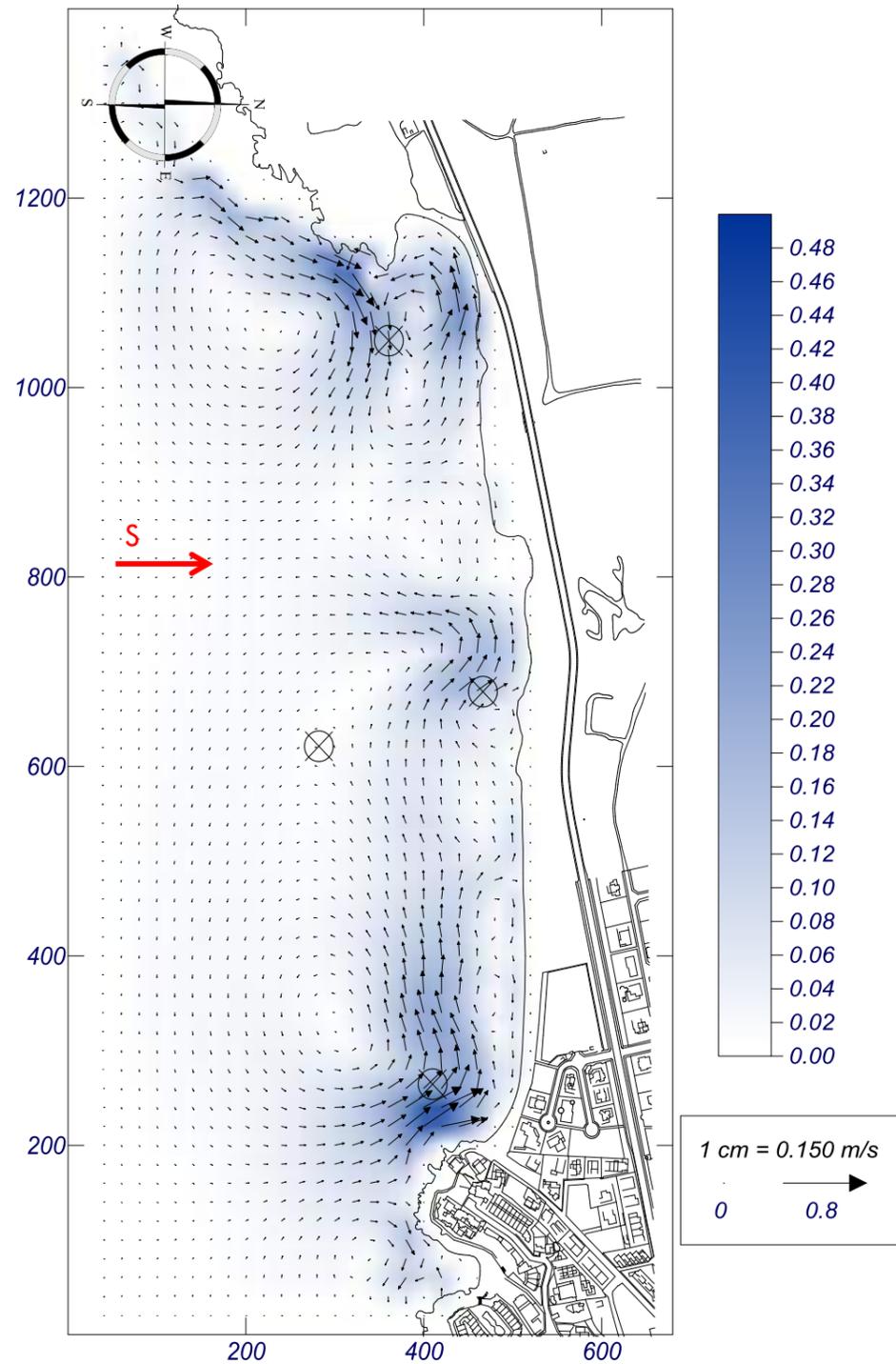


Figura 27. Propagación temporal S: Vectores de corrientes-magnitud

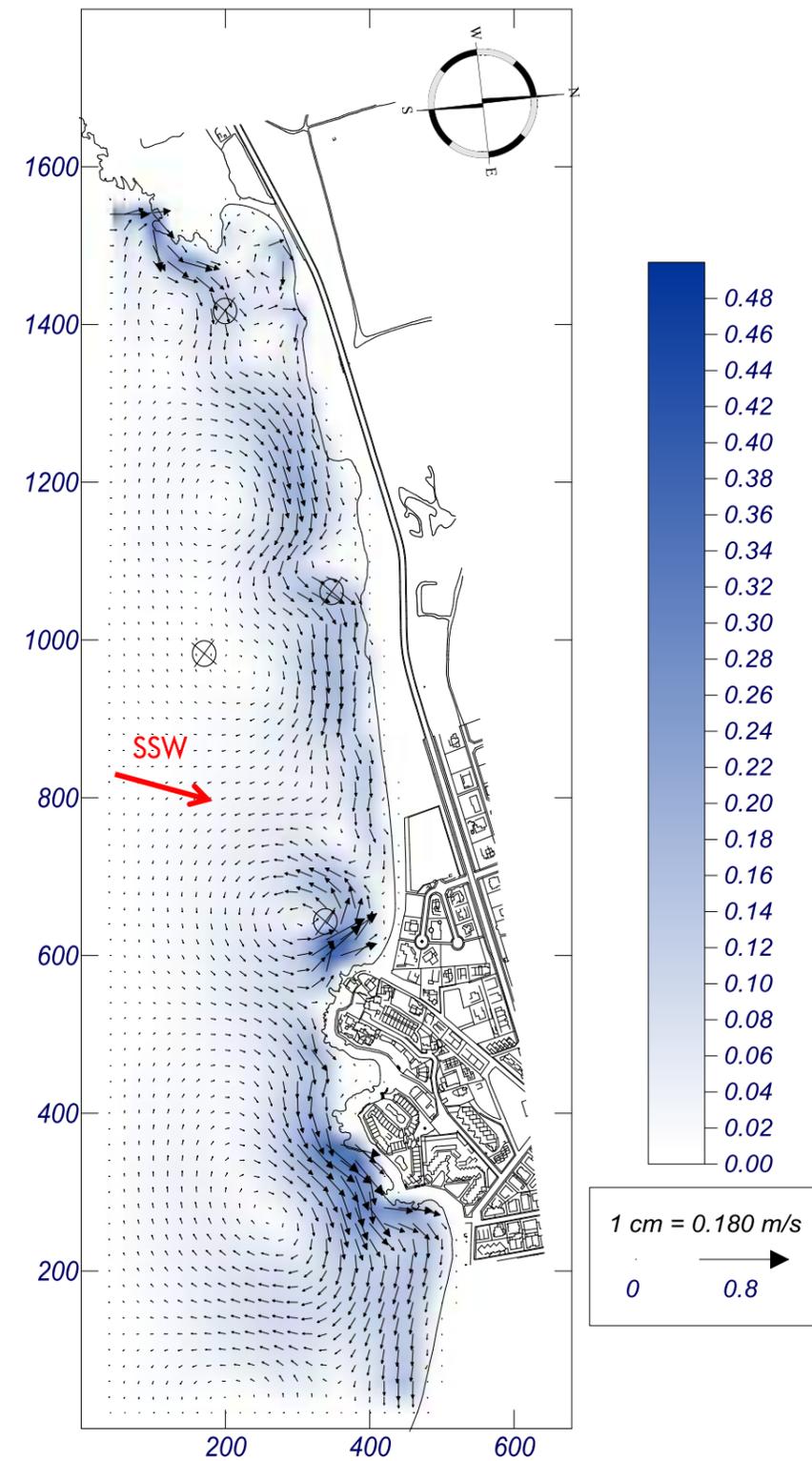


Figura 28. Propagación temporal SSW: Vectores de corrientes-magnitud

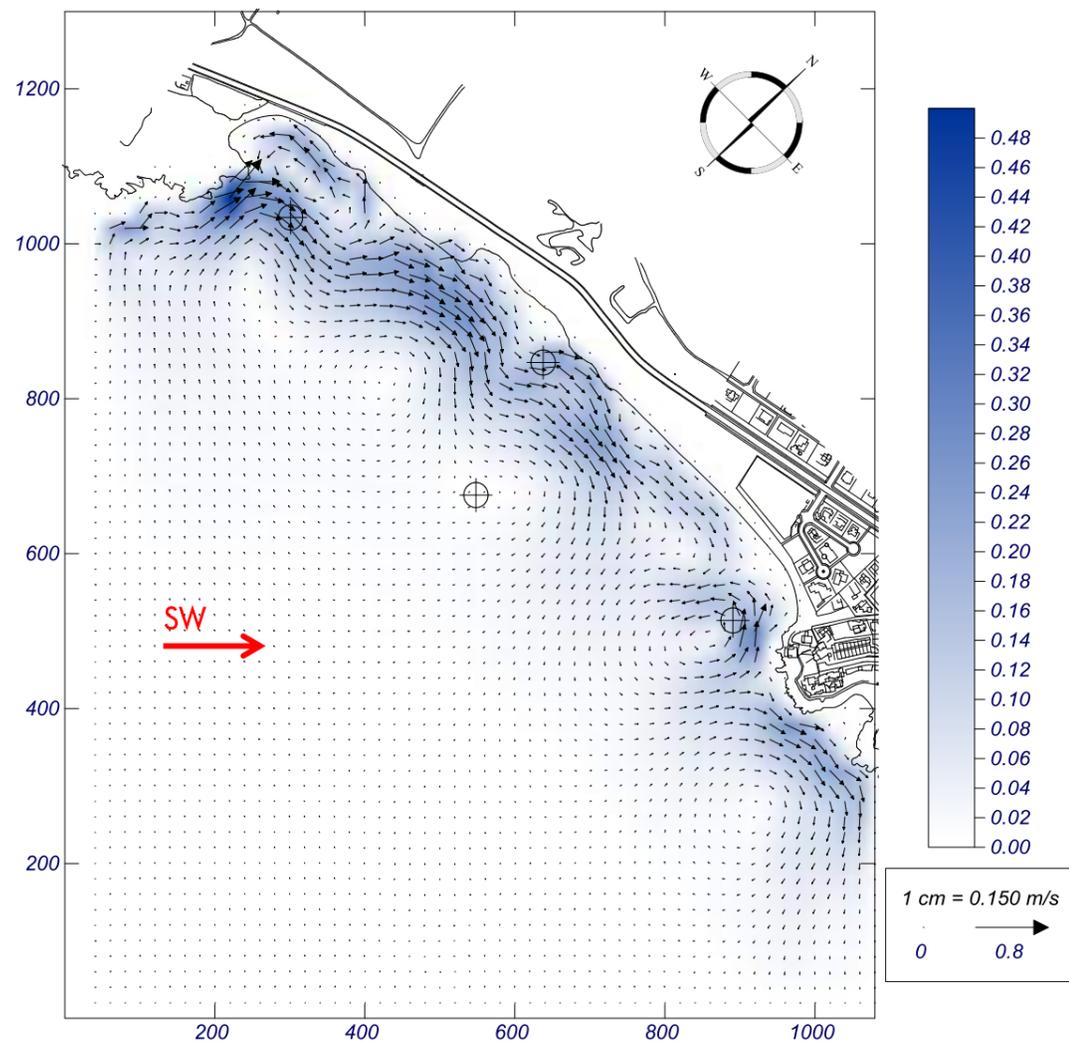


Figura 29. Propagación temporal SW: Vectores de corrientes-magnitud

Las principales conclusiones obtenidas del estudio de corrientes son las siguientes:

- Como es de esperar, los temporales procedentes del sector E no generan corrientes significativas debido principalmente a la refracción que sufre el oleaje en su propagación y a la difracción generada por la interposición del obstáculo que supone Cabo Cope.
- Las corrientes generadas por los sectores ESE, SE y SSE tienen principalmente una componente longitudinal en sentido Este-Oeste, con cierta concentración en la zona central. En los extremos de la playa, las corrientes son redirigidas a profundidades mayores, especialmente en el extremo Oeste, lo que puede inducir a la pérdida de sedimentos por esta zona.
- Los oleajes procedentes de los sectores S y SSW generan en la playa de la Cola corrientes con componente transversal principalmente (rip-currents). La configuración de la batimetría de la playa de la Cola es la responsable de la generación de este tipo de corrientes, dado que las irregularidades del fondo producen gradientes de ola generados por las diferentes profundidades de rotura del oleaje.
- Las corrientes generadas por los oleajes procedentes del sector SW tienen un sentido Oeste-Este principalmente, concentrándose en los extremos y zona central de la playa generando pequeñas corrientes de retorno en estas zonas.

7.1.4 NIVEL MAR

El conocimiento del nivel medio del mar y de su variación en cualquier punto de la costa es un aspecto determinante en el diseño y cálculo de obras marítimas, fundamentalmente en lo que se refiere a la cota de coronación de obras de abrigo y dragado, así como en el estudio de playas, ya que en las zonas inundables intermareales el proceso de transporte de sedimentos es muy activo.

El **nivel del mar** se define como la posición media de la superficie libre del mar durante un periodo de tiempo respecto a un nivel de referencia. Este movimiento de la superficie del mar es causado principalmente por oscilaciones de largo periodo:

Marea meteorológica, relacionada con los cambios de presión en la atmósfera o el arrastre producido por el viento.

Marea astronómica, asociada a los movimientos y posición de los astros, principalmente la Luna y el Sol.

Como ya indicado anteriormente, se ha empleado como fuente de datos más adecuada el mareógrafo de Almería, descartando el mareógrafo de Carboneras, que a pesar de estar más próximo a la zona de estudio, la serie de datos temporal que dispone no es lo suficientemente larga como para realizar un análisis estadístico fiable.

7.1.4.1 Niveles de referencia

El mareógrafo de Almería está situado en la ampliación del Muelle de Poniente, en el extremo sur de la Fase I con registros desde enero 2006, siendo la serie analizada 2006-2013, obtenido dicho informe de la web de Puertos del Estado.

El clavo geodésico más cercano es "MAREOGRAFO". El cero del puerto (cero del mareógrafo) está a 3,990 m bajo dicho clavo y el NMMA a 3,760 m. El cero hidrográfico se encuentra 4,004 m bajo MAREOGRAFO, según el cálculo realizado por el Instituto Hidrográfico de la Marina.



Figura 30. Ubicación del mareógrafo REDMAR ALMERÍA



Figura 31. Esquema DATUM mareógrafo REDMAR ALMERIA

El **cero hidrográfico**, establecido por el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), coincide aproximadamente con el nivel de agua más bajo, varía con las características de la marea a lo largo de la costa y es la mínima bajamar astronómica (BMMI) calculada para el puerto por el IHM.

El **cero del puerto (CP)** está definido por el propio puerto y coincide normalmente con la mínima bajamar.

En la Figura 30 se presentan las relaciones entre el Cero del Puerto (CP), el Nivel Medio del Mar (NMM) y los niveles de la Pleamar Media Máxima Astronómica (PMMA) y de la Bajamar Media Mínima Astronómica (BMMI).

Referencias de nivel del mar

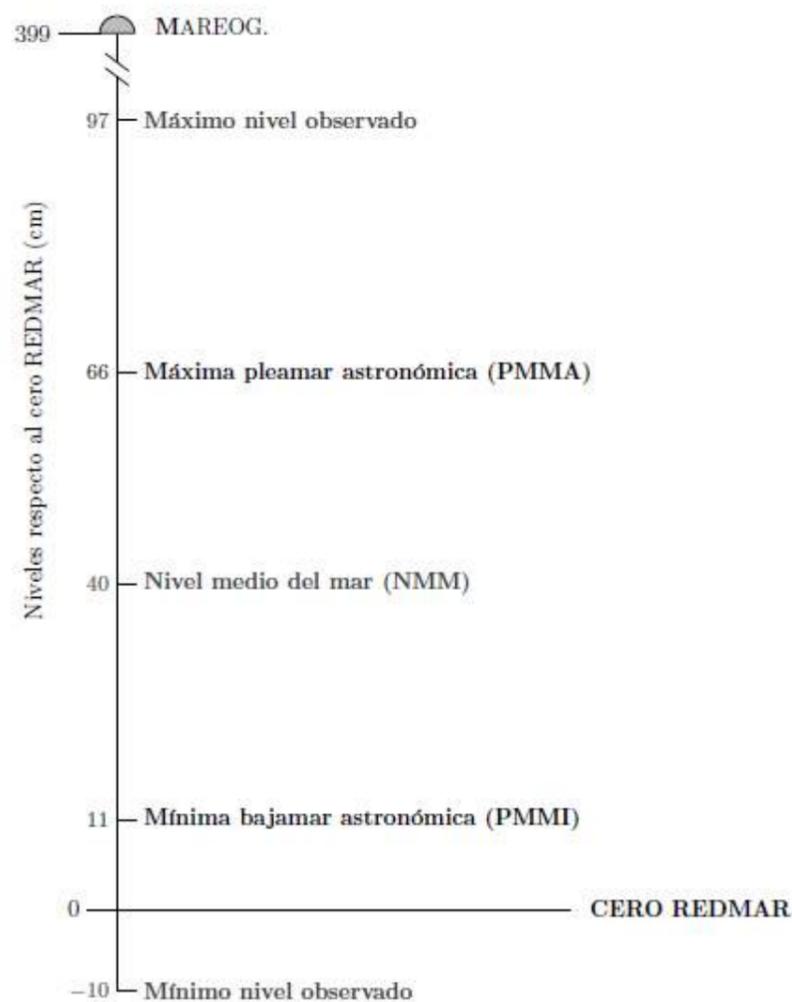


Figura 32. Principales referencias de nivel del mar sobre todo el espacio

Máxima pleamar astronómica (PMMA): Es el máximo nivel de la serie de pleamares astronómicas.

Mínima bajamar astronómica (BMMI): Es el mínimo nivel de la serie de bajamares astronómicas.

Por tanto los niveles de referencia con respecto al cero del puerto de Almería y NNMA serían:

MAEÓGRAFO PUERTO DE ALMERÍA			
NIVEL	RESPECTO CP (cm)	RESPECTO NMMA (cm)	RESPECTO NMMA (cm)
Max. Nivel observad	97	74	86
PMMA	66	43	55
NMM	40	17	29
NMMA	23	0	12
PMMI	11	-12	0
CP	0	-23	-11
Mín, nivel observado	-10	-33	-21

Tabla 8. Niveles de referencia mareógrafo Almería

7.1.4.2 Régimen medio

Los regímenes medios anuales del nivel del mar se definen como la distribución en el año medio del parámetro de nivel del mar. Viene representado por su función de distribución, definida por la probabilidad de que en un estado de mar cualquiera, el nivel medio sea superado por un valor del nivel del mar dado.

A partir del informe REDMAR del puerto de Almería, se obtiene el histograma de las bajamares y pleamares para la serie histórica 2006-2013 referida al Cero del Puerto de Almería.

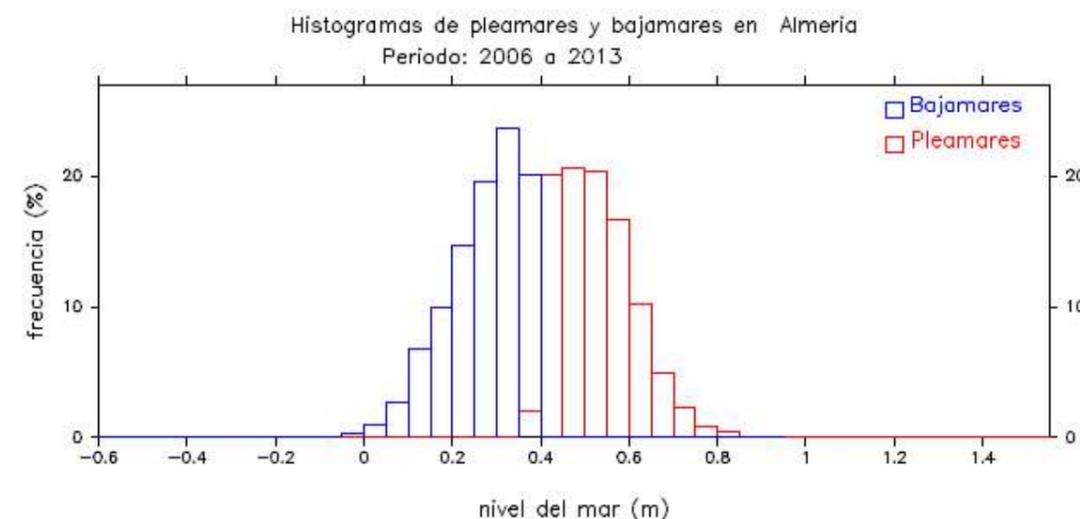


Figura 33. Histograma de Pleamares y Bajamares observadas en Almería

Estadística Bajamares		Estadística Pleamares	
Mínima (m):	-0.10	Mínima (m):	0.40
Máxima (m):	0.40	Máxima (m):	0.97
Media (m):	0.27	Media (m):	0.53
Desv.Est. (m):	0.09	Desv.Est. (m):	0.09
Moda (m):	0.33	Moda (m):	0.48
Mediana (m):	0.29	Mediana (m):	0.52
Sesgo:	-0.74	Sesgo:	0.81
Curtosis:	0.08	Curtosis:	0.72

Figura 34. Estadísticos de Pleamares y Bajamares observadas en Almería

Puede verse cómo el nivel medio del mar es aproximadamente de 0,40 m, la bajamar mínima observada es de -0,10 m y la pleamar máxima observada de 0,97 m. Los valores medios de bajamar y de pleamar son de 0,27 m y 0,53 m respectivamente.

7.1.4.3 Variaciones del nivel del mar en la playa de la cola

Para analizar las variaciones del nivel del mar en la Playa de La Cola, se analizan los datos del mareógrafo de Almería, ya que a pesar de que el mareógrafo de Carboneras está más próximo a la zona de estudio, la serie temporal de este último es reducida.

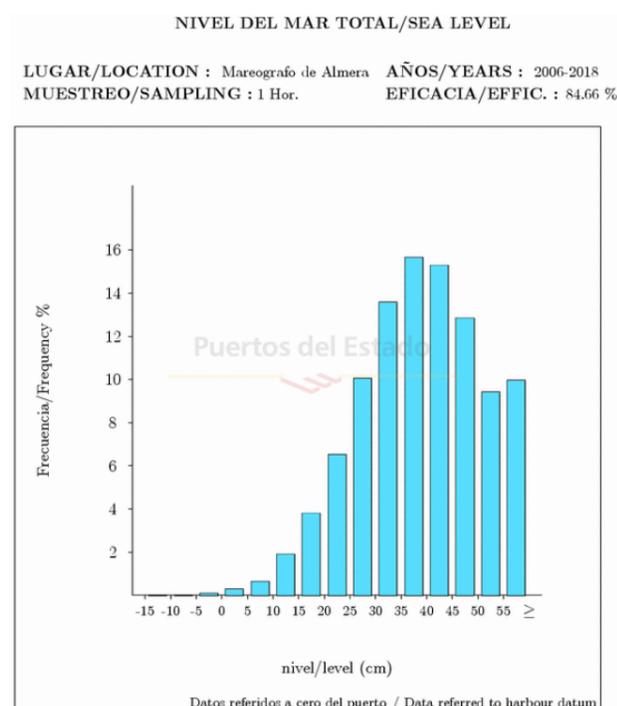


Figura 35. Histograma del nivel del mar

Como se refleja en la figura adjunta, el nivel del mar más frecuente oscila entre 35 y 45 cm.

Asimismo se obtiene la variación del nivel medio del mar mensual y su tendencia entre los años 2006 y 2018.

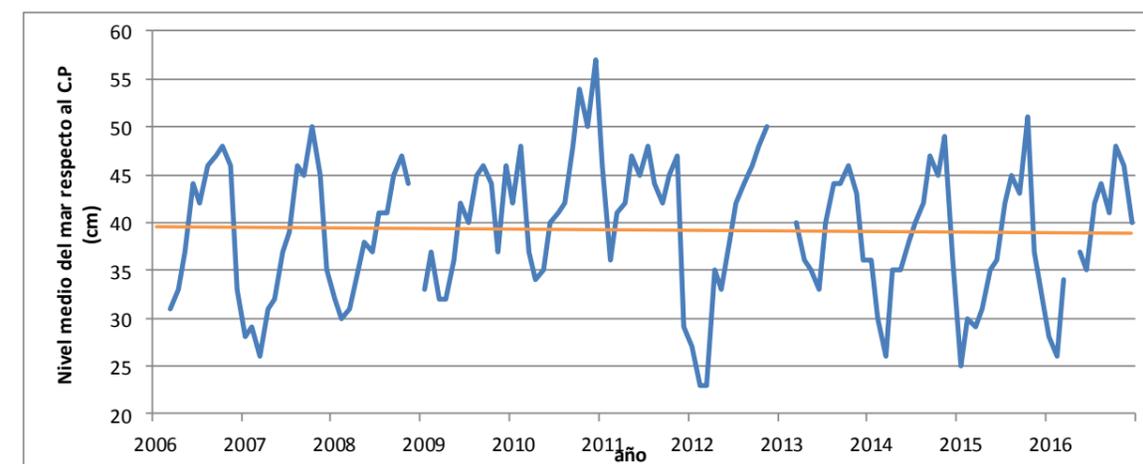


Figura 36. Variación del nivel medio del mar en la playa de la Cola (Fuente: Puertos del Estado)

Dado que la serie de datos disponible del mareógrafo de Almería disponible en la web de Puertos del Estado es muy corta (10 años) no puede evaluarse objetivamente la variación del nivel del mar en esta zona.

7.1.5 ENCUADRE GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

La playa de la Cola se encuentra en las estribaciones de la Sierra de la Almenara que junto con las Sierras de Moreras y Cabo Cope se alzan bruscamente entre los términos municipales de Lorca, Águilas y Mazarrón, cerca del límite entre Murcia y Almería.

El **Mapa Geológico** de España 1:50.000 Hoja de Cope (997B) del IGME, encuadra la zona de estudio dentro del sector suroccidental de la zona Bética. Se identifican en la zona de estudio cuarcitas, areniscas, filitas y metaconglomerados del complejo Alpujarride inferior así como materiales Porstorogénicos del Cuaternario correspondiente a la playa.

El tramo Paleozoico Alpujarride Inferior está formado por una serie monótona de micaesquistos negros, con granates, estaurólita y cloritoides entre los que se intercalan numerosos bancos de cuarcitas grises oscuras.

Los materiales cuaternarios están representados por los aluviales de las ramblas, en donde predominan las arenas, formadas por fragmentos de esquistos y cuarzo.