



ANEJO Nº1: ANTECEDENTES



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº1: Antecedentes

EXPEDIENTE Mu.3/D-19 (910) C-DL-8-Murcia



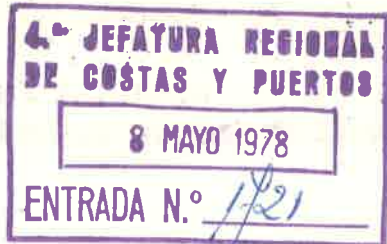
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
Y URBANISMO

DIRECCION GENERAL DE
PUERTOS Y SEÑALES MARITIMAS

SUBDIRECCION GENERAL DE COSTAS Y S. M.
SERVICIO DE ORDENACION Y EXPLOTACION

SECCION DE PLANIFICACION, ORDENACION
Y EXPLOTACION III

TS/CR



Madrid, a 19 de Abril de 1978

S/R.: Mu. 3/D-19(910) N/R.: C-DL-8-Murcia

DESTINATARIO:

4ª. JEFATURA REGIONAL DE COSTAS
Y PUERTOS

Correos 4,4º.

VALENCIA 2

ASUNTO

Aprobando acta y plano de deslinde de la z.m.t. y playas de un tramo de costa de la isla situada frente a la playa de la Isla en la costa del término municipal de Mazarrón (Murcia).

Con esta fecha se ha dictado la O.M. siguiente:

«Visto el expediente instruido de oficio por la Cuarta Jefatura Regional de Costas y Puertos, sobre deslinde de la zona marítimo-terrestre y de las playas de la costa del término municipal de Mazarrón (Murcia), en el tramo de la isla.

RESULTANDO QUE:

1.- El expediente ha sido tramitado con arreglo a lo previsto en la Ley 28/1969 de 26 de abril sobre Costas y a lo dispuesto en la O.M. de 9 de octubre de 1957; que en el mismo figuran las notificaciones a los propietarios colindantes; que por la Comisión de deslinde integrada por representantes de los Ministerios de Defensa, Hacienda y Obras Públicas y Urbanismo, oídos los de los demás Organismos que determina dicha Ley 28/1969, han sido deslindados los terrenos de la zona marítimo-terrestre y de las playas, levantándose acta y plano, el cual ha sido confrontado y sometido a información pública.

2.- Asistieron también a las actuaciones, representantes de la Delegación Provincial de la Vivienda, del Ayuntamiento de Mazarrón y del propietario de La Isla.

3.- Se situaron 39 hitos numerados del 1 al 12, de la A a la H y del 13 al 25, que empalma con el 1, coincidiendo la antigua línea límite de la zona marítimo-terrestre y de las playas con la actual, no existiendo terrenos sobrantes.

4.- Con fecha 1 de diciembre de 1977 se levantaron el plano de deslinde y el acta de confrontación.

5.- Ni durante las operaciones de deslinde ni durante la información pública, que se realizó en el Boletín Oficial de la Provincia de Murcia de 14 de enero de 1978, y en el tablón de anuncios del Ayuntamiento, se registró reclamación alguna.

6.- Remitido el expediente a la Abogacía del Estado, ésta en forma que: "Habiéndose cumplido los trámites señalados en la Circular de la Dirección General de Puertos, de 9 de octubre de 1957, - procede elevar el expediente a la Superioridad para su aprobación definitiva, ya que, como declara la S. de 24 de abril de 1962, aunque pre que el expediente de deslinde se practique ajustándose al procedimiento establecido, debe aprobarse respecto de las fincas o terrenos con relación a los cuales no se formularon reclamaciones.- En la aprobación del expediente, debe hacerse expresa atribución al dominio público del Estado de la zona marítimo-terrestre deslindada."

7.- La Cuarta Jefatura Regional de Costas y Puertos, visto todo lo expuesto y de conformidad con el informe de la Abogacía del Estado, propone la aprobación del acta y plano de deslinde.

CONSIDERANDO QUE:

Se han cumplido todos los requisitos reglamentarios; no hay oposición, y existe conformidad entre los miembros de la Comisión de deslinde para su aprobación.

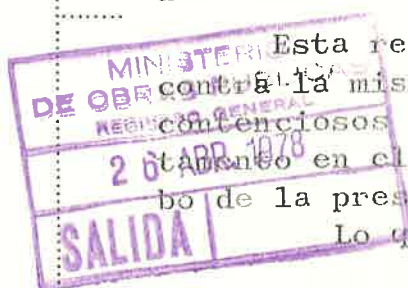
ESTA DIRECCION GENERAL, por delegación del Excmo. Sr. Ministro ha resuelto:

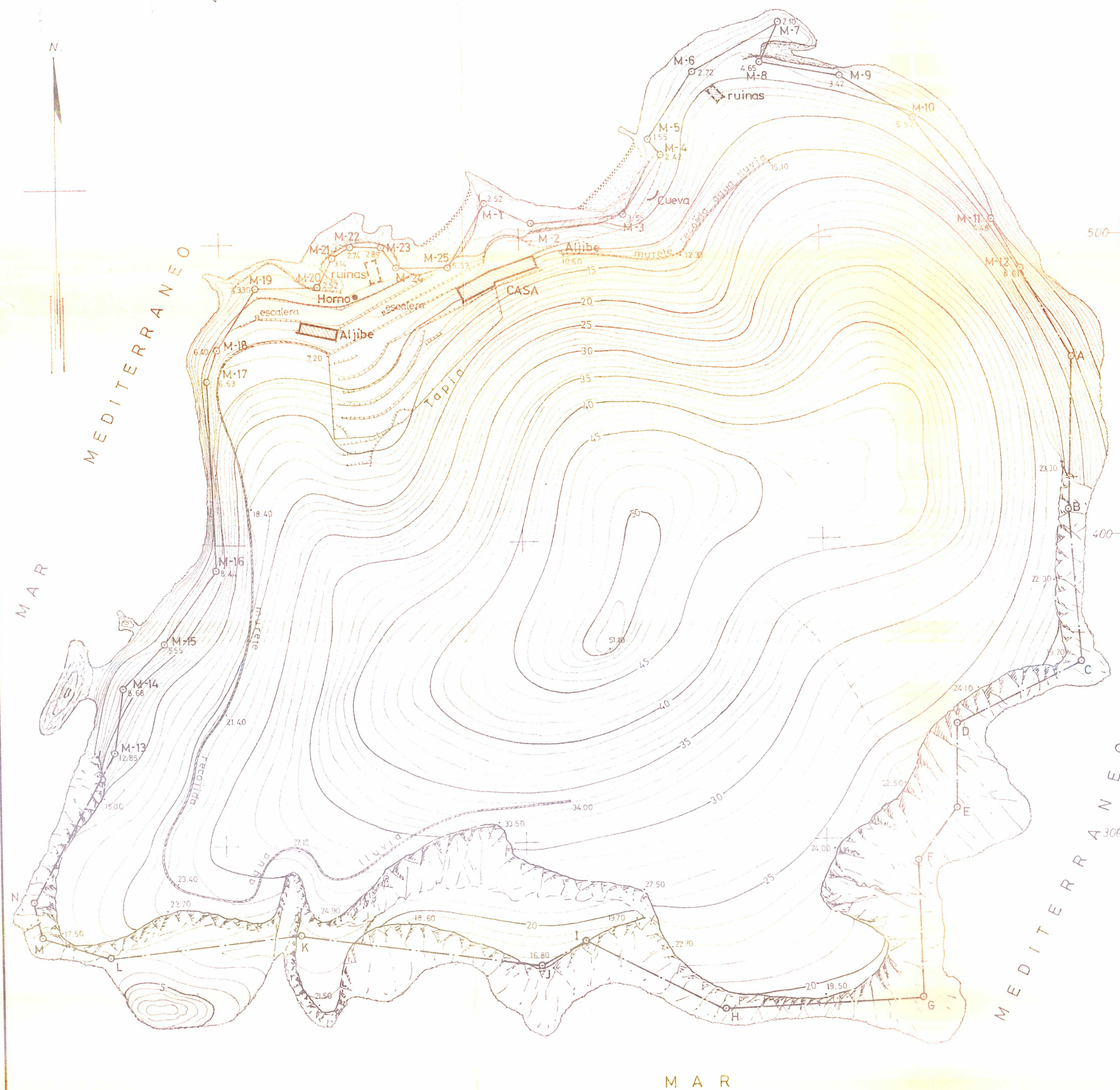
Aprobar el acta y plano de deslinde de la zona marítimo-terrestre y de las playas, suscritos el 1 de diciembre de 1977, con atribución al dominio público del Estado de la zona deslindada, correspondiente a la isla situada frente a la playa de la Isla en la costa del t.m. de Mazarrón (Murcia).

Esta resolución no es definitiva en la vía administrativa y contra la misma puede interponerse recurso de reposición, previo al contencioso administrativo, ante el Excmo. Sr. Ministro del Departamento en el plazo de un mes, contado a partir de la fecha de recibo de la presente notificación.

Lo que se comunica para conocimiento y efectos.

EL JEFE DE LA SECCIÓN





TRAMO	AZIMUT	DISTANCIAS	MOJON	X	Y
MT1-MT2	131,80	17,00	M-1	488,9	512,3
MT2-MT3	90,25	30,80	M-2	504,1	505,6
MT3-MT4	35,90	23,00	M-3	535,0	508,7
MT4-MT5	358,95	7,00	M-4	547,3	727,9
MT5-MT6	37,30	27,00	M-5	543,2	533,2
MT6-MT7	67,55	33,00	M-6	558,2	555,7
MT7-MT8	230,30	14,80	M-7	587,0	571,6
MT8-MT9	111,20	27,50	M-8	580,5	558,4
MT9-MT10	133,50	28,50	M-9	607,1	553,7
MT10-MT11	158,70	43,00	M-10	631,3	539,4
MT11-MT12	168,50	19,20	M-11	657,5	505,4
MT12 - A	168,50	34,00	M-12	666,8	488,8
A - B	201,50	50,50	A	682,8	458,8
B - C	195,80	50,50	B	681,7	408,4
C - D	271,25	46,00	C	685,6	357,5
D - E	201,25	28,00	D	644,0	337,2
E - F	242,50	21,50	E	643,7	309,4
F - G	198,25	45,50	F	630,3	292,3
G - H	297,20	66,00	G	631,0	246,6
H - I	329,60	51,50	H	565,1	244,6
I - J	267,30	17,00	I	519,0	267,0
J - K	308,55	81,00	J	504,3	259,0
K - L	293,25	64,00	K	424,6	270,0
L - M	319,75	24,00	L	361,0	263,0
M - N	366,50	12,00	M	338,5	270,3
N-MT13	31,80	56,50	N	336,0	282,0
MT13-MT14	9,60	21,50	M-13	363,5	331,2
MT14-MT15	49,00	20,00	M-14	366,8	352,7
MT15-MT16	38,80	30,00	M-15	380,4	367,1
MT16-MT17	398,00	63,00	M-16	398,0	391,6
MT17-MT18	19,30	10,60	M-17	396,0	454,4
MT18-MT19	36,20	24,00	M-18	398,8	464,7
MT19-MT20	100,00	20,50	M-19	412,1	484,6
MT20-MT21	29,25	11,50	M-20	432,7	484,6
MT21-MT22	62,80	7,00	M-21	437,8	494,7
MT22-MT23	104,00	10,00	M-22	443,8	498,2
MT23-MT24	160,10	8,50	M-23	454,3	497,8
MT24-MT25	99,95	17,00	M-24	459,0	491,0
MT25-MT1	33,50	25,00	M-25	476,4	490,9


 DIRECCION GENERAL DE PUERTOS Y SEÑALES MARITIMAS

4ª JEFATURA REGIONAL DE COSTAS Y PUERTOS

PLANO DE DESLINDE DE LA Z.M.T. Y DE LAS PLAYAS DE LA COSTA DEL T. M. DE MAZARIRON

TRAMO: ISLA DE MAZARRON

EL INGENIERO JEFE DEL NEGDO.
DE PUERTOS Y S.M.

EL INGENIERO TECNICO DE
OBRAS PUBLICAS

FECHA: 1-Diciembre-1.977

ESCALA 1:1.000



ANEJOS A LA MEMORIA.
*Anejo nº 2: Estudio geomorfológico y
sedimentológico*

ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y SEDIMENTOLÓGICO



ANEJOS A LA MEMORIA.
*Anejo nº 2: Estudio geomorfológico y
sedimentológico*

“ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPTE 30-1495”

TRAMO C-DL-8-MU ISLA DE ADENTRO

I-21/109-9



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES.....	3
3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	3
4. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO LITORAL	4
4.1. SITUACIÓN	4
4.2. TRABAJOS PREVIOS	6
4.3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS DE LA ISLA	9
5. TRABAJOS REALIZADOS	14
5.1. ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA.....	14
5.2. DEFINICIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	15
5.4. ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO	18
5.2.1 Calicatas	18
5.2.2 Análisis granulométrico.....	18
5.2.3 Estudio microscópico.....	19
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	20
7. BIBLIOGRAFÍA.....	21
8. ANEXOS	22

1. INTRODUCCIÓN

A principios del mes de octubre de 2021 TRAGSATEC solicita los servicios de AG SOIL, SL para la realización, entre otros, de un estudio geomorfológico y sedimentológico en la Isla Cabecico de los Aviones (T.M. Mazarrón, Murcia).

Se trata de una isla de 8.1 Ha de superficie, forma irregular cuasi ovalada con un eje mayor orientado NE-SO y 400 m de longitud por los 300 m que mide el eje menor. Dista entre 200 y 300 m de la costa de Puerto de Mazarrón.

Constituye el denominado tramo de costa **C-DL-8-MU Isla de Adentro**, en el que se pretende conocer sus características geológicas, geomorfológicas y sedimentarias como criterio para poder delimitar el Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) según lo dispuesto por la Ley de Costas 22/1988, su modificación en la Ley 2/2013 de 29 de mayo y el Reglamento General de Costas según RD 876/2014.

2. ANTECEDENTES

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), a través de la Dirección General de Costas y la Demarcación de Costas de Murcia (DGC), es el encargado del deslinde del DPMT en aquellos tramos de costa donde no existe o está incompleto según la Ley de Costas. Los trabajos aquí presentados forman parte de la encomienda que dicho ministerio ha encargado a TRAGSATEC:

“RESUMEN ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA. EXPTE 30-1495”

El tramo de costa aquí estudiado se centra en la isla denominada Cabecico de los Aviones (T.M. Mazarrón), situada frente al puerto deportivo de Puerto de Mazarrón. Es un tramo en el que el DPTM y la servidumbre pública no han sido delimitados hasta el momento según la vigente Ley de Costas.

3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El presente informe se redacta como apoyo complementario a la decisión de la DGC de Murcia para el deslinde del DPMT en la zona de estudio de la Isla Cabecico de los Aviones según las indicaciones de la Ley de Costas.

Para ello se realizarán las siguientes actividades:

1. Revisión de la documentación y estudios previos.
2. Estudio fotogeológico para constatar la evolución temporal de la línea de costa.

3. Realización de dos calicatas con levantamiento de los perfiles, toma de muestras y estudio sedimentológico.
4. Realización de campaña de campo, levantamiento topográfico y reportaje fotográfico de los distintos tramos de costa.

4. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO LITORAL

4.1. SITUACIÓN

La Isla del Cabezo de los Aviones, también denominada Cabezo de la Isla, Isla de Paco o Isla de Adentro, se sitúa en la Bahía de Mazarrón frente a la línea de costa comprendida entre el Cabezo del Faro y la desembocadura de la Rambla de las Moreras. Con una forma ovalada y un semieje mayor de 400 m de longitud de orientación NE-SO, tiene una superficie aproximada de 81055 m² y un perímetro de 1662 m. La pendiente media del 42 % siendo la cota máxima 51 msnm.

Esta isla es uno de los relieves que conforman la costa, como el tómbolo de El Castellar o la Punta de los Gavilanes. Se sitúa a unos 190 m de distancia frente a la playa de arena que toma el mismo nombre y a menos de 300 m del espigón del Puerto Deportivo de Mazarrón. (Figura 1)

Según el Derrotero de las Costas del Mediterráneo la Isla de Adentro está separada de la costa al NE por un canal navegable de 100 m de ancho y 4 m de profundidad. Entre la isla y la playa se encuentra (Figura 2):

- Escollo de Cabecico de los Aviones, que es un islote a 135 m al N de la isla de Adentro y separada de ella por una profundidad máxima del mar de 2.5 m. Actualmente se encuentra casi en contacto con la arena de la playa.
- Los Esculles, que son unos islotes rasos situados a 108 m al NO de la isla de Adentro.
- La Mona, una piedra a 17 m al O de la isla.
- Bajo de la Losa, con un fondo a 2.8 m de profundidad.

La isla ha sido objeto de ocupación humana desde la antigüedad, habiéndose reportado restos fenicios y romanos: restos de muros y ánforas al NO de la isla (Belmar González, 2016). Actualmente existe una serie de construcciones de finales del S.XIX, con un pequeño puerto, una vivienda y un aljibe con su red de canales y muretes asociado.

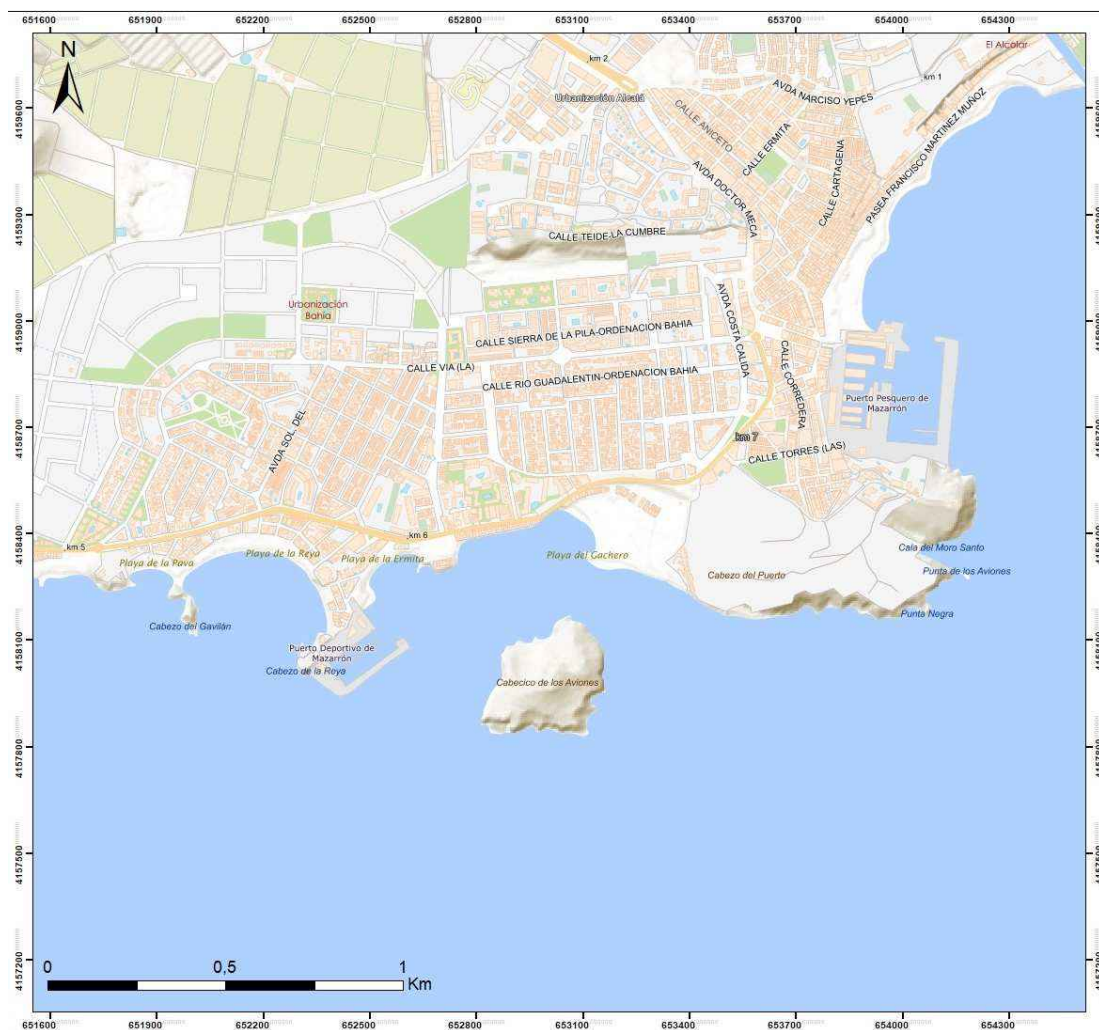


Figura 1. Ubicación de la Isla Cabezo de los aviones.



Figura 2. Ubicación de la Isla y los principales accidentes geográficos

4.2. TRABAJOS PREVIOS

La playa de la Isla y la misma Isla de Adentro, al situarse en una zona de gran actividad industrial y minera desde hace décadas, ha sido ampliamente documentada gráficamente. Parte de estos documentos que han podido ser recopilados se mostrarán a continuación ya que pueden ser útiles para conocer la evolución costera de la isla objeto de análisis.

En este apartado se realizará un análisis de la información documental y gráfica que se ha podido recopilar de la isla.

4.2.1. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN Y DATOS EXISTENTES

Entre los estudios realizados en la zona destacan:

- Dabrio y Polo (1981) estudian la dinámica costera de la bahía y los cambios en la línea de costa entre 1956 y 1981. Se destaca la importancia de la isla al salvaguardar la costa de los principales frentes de olas (Figura 3). De este estudio se puede inferir que las condiciones geomorfológicas de la isla están directamente relacionadas con la acción erosiva marina de forma que es elevada en el sur, este y oeste (predomina la acción erosiva) y mínima en la ribera norte (predomina la sedimentación a la erosión).
- IGME (2004). El Instituto Geológico y Minero de España publica la 3ª edición del Mapa Geológico de Mazarrón a escala 1:50000 de la Hoja nº 976 (Mazarrón). En la memoria se constata el origen antrópico de los sedimentos que rellenan el extremo oriental de la playa de la Isla. Se trata de residuos de la Fundición Santa Elisa que estuvo funcionando hasta comienzos del S.XX. Evidentemente también se detalla las características geológicas y tectónicas de los materiales que conforman la isla.
- Rodríguez Estrella y otros (2011) hacen un detallado estudio sedimentológico de las antiguas salinas del Puerto de Mazarrón. También se analiza la evolución geomorfológica de este tramo de costa.
- Ibarra (2016) estudia la evolución de la línea de costa de la playa de la Isla.
- Belmar González (2016) estudia la isla de Adentro desde un punto de vista etnográfico, detallando las construcciones que hay en ella.
- Martínez Muñoz (2017) analiza los problemas medioambientales y patrimoniales de la bahía de Mazarrón. Se dedica especial atención a la evolución de la playa de la Isla y los cambios morfogenéticos acaecidos en ella debido a la actividad de la antigua fundición minera (Fundición Santa Elisa, de 1886 a 1927), que produjo un gran depósito de desechos de fundición en la zona. Además, se comenta el cambio de dinámica litoral por la construcción del puerto deportivo que ha desembocado en un rápido cambio en las zonas de erosión y depósito de arenas que ha afectado a dicha playa.

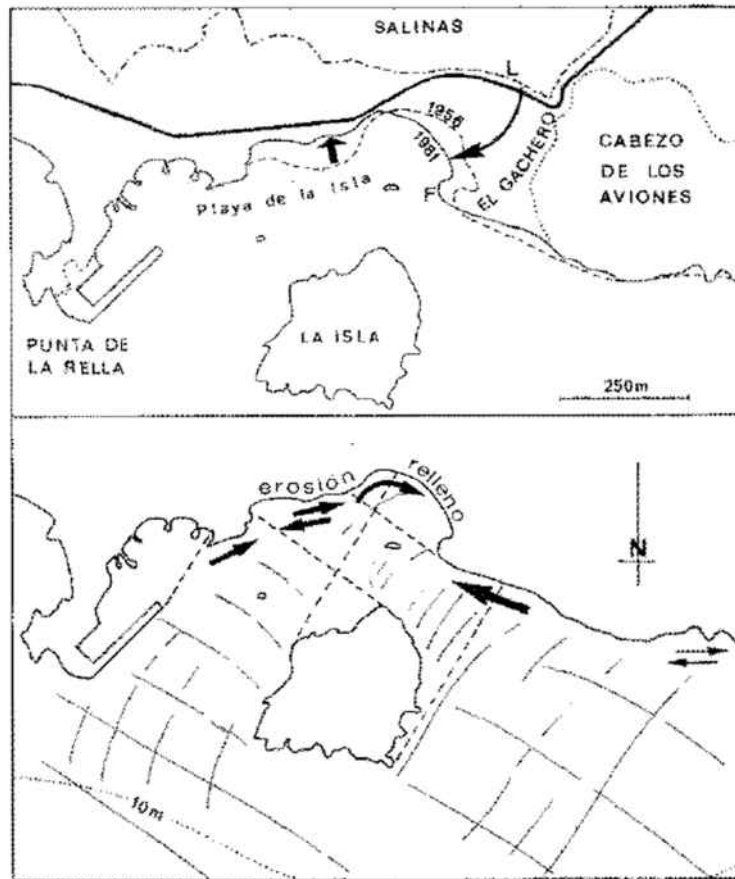


Figura 3. Evolución de la playa de la isla entre 1956 y 1981 según Dabrio y Polo (1981) mostrando la dinámica costera e influencia de la isla

En definitiva, a pesar de existir numerosos trabajos sobre la Playa de la Isla, son pocos los que inciden sobre la isla en sí.

4.2.2. FOTOGRAFÍAS GENERALES Y DETALLE

De la revisión de amplia documentación gráfica disponible (Figura 4) tendríamos, en primer lugar, el mapa topográfico de 1900 donde se aprecia la forma de la isla y las construcciones ya en esa fecha. Diversos testimonios fotográficos históricos y su comparación con fotos actuales parecen mostrar la imperturbabilidad de la costa de la isla, debido fundamentalmente a su naturaleza rocosa y a que los grandes temporales afectan sobre todo a su flanco sur (Figuras 4D, E y F).

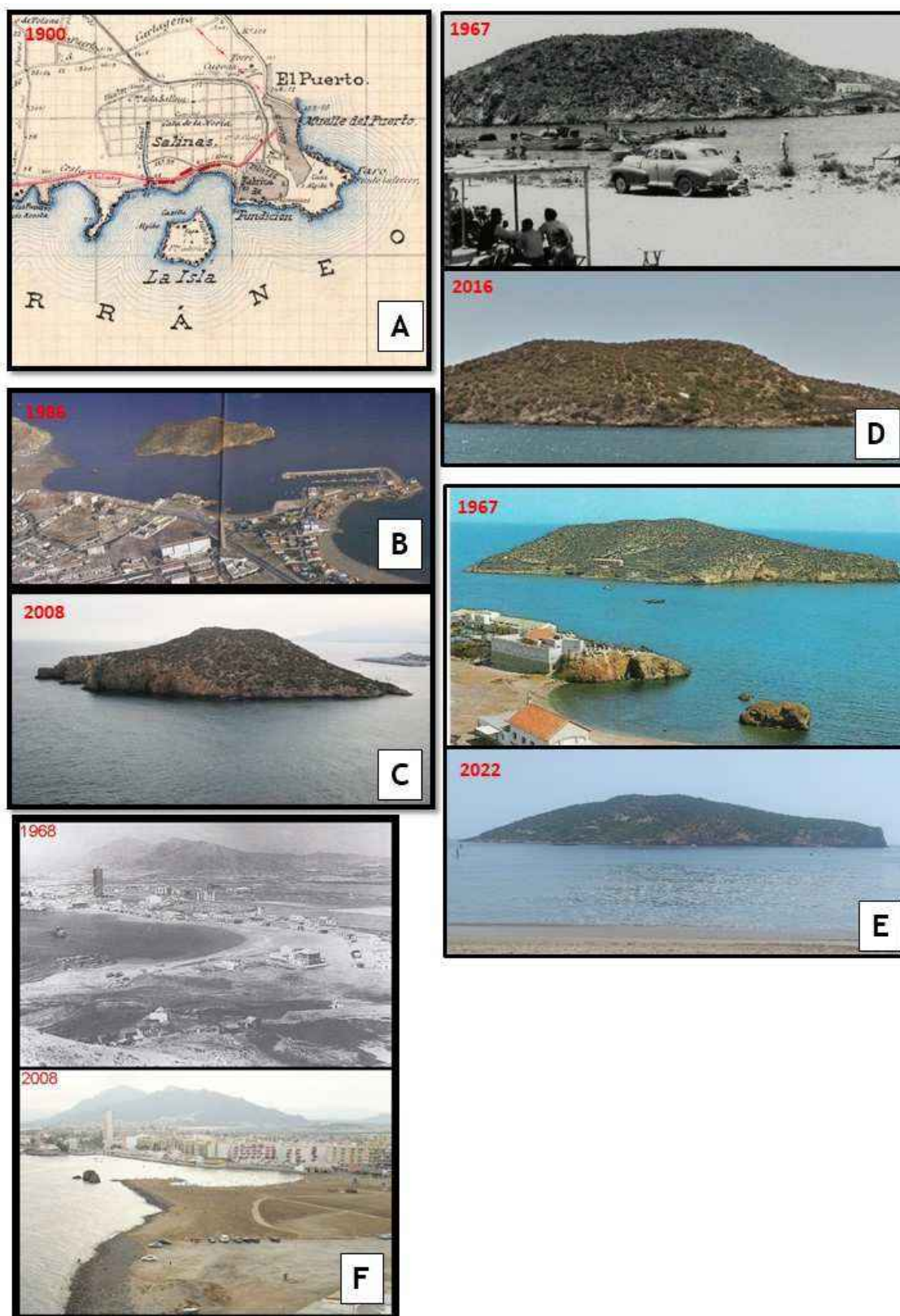


Figura 4. A. Mapa topográfico de Mazarrón de 1900. B. Foto aérea de la isla en 1986 (Foto J. Moreno). C. Foto de la isla desde el Cabecico de los Aviones en 2008 (Foto: J. Moreno). D. Comparativa de vista de la isla desde la playa de la Isla en 1965 y 2016 (Foto arriba: García Jorquera). E. Vista comparativa desde el puerto en 1967 y 2022. F. Vista comparada de la playa de la Isla desde el Cabecico de los Aviones 1968 y 2008 (Foto: J. Moreno).

4.3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS DE LA ISLA

En este capítulo se incluyen las principales características geológicas y climáticas de la isla, así como otros aspectos que puedan influir en su geomorfología.

4.3.1. GEOLOGÍA

Desde el punto de vista geológico la Isla del Cabecico de los Aviones se encuadra en el ámbito Bético. En éste se pueden distinguir, a escala regional, dos dominios diferentes, uno septentrional o externo y otro meridional o interno. El primero de ellos se subdivide en dos conjuntos tectónicos y paleogeográficos diferentes: el Prebético, situado en la zona más externa, autóctono o paraautóctono, de facies someras; y el Subbético, cabalgante sobre el anterior, alóctono y de facies algo más profundas.

En el dominio interno o Intrabético, se diferencian tres complejos estructurales superpuestos más o menos metamorfizados, de edad paleozoica, el más interno es el Nevado-Filábride, constituido por micaesquistos, mármoles, gneises y cuarcitas. Tectónicamente sobre el anterior se dispone el Alpujárride, formado por un miembro inferior de naturaleza metapelítica y otro superior carbonatado. El complejo más elevado es el Maláguide, formado por gravas, pelitas, carbonatos y cuarcitas.

Según el Mapa geológico nº 976 Mazarrón, escala 1:50 000 del IGME, editado en 2004, los materiales identificados en la isla son carbonatos de edad Triásico Medio o Superior de la Unidad del Cabo Tiñoso perteneciente al Complejo Alpujárride.

Se trata de calizas, calizas margosas y calcoesquistos, con abundante sílex, y gran desarrollo de niveles dolomíticos en su tramo superior constituidos por brechas con matriz rojiza (Figura 5, A y 4).

Son los mismos materiales que han sido descritos en otros afloramientos a lo largo de la costa mazarronense, como en la Punta de Cueva de Lobos, el Cabezo del Castellar, Cabezo de la Reya o en Punta Negra. El afloramiento más destacado de estos materiales puede apreciarse al norte de Bolnuevo donde estas calizas conforman un relieve notable sobre el que se asienta parte de la Urbanización Playasol.

En la parte norte de la isla se han desarrollado pequeños depósitos detríticos. Por un lado hay tramos de conglomerados rojizos con cantos de esquistos y calizas en su seno (Figura 5, D). Finalmente se distinguen sedimentos de playa sueltos (arenas y gravas), de edad holoceno, que cubren los materiales carbonatados del sustrato rocoso.

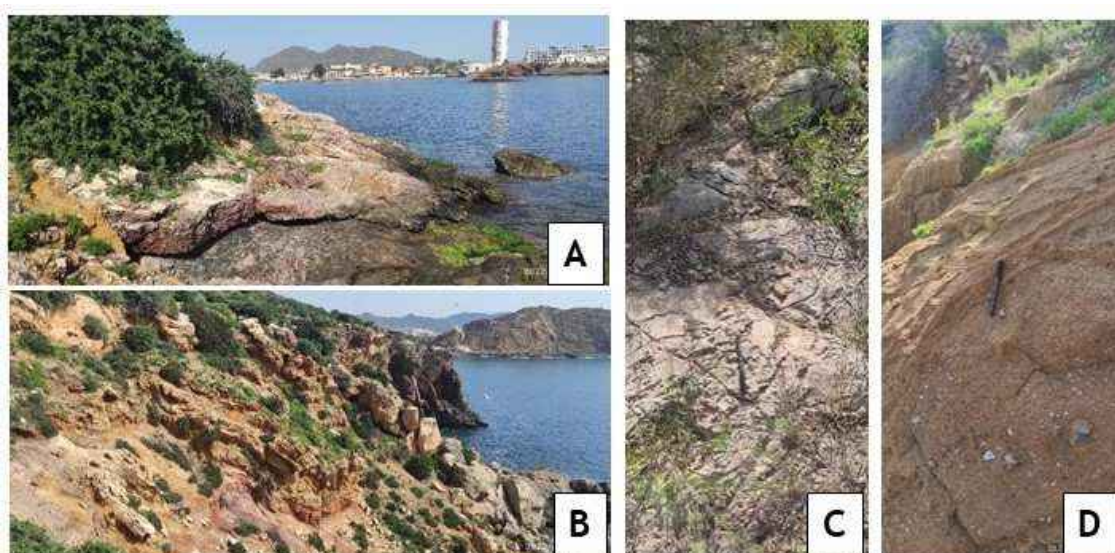


Figura 5. A. Afloramiento de calizas al norte de la isla con buzamiento hacia el norte. B. Calcoesquistos rojizos al sur de la isla con importantes deformaciones tectónicas. C. Detalle de kartificación en carbonatos. D. Detalle de afloramiento de conglomerados rojizos junto a la playa al norte de la isla.

En la isla los carbonatos presentan una estratificación de bajo ángulo ($<15^\circ$) buzante hacia el sur, con niveles de calcoesquistos fuertemente replegados (Figura 4B). Hay varios juegos de fracturas siendo las más destacadas las de orientación N45E y N350W que son los que definen la orientación de tramos de costa (Figura 6).

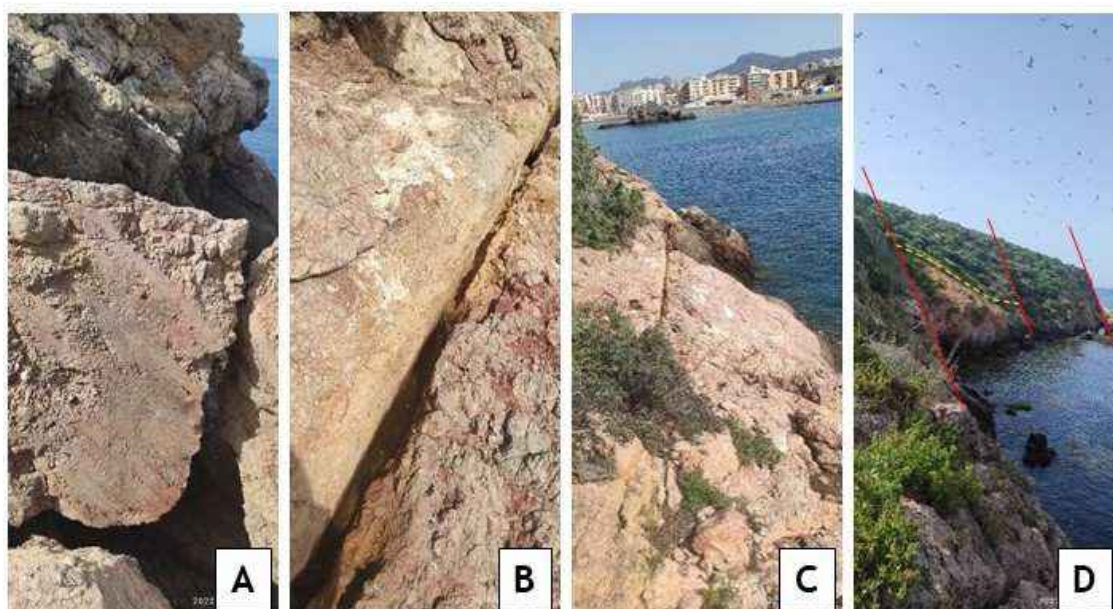


Figura 6. A. Plano de falla en carbonatos al oeste de la isla. B y C. Fractura abierta al este de la isla. D. Planos de falla que condicionan la morfología costera de la isla. Son fallas de salto en dirección que ponen en contacto sedimentos conglomeráticos modernos con los carbonatos triásicos.

4.3.2. CLIMATOLOGÍA Y VIENTOS

La costa de Mazarrón, expuesta a los vientos y temporales del sureste y sur, (Dabrio y Polo, 1981) jaloques (sureste) y lebeches (sur y suroeste), se encuentra sin embargo protegida del viento de levante debido al amparo de la sierra de La Muela y de cabo Tiñoso, de ahí que la configuración de la costa varía en función de estos factores ya que mientras las partes expuestas de la playa se erosionan y retroceden, las zonas resguardadas se aterran.

Es una zona de pluviometría subdesértica, con un promedio de precipitaciones anual por debajo de 200 mm (Figura 7).

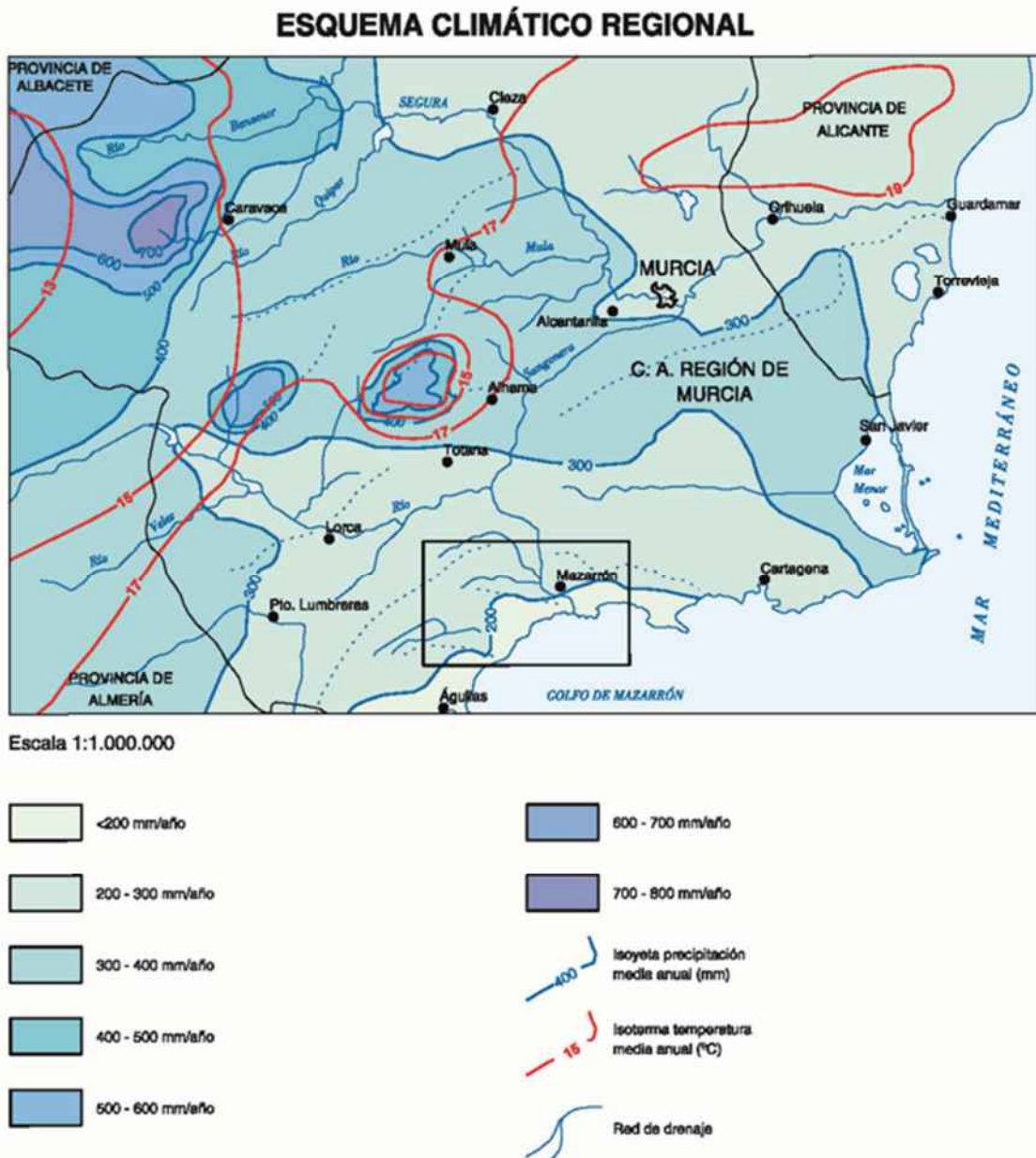


Figura 7. Esquema climático regional y de la zona de estudio. De IGME (2004).

4.3.3. DINÁMICA LITORAL

Según el Mapa de Procesos Activos de IGME (2004) (Figura 8), el entorno de la isla está afectada por dos tipos de procesos fundamentalmente:

- Deriva litoral: se trata de un proceso erosivo, catalogado como de moderada atención, que involucra todo el tramo de playa situado entre la Punta Cueva de Lobos y Punta Negra. Es una zona en la que hay una gran disponibilidad de sedimentos procedentes de la desembocadura de la Rambla de la Moreras, y que son removibles por acción de las corrientes marinas.
- Procesos de acreción de línea de costa: es un proceso de sedimentación notable en la zona que ha producido un avance en la Playa de la Isla. En gran parte se trata de la acumulación de material de relleno de los estériles de mina vertidos en la bahía. La posterior construcción del puerto deportivo ha modificado la dirección de las corrientes marinas en los últimos años.

No obstante, la configuración de este tramo de costa está marcada por la dinámica de las avenidas que descargan sedimentos por el cauce de la Rambla de las Morenas y el retrabajo ulterior que las olas ejercen sobre sus depósitos, distribuyéndose a sotavento de las islas. Así, se han originado tómbolos, con distinto grado de evolución, en los distintos afloramientos calcáreos de la costa. La isla estudiada aún está exenta de unirse al continente, pero también podría convertirse en tómbolo ya que zonas cercanas a ellas como en “La Mona” tienen ya un tómbolo submarino (Rosselló y Sanjaume, 1975), con hondura máxima de 2.5 m.

En la isla y habida cuenta de su naturaleza rocosa, los procesos activos que en su litoral han sido identificados están en relación a vuelcos, descalces o caídas de bloques (Figura 9).

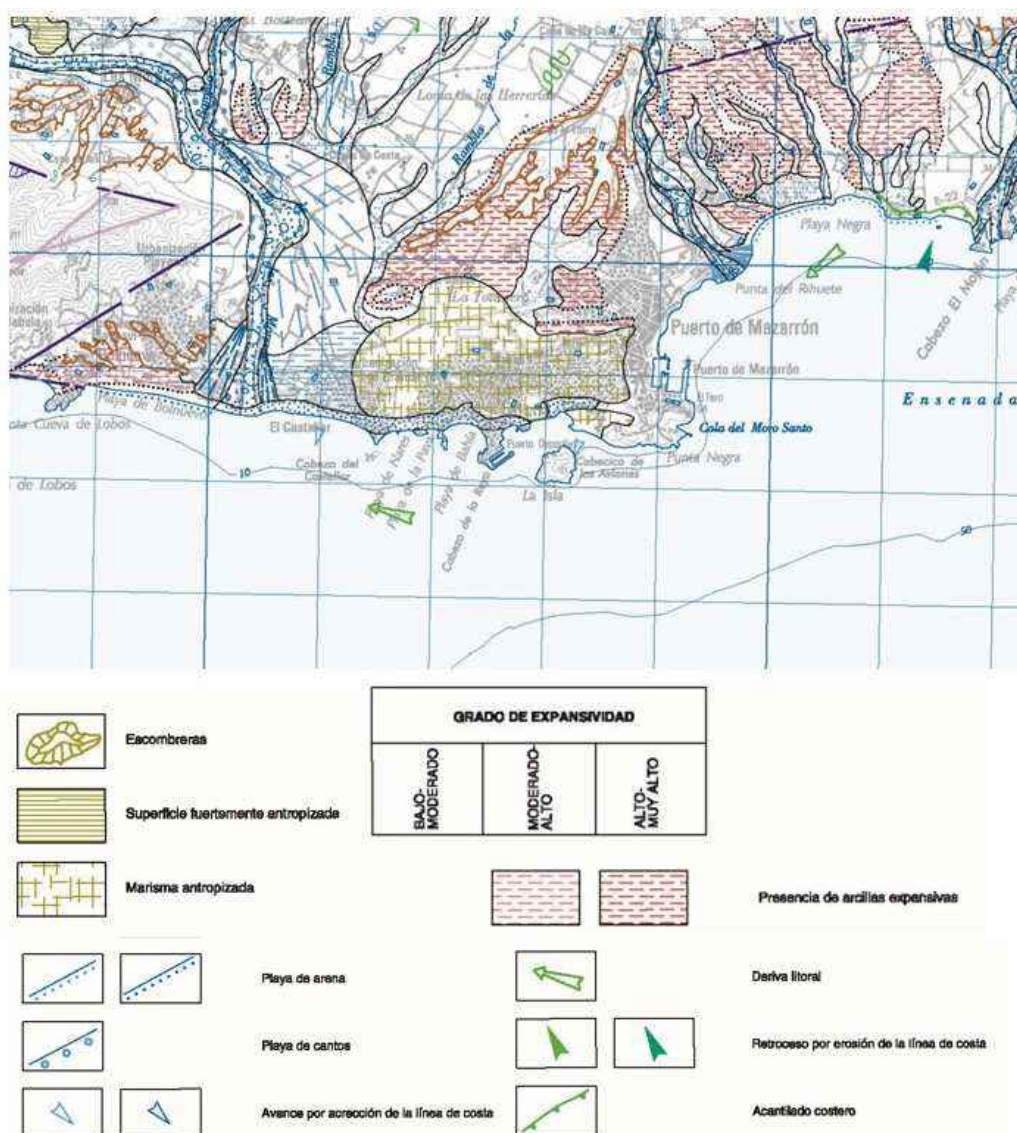


Figura 8. Mapa de procesos activos en la zona de estudio. IGME (2004)

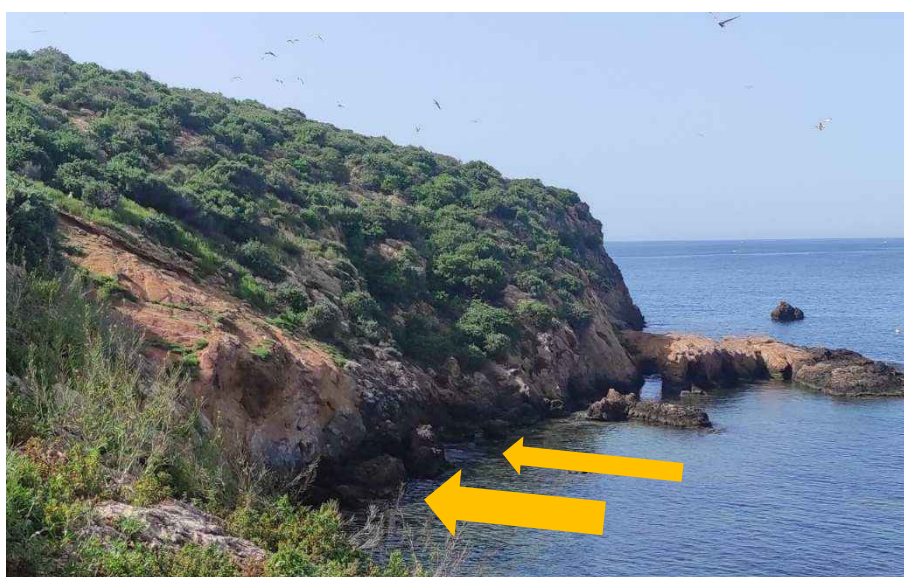


Figura 9. Vista de la costa oeste de la isla donde son frecuentes los fenómenos de caídas de bloques.

5. TRABAJOS REALIZADOS

5.1. ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

Se ha realizado una comparativa del trazado de la línea de costa a lo largo del tiempo. Para ello se han utilizado las siguientes ortoimágenes disponibles en la web del Instituto Cartográfico Nacional. Los mapas, incluidos en el apartado de anexos, han sido:

- Mapa de línea de costa en 2019, a partir de la imagen del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). El tamaño de pixel es de 0.34 m y la escala de vuelo aproximada es 1:25000.
- Mapa de línea de costa en 2011, a partir de la imagen PNOA con tamaño de pixel de 0.25 m y escala aproximada 1:15000.
- Mapas de línea de costa de 1999 y 2002, desde vuelo fotogramétrico de ámbito nacional realizado por encargo del Instituto Geográfico Nacional, en vuelo de 1998 a 2003, y con fotogramas en color a escala aproximada 1:40.000.
- Mapa de línea de costa de 1997 a partir vuelo fotogramétrico Olistat BN 1:40.000 de 1997-98 para el registro oleícola.
- Mapa de línea de costa de 1989/1990 del vuelo de la Dirección General de Costas. Fotogramas en color a escala de vuelo aproximada 1:5000.
- Mapa de línea de costa en 1985 de vuelo realizado por encargo del Instituto Geográfico y Catastral (actual Instituto Geográfico Nacional). Fechas de vuelo de 1980 a 1986. Los fotogramas son en blanco y negro y la escala de vuelo aproximada 1:30000.
- Mapa de línea de costa de 1977 desde el vuelo realizado por encargo de los Ministerios de Agricultura, Defensa, Hacienda y del Instituto Geográfico y Catastral (actual Instituto Geográfico Nacional). Los fotogramas son en blanco y negro con una escala de vuelo aproximada 1:18000.
- Mapa de línea de costa de 1956 a partir de las fotos del vuelo americano a escala 1:33000.

Los cambios en la morfología y dinámica costera han sido analizados mediante la comparación de las citadas fotografías aéreas y con la aplicación del software DASD (Digital Shoreline Analysis System) desarrollado para el programa ArcGis por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, https://www.usgs.gov/centers/whcms/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)

Esta aplicación proporciona las tasas de erosión o acreción costera a partir de la posición de las líneas de costa de diversos años, con respecto a una línea base, en una serie de transectos de análisis. En este caso se han empleado las ortofotos ya comentadas correspondientes a los años 1956, 1977, 1985, 1990, 1997, 1999, 2002, 2011 y 2019 y se ha considerado la línea de costa de 2019 desplazada 100 m mar adentro como principal la línea base (véase figura en apartado Anexos). Se han analizado 73 transectos perpendiculares a la línea de costa separados cada 25 m.

En el mapa de análisis de evolución de línea de costa se muestra la envolvente del cambio de costa (SCE Shoreline Change Envelope) que refleja la distancia entre la línea

de costa más lejana a la más cercana a la línea base en cada transecto. Por tanto, aquellos representados en color rojo mostrarían las zonas de menos cambio en los últimos 65 años y las de color azul lo contrario.

También se muestra en la Figura 10 el histograma del movimiento neto de la línea de costa (NSM Net Shoreline Movement) que representa la distancia total entre las líneas de costa más antigua y la más moderna. Claramente se aprecia para cada transecto donde ha habido acreción (valores positivos) y donde erosión (valores negativos).

Como cabía de esperar, se trata de una costa rocosa que apenas ha sufrido cambios en su forma en los años analizados. Las variaciones observadas tienen que ver con la resolución de las imágenes, que dificultan un trazado preciso del límite costero, con la orientación e inclinación de la toma o con la fecha de realización de la misma (tras tormenta o en época de calma). La forma del histograma de la Figura 10 confirmaría esa irregularidad en los bordes costeros adyacentes. Entre los transectos 23 y 31 se aprecia claramente un predominio de la acreción costera en un tramo de elevada pendiente que indicaría una zona con desprendimientos y caída de bloques.

La relación entre la variación de la línea de costa (LRR o linear regression rate) oscila entre un mínimo de -0.21 mm/año y un máximo de 0.17 mm/año.

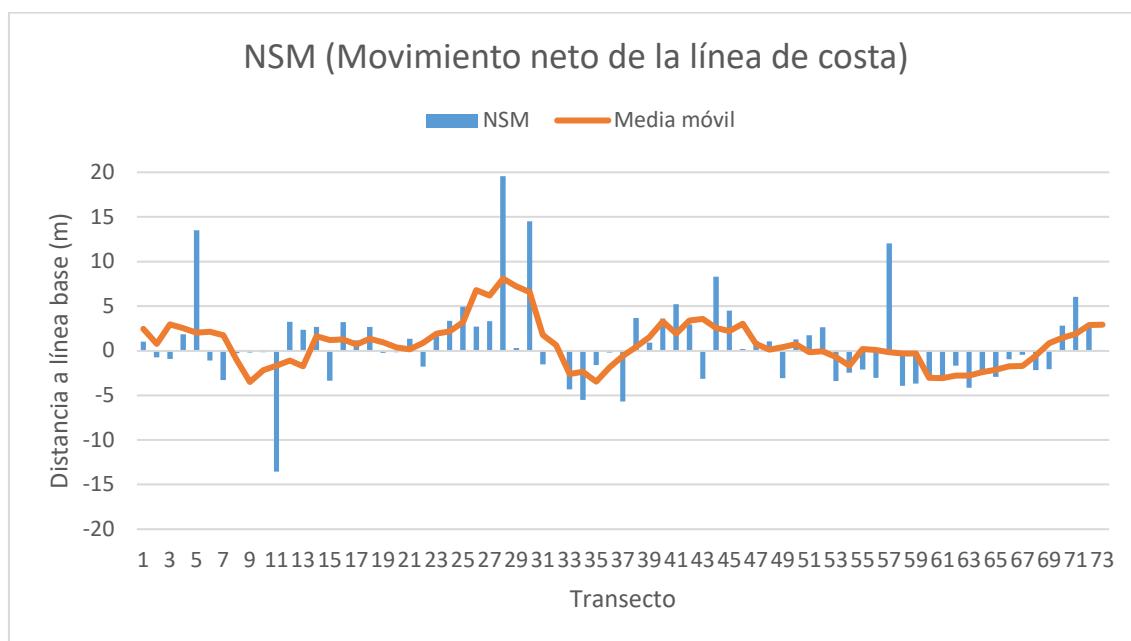


Figura 10. Histograma de Movimiento Neto de la Línea de Costa (Net Shoreline Movement) en metros para cada transecto. Valores positivos indican un crecimiento en línea de costa y negativos la erosión de la misma. Se muestra una línea de media móvil de 5 transectos.

5.2. DEFINICIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Del estudio de las condiciones geológicas, la cartografía, fotografías aéreas, botánica, etc., ha permitido diferenciar una serie de unidades geomorfológicas que sirven para poder discriminar aquellas porciones de isla susceptibles de ser incluidas, o no, en el DPMT. Entre ellas destacan:

Unidad geomorfológica Playa:

Según Ley de Costas (art. 3.1.b) y Reglamento de Costas (art. 3.1.b, 4.c y 4. d) las acumulaciones y depósitos de materiales suelos debidos a la acción del mar, viento u otras causas naturales o artificiales deben ser consideradas pertenecientes al DPMT.

En la Isla esta unidad se circunscribe a la parte norte de la misma, junto a la zona donde se encuentran los restos de edificaciones existentes en la isla. Son dos tramos de playa de unos 30 m de longitud y menos de 6 m de anchura se parados por un promontorio rocoso (Figura 11). Tienen forma de semicircular y se han formado al abrigo de los vientos y corrientes predominantes en la zona que son amortiguados por la propia isla.



Figura 11. Vista de las dos zonas de playa en la isla.

Unidad geomorfológica Acantilados:

A efectos de ser incluidos en el DPMT se consideran acantilados a los que sean sensiblemente verticales de forma que, según los artículos 4.4 y 5.4 de la Ley de Costas y 6.3 del reglamento, su paramento como promedio pueda ser asimilado a un plano que forme con la horizontal un ángulo igual o superior a 60°.

No obstante, al margen de la pendiente, se consideran zonas acantiladas aquellas con una naturaleza rocosa que, dependiendo de la climatología o características erosivas de la zona, llegan a soportar o ayudan a proteger al resto de elementos estructurales del litoral.

En la Figura 12 se muestran dos ejemplos representativos de los tipos de acantilados presentes en la isla.



Figura 12. Vista de acantilados con $>60^\circ$ pendiente (izq.) y $<60^\circ$ pendiente (dcha.).

Adicionalmente se ha realizado una campaña de campo con toma de cotas y coordenadas en la isla para ubicar los puntos a considerar como deslinde. Se ha utilizado GPS de marca STONEX modelo S850A con precisión milimétrica.

De manera complementaria se ha realizado un amplio reportaje fotográfico que queda incluido dentro del capítulo de Anejos. Se ha documentado la tipología y morfología de los distintos acantilados, comprobando mediante registro gráfico la adecuada relación entre los perfiles topográficos levantados y la realidad del terreno.

5.4. ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO

5.2.1 Calicatas

Para la realización del estudio sedimentológico se realizaron cuatro catas manuales de entre 0,20 Y 0,20 m de profundidad en las dos playas situadas en la zona norte de la isla.

CATA	X_UTM_ERST89	Y_UTM_ERST89	COTA (msnm)
C-1	653011,195	4158111,769	0,623
C-2	652951,153	4158096,184	0,428

En cada calicata se levantó el perfil excavado, y se tomó una muestra representativa de la calicata C-1.

El perfil litológico descubierto en cada calicata viene recogido en la correspondiente sección estratigráfica que se incluye en el capítulo de anejos.

Los materiales descubiertos fueron:

Calicata C-1

- Gravas y arenas algo limosas, con restos de posidonia, hasta 0,20 m.
- Roca arenisca a 0,20 m (Rechazo)

Calicata C-2

- Gravas y cantos algo arenosos, hasta 0,25 m.
- Roca arenisca a 0,25 m (Rechazo)

No se detectó la presencia de agua freática en ninguna de las calicatas.

Sobre la muestra obtenida en la calicata se realizaron ensayos de laboratorio, en concreto, se realizó un análisis granulométrico por tamizado, la determinación de contenido en carbonatos y la inspección de la muestra mediante lupa binocular.

5.2.2 Análisis granulométrico

Se llevó a cabo el análisis granulométrico por tamizado de las muestras, con la finalidad de determinar los distintos porcentajes de gravas (>2 mm), arenas (<2 mm >0,08 mm) y finos (<0,08 mm, arcillas y limos) que componen el suelo objeto de estudio. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CATA	COTA (m)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	Finos (%)
C-1	0,00-0,20	61	39	0

5.2.3 Estudio microscópico

Del análisis granulométrico se reservaron las fracciones de grava y arena, para su estudio, a simple vista las gravas y mediante lupa binocular las arenas. Se determinó su mineralogía, morfoscopía y contenido en fauna y flora. Se procedió a la realización de fotografías representativas de ambas fracciones.

Calicata C-1. Muestra 0,00-0,20 m

GRAVAS: Fragmentos de rocas volcánicas, esquistos y calizas, pulidas y redondeadas. Subesféricos los clastos de caliza y roca volcánica, discoidales los clastos de rocas metamórficas. Algún fragmento de cuarzo subanguloso. Algún resto de concha marina aislado.

ARENAS: Fundamentalmente cuarzo anguloso, algún granate esférico subangulosos, fragmentos de roca (esquistos, metapelitas, calizas y roca volcánica).

La muestra presenta una selección muy pobre, con curva granulométrica platicúrtica bimodal, indicando una baja madurez textural del sedimento, característico de medios con importantes variaciones de energía.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el presente documento quedan plasmados los trabajos realizados para la delimitación del DPMT del tramo C-DL-78-MU Isla de Adentro (Mazarrón, Murcia). Para ello se ha analizado la evolución temporal de la línea de costa, se ha realizado un análisis granulométrico de sedimentos tomados de dos calicatas, se ha realizado una campaña topográfica y analizado la documentación previa existente.

Se trata de una isla rocosa de naturaleza fundamentalmente calcárea con escarpes de elevada pendiente.

En las calicatas efectuadas en la zona de playa se han detectado gravas y arenas atribuibles a sedimentos marinos sobre un sustrato rocoso a poca profundidad.

Además, se ha realizado un estudio comparativo de la dinámica costera y evolución de la línea de costa a partir de 9 ortoimágenes, desde 1956 hasta 2019. En él se constata que la poca evolución en su perfil, por lo que se deduce que la dinámica costera en esta zona no ha sido alterada en los últimos decenios.

Murcia, 31 de mayo de 2022

 Antonio Alcántara Peyres Geólogo col. 7527	 Andrés Mira Carrión Dr. Geólogo col. 3420
--	--

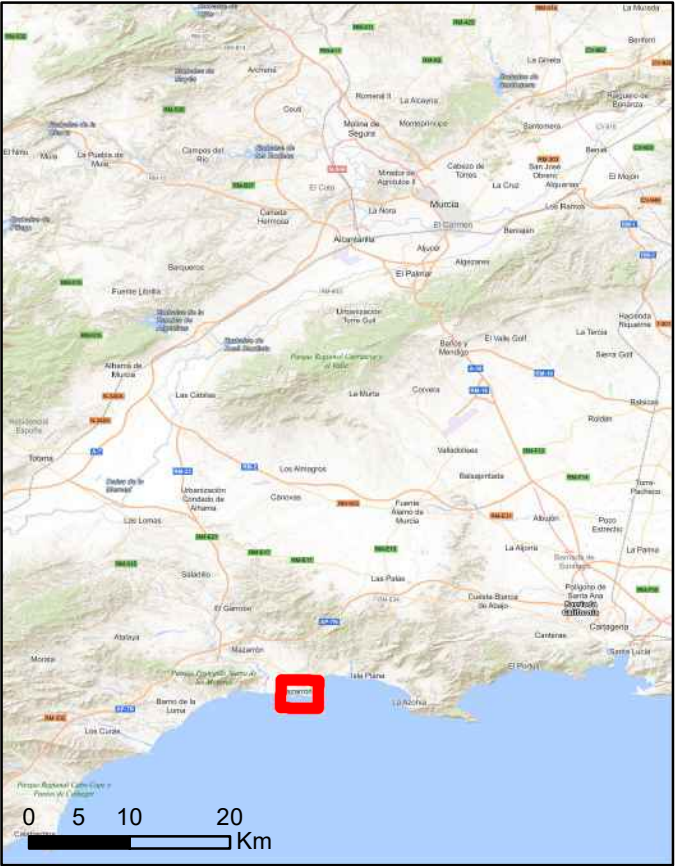
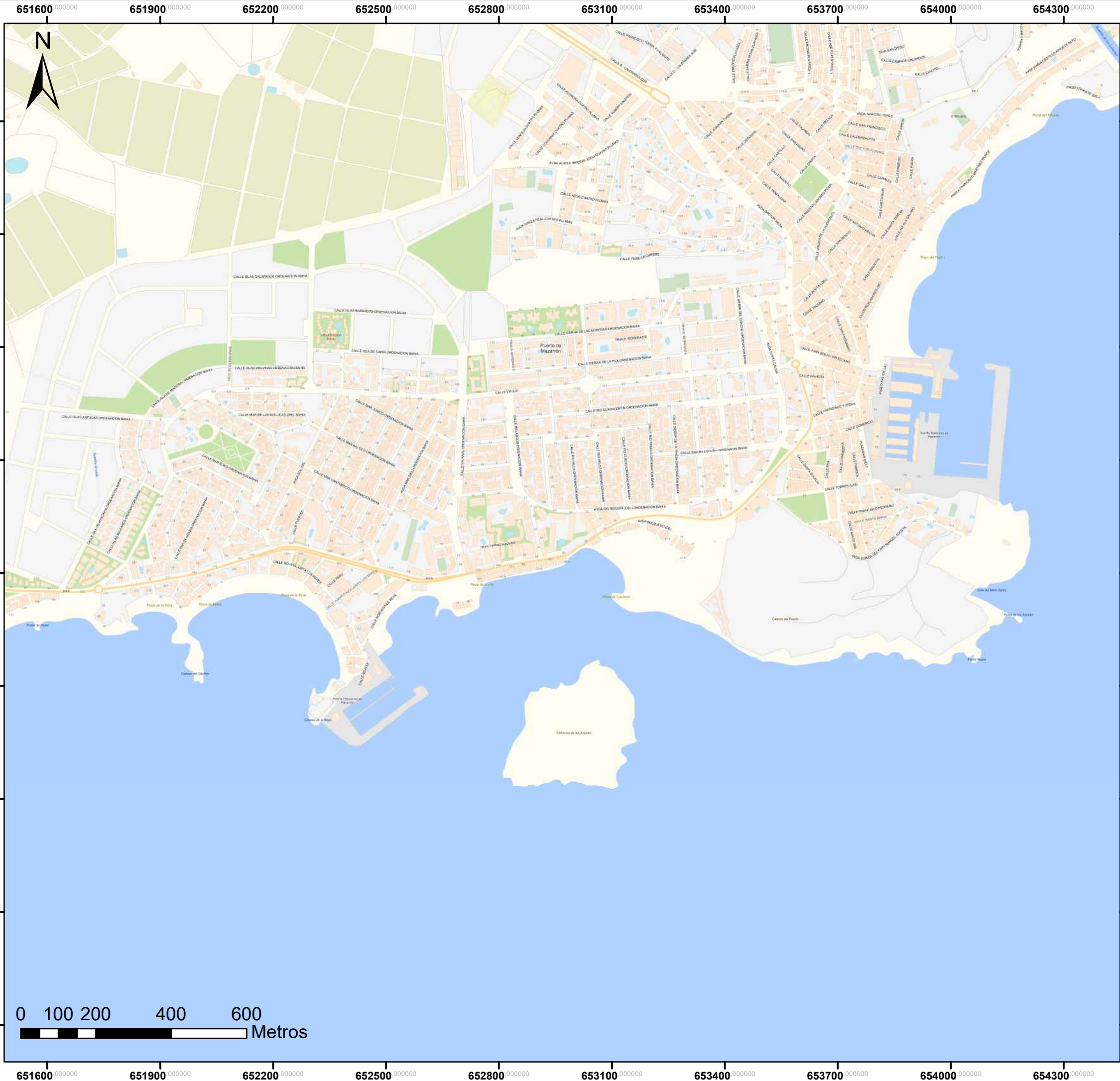
7. BIBLIOGRAFÍA

- Belmar González, J.F. (2016). El Cabezo de la Isla del Puerto de Mazarrón. Un ejemplo del aprovechamiento de recursos hídricos en espacios litorales. En: Los puertos mediterráneos: contactos, multiculturalidad e intercambios: estrategias socioeconómicas, políticas y ecológicas: PHICARIA: IV Encuentros Internacionales del Mediterráneo / coord. por José María López Ballesta; Sebastián F. Ramallo Asensio (dir. congr.), María Milagrosa Ros Sala (dir. congr.), Piero A. Gianfrotta (dir. congr.), José Antonio García Charton (dir. congr.), 2016, ISBN 978-84-608-6272-7, págs. 181-191
- Dabrio, C., Polo, M. (1981). Dinámica litoral y evolución costera del puerto de Mazarrón (Murcia). Bol. R. Soc. Española Hist. Nat., 79, págs. 225-234
- Ibarra, A.D. (2016). Análisis y evolución de las playas de la Región de Murcia (1956-2013). Tesis Doctoral. Univ. Murcia. 351 p
- IGME (2004). Mapa geológico de España a escala 1:50000, Edición Digital, Hoja nº 976 (Mazarrón)
- Martínez Muñoz, A. (2017): Problemas medioambientales versus patrimoniales en la bahía de Mazarrón (Murcia). En: Mazarrón II. Contexto, viabilidad y perspectivas del barco B-2 de la bahía de Mazarrón. Alcalde y otros (Eds.). UAM Ediciones, 587 p
- Rodriguez Estrella, T., Navarro, F., Ros, M., Carrión, J., Atenza, J. (2011). Holocene morphogenesis along a tectonically unstable coastline in the Western Mediterranean (SE Spain). Quaternary International 243, págs. 231-248
- Rosselló Verger, V M., San Jaume Saumell, E. (1975). El litoral del Puerto de Mazarrón (Murcia), Saitabi 25, págs. 155-176.

8. ANEXOS

- PLANO DE UBICACIÓN DE LA ISLA
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 2019
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 2011
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 2002
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 1999
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 1997
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 1990
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 1985
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 1977
- PLANO DE LÍNEA DE COSTA EN 1956
- PLANO ANÁLISIS EVOLUCIÓN DE LÍNEA DE COSTA LRR
- PLANO ANÁLISIS EVOLUCIÓN DE LÍNEA DE COSTA SCE
- MAPA GEOLÓGICO
- PLANO DE MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DEL TERRENO
- PLANO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
- PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS
- COLUMNAS LITOESTRATIGRÁFICAS DE LAS CALICATAS
- ACTAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
- REPORTAJE FOTOGRÁFICO
 - FOTOGRAFÍAS DE MUESTRAS Y MICROSCOPIO
 - FOTOGRAFÍAS DE CALICATAS
 - MAPA DE UBICACIÓN Y FOTOGRAFÍAS DE LA ISLA

PLANO DE UBICACIÓN



Leyenda

ESCALA: 1:10.000



PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPT 30-1495"

PLANO: DL-8-MU La Isla Cabecico de los Aviones

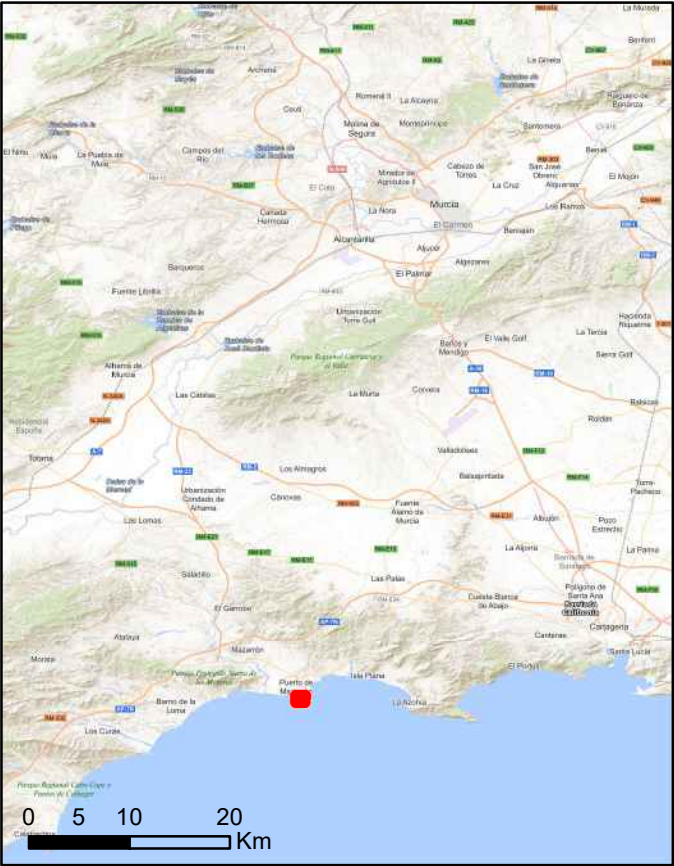
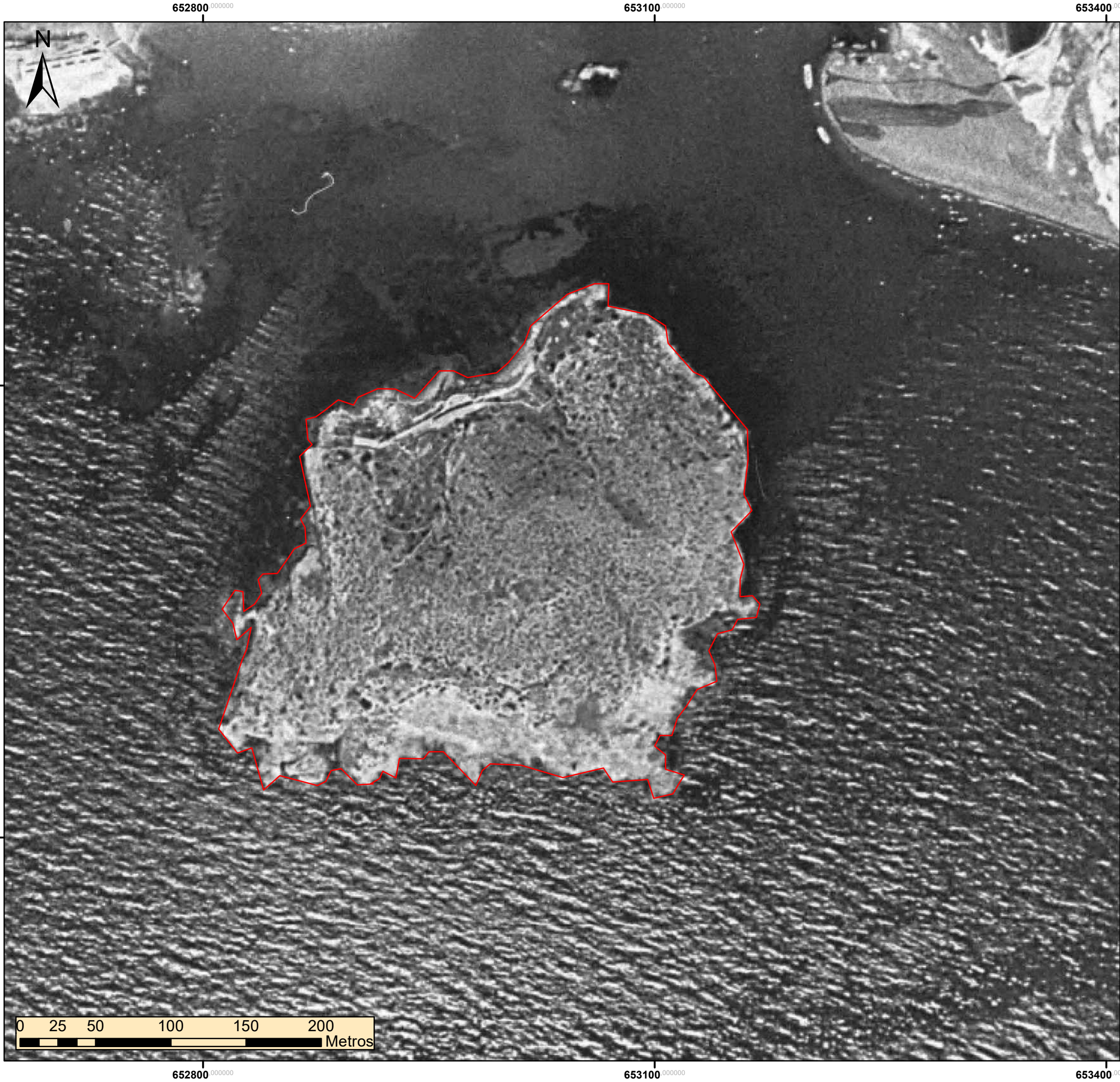
Mapa de ubicación



FECHA:

Abril 2022

PLANOS DE EVOLUCIÓN DE LÍNEA DE COSTA



Leyenda

— Línea 1956

ESCALA: 1:2.500



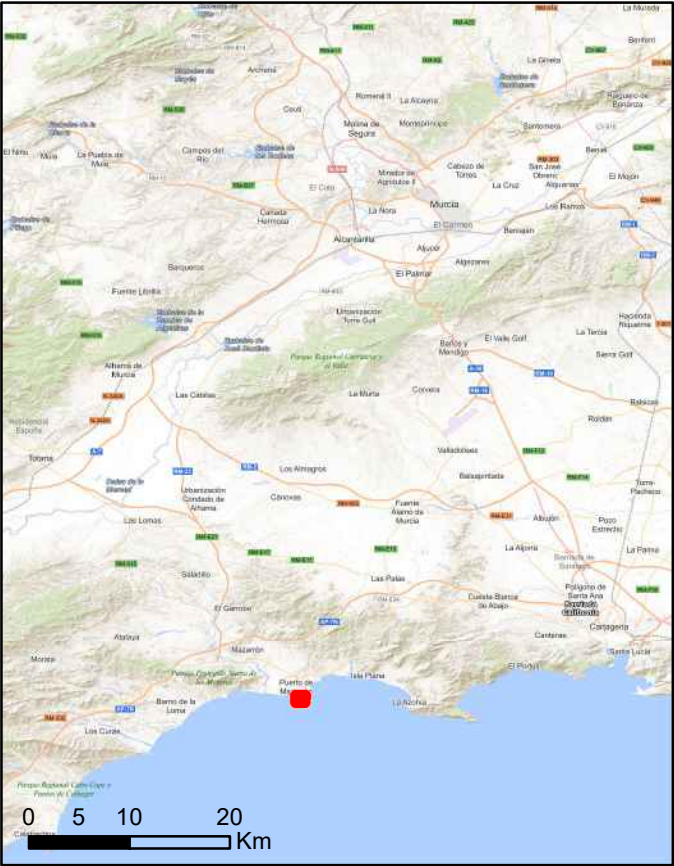
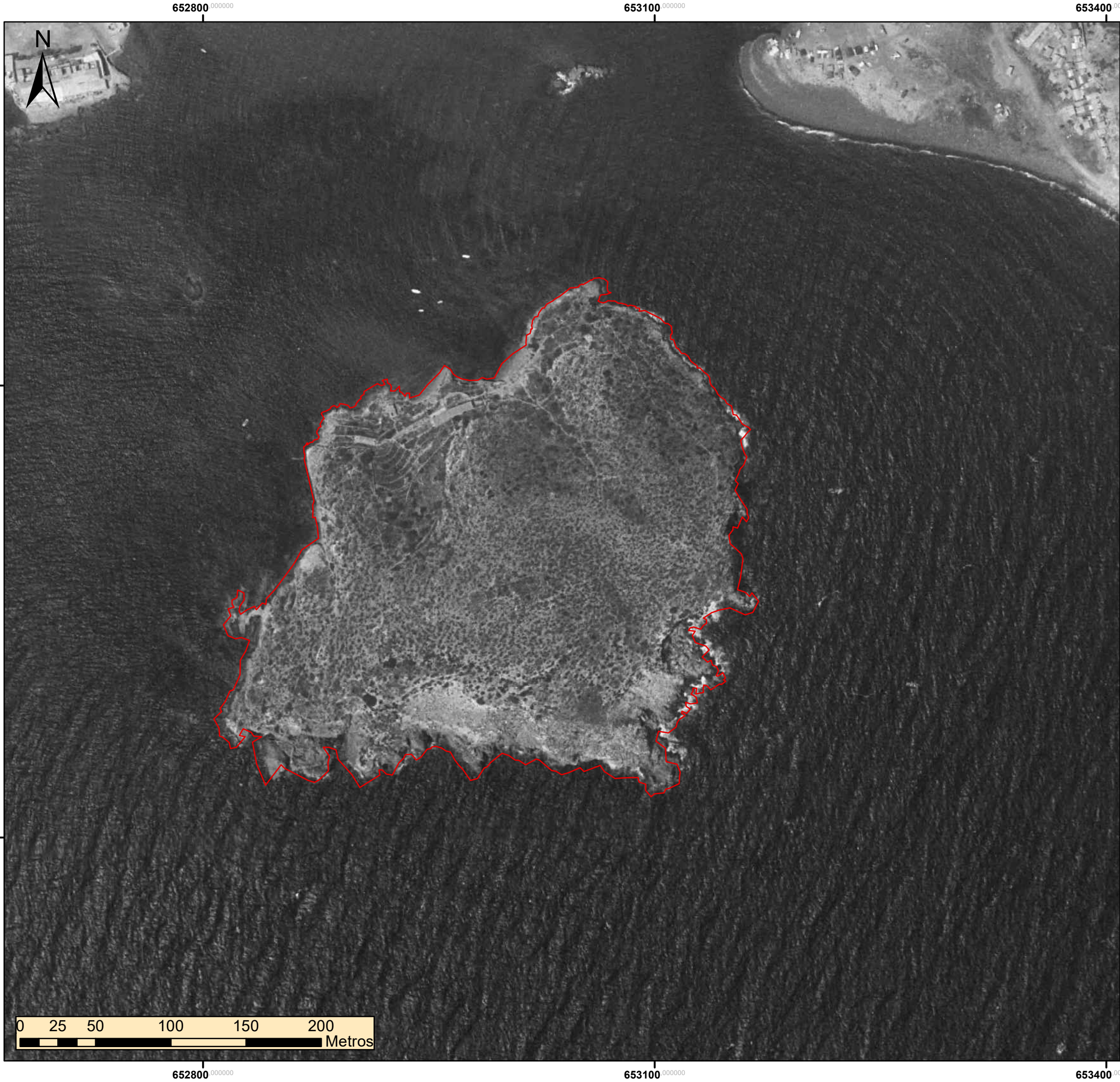
PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXpte 30-1495"

PLANO: DL-8-MU La Isla Cabecico de los Aviones
Línea de costa 1956



FECHA:
Mayo 2022



Legenda

— Línea 1977

ESCALA: 1:2.500



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXpte 30-1495"

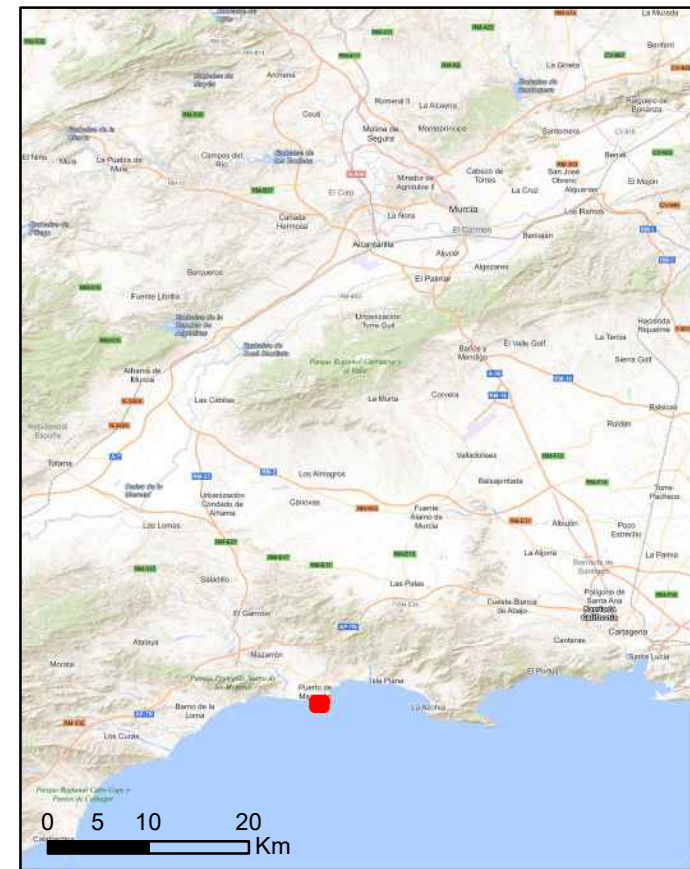
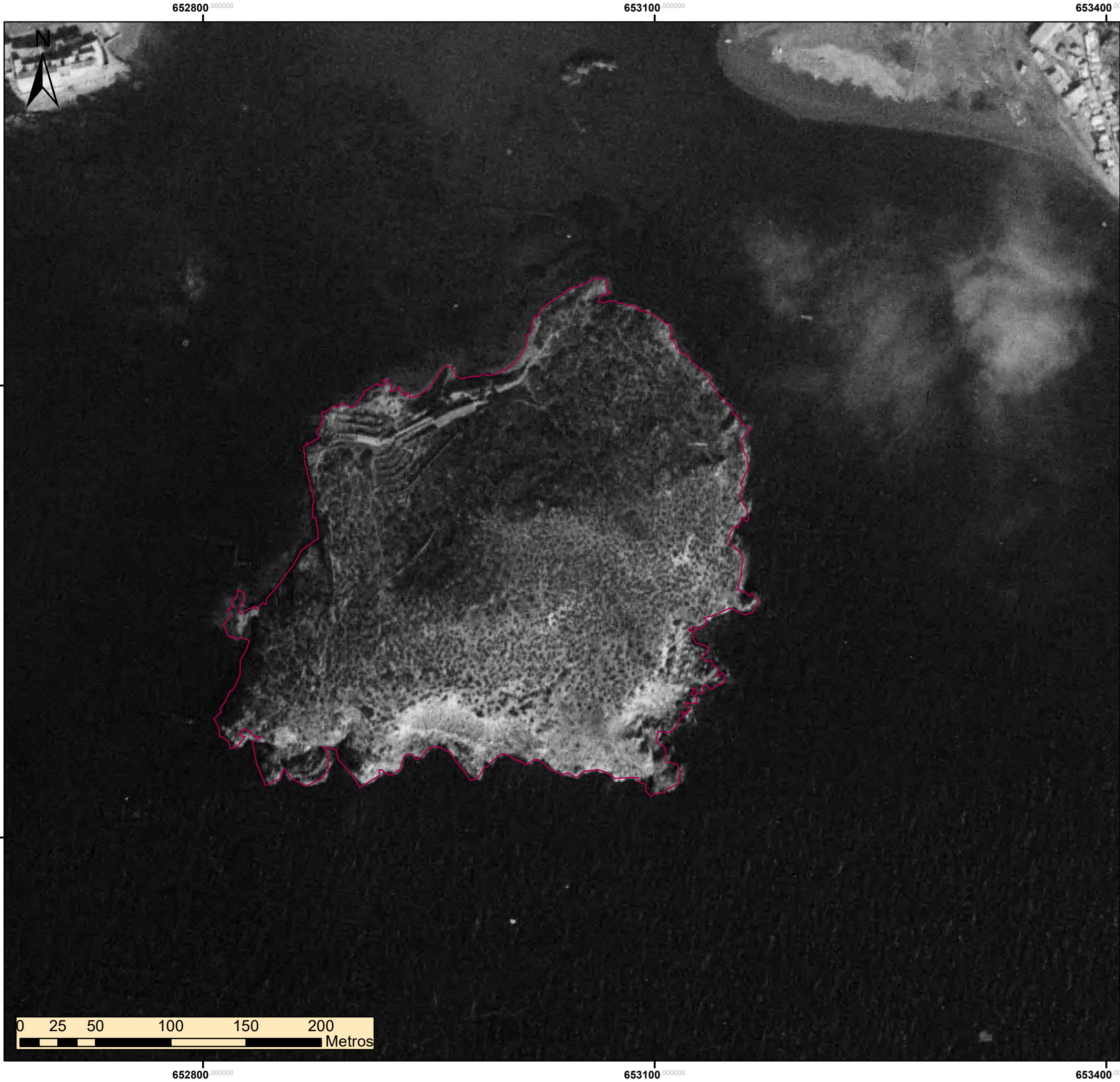
PLANO: DL-8-MU La Isla Cabecico de los Aviones

Línea de costa 1977



FECHA:

Mayo 2022



Leyenda

— Línea 1985

ESCALA: 1:2.500

 GOBIERNO DE ESPAÑA

 MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

 Tragsatec

PROYECTO:

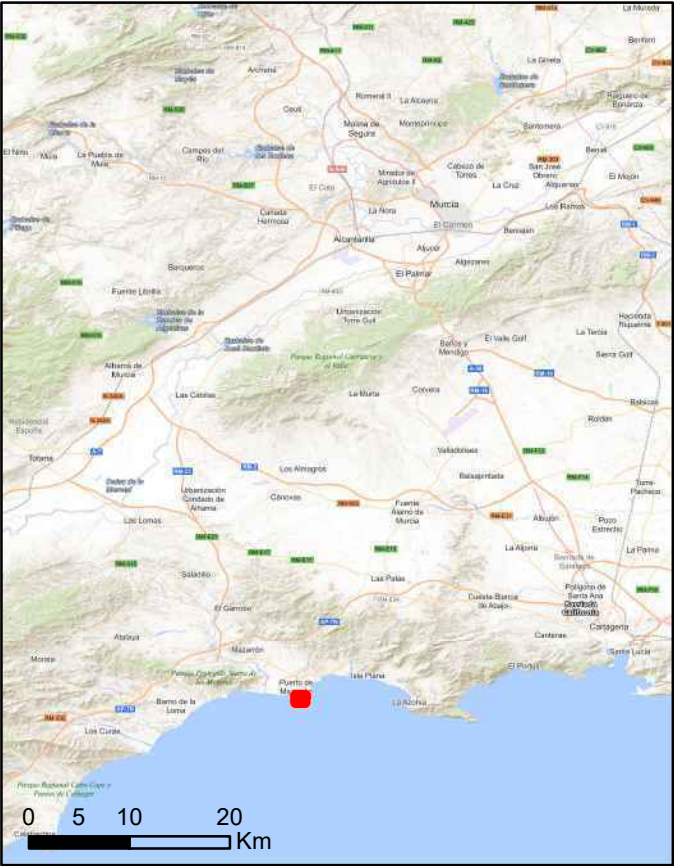
"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPTE 30-1495"

PLANO: DL-8-MU La Isla Cabecico de los Aviones

Línea de costa 1985

 **FECHA:**

Mayo 2022



Leyenda

— Línea 1990

ESCALA: 1:2.500



PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPTE 30-1495"

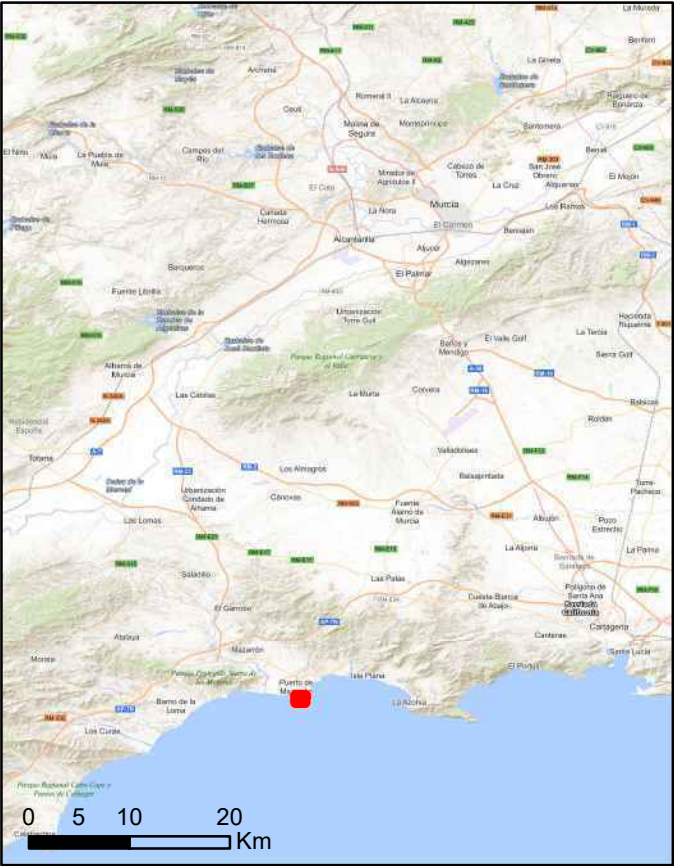
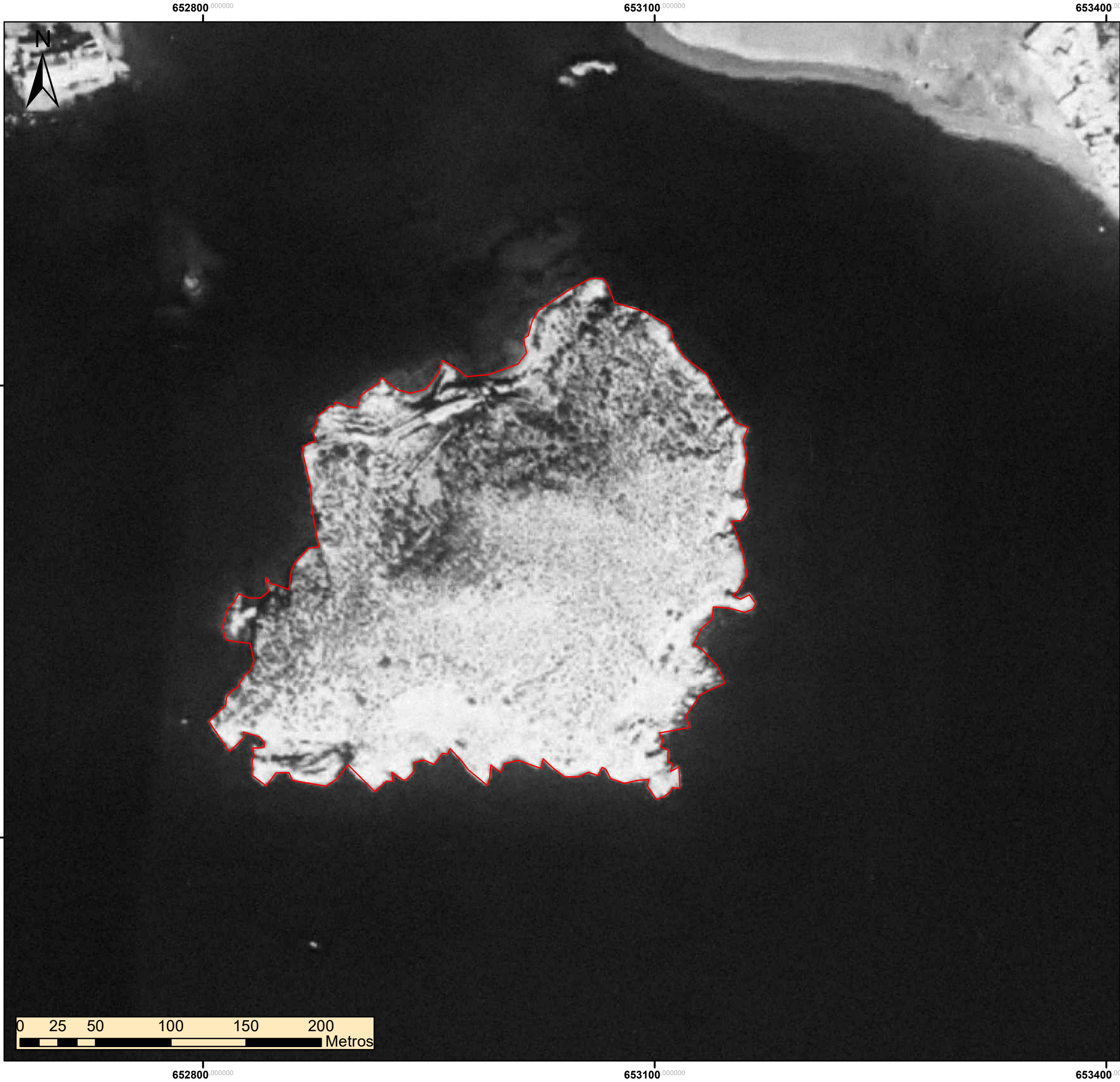
PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro

Línea de costa 1990



FECHA:

Mayo 2022



Leyenda

— Línea 1997

ESCALA: 1:2.500



PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPT 30-1495"

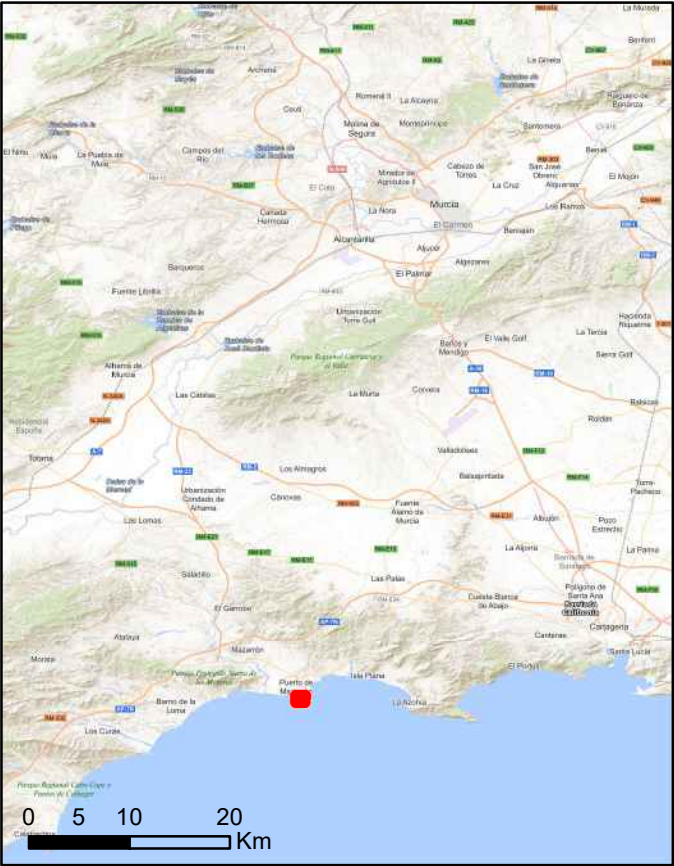
PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro

Línea de costa 1997



FECHA:

Mayo 2022



Leyenda

— Linea1999

ESCALA: 1:2.500



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



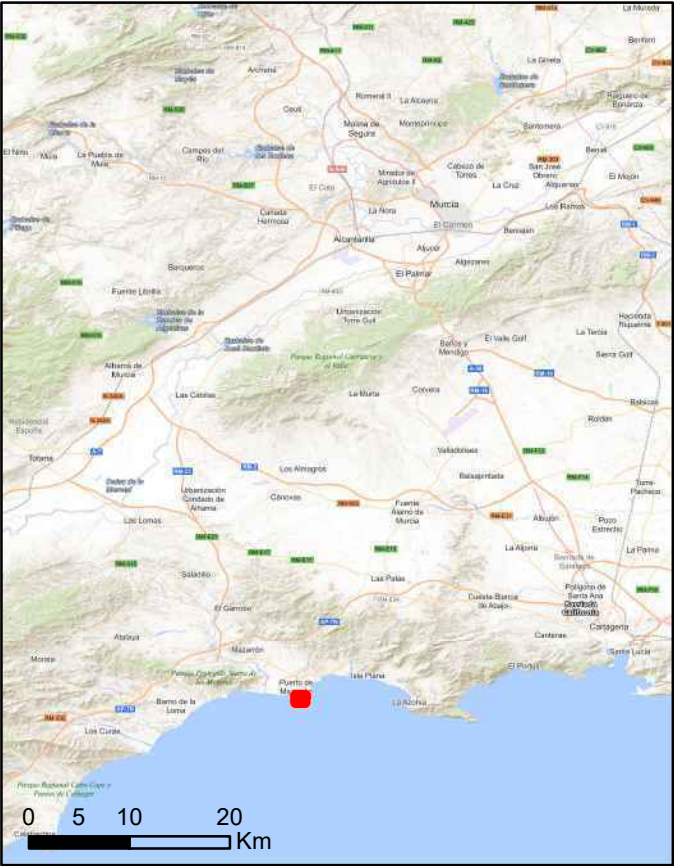
PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPTE 30-1495"

PLANO: **DL-8-MU La Isla Cabecico de los Aviones**
Línea de costa 1999



FECHA:
Mayo 2022



Leyenda

— Línea 2002

ESCALA: 1:2.500



PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXpte 30-1495"

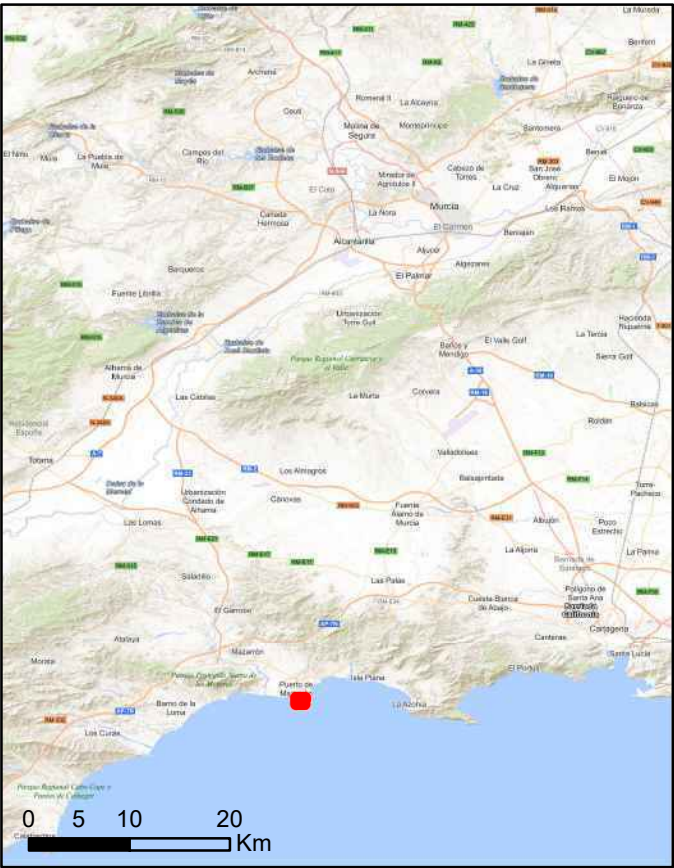
PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro

Línea de costa 2002



FECHA:

Mayo 2022



Leyenda

— Línea 2011

ESCALA: 1:2.500



PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXpte 30-1495"

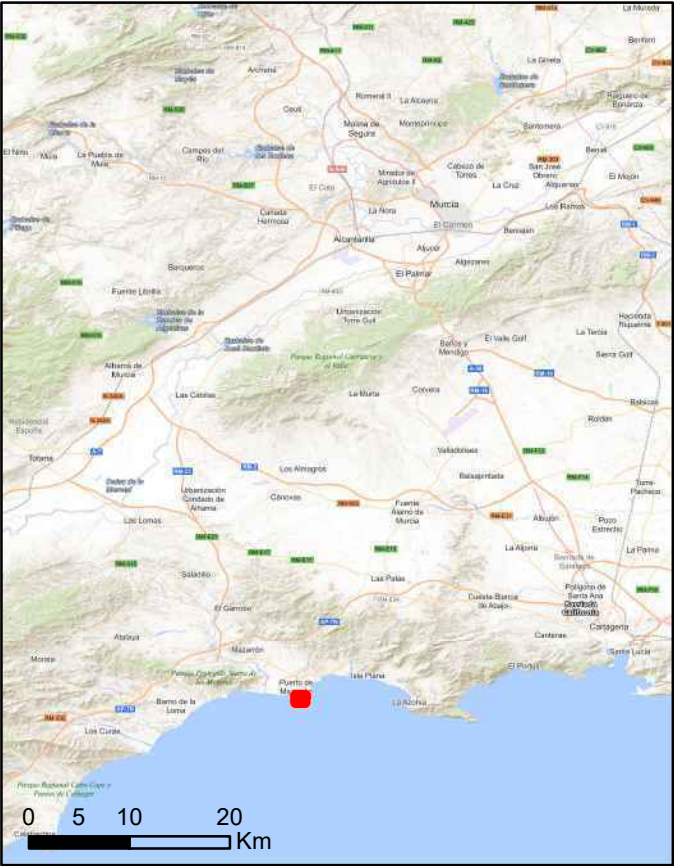
PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro

Línea de costa 2011



FECHA:

Mayo 2022



Leyenda

— Línea 2019

ESCALA: 1:2.500



GOBIERNO DE ESPAÑA



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Tragsatec

PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPTE 30-1495"

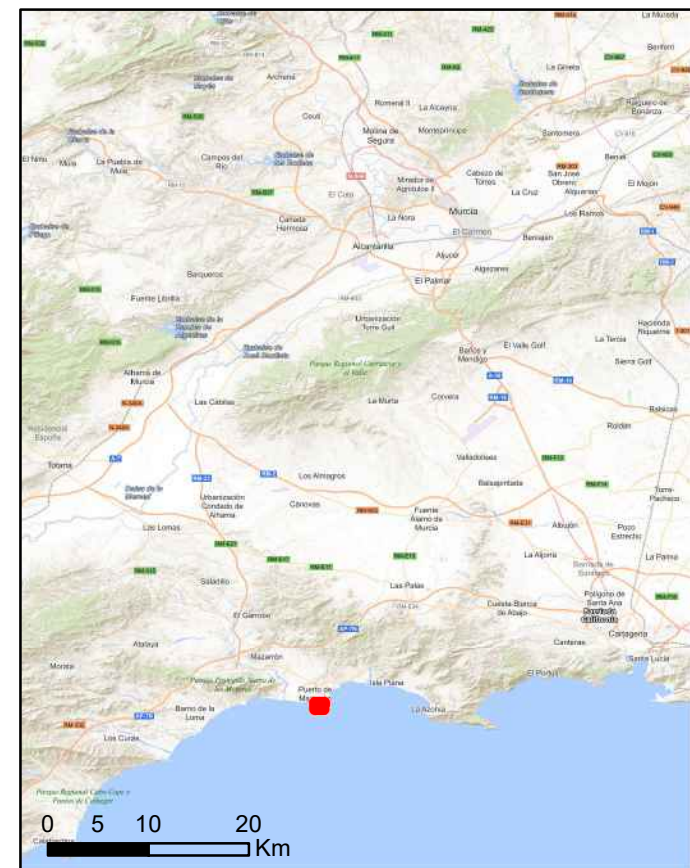
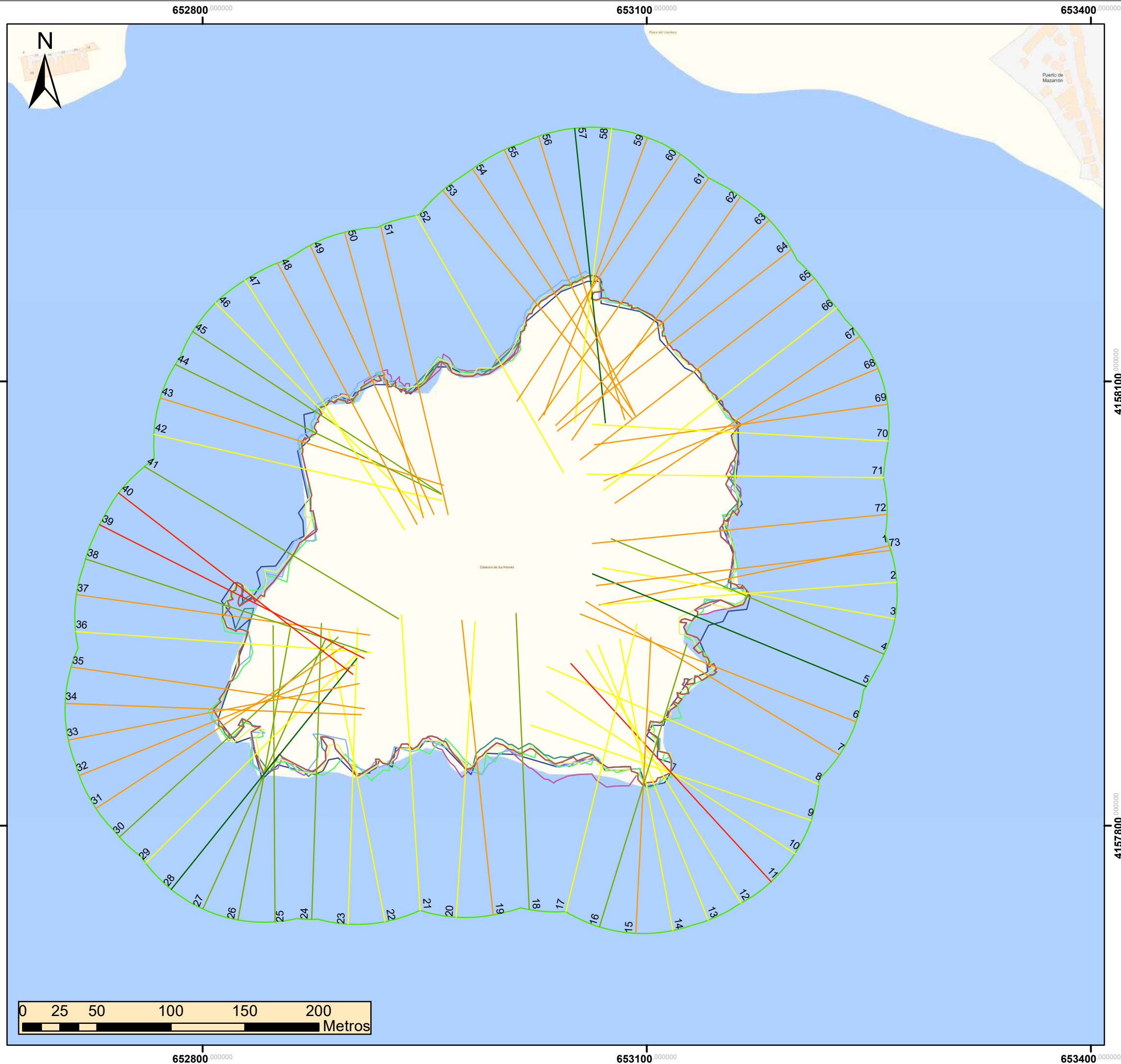
PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro

Línea de costa 2019

ASO GIL

FECHA:

Mayo 2022



Leyenda

LRR (m/año) **Año líneas de costa**

— -0,21 - -0,13	— 1977
— -0,12 - -0,05	— 1985
— -0,04 - 0,00	— 1990
— 0,01 - 0,06	— 1999
— 0,07 - 0,17	— 2002
	— 2019
	— 1997
	— 2011
	— 1956

ESCALA: 1:2.500



PROYECTO:

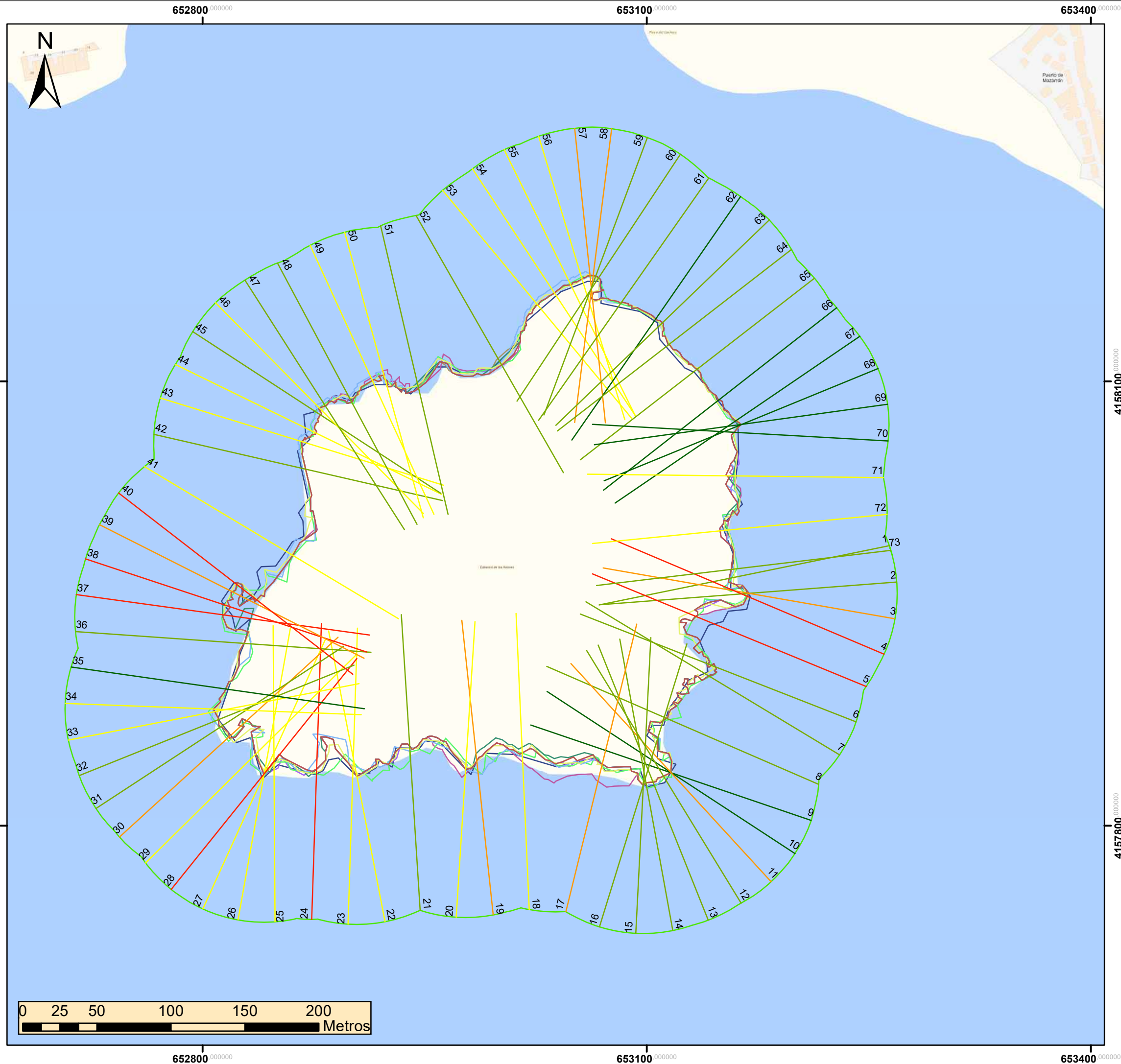
"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXpte 30-1495"

PLANO: **DL-8-MU La Isla Cabecico de los Aviones**
Evolución línea de costa



FECHA:

Mayo 2022



Leyenda

SCE (m)

- 1,61 - 2,79
- 2,80 - 4,99
- 5,00 - 10,09
- 10,10 - 15,74
- 15,75 - 26,97

Año líneas de costa

- 1977
- 1985
- 1990
- 1999
- 2002
- 2019
- 1997
- 2011
- 1956

ESCALA: 1:2.500



GOBIERNO DE ESPAÑA



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Tragsatec

PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXpte 30-1495"

PLANO: DL-8-MU La Isla Cabecico de los Aviones

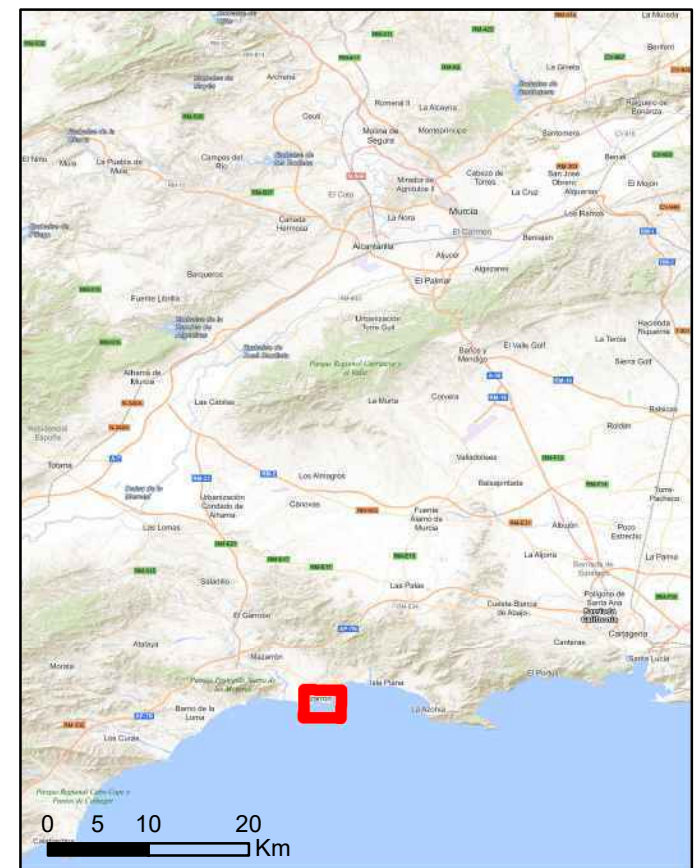
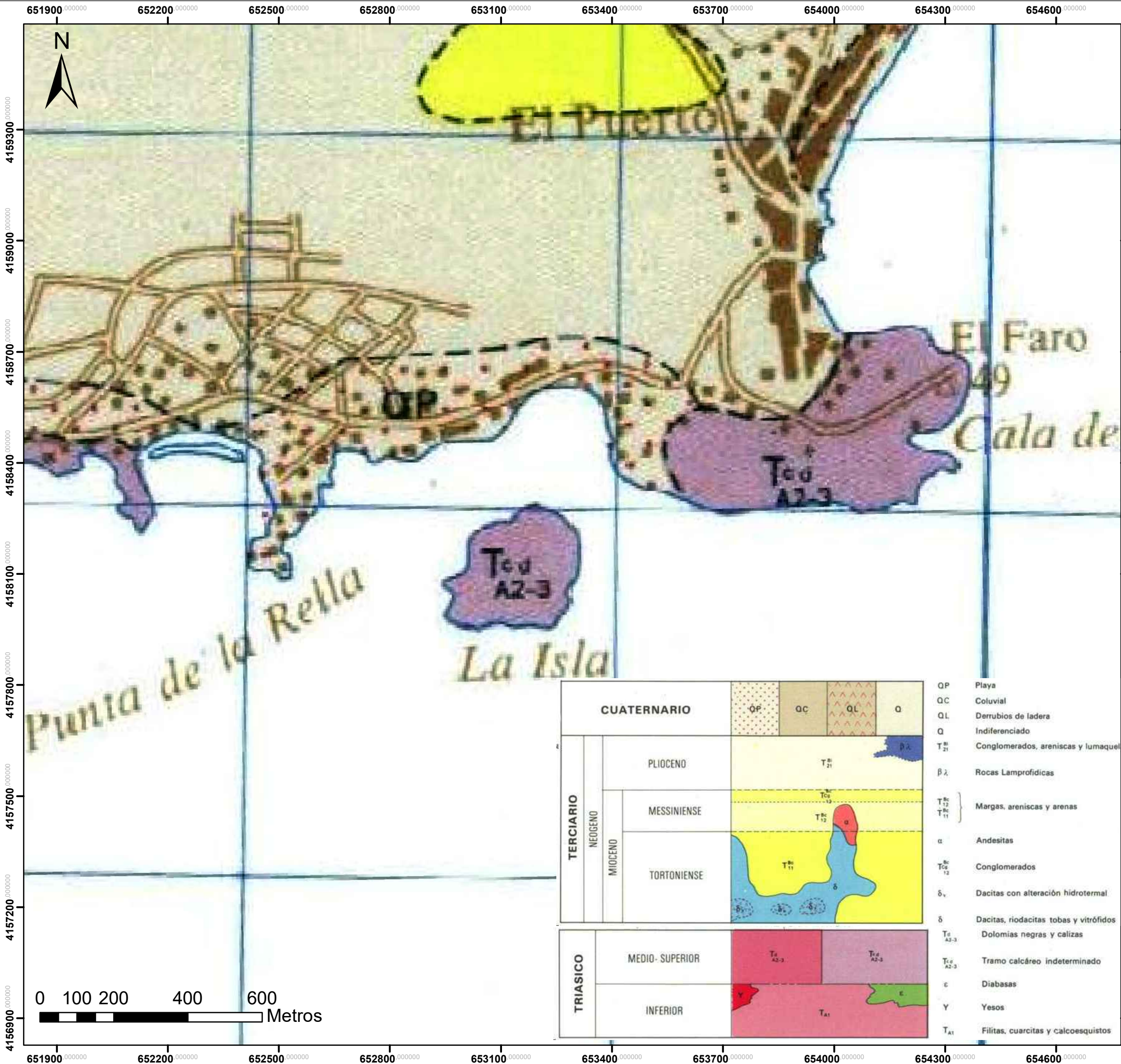
Envolvente cambio de línea de costa



FECHA:

Mayo 2022

MAPA GEOLÓGICO



Leyenda

ESCALA: 1:10.000



GOBIERNO DE ESPAÑA



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Tragsatec

PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPTE 30-1495"

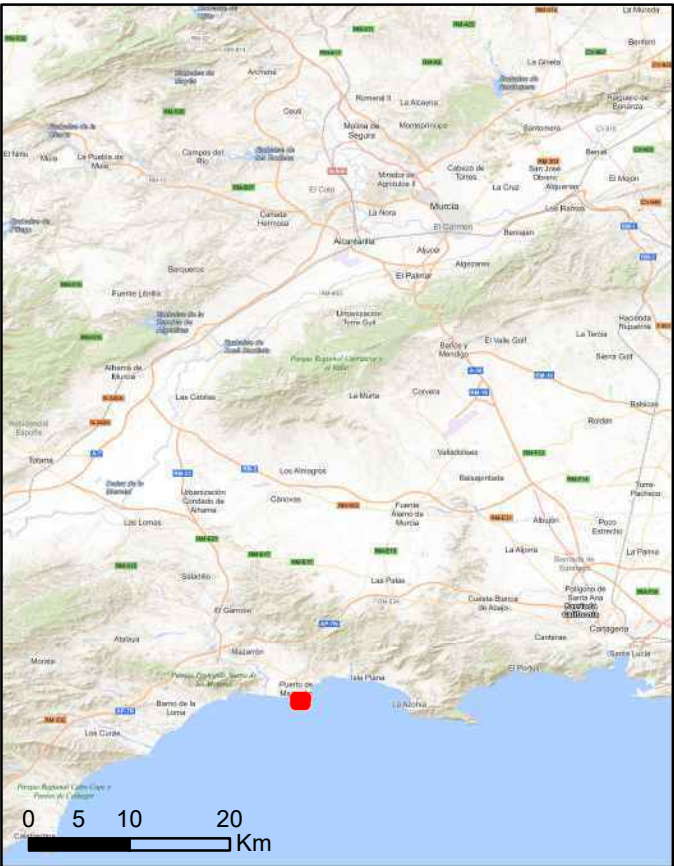
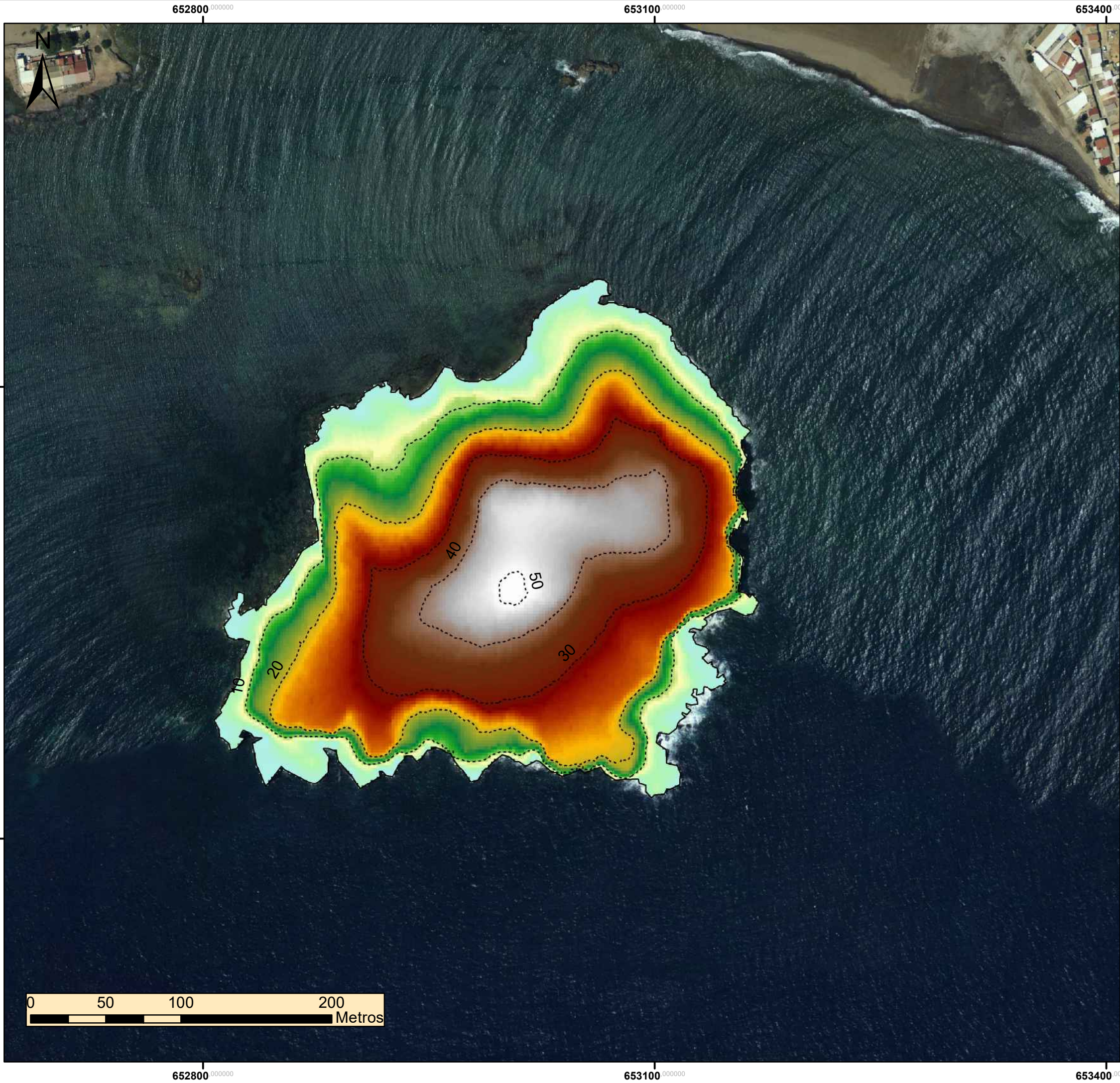
PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro

Mapa geológico

FECHA:

Mayo 2022

PLANO DE MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DEL TERRENO



Leyenda

- Perímetro Isla
- Líneas de nivel

MDT

Cota (msnm)

- Máx: 50
- Mín: 0

ESCALA: 1:2.500



PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXpte 30-1495"

PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro

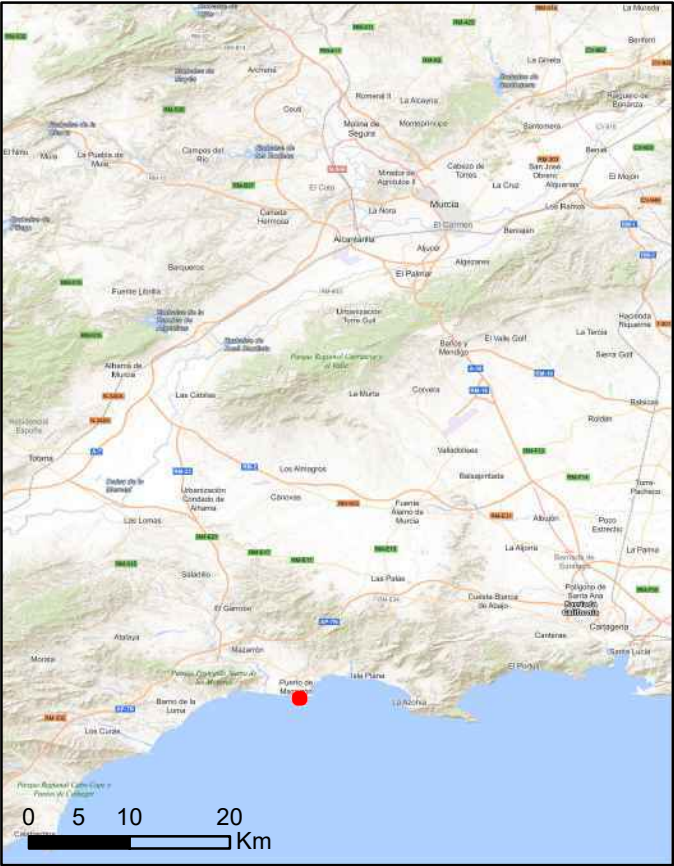
Modelo digital de elevaciones del terreno



FECHA:

Mayo 2022

PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS



Leyenda

■ Catas

ESCALA: 1:1.000

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



PROYECTO:



“ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXPTE 30-1495”

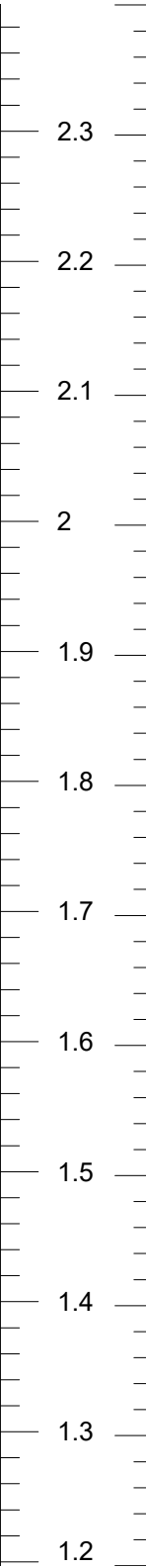
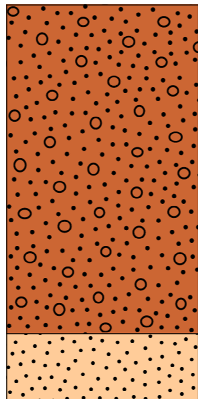

PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro

Ubicación de calicatas

 **FECHA:** Mayo 2022

COLUMNAS LITOESTRATIGRÁFICAS DE LAS CALICATAS

	CÓDIGO:	CATA-2		PROVINCIA:	MURCIA
	X UTM (ERTS89):	652951.15		TÉRMINO MUNICIPAL:	MAZARRÓN
	Y UTM (ERTS89):	4158111.77		PLAYA:	ISLA DE ADENTRO
	COTA (msnm):	0.623		DENOMINACIÓN:	DL-59-MU
	PROFUNDIDAD (m):	0.3		OBSERVACIONES:	
	FECHA:	16/04/2022			

COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Tamaño de partículas (%)	% Carbonatos	
					100 75 50 25 0	100 75 50 25 0	
	0			Arenas y gravas			<div>CALICATA C-2</div> 
	0.1						
	0.2						
	0.3		Areniscas				
	0.4						
	0.5						
	0.6						
	0.7						
	0.8						
	0.9						
	1						
	1.1						
	1.2						

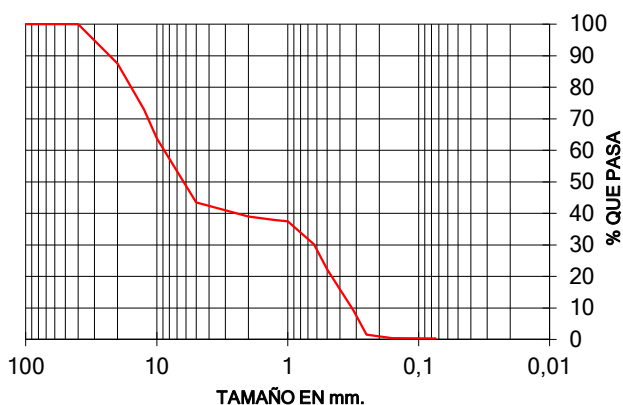
ACTAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

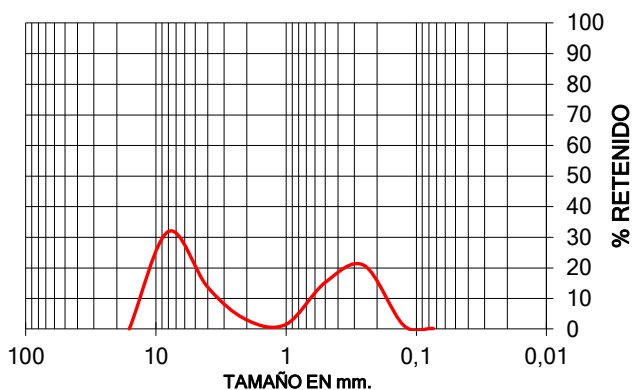
MUESTRAS DE SUELO

PROYECTO: TRAMO C-DL-8-MU ISLA DE ADENTRO
PETICIONARIO: TRAGSATEC
PROCEDENCIA MUESTRA: C-1
COTA: 0,00-0,30 m
REF. OBRA: 21/109-9 **REF. MUESTRA:** 109-9-1

CURVA GRANULOMÉTRICA ACUMULADA



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



TAMIZ mm	% QUE PASA	% RETENIDO
100	100	0,0
80	100	0,0
40	100	0,0
20	88	12,5
12,5	73	27,1
10	64	36,2
5	43	56,5
2	39	61,0
1,25	38	62,1
1,00	37	62,5
0,63	30	69,8
0,50	22	77,7
0,32	9	90,8
0,25	2	98,4
0,16	0	99,5
0,08	0	99,7

SEDIMENTACIÓN

0.008	
0.005	
0.001	

Φ_5	-4,91
Φ_{16}	-4,06
Φ_{50}	-2,66
Φ_{84}	1,30
Φ_{95}	1,85
Φ_{25}	0,88
Φ_{75}	-3,73

SELECCION (σ) 2,36

SIMETRIA (S_K) 0,40

CURTOSIS (K_G) -0,60

MODA 8,00 mm
MEDIANA 6,30 mm
MEDIA 7,80 mm

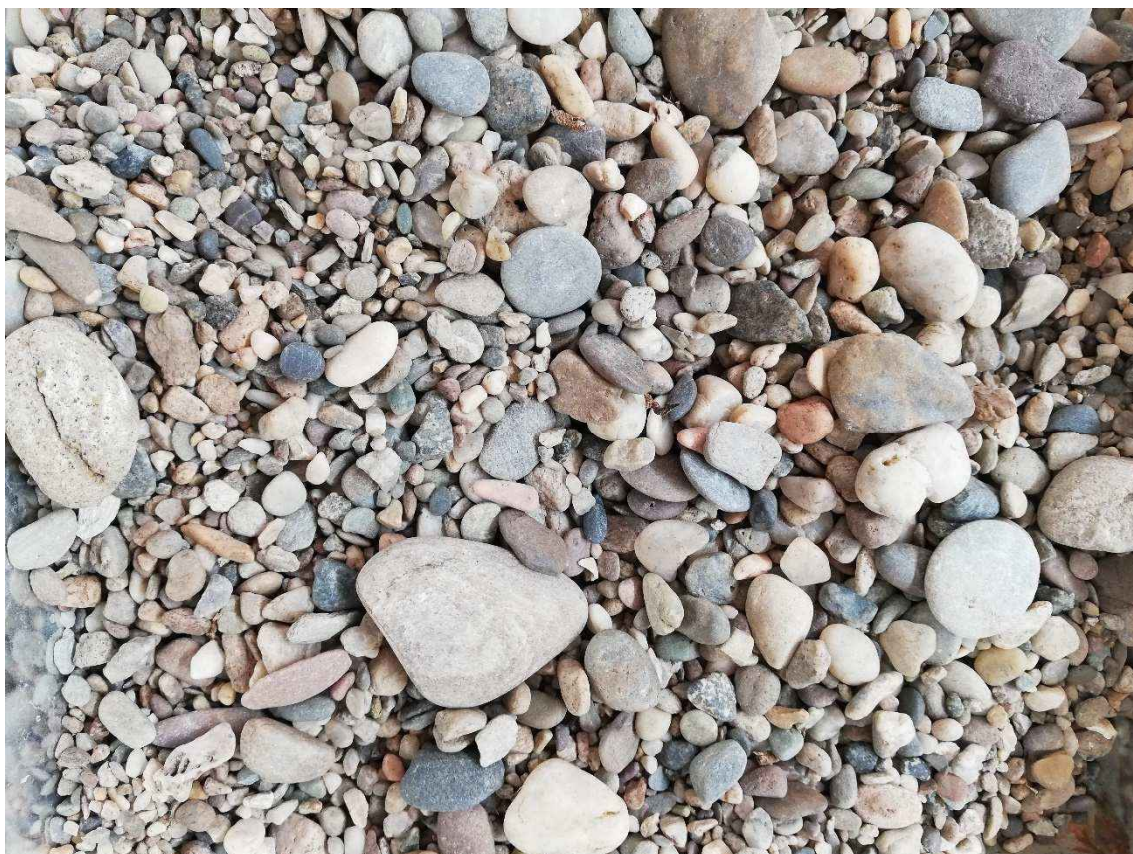
D_5	30,00 mm
D_{16}	16,70 mm
D_{50}	6,30 mm
D_{84}	0,41 mm
D_{95}	0,28 mm
D_{25}	0,55 mm
D_{75}	13,31 mm

Descripción del suelo y observaciones:

Arenas de cuarzo, esquistos, calizas y rocas volcánicas. Con algo de grava. Muy mal clasificada, distribución muy asimétrica a finos. Bimodal. Muy platicúrtica.

Fdo: Antonio Alcántara Peyres
 Murcia, 31 de mayo de 2022

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



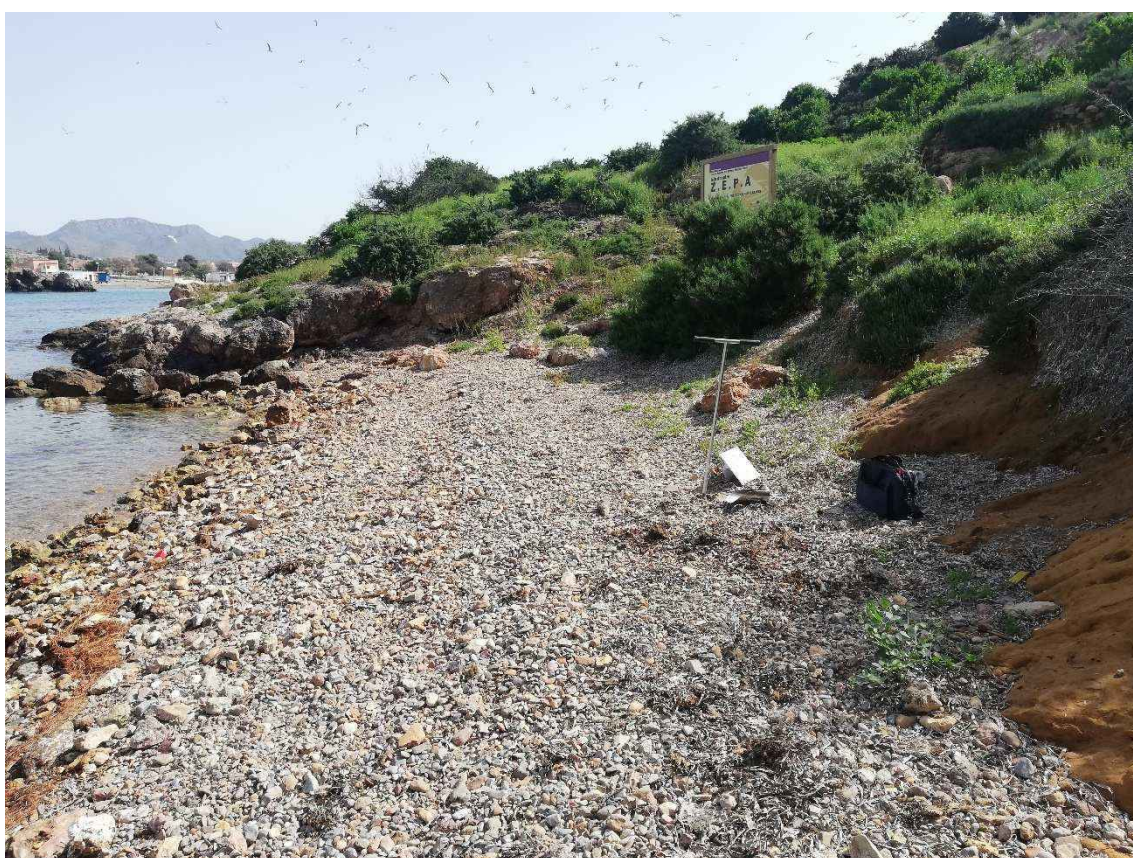
Fotografía nº 1: Calicata C-1 – 0,00-0,20 – Fracción Grava



Fotografía nº 2: Calicata C-1 – 0,00-0,20 – Fracción Arena



Fotografía nº 3: Calicata C-1



Fotografía nº 4: Calicata C-1



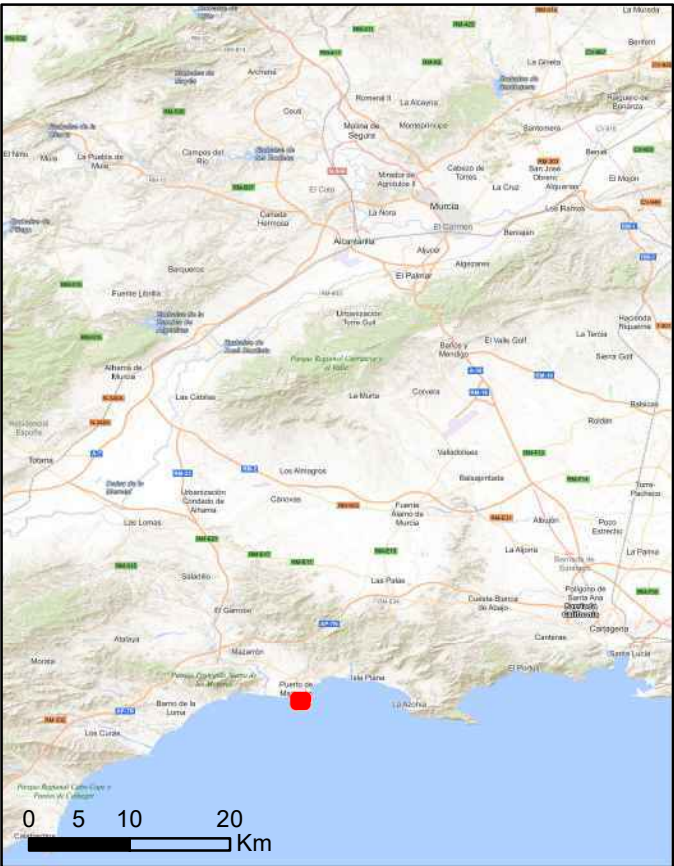
Fotografía nº 5: Calicata C-1



Fotografía nº 6: Calicata C-2



Fotografía nº 7: Calicata C-2



Legenda

★ Ubicación de fotografías

ESCALA: 1:2.500



PROYECTO:

"ESTUDIOS JUSTIFICATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA DEMARCACIÓN DE COSTAS EN MURCIA PARA EL APOYO EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA GESTIÓN DE LOS TRÁMITES DEL DESLINDE DEL DPMT EN LOS TRAMOS DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA EXpte 30-1495"

PLANO: DL-8-MU Isla de Adentro
Fotografías



FECHA:
Abril 2022

Foto 1

Foto 2

Foto 3

Foto 4



Foto 5

Foto 6

Foto 7

Foto 8



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12



Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16



Foto 17



Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21



Foto 22



Foto 23



Foto 24



Foto 25



Foto 26



Foto 27



Foto 28

Foto 29



Foto 30

Foto 31



Foto 32



Foto 33



Foto 34



Foto 35





ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº 3: Estudio de alcance de oleaje

ANEJO Nº 3: ESTUDIO DE ALCANCE DE OLEAJE



INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

**ESTUDIO DE INUNDACIÓN EN UN TRAMO DE COSTA DE 1.300 METROS
APROXIMADAMENTE CORRESPONDIENTES AL PERÍMETRO DE LA ISLA
DENOMINADA CABECICO DE LOS AVIONES, EN EL T.M. DE MAZARRÓN (MURCIA)**



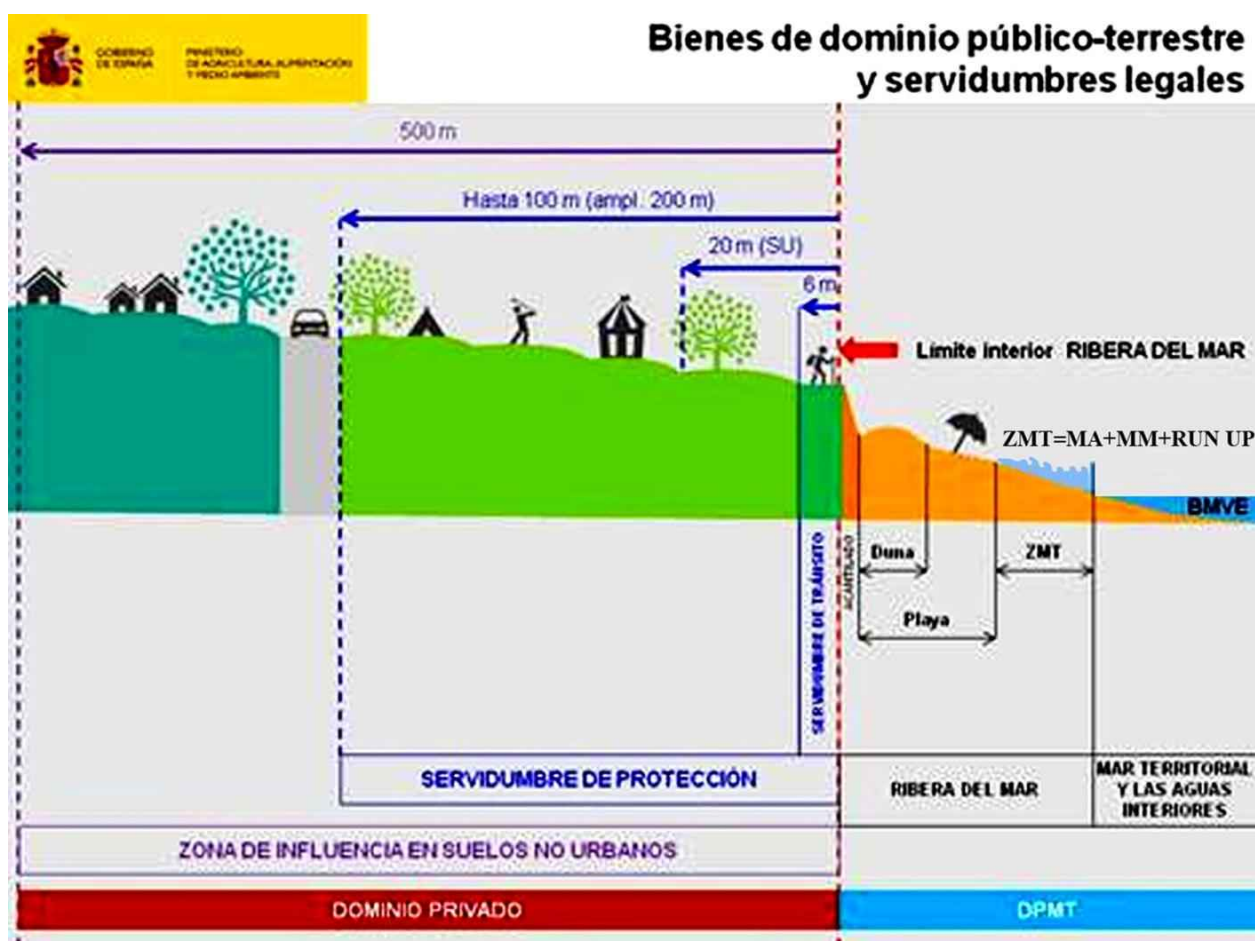
ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN: ZONA DE ESTUDIO Y ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA APLICADA.....	Pag 1
2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE PUERTOS DEL ESTADO.....	Pag 9
2.1. ANÁLISIS DE DATOS DEL OLEAJE.....	Pag 9
2.2. ANÁLISIS DE LOS MÁXIMOS NIVELES DEL MAR EN EL PERÍODO DE LOS 5 AÑOS SELECCIONADOS.....	Pag 15
3. PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.....	Pag 21
3.1. PRIMERA FASE: DESDE LA BOYA O PUNTO GEOGRÁFICO FUENTE DE DATOS DE MODELOS NUMÉRICOS, HASTA PROFUNDIDADES INDEFINIDAS, SEGÚN LOS SECTORES PRINCIPALES DE INCIDENCIA.....	Pag 21
3.2. SEGUNDA FASE: DESDE PROFUNDIDADES INDEFINIDAS HASTA PIE DE COSTA.....	Pag 22
3.2.1. Propagación con el modelo Oluca SP (espectral) del módulo MOPLA, software SMC 2.5.....	Pag 22
3.2.2. Fundamentos del Oluca SP: modelos MRF por componentes espectrales para propagación de oleaje.....	Pag 23
3.2.3. Ecuación de la pendiente suave.....	Pag 25
3.2.4. Modelos combinados de refracción/difracción.....	Pag 27
3.2.5. Modelos de interacción oleaje/corrientes.....	Pag 28
3.2.6. Dispersión del oleaje debida a la altura de ola significativa.....	Pag 34
3.2.7. Clima de Oleaje.....	Pag 40
3.2.8. Modelado de la disipación de energía.....	Pag 41
3.2.9. Tensores de radiación debido al oleaje irregular.....	Pag 55
3.2.10. Espectro bidimensional de entrada.....	Pag 57
3.2.11. Hipótesis del modelo de propagación.....	Pag 60
3.2.12. Ecuaciones del modelo.....	Pag 62
3.2.13. Comprobaciones sobre el modelo Oluca SP (MOPLA-SMC 2.5).....	Pag 63
3.2.14. Propagaciones hasta pie de playa de la zona de estudio.....	Pag 65
4. CÁLCULOS DE RUN-UP Y COTAS DE MÁXIMA INUNDACIÓN.....	Pag 111
5. PLANOS DE RESULTADOS.....	Pag 210

1. INTRODUCCIÓN: ZONA DE ESTUDIO Y ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA APLICADA

En el presente estudio se obtendrá el límite interior de la zona marítimo terrestre (en adelante Z.M.T.) con los criterios establecidos en los artículos 4.1.a y 4.1.b del Reglamento General de Costas (Real Decreto 876/2014), en el tramo de costa de 1.300 metros aproximadamente correspondientes al perímetro de la isla denominada Cabecico de los Aviones, en el T.M. de Mazarrón (Murcia).

Dicho tramo se sitúa en los siguientes planos a escalas 1/10.000 y 1/5.000.





PLANO A ESCALA 1/10.000 OBTENIDO A PARTIR DEL MAPA MTN 25 DEL I.G.N.



**ISLA CABECICO DE LOS
AVIONES, TRAMO DE ESTUDIO**

**PLANO DE SITUACIÓN A ESCALA 1/5.000
ORTOFOTO PNO M.A.**

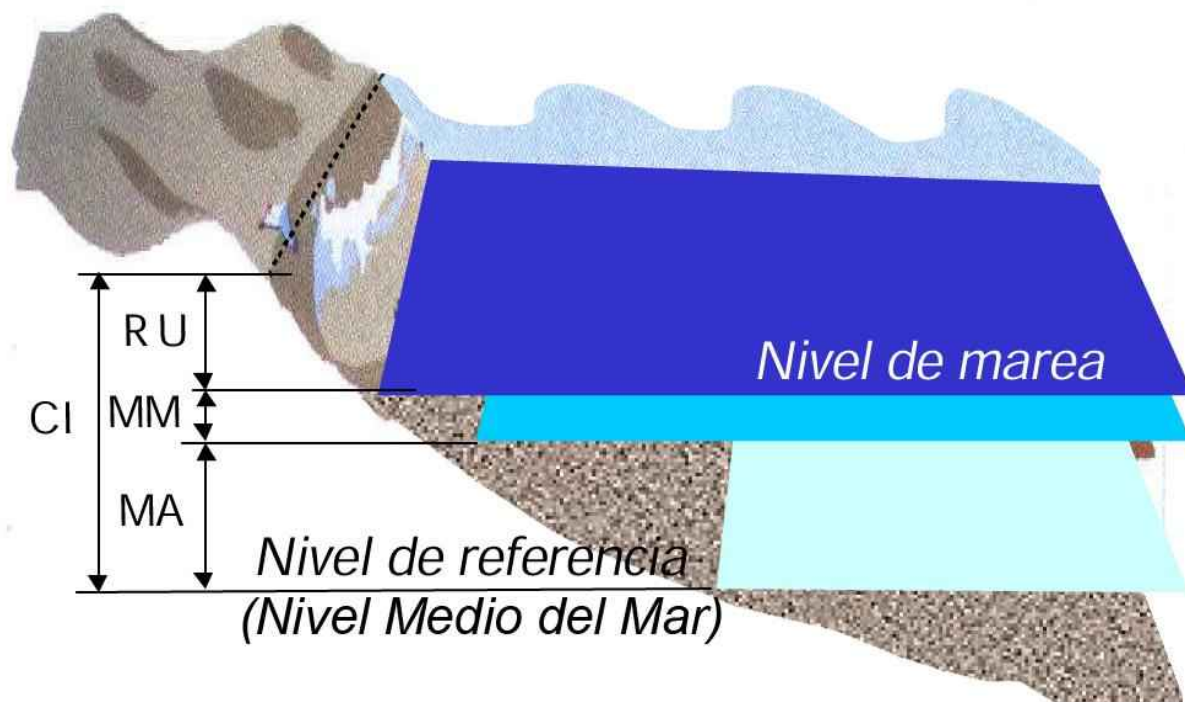


La determinación del nivel de alcance de oleajes en las distintas tipologías comunes de los frentes de costa por acción de la dinámica marina y meteorológica, resulta un procedimiento complejo, tanto por el gran número de elementos que intervienen en el proceso de inundación, como por la interacción entre dichos elementos.

Sobre la base de los textos legales, Ley de Costas de 22/1988, de 28 de julio, modificada por la 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 y del Reglamento General de Costas (Real Decreto 876/2014), y teniendo en cuenta aspectos metodológicos elaborados por el anterior Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en colaboración con el G.I.O.C. (Universidad de Cantabria) para la estimación del oleaje a pie del frente costero, se ha confeccionado un procedimiento con el que se han realizado los estudios para la determinación de la cota de máxima inundación en el tramo de costa de de 1.300 metros aproximadamente correspondientes al perímetro de la isla denominada Cabecico de los Aviones, en el T.M. de Mazarrón (Murcia).

:

- Con carácter general, para el cálculo de cota de máxima inundación sobre el relieve costero ordinario, se considera que el frente de costa está caracterizado en un instante determinado por un nivel de marea (NM) compuesto por la marea astronómica y la marea meteorológica (MA+MM) y una batimetría. Sobre dicho nivel de marea se encuentra el oleaje que, en función de sus características y de la batimetría del frente del litoral, se propaga hacia la costa. Al alcanzar la costa, el oleaje rompe sobre la superficie morfológica del frente, produciéndose un movimiento de ascenso de la masa de agua a lo largo del perfil del elemento morfológico que encuentre en su avance tierra adentro por el perfil emergido que se denomina run-up (RU). Todos estos factores están relacionados entre sí, además de la interacción entre los elementos (oleaje-batimetría-nivel de marea-ascenso). El episodio de alcance de los oleajes y la determinación de dicho nivel en la superficie de las distintas variedades morfológicas de los frentes de costa, podría esquematizarse según el siguiente gráfico:

MA: Marea astronómica**MM:** Marea meteorológica**RU:** *Run-up***CI:** Cota de inundación

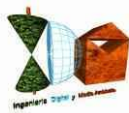
- En el presente caso, además, al tratarse de una zona de estudio que se encuentra en un tramo de costa acantilada, en la que las formulaciones de run-up corresponden a los modelos de remonte sobre estructuras que no incluyen en la cota calculada el set-up o sobreelevación del nivel medio del mar en la zona de rompientes, se deberá adicionar al nivel mareal y al run-up, el set-up correspondiente al estado de mar de cálculo, para la obtención la máxima elevación alcanzada por el oleaje.
- La cota de máximo alcance, se evaluará a partir de los datos procedentes de medidas proporcionados por los instrumentos de medición de Puertos del Estado, de los mareógrafos pertenecientes a la Red REDMAR, de las boyas de la Red REDEXT de la costa murciana o en su defecto de las más cercanas según la disposición de los instrumentos de medición de Puertos del Estado, así como de los datos de los Puntos Simar cuando se consideren más adecuados por lejanía de instrumentos de medición.



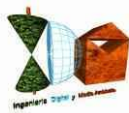
- Los datos de los mareógrafos proporcionarán los niveles de marea astronómica y marea meteorológica (residuo), y los datos de las boyas y puntos Simar proporcionarán los parámetros del suceso de oleaje a partir de los cuales se realizarán los cálculos para la estimación de la sobreelevación por oleaje debida al run-up.
- En cumplimiento de la legislación vigente, y en concreto de lo establecido en el Reglamento General de Costas (Real Decreto 876/2014) en los artículos 4.1.a y 4.1.b, se deberá obtener el alcance del oleaje, cuya magnitud haya sido alcanzada cinco veces en un período de cinco años, obteniéndose los parámetros de los estados de mar a partir de los cuales se efectuarán los cálculos que proporcionarán dicho alcance, a partir de los datos de oleajes de las boyas de la Red REDEXT y puntos Simar de mayor proximidad a la zona de estudio. Para la determinación del máximo nivel del mar (cota de máximo alcance) según los anteriores criterios reglamentarios, se realizarán los cálculos y estimaciones de run-up a partir del temporal de cálculo resultante con base en los mismos, a los que se sumarán los niveles mareales reales registrados por los mareógrafos de la Red REDMAR en dicho período.
- A modo genérico, la propagación del oleaje medido por la boya hasta pie de frente de costa se realizará en una única fase desde profundidades indefinidas, a partir de datos de boyas de la REDEXT o de Puntos Simar: Una vez obtenido el régimen direccional en aguas profundas (boya REDEXT o Punto Simar), se realizarán las propagaciones considerándose las direcciones principales de procedencia del oleaje respecto a la batimetría de las zonas de estudio para obtener así la caracterización del oleaje a pie de costa, a partir de la selección de los datos proporcionados por Puertos del Estado (instrumentos de medición y Puntos Simar) de los estados de mar que por sus parámetros de oleaje, tendrán mayor incidencia en la zona de estudio.



- Dicha propagación se realizará con simuladores informáticos basados en modelos numéricos, con el módulo Oluca-SP espectral del programa MOPLA, del paquete informático SMC 2.5 del I.H. de la Universidad de Cantabria, con los siguientes fundamentos y condiciones de ejecución.
 - ◇ el oleaje asociado a un estado de mar se define a partir de un espectro bidimensional, el cual se localiza en el contorno exterior del dominio (mar adentro), componiéndose dicho espectro de un espectro frecuencial y una función de dispersión de dirección.
 - ◇ Las ecuaciones utilizadas en este modelo numérico informático para modelar la propagación del oleaje, consideran los siguientes fenómenos:
 - Asomeramiento
 - Refracción por fondo
 - Difracción
 - Presencia de corrientes
 - Disipación de energía (capa límite laminar, capa límite turbulenta en fondo, fondo poroso y disipación por rotura)
 - Rotura
 - Dispersión por amplitud.
 - ◇ Para la ejecución de este software de simulación computacional del oleaje en su propagación basado en modelos numéricos, se debe disponer de una batimetría de la zona de estudio en formato digital, con la máxima resolución fundamentalmente en profundidades reducidas y zona de rompientes.
- En el caso concreto del presente estudio del tramo de costa de 1.300 metros aproximadamente correspondientes al perímetro de la isla denominada Cabecico de los Aviones, en el T.M. de Mazarrón (Murcia), se tomarán los datos de los Punto Simar 2070090 y 2068090, dada su cercanía a la zona de estudio y teniendo en cuenta las distintas direcciones de procedencia de principal afectación a la zona.



- Todos los trabajos han sido desarrollados sobre una base topobatimétrica-batimétrica de detalle, con un MDT de alta resolución obtenido a partir de un levantamiento Lídár de alta densidad Lídár (0,5-1 punto cada m²) en la parte emergida, y a partir de la batimetría de equidistancia de isobatas 1 m. de la Dirección General de la Costa y del Mar (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), a partir de la cual el software de modelado realiza sus ejecuciones informáticas de propagación de oleaje, y asimismo a partir de la cual se han obtenido los distintos parámetros de la morfología del frente de costa y zona de rompientes, necesarios para los cálculos posteriores a las propagaciones basados en formulaciones semiempíricas de run-up.



2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE PUERTOS DEL ESTADO

Con el objetivo de cumplir con los preceptos legales establecidos en el Reglamento General de Costas (Real Decreto 876/2014) en relación a la definición del alcance de los mayores temporales conocidos en el frente de costa de 1.300 metros aproximadamente correspondientes al perímetro de la isla denominada Cabecico de los Aviones, en el T.M. de Mazarrón (Murcia), establecidos en su artículo 4 en cuanto a los criterios técnicos para la determinación de la zona marítimo-terrestre,

“para fijar el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos, se considerarán las variaciones del nivel del mar debidas a las mareas y el oleaje. Dicho límite será el alcanzado al menos en 5 ocasiones en un periodo de 5 años, salvo en aquellos casos excepcionales en que la mejor evidencia científica existente demuestre la necesidad de utilizar otro criterio. Para calcular el alcance de un temporal se utilizarán las máximas olas registradas con boyas o satélites o calculadas a través de datos oceanográficos o meteorológicos”

se han recopilado los datos históricos de las fuentes de mayor proximidad a la zona de estudio, de niveles de marea astronómica y marea meteorológica (residuo), del mareógrafo de Almería 3545 situado en la zona de ampliación del Muelle de Poniente del puerto de Almería, de la Red REDMAR, así como de datos de los Puntos Simar 2070090 y 2068090, todos ellos de Puertos del Estado, para la obtención de los temporales que serán objeto de propagación y cálculo del alcance de oleajes, y de todos ellos, el que cumple con la condición reglamentaria de haber sido alcanzado cinco ocasiones en un periodo de cinco años.

2.1. ANÁLISIS DE DATOS DEL OLEAJE

Dada su cercanía a la zona de estudio y su posicionamiento respecto a la isla Cabecico de los Aviones, los Puntos Simar 2070090 y 2068090 son los que cuentan con la mejor ubicación para valorar los oleajes de procedencia de los sectores direccionales que incidirán sobre las distintas orientaciones de los frentes de costa de la isla. Por ello se han tomado los datos de los Puntos Simar 2070090 y 2068090 de la red de Puertos del Estado, como fuentes de los parámetros de los estados de mar que se estudiarán.

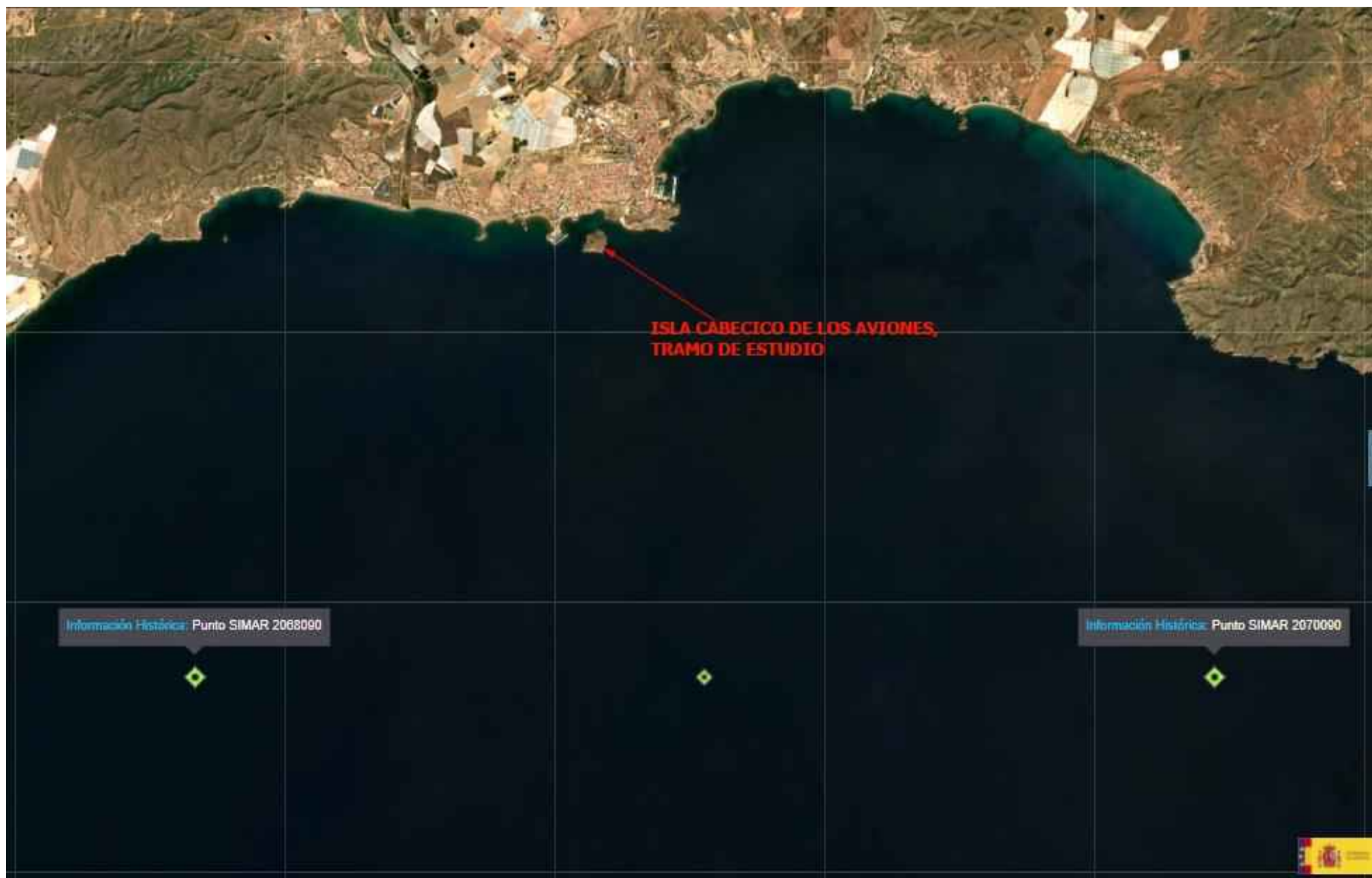


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es





Los datos de identificación de los Puntos Simar son los siguientes:

Punto Simar 2068090	
Longitud	1.33° O
Latitud	37.50° N
Coordenadas U.T.M., ETRS89, H30	X=647350, Y= 4151650
Código	2068090
Cadencia	60 min
Malla	AIB
Conjunto de datos	REDEXT

Punto Simar 2070090	
Longitud	1.17° O
Latitud	37.50° N
Coordenadas U.T.M., ETRS89, H30	X=662026, Y= 4151919
Código	2070090
Cadencia	60 min
Malla	AIB
Conjunto de datos	REDEXT

En función de las distintas orientaciones del frente de costa de la isla de Cabecico de los Aviones y de la batimetría desde el punto de propagación, se debe realizar un análisis de las direcciones de procedencia del oleaje que incidirán en el perímetro de costa de la isla, y en función de las mismas proceder al análisis de los datos de parámetros de temporales considerando los sectores direccionales con mayor incidencia en los mismos, para un período de 5 años, a cuyo efecto se ha recabado de Puertos del Estado los ficheros de bases de datos con los estados de mar de esos 5 años, con un estudio sobre un total de 43.800 estados de mar para cada Punto Simar caracterizados por sus parámetros de oleaje.



La zona de estudio por sus distintas orientaciones y ubicación al tratarse de una isla dentro de la bahía de Mazarrón, tiene las principales direcciones de procedencia del oleaje fundamentalmente dentro del sector comprendido entre ENE-ESE y en el entorno direccional SSO, que servirán para establecer un primer filtro sobre los registros de los Puntos Simar 2068090 y 2070090 sobre los 43.800 estados de cada Punto analizados del período de 5 años, habiéndose comprobado dichos sectores mediante un muestreo previo de propagaciones efectuadas sobre estados de mar con el software de simulación de propagación basado en modelos numéricos. Tras las comprobaciones previas con el simulador de propagación de oleaje Oluca-SP espectral, se determinó dichos sectores direccionales aumentando los márgenes (por ambos extremos) estrictos de alcances del cono de direccional de afectación directa trazado desde profundidades indefinidas, tras constatar los efectos del fenómeno de refracción y las orientaciones de las isobatas de la batimetría de las distintas orientaciones batimétricas de zona de estudio, modificando el ángulo de procedencia original ajustándose el frente de oleaje en su aproximación a la costa a posiciones de mayor paralelismo con las batimétricas y en consecuencia posibilitando su afectación sobre distintas zonas del perímetro circular del tramo de isla de estudio, si bien con diferentes alcances a lo largo del mismo a consecuencia de dichos fenómenos.

Por tanto, se han tomado los sectores direccionales con principal afectación al perímetro de la isla de estudio, teniendo en cuenta la modificación que a lo largo de las propagaciones sufren los oleajes orientándose los frentes de oleajes hacia las batimétricas, habiéndose considerado el comprendido entre las direcciones de procedencia 75°-106° para las cuales se han analizado los estados de mar del Punto Simar 2070090, y el comprendido entre las direcciones de procedencia 201°-206° para las cuales se han analizado los estados de mar del Punto Simar 2070090, como uno de los criterios selectivos, habiéndose considerado las asignaciones direccionales a cada Punto Simar en función de su posición relativa respecto de la isla y de las direcciones de procedencia.



Para la selección de los estados de mar con los que se realizarán los cálculos para el quinto alcance de oleajes en el período de cinco años, se han filtrado en primera instancia las series de datos de oleaje comprendidas en los sectores direccionales preseleccionados entre los registros del Punto Simar 2068090 y del Punto Simar 2070090, analizando los parámetros de estados de mar con los valores H_s , T_p y Dirección de procedencia, que en su combinación producen los mayores valores de altura de ola ya propagada a pie de costa del perímetro costero de la isla de estudio. Esta operación se ha realizado con iteradores sobre las bases de datos con formulaciones semiempíricas así como con apoyo en el simulador Oluca-SP, propagando una selección de estados de mar con las máximas combinaciones de magnitudes paramétricas H_s y T_p dentro del sector angular seleccionado, sobre el modelo topobatimétrico digital de alta densidad (de alta resolución espacial) generado para el presente estudio, obteniéndose estimaciones previas de cota de inundación (antes de propagación y con asociación sincronizada por horario de su nivel mareal) sobre combinaciones seleccionados dentro de un rango de máximos valores H_s - T_p , tomados en subdivisiones de intervalos direccionales dentro del sector angular preseleccionado, al objeto de estimar adecuadamente las combinaciones paramétricas posibles.

Realizados los procesos e iteraciones anteriores, los estados de mar seleccionados tras el análisis de las series de datos de estados de mar de los 5 años seleccionados del Punto Simar 2068090 y del Punto Simar 2070090 de Puertos del Estado, comprendidos entre 2015-2019, que se tomarán como presuntos responsables de los máximos alcances de oleajes en el tramo de objeto de estudio, tienen los siguientes parámetros:

**INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)**

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

PUNTO SIMAR FUENTE	Fecha / Hora U.T.C.	Hm0 (m.)	Tp (seg.)	DIR (°sex.)
2070090	2015-11-02 00:00:00	3.26	9.2	102
2070090	2016-12-17 21:00:00	3.22	10.02	86
2070090	2015-11-01 23:00:00	3.16	8.65	100
2070090	2016-12-18 00:00:00	3.13	10.04	89
2070090	2019-12-03 12:00:00	3.08	9.1	85
2070090	2015-03-20 02:00:00	2.99	9.34	75
2068090	2019-12-20 11:00:00	4.03	8.27	205
2068090	2019-02-01 07:00:00	4.15	9.1	206
2068090	2017-12-11 08:00:00	3.9	8.61	201
2068090	2018-03-17 17:00:00	3.96	10.01	205
2068090	2018-04-10 18:00:00	3.37	7.52	202



2.2. ANÁLISIS DE LOS MÁXIMOS NIVELES DEL MAR EN EL PERÍODO DE LOS 5 AÑOS SELECCIONADOS

Para considerar la superposición completa de factores que pueden llegar a incidir en el nivel del mar en los episodios de los temporales considerados, se deberán sumar los incrementos debidos al remonte del oleaje (run-up) y al set-up, con los debidos a los efectos mareales, para la obtención de los máximos niveles alcanzados, habiéndose tomado a tal efecto los registros reales del mareógrafo 3545 de Almería, situado en la zona de ampliación del Muelle de Poniente del puerto de Almería, perteneciente a la Red REDMAR, que considera tanto los componentes astronómicos, como los meteorológicos o residuales en sus mediciones.

Además de los niveles mareales con su componente astronómico y su componente residual o meteorológico, también los mareógrafos determinan el nivel medio del mar (NMM), que fija el plano altimétrico de comparación ($z=0$) de referencia para la cota de máxima inundación que se calcule finalmente, habiendo sido así mismo referenciado a dicho plano, la cartografía y batimetría, a partir de las cuales se han realizado los cálculos y estimaciones, al objeto de elaborarse y proyectarse todos los resultados en una base alimétrica coherente y homogénea.

El origen de altitudes que el Instituto Geográfico Nacional utiliza en la costa de Murcia corresponde al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA). Este organismo realizó la nivelación de todos los mareógrafos en el momento de su instalación. El IGN durante 1.998 llevó a cabo una compensación general de toda la red de nivelación nacional (Proyecto RNAP98), obteniendo para todas y cada una de las señales una nueva altitud homogénea con el resto de la red, y en 1999 proporcionó estas nuevas cotas. Así mismo el IGN efectuó nuevos recálculos del NMM en el año 2.008.



INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es





De este modo, se han podido relacionar todos los datos de los niveles mareales de los registros de los mareógrafos analizados y en origen referidos al cero del Puerto, con el plano $z=0$ correspondiente a la Red Geodésica ETRS89, para la vinculación y referenciación altimétrica con la base cartográfica, así como con los datos de alturas de oleaje, referidos igualmente a los niveles medios del mar.

Por tanto, para el caso del presente estudio y de los resultados que se aportan de cotas de alcance de cota de máxima inundación marina en el tramo de costa de la isla Cabecico de los Aviones, Término Municipal de Mazarrón (Murcia), según lo establecido reglamentariamente en el Reglamento General de Costas, Real Decreto 876/2014, la referencia altimétrica será el nivel medio del mar en Alicante (NMMA), obtenido con mareógrafos y enlazado en procesos de nivelación y recálculos posteriores por el I.G.N. con los mareógrafos de la red REDMAR, los últimos de los cuales han sido llevados a cabo en el año 2.008, para la obtención del valor $z=0$ que establece la coordenada z ortométrica de su red geodésica ETRS89.

Información del mareógrafo 3545 de Almería situado en la zona de ampliación del Muelle de Poniente del puerto de Almería, de la Red REDMAR de Puertos del Estado:

Longitud	2.48° O
Latitud	36.83° N
Cadencia	1 Min
Código	3545
Inicio de medidas	01/072006
Tipo de sensor	Radar
Comentarios	Datos de viento desde 07-10-2010, presión desde 12-09-2013.
Conjunto de datos	REDMAR



Analizados los datos del mareógrafo en los horarios (día-hora) correspondientes a los episodios preseleccionados de sucesos temporales de mayor nivel en el período de 5 años seleccionado entre 2015-2019, para asociar a cada uno de los mismos el incremento mareal con el que tuvo lugar, se han capturado los valores de dichos registros de niveles mareales sincronizados al momento en que el suceso del oleaje alcanzó la orilla. Como los estados de mar de las bases de datos de los Puntos Simar 2068090 y 2070090 analizados se corresponden con el oleaje espectral de una hora, se considerará para estimar su marea la asignación de los parámetros del estado de mar a la hora UTC relacionada en cada estado, con el valor horario proporcionado por Puertos del Estado.

Los datos de los incrementos mareales en el horario en el que cada uno de los sucesos anteriores alcanzó la costa, referidos al cero del Puerto de Almería, fueron los siguientes:

PUNTO SIMAR FUENTE	Fecha/Hora U.T.C.	Nivel al "0" Puerto (m.)
2070090	2015-11-02 00:00:00	0.571
2070090	2016-12-17 21:00:00	0.362
2070090	2015-11-01 23:00:00	0.553
2070090	2016-12-18 00:00:00	0.375
2070090	2019-12-03 12:00:00	0.571
2070090	2015-03-20 02:00:00	0.647
2068090	2019-12-20 11:00:00	0.43
2068090	2019-02-01 07:00:00	0.493
2068090	2017-12-11 08:00:00	0.621
2068090	2018-03-17 17:00:00	0.356
2068090	2018-04-10 18:00:00	0.349

A partir de los parámetros de nivelación del mareógrafo que proporciona Puertos del Estado, se transforman los niveles anteriores en niveles referidos al NMMA.

Clavo de referencia: MAREOG. Sobre la esquina noroeste de la peana del faro situado junto al mareógrafo

Cero REDMAR: Cero del Puerto

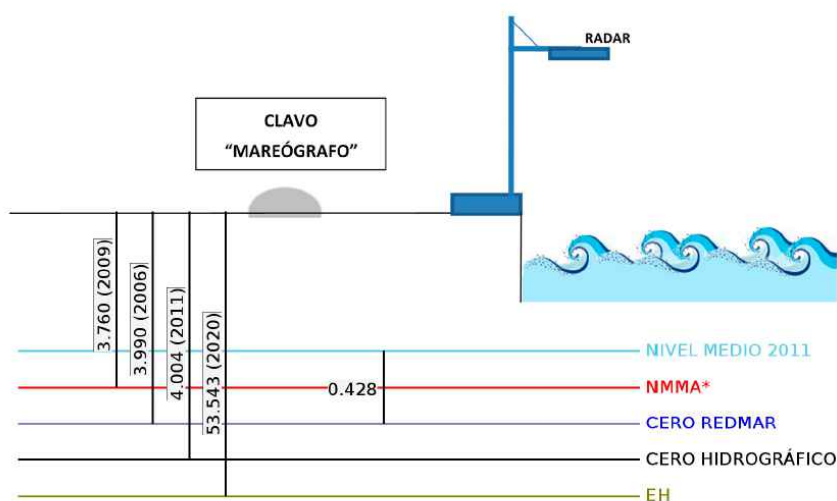
Cota: 3.99 m. bajo clavo de referencia



ESQUEMA DATUM MAREÓGRAFO REDMAR ALMERÍA (cotas en metros)



CLAVO
"MAREÓGRAFO"



Clavo MAREÓGRAFO: Clavo instalado sobre el cantil en el extremo sur del muelle de Poniente.

*NMMA: Nivel Medio del Mar en Alicante. Cero IGN.

Nota: La posición relativa de Clavo y Mareógrafo está simplificada.

**INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)**

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

PUNTO SIMAR FUENTE	Fecha/Hora U.T.C.	Nivel al N.M.M.A.
2070090	2015-11-02 00:00:00	0.341
2070090	2016-12-17 21:00:00	0.132
2070090	2015-11-01 23:00:00	0.323
2070090	2016-12-18 00:00:00	0.145
2070090	2019-12-03 12:00:00	0.341
2070090	2015-03-20 02:00:00	0.417
2068090	2019-12-20 11:00:00	0.200
2068090	2019-02-01 07:00:00	0.263
2068090	2017-12-11 08:00:00	0.391
2068090	2018-03-17 17:00:00	0.126
2068090	2018-04-10 18:00:00	0.119



3. PROPAGACIÓN DEL OLEAJE

3.1. PRIMERA FASE: DESDE LA BOYA O PUNTO GEOGRÁFICO FUENTE DE DATOS DE MODELOS NUMÉRICOS, HASTA PROFUNDIDADES INDEFINIDAS, SEGÚN LOS SECTORES PRINCIPALES DE INCIDENCIA

No se procede a la realización de la primera propagación del oleaje, dado que los Puntos Simar 2068090 y 2070090 se encuentran en profundidades indefinidas, y por tanto sus datos pueden ser tomados como los datos de los oleajes en profundidades indefinidas, haciendo de esta forma innecesaria la primera propagación, desde profundidades intermedias hasta profundidades indefinidas.

En consecuencia, los datos y parámetros de los sucesos temporales ya considerados en profundidades indefinidas y sus direcciones de procedencia, serán las siguientes:

PUNTO SIMAR FUENTE	Fecha / Hora U.T.C.	Hm0 (m.)	Tp (seg.)	DIR (ºsex.)
2070090	2015-11-02 00:00:00	3.26	9.2	102
2070090	2016-12-17 21:00:00	3.22	10.02	86
2070090	2015-11-01 23:00:00	3.16	8.65	100
2070090	2016-12-18 00:00:00	3.13	10.04	89
2070090	2019-12-03 12:00:00	3.08	9.1	85
2070090	2015-03-20 02:00:00	2.99	9.34	75
2068090	2019-12-20 11:00:00	4.03	8.27	205
2068090	2019-02-01 07:00:00	4.15	9.1	206
2068090	2017-12-11 08:00:00	3.9	8.61	201
2068090	2018-03-17 17:00:00	3.96	10.01	205
2068090	2018-04-10 18:00:00	3.37	7.52	202



3.2. SEGUNDA FASE: DESDE PROFUNDIDADES INDEFINIDAS HASTA PIE DE COSTA

3.2.1. Propagación con el modelo Oluca SP (espectral) del módulo MOPLA, software SMC 2.5

Se realizará la propagación de los estados de mar seleccionados de los Puntos Simar 2068090 y 2070090 teniendo en cuenta su ubicación en profundidades indefinidas, realizándose dicha propagación mediante el modelo numérico Oluca-SP basado en un modelo espectral de propagación de oleaje, que forma parte del Modelo Integral de Propagación de Oleaje, Corrientes y Morfodinámica en Playas, MOPLA, integrado en el software SMC 2.5 desarrollado por el I.H. de la Universidad de Cantabria.

Al propagarse el oleaje hasta zonas costeras de menor profundidad, se producen modificaciones importantes por la batimetría del fondo de forma que la refracción, el asomeramiento, la disipación de energía y la difracción entre otras, son manifestaciones de dichas interacciones, habiéndose profundizado los últimos años en el conocimiento de estos procesos físicos, lo cual ha permitido incorporar los conocimientos en modelos numéricos de propagación de oleaje.

El modelo Oluca-SP del módulo MOPLA del SMC 2.5, corresponde a un modelo de la categoría modelo espectral no dispersivo que resuelve la fase, MRF, que requiere como entrada en el contorno exterior (mar adentro), un estado de mar direccional, que está representado por un espectro bidimensional discretizado en componentes frecuenciales y direccionales, las cuales son propagadas de manera simultánea. Para la propagación de los componentes de energía, la aproximación parabólica incluye refracción-difracción con interacción oleaje-corriente (Kirby, 1986 a). El modelo predice las pérdidas de energía debido a la rotura del oleaje mediante la utilización de tres diferentes modelos estadísticos de disipación, dos de los cuales calculan la tasa media de disipación de energía asociada a un bore en movimiento (Battjes y Jansen, 1978; Thornton y Guza, 1983) y un tercero que asocia la tasa de disipación al gradiente entre el flujo de energía estable y local (Winyu y Tomoya, 1998).



Desde que se presentaron los primeros modelos de refracción y difracción combinadas, se sigue investigando el desarrollo de estos modelos originales, basados en teoría lineal, para que den respuesta a varios fenómenos físicos reales no cubiertos todavía por dicha teoría.

Entre los fenómenos que son de particular importancia destaca la no linealidad de las ondas, que provoca un aumento de la celeridad por efecto de la dispersión debida a la amplitud, y no sólo debida a la frecuencia, como ocurre en ondas lineales. Se ha demostrado, Kirby and Dalrymple (1983a), (1984) que la consideración de fenómenos no lineales puede provocar una clara distorsión de los resultados a partir de unas pocas longitudes de onda. Para representar la no linealidad en los modelos de propagación se utilizan dos aproximaciones.

La primera aproximación, sugerida inicialmente por Booij (1981), consiste en utilizar una relación de dispersión empírica que modele la dispersión por amplitud en aguas someras y que tienda a la relación de dispersión frecuencial en aguas profundas. Esta técnica tiene la ventaja de tener, al menos, una descripción empírica del comportamiento en aguas someras, pero tiene el inconveniente de linealizar los resultados en aguas profundas. La segunda consiste en modificar el modelo lineal de Kirby and Dalrymple (1983a), incluyendo un término proporcional al cubo de la amplitud de la ola que representa la distorsión del número de onda resultante de los efectos de tercer orden en la teoría de Stokes. Esta aproximación presenta la ventaja de tener una base analítica válida, pero tiene el claro inconveniente de no ser adecuada para aguas poco profundas.

3.2.2. Fundamentos del Oluca SP: modelos MRF por componentes espectrales para propagación de oleaje

Asumiendo que la superficie libre del agua es periódica en el tiempo y que la dependencia espacial se puede dividir en una fase que varía rápidamente y en una amplitud que varía lentamente, la elevación de la superficie libre del agua, h , puede ser representada como una suma de componentes frecuenciales y direccionales, así:

$$\eta = \sum_j \sum_l \eta_{jl} = R_e \left\{ \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} A_{jl}(x, y) e^{i\psi_j} \right\} \quad (1)$$

$$\psi_j = i\bar{K}_j x - \sigma_j$$

$$\bar{K}_j = \frac{1}{B} \int_0^B K_j(x, y) dy$$

Donde:

x, y	=	Sistema de coordenadas, tal que el eje x va en la dirección principal de propagación y el eje y perpendicular a éste.
j, l	=	Índice que representan la frecuencia y dirección respectivamente.
$R_e(z)$	=	Parte real de un número complejo z .
$A_{jl}(x, y)$	=	Amplitud de onda compleja para una componente frecuencial, j y direccional, l . Definida en un punto (x, y) del dominio.
N_f, N_θ	=	Número de discretizaciones en frecuencia y dirección, respectivamente.
$K_j(x, y)$	=	Número de onda para una componente con frecuencia angular, j .
σ_j	=	Frecuencia angular para la componente j .
$\bar{K}_j(x)$	=	Valor representativo del número de onda asociado a una frecuencia angular j , en una coordenada x .
B	=	ancho del dominio (en el eje y).

Cuando el campo de oleaje consiste en ondas planas, $A_{jl}(x, y)$ puede ser representada en términos de una amplitud constante a_{jl} y una dirección θ_{jl} como:

$$A_{jl}(x, y) = a_{jl} e^{i[(K_j \cos \theta_{jl} - \bar{K}_j)x + K_j \sin \theta_{jl} y]} \quad (2)$$

se asume que la refracción, difracción y asomeramiento de componentes de oleaje discretas, está gobernada por la aproximación parabólica oleaje-corriente de las ecuaciones de pendiente suave (Kirby, 1984 a). La ecuación que gobierna la amplitud compleja $A_{jl}(x, y)$ en el Oluca-SP, es dada por (Kirby, 1986 a).



3.2.3. Ecuación de la pendiente suave

Asumiendo que la superficie libre del agua es periódica en el tiempo y que la dependencia espacial se puede dividir en una fase que varía rápidamente y en una amplitud que varía lentamente, la elevación de la superficie libre del agua, h , puede ser representada como una suma de componentes frecuenciales y direccionales, así:

El problema de la propagación de ondas sobre batimetría irregular es tridimensional e involucra complicadas condiciones de contorno no lineales. Por este motivo, existen muy pocas soluciones al problema tridimensional y todas ellas lo son para fondo plano horizontal. En dos dimensiones, los sofisticados modelos de Chu and Mei (1970) y Djordjevic and Redekopp (1978) predicen el comportamiento de ondas de Stokes sobre batimetría con variación suave. Para la simplificación del problema tridimensional, Berkhoff (1972), entre otros, hizo notar que la mayor parte de las propiedades de las ondas progresivas lineales podrían ser predichas mediante un modelo ponderado integrado verticalmente. La ecuación a la que llegó Berkhoff (1972) se conoce con el nombre de "mild slope equation" es decir, ecuación de pendiente suave. La ecuación puede escribirse en función del desplazamiento de la superficie libre, $\eta(x, y)$, mediante la utilización de un operador de gradiente horizontal como:

$$\bar{\nabla} (c c_g \bar{\nabla} \eta) + \sigma^2 \frac{c_g}{c} \eta = 0 \quad (3)$$

Donde:

$$\bar{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x_j} \quad j=1,2$$

$$c = \sqrt{\left(\frac{g}{k}\right) \tanh kh} \quad = \text{Celeridad de la onda}$$

$$c_g = c \frac{\left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh}\right)}{2} \quad = \text{Celeridad de grupo}$$

Donde $h(x,y)$ es la profundidad local de agua, y g la aceleración de la gravedad. El número de onda local $k(x, y)$, está relacionado con la frecuencia angular, σ , y la profundidad, h , mediante la relación de dispersión lineal:

$$\sigma^2 = g k \tanh kh \quad (4)$$

El perfil de la onda viene dado por:

$$\eta = A(x, y) e^{i\sigma t}$$

Donde, $A(x, y)$ es la amplitud compleja con información sobre la fase y la amplitud real de la onda. Berkhoff (1972) fue el primero en obtener una ecuación de propagación para ondas de pequeña amplitud en zonas con profundidad suavemente variable. Posteriormente, dicha ecuación se amplió para incluir también los efectos de corrientes por Booij (1981) y Kirby (1983). Se han utilizado diferentes métodos matemáticos para obtener las ecuaciones para pendientes suaves. Mientras que Luke (1967), Booij (1981) y Kirby (1983) utilizaron un principio variacional, otros autores han aplicado métodos basados en perturbaciones.

Numerosos autores han aplicado la ecuación de la pendiente suave a diversos casos, principalmente utilizando técnicas de diferencias finitas, ver como ejemplos Jonsson and Skovgaard (1979), Bettles and Zienkiewicz (1977) y Houston (1981). Radder (1979) desarrolló para la ecuación de la pendiente suave una aproximación parabólica que tiene varias ventajas sobre la forma elíptica presentada por Berkhoff (1972). Primero, no son necesarias las condiciones de contorno en el extremo inferior del recinto de integración y, segundo, permite técnicas de resolución muy eficientes por medio de un modelo en diferencias finitas. Radder (1979) utilizó una técnica de partición de matrices, que implica la separación del campo de ondas en una onda propagándose hacia adelante y otra hacia atrás, despreciándose posteriormente esta segunda (lo que se justifica porque en la mayoría de las aplicaciones sólo tiene interés la onda que se propaga hacia adelante).

La aproximación de Radder (1979) para las derivadas transversales en la dirección normal a la de propagación, impone una restricción a su modelo parabólico: las ondas deben propagarse dentro de los $\pm 45^\circ$ alrededor de la dirección principal de propagación. Booij (1981) desarrolló también un método para la partición de la matriz de la ecuación elíptica, pero su procedimiento incluye más términos en la aproximación de las derivadas transversales y, por

lo tanto, su método permite al modelo parabólico manejar ondas dentro del rango de $\pm 50^\circ$ alrededor de la dirección supuesta.

Este procedimiento de Booij es el que se utiliza en el modelo de ondas monocromáticas Oluca-MC y el modelo espectral Oluca-SP. La aproximación parabólica débilmente no lineal a la ecuación de pendiente suave viene dada por:

$$c_g \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial y} + i(\bar{k} - k) c_g A + \frac{\sigma}{2} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{c_g}{\sigma} \right) A - \frac{i}{2\sigma} \frac{\partial}{\partial y} \left[p \frac{\partial A}{\partial y} \right] - i\sigma k^2 D |A|^2 \frac{A}{2} = 0 \quad (6)$$

Donde

$$p = C c_g$$

\bar{k} = Número de onda de referencia, tomado como la media a lo largo del eje y.

D = Forma parte del término no lineal, y se define como:

$$D = \frac{(\cos h 4 kh + 8 - 2 \tan h^2 kh)}{8 \operatorname{sen} h^4 (kh)} \quad (7)$$

3.2.4. Modelos combinados de refracción/difracción

Los predecesores del Oluca-MC y el Oluca-SP fueron desarrollados por Kirby (1983) y Kirby and Dalrymple (1983a), el primero mediante una aproximación Lagrangiana y los segundos mediante una técnica de escalas múltiples. Estos modelos rellenaron el hueco entre los modelos no lineales de difracción y la ecuación lineal de la pendiente suave. Este modelo se puede escribir de diferentes maneras dependiendo de la aplicación.

Para aplicaciones dependientes del tiempo se utiliza la forma hiperbólica y para problemas estacionarios, la forma elíptica. Ambas requieren del uso de condiciones de contorno en todos los laterales del dominio del modelo. Estas condiciones son difíciles de establecer, puesto que la reflexión no es conocida a priori. Estos modelos tienen, sin embargo, la ventaja de que no presentan restricciones para la dirección del oleaje. Kirby and Dalrymple (1984a) muestran una comparación entre su modelo débilmente no lineal de (1983a) y datos

de laboratorio. Los ensayos de laboratorio, realizados en el Delft Hydraulics Laboratory por Berkhoff, Booij and Radder (1982), consistieron en la determinación de la amplitud de las ondas sobre un bajo en un fondo con pendiente.

Mientras los resultados predichos por Berkhoff, Booij and Radder (1982) mediante el trazado de los rayos resultaron ser una muy pobre aproximación a los ensayos, la predicción obtenida con el modelo de Kirby and Dalrymple (1984) fue excelente. Las comparaciones entre los modelos parabólicos lineales y no lineales demostraron la importancia de los términos no lineales dispersivos en las ecuaciones.

3.2.5. Modelos de interacción oleaje/corrientes

Utilizando una aproximación Lagrangiana, Booij (1981) desarrolló una versión de la ecuación de la pendiente suave que incluye los efectos de una corriente. En este modelo las corrientes se suponían débiles y cualquier producto entre velocidades de corriente era despreciado. Kirby (1984a) presentó la forma corregida de su modelo de la ecuación de pendiente suave para incluir corrientes.

El término no lineal fue añadido por Kirby and Dalrymple (1983b) y en este artículo presentaron los resultados de modificación de las ondas al atravesar un chorro de corriente. La ecuación de pendiente suave modificada para una corriente débil que presentaron es:

$$\begin{aligned} (c_g + U) A_x + V A_y + i(\bar{k} - k)(c_g + U) A + \frac{\sigma}{2} \left[\left(\frac{c_g + U}{\sigma} \right)_x + \left(\frac{V}{\sigma} \right)_y \right] A \\ - \frac{i}{2\sigma} (p - V^2) A_y - i\sigma \frac{k^2}{2} D |A|^2 A = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Donde $p = c c_g$ y \bar{k} = número de onda de referencia, tomando como el promedio del número de onda a lo largo del eje y, U es la velocidad media de corriente en la dirección de la coordenada x y V en la dirección y. El término no lineal incluye D , que es:

$$D = \frac{(\cosh 4kh + 8 - 2 \tanh^2 kh)}{8 \sinh^4(kh)}$$

Por último, Kirby and Dalrymple (1985) han desarrollado una versión no lineal del modelo parabólico que incluye corrientes fuertes, con base en una formulación Lagrangiana (principio variacional) descrita por Luke (1967), para un fluido no viscoso e irrotacional con una superficie libre:

$$\delta \int_t^{\eta} \int_{\bar{x}} L d\bar{x} dt = 0; \quad L = \int_{-h}^{\eta} \left[\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{1}{2} (\nabla \Phi)^2 + g z \right] dz \quad (9)$$

donde h es la profundidad local y $\delta = \frac{\Delta h}{kh}$ es un parámetro adimensional relativo a la variación de la profundidad en una longitud de onda. Utilizando el peralte de la onda $\varepsilon = k |A|$, se puede expresar el potencial de velocidades Φ y la superficie libre η mediante un desarrollo en serie como:

$$\Phi = \delta^{-1} \Phi_0(\delta x, \delta y, \delta t) + \varepsilon \Phi_1(x, y, z, t) + O(\varepsilon^2) \quad (10)$$

$$\eta = \eta_0(\delta x, \delta y, \delta t) + \varepsilon \eta_1(x, y, t) + O(\varepsilon^2) \quad (11)$$

asumiendo la existencia de corrientes $U = O(1)$ y con $\varepsilon \ll 1$, $\delta \ll 1$ y $\delta = O(\varepsilon)$

Aquí Φ_0 es el potencial para la corriente:

$$U = \nabla \Phi_0 \quad (12)$$

y Φ_1 viene dado por:

$$\Phi_1 = -\frac{ig}{2\sigma} A f(z) e^{i\theta} + \text{complejo conjugado} \quad (13)$$

Operando del modo descrito en Kirby & Dalrymple (1983b), se llega a la ecuación:

$$\begin{aligned} & \frac{D^2 \phi}{Dt^2} + (\vec{\nabla} \cdot \vec{U}) \frac{D\phi}{Dt} - \vec{\nabla} (c c_g \vec{\nabla} \phi) + (\sigma^2 - k^2 c c_g) \phi \\ & + 2\sigma \left[\bar{k} \vec{\nabla} \phi_2 - \frac{k^2}{2\sigma \cos h^2 kh} \right] \phi + \sigma^2 k^2 D |A|^2 \phi + i\sigma \frac{\gamma}{2} \phi = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

donde ϕ es el potencial en la superficie libre ($\Phi(x, y, z, t) = \phi(x, y, t)f(z)$), el término no lineal $\sigma^2 k^2 D |A|^2 \phi$ representa en cierto modo, la dispersión por amplitud. El término de disipación $i\sigma \frac{\gamma}{2} \phi$, se utiliza para modelar la disipación de energía por fricción y por rotura del oleaje, y ϕ_2 es el potencial para una onda larga, que se rige por la ecuación:

$$\begin{aligned} & \frac{D^2 \phi_2}{Dt^2} + (\vec{\nabla} \cdot \vec{U}) \frac{D\phi_2}{Dt} - g \vec{\nabla} (h \vec{\nabla} \phi_2 + \vec{U}) = \\ & - \frac{gk}{2 \sin h 2kh} \frac{D}{Dt} |A|^2 + \frac{g^2}{2} \vec{\nabla} \left[\bar{k} \frac{|A|^2}{\sigma} \right] \end{aligned} \quad (15)$$

De acuerdo con Kirby and Dalrymple (1983a), para obtener la ecuación de la onda incidente, se debe despreciar el acoplamiento que produce la onda larga en el potencial ϕ .

Por otro lado, para obtener la aproximación parabólica debe asumirse que el oleaje se propaga principalmente en dirección x , es decir:

$$\bar{k} \cong (k, 0)$$

y así, la relación de dispersión resulta:

$$\omega = \sigma + \bar{k} \bar{U} \cong \sigma + k \cdot U \quad (16)$$

Donde, ω , es la frecuencia absoluta y, σ , la frecuencia intrínseca. La ecuación de la dispersión (4) que relaciona la frecuencia angular de la onda, la profundidad y el número de onda, es modificado para tener en cuenta el efecto Doppler debido a la corriente:

$$(\omega - kU)^2 = gk \tan h kh \quad (17)$$

Dado que los procesos de refracción y difracción pueden desviar la dirección de propagación de la dirección principal x , la amplitud de la onda A , debe ser una función compleja para que absorba las diferencias entre la fase real y la asumida. Si se toma el valor de \bar{k} y se sustituye en (13), la nueva expresión para el potencial en la superficie libre es:

$$\phi = -i \frac{g}{2\sigma} A(x, y) e^{i \int \bar{k} dx} + \text{complejo conjugado} \quad (18)$$

despreciando la influencia de la onda larga y la dependencia de A respecto del tiempo en la ecuación (14), se llega a la siguiente ecuación parabólica para la amplitud compleja:

$$\begin{aligned} & (c_g + U) \frac{\partial A}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial y} + i(\bar{k} - k)(c_g + U)A + \frac{\sigma}{2} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{c_g + U}{\sigma} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{V}{\sigma} \right) \right] A \\ & - \frac{i}{2} \frac{\partial}{\partial y} \left[(c_g - V^2) \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] + \frac{i}{2} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[UV \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[UV \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] \right\} \\ & + \frac{1}{4k} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \left[(c_g - V^2) \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] + 2i \frac{\partial}{\partial x} \left[\sigma V \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] \right\} \\ & - \frac{\beta}{4} \left\{ 2i\omega U \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{A}{\sigma} \right) + 2i\sigma V \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{A}{\sigma} \right) - 2UV \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right\} \\ & - \frac{\beta}{4} \frac{\partial}{\partial y} \left[(c_g - V^2) \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] + \frac{i}{4k} \left[\frac{\partial}{\partial y} (\omega V) + 3 \frac{\partial}{\partial x} (\omega U) \right] \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{A}{\sigma} \right) \\ & + \frac{\gamma A}{2} + \frac{i\sigma}{2} G(|A|, kh)A = 0 \end{aligned} \quad (19)$$

siendo:

$$\beta = \frac{1}{k^2} \frac{\partial k}{\partial x} + \frac{1}{2k^2(c_{cg} - U^2)} \frac{\partial}{\partial x} [k(c_{cg} - U^2)]$$

y donde $A = A(x, y)$ es la función compleja de la amplitud de la onda, $G(|A|, kh)$ es una función no lineal con la amplitud, $Ur = (U, V)$ es el vector velocidad de la corriente, ω es la frecuencia angular absoluta, σ es la frecuencia angular intrínseca, c es la celeridad de fase o de la onda, c_g es la celeridad de grupo, k es el número de onda y \bar{k} es el número de onda de referencia medio a lo largo del eje y . Esta ecuación es la discretizada en el modelo monocromático Oluca-MC. El desarrollo y las operaciones que se requieren para llegar hasta ella son muy extensos y no se ha creído apropiado describirlos detalladamente. Dicho desarrollo puede encontrarse en las referencias: Kirby and Dalrymple (1985), y Kirby (1986a).

Aplicando el principio “Minimax”, la ecuación (19) ha sido extendida por Kirby (1986c), permitiendo ángulos de propagación mayores con respecto al eje x . La ecuación extendida que gobierna la refracción, difracción y asomeramiento de una componente discreta con frecuencia j y dirección l , es la siguiente:

$$\begin{aligned} & (C_{gj} + U) \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_x - 2\Delta_1 V \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_y + i(\bar{k}_j - a_0 k_j) (C_{gj} + U) \frac{A_{jl}}{\sigma_j} \\ & + \left\{ \frac{\sigma_j}{2} \left(\frac{C_{gj} + U}{\sigma_j} \right)_x - \Delta_1 \sigma_j \left(\frac{V}{\sigma_j} \right)_y \right\} \frac{A_{jl}}{\sigma_j} + i\Delta_j \left[\left((CC_g)_j - V^2 \right) \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_y \right]_y \\ & - i\Delta_1 \left\{ \left[UV \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_y \right]_x + \left[UV \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_x \right]_y \right\} \\ & + \frac{-b_1}{k_j} \left\{ \left[\left((CC_g)_j - V^2 \right) \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_y \right]_{yx} + 2i \left(\sigma_j V \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_y \right)_x \right\} \\ & + b_1 \beta_j \left\{ 2i\omega_j U \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_x + 2i\sigma_j V \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_y - 2UV \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_{xy} + \left[\left((CC_g)_j - V^2 \right) \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_y \right]_y \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{i}{k_j} b_1 \left\{ (\omega_j V)_y + 3(\omega_j U_x) \right\} \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_x - \Delta_2 \left\{ \omega_j U \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right)_x + \frac{1}{2} \omega_j U_x \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right) \right\} \\
& + i k_j \omega_j U (a_0 - 1) \left(\frac{A_{jl}}{\sigma_j} \right) + \alpha A_{jl} + \frac{\gamma_i}{2} A_{jl} + \frac{i \sigma_j}{2} k_j^2 D_j |A_{jl}|^2 A_{jl} = 0 \quad (20)
\end{aligned}$$

donde α y γ son los coeficientes de disipación de energía por rotura del oleaje y fricción por el fondo respectivamente.

$$\sigma_j = \omega_j - k_j U; \quad \beta_j = \frac{(k_j)_x}{k_j^2} + \frac{(k_j ((CC_{\xi})_j - U^2))_x}{2k_j^2 ((CC_{\xi})_j - U^2)} \quad (21)$$

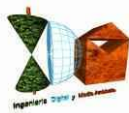
$$\Delta_1 = a_1 - b_1; \quad \Delta_2 = 1 + 2a_1 - 2b_1; \quad \Delta'_j = a_1 - b_1 \frac{\bar{k}_j}{k_j} \quad (22 \text{ a})$$

$$D_j = \frac{\cosh(4k_j h) + 8 - 2 \tanh^2(k_j h)}{8 \sinh^4(k_j h)} \quad (22 \text{ b})$$

Los coeficientes a_0 , a_1 y b_1 se escogen con base en el criterio de mínimo error aplicando el principio “Minimax”. Siguiendo Greene (1984), Kirby (1986c) describe la aplicación del principio de “Minimax” en problemas de superficie de ondas, las tablas con resultados de los coeficientes pueden ser consultados en dicha referencia. Los coeficientes dependen de un ancho de apertura permitido dependiendo de la dirección de las olas. Algunos de estos coeficientes se definen como:

Tabla 1. Rango de coeficientes a_0 , a_1 y b_1 de acuerdo con aproximaciones parabólicas.

Aproximaciones parabólicas	a_0	a_1	b_1
Simple: Radder (1979)	1	-0.50	0.00
Padde (1,1): Booij (1981), Kirby (1986c)	1	-0.75	-0.25
Minimax 70: Kirby (1986c)	0.994733030	-0.890064831	-0.451640568



Kirby (1986c) encontró que para rangos máximos (Minimax 70°) se obtienen resultados razonables dentro de los ángulos que típicamente se utilizan, pero mantiene reservas en cuanto a su aplicación en modelos numéricos, dado que todavía esta aproximación no ha sido suficientemente comprobada. Kirby (1994), recomienda el uso de Padde (1,1) el cual se ha implementado en el modelo espectral Oluca-SP, obteniéndose resultados razonables dentro de los $\pm 55^\circ$ con el eje x.

3.2.6. Dispersión del oleaje debida a la altura de ola significativa

Desde que se presentaron los primeros modelos de refracción y difracción combinadas, se sigue investigando el desarrollo de estos modelos originales, basados en teoría lineal, para que den respuesta a varios fenómenos físicos reales no cubiertos todavía por dicha teoría. Entre los fenómenos que son de particular importancia destaca la no linealidad de las ondas, que provoca un aumento de la celeridad por efecto de la dispersión debida a la amplitud, y no sólo debida a la frecuencia, como ocurre en ondas lineales. Se ha demostrado, Kirby and Dalrymple (1983a), (1984) que la consideración de fenómenos no lineales puede provocar una clara distorsión de los resultados a partir de unas pocas longitudes de onda.

Para representar la no linealidad en los modelos de propagación se utilizan dos aproximaciones. La primera aproximación, sugerida inicialmente por Booij (1981), consiste en utilizar una relación de dispersión empírica que modele la dispersión por amplitud en aguas someras y que tienda a la relación de dispersión frecuencial en aguas profundas. Esta técnica tiene la ventaja de tener, al menos, una descripción empírica del comportamiento en aguas someras, pero tiene el inconveniente de linealizar los resultados en aguas profundas.

La segunda consiste en modificar el modelo lineal de Kirby and Dalrymple (1983a), incluyendo un término proporcional al cubo de la amplitud de la ola que representa la distorsión del número de onda resultante de los efectos de tercer orden en la teoría de Stokes. Esta aproximación presenta la ventaja de tener una base analítica válida, pero tiene el claro inconveniente de no ser adecuada para aguas poco profundas.

3.2.6.1. Relación de dispersión empírica

La teoría de Stokes para aguas profundas e intermedias ofrece la siguiente relación de dispersión:

$$\sigma^2 = gk (1 + \varepsilon^2 D) \tanh(kh) \quad (23)$$

donde:

$$\varepsilon = k|A| \quad \text{y} \quad D = \frac{\cosh(4kh) + 8 - 2 \tanh^2(kh)}{8 \sinh^4(kh)} \quad (24)$$

Esta formulación es válida para números de Ursell $Ur < O(1)$ con Ur definido como:

$$Ur \equiv \frac{|A|}{h} \frac{1}{(kh)^2} \quad (25)$$

Dicha restricción no se cumple en aguas someras, donde $kh \rightarrow 0$ con $\frac{|A|}{h}$ pequeño pero finito. Además, la singularidad en D es muy grande e invalida los resultados en aguas poco profundas:

$$kh \rightarrow 0 \quad D \approx \frac{9}{8} \frac{1}{(kh)^4} \quad (26)$$

En aguas poco profundas, Hedges (1976) propuso una modificación de la relación de dispersión lineal para modelar la dispersión por amplitud:

$$\sigma^2 = gk \tanh h \left[k(h + |A|) \right] \quad (27a)$$

que en aguas poco profundas y para $\frac{|A|}{h}$ pequeño, tiende a:

$$\sigma^2 = g k^2 (h + |A|) \quad (27b)$$

o, lo que es equivalente, a:

$$c = \sqrt{g(h + |A|)} \quad (27c)$$

que representa la velocidad de propagación de una onda solitaria de altura $H = |A|$.

En aguas profundas, la relación de Hedges (1976) tiende a la relación lineal (4), ya que $\frac{|A|}{h} \rightarrow 0$ debido al aumento de la profundidad.

La no adecuación de una relación de dispersión empírica en aguas someras para modelar efectos no lineales en aguas intermedias, unida a la invalidez de la teoría de Stokes en aguas poco profundas, condujo a Kirby & Dalrymple (1986b) a buscar una relación de dispersión que fuera capaz de predecir la celeridad de la onda desde aguas profundas a aguas someras. Con el fin de incorporarla en modelos de propagación de ondas, propusieron la siguiente relación de dispersión:

$$\sigma^2 = gk(1 + f_1 \varepsilon^2 D) \tanh(kh + f_2 \varepsilon) \quad (28)$$

donde $f_1 = f_1(kh)$ y $f_2 = f_2(kh)$ son dos funciones arbitrarias, y ε y D están definidos como en (24). El modelo presentado se construye escogiendo expresiones adecuadas para las funciones f_1 y f_2 . En particular se requiere que:

$$f_1(kh) \rightarrow 1 \text{ y } f_2(kh) \rightarrow 0 \text{ cuando } kh \rightarrow \infty \quad (29 a)$$

para recuperar la expresión del modelo de Stokes en aguas profundas e intermedias, mientras que en aguas someras se requiere que:

$$f_1(kh) = O[(kh)^5] \text{ y } f_2(kh) \rightarrow 1 \text{ cuando } kh \rightarrow 0 \quad (29 \text{ b})$$

para evitar la singularidad en D , de orden $O[(kh)^{-4}]$.

Por otro lado, la expresión de Hedges (1976) se obtiene haciendo $f_1 = 0$ y $f_2 = 1$ para cualquier valor de kh .

Con base en las exigencias anteriores, Kirby & Dalrymple (1986b) escogieron los valores de f_1 y f_2 como:

$$f_1(kh) = \tanh^5(kh) \quad (30)$$

$$f_2(kh) = \left[\frac{kh}{\sinh(kh)} \right]^4 \quad (31)$$

La relación propuesta concuerda adecuadamente con ambas relaciones; la de Stokes en aguas profundas y la de Hedges, (1976) en aguas someras. La variación de la relación de dispersión $\frac{\sigma^2}{gk}$:

$$\frac{\sigma^2}{gk} = \frac{\frac{\sigma}{k}}{\frac{g}{\sigma}} = \frac{c}{c_0} \quad (32)$$

En función de kh para diferentes valores de ε , siendo c la celeridad de la ola y c_0 la celeridad en aguas profundas.

Con el fin de incluir efectos no lineales en la propagación de componentes de energía de un estado de mar, Kirby et al. (1994) propone modificar las relaciones de dispersión aplicadas en ondas monocromáticas (Hedges, ecuación (27a) y modelo híbrido, ecuación (28)). Esta modificación se fundamenta en que los efectos no lineales incrementan su importancia cuando la rotura del oleaje es fuerte.

Dado que la altura de ola significativa H_s , es importante dentro de los modelos de rotura como se verá más adelante, ésta ha sido incluida en las modificaciones en las relaciones de dispersión.

El modelo Oluca-SP permite las siguientes opciones de ecuaciones de dispersión, para una frecuencia dada j :

$$\sigma_j^2 = gk_j(1 + \varepsilon_j^2 D_j) \tanh(k_j h) \quad \text{Stokes sin modificar} \quad (33)$$

$$\sigma_j^2 = gk_j \tanh(k_j h + \varepsilon_s) \quad \text{Hedges modificado} \quad (34)$$

$$\sigma_j^2 = gk_j (1 + f_{1j} \varepsilon_j^2 D_j) \tanh(k_j h + f_{2j} \varepsilon_s) \quad \text{Modelo híbrido modificado, Kirby} \quad (35)$$

donde:

$$\begin{aligned} \varepsilon_j &= k_j |A|_{jl} \\ \varepsilon_s &= k_j H_s / 2 \end{aligned} \quad (36)$$

siendo h la profundidad en un punto dado del dominio, y D_j , f_{1j} y f_{2j} los mismos definidos anteriormente, para una frecuencia j . De estas opciones la (35) cubre un mayor rango de profundidades de agua.

3.2.6.2. Modificación del modelo lineal, incluyendo un término en $|A^2|A$

Las ecuaciones parabólicas de Booij (1981) y Radder (1979) son ecuaciones basadas en la ecuación lineal de Berkhoff (1972) y, como tales, no son capaces de reproducir efectos no lineales dependientes de la amplitud de la ola. Los modelos lineales tienden, en general, a calcular por exceso las amplitudes de ola en las proximidades de zonas de concentración de olas y formación de cáusticos, donde el peralte aumenta rápidamente y los efectos no lineales llegan a ser importantes. Esta tendencia puede observarse en la verificación realizada por Berkhoff, Booij & Radder (1982).

Por esta razón, Kirby & Dalrymple (1983a) derivaron una ecuación parabólica para la propagación de ondas ligeramente no lineales "weakly-nonlinear waves" empleando un método de perturbación multiescalar. El desarrollo formal, que puede encontrarse en Kirby & Dalrymple (1983a), utiliza un desarrollo del tipo WKB (Wentzel-Kramers-Brillouin) para el potencial de onda en el contexto de la teoría de Stokes, muy similar al utilizado por Yue & Mei (1980) para el caso de profundidad constante.

La aproximación parabólica que obtuvieron para la amplitud fue:

$$2ikc_g \frac{\partial A}{\partial x} + 2k(k - \bar{k})c_g A + i \frac{\partial(kc_g)}{\partial x} A + \frac{\partial}{\partial y} c_g \frac{\partial A}{\partial y} - kc_g K' |A|^2 A = 0 \quad (37)$$

con $k' = k^3 \frac{c}{c_g} D$, D definido como en (24) y A una función compleja de la amplitud.

Esta ecuación es igual que la de Radder (1979) (sustituyendo $\phi = i \frac{g}{\sigma} A e^{i\bar{k}x}$) excepto por el término no lineal:

$$- kc_g k' |A|^2 A$$

La aproximación realizada para incluir la no linealidad, utilizada en los modelos monocromático Oluca-RD y espectral Oluca-SP, fue objeto de una posterior verificación y sus resultados fueron ampliamente satisfactorios, Kirby & Dalrymple (1984). Un inconveniente que debe considerarse es que en aguas poco profundas la aproximación de Stokes de orden superior a uno no es utilizable ya que el término D no converge, independientemente de su falta de validez desde un punto de vista físico. Sin embargo, esta limitación se soluciona parcialmente con la relación de dispersión empírica (35).

3.2.7. Clima de Oleaje

El proceso de discretización del espectro bidimensional, permite definir componentes de energía a las cuales se les asocia una amplitud compleja A_{jl} , con una frecuencia f_j y un ángulo de incidencia θ_l . Para determinar las pérdidas de energía asociadas a la rotura del oleaje (ver detalles en la siguiente sección), es necesario definir en cada punto del dominio una altura de ola estadística (altura de ola significativa, H_s o altura media cuadrática H_{rms}). Asumiendo una distribución de alturas de ola de Rayleigh y utilizando la información de las componentes espectrales en cada punto (x, y) del dominio, la altura de ola significativa se puede estimar como:

$$H_s(x, y) = \left(8 \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}(x, y)|^2 \right)^{1/2} \quad (38)$$

y la altura de ola media cuadrática H_{rms} , como:

$$\sqrt{2} H_{rms}(x, y) = H_s(x, y) \quad (39)$$

También en cada punto (x, y) del dominio se puede definir el espectro frecuencial $E(f)$, como:

$$E(f_j) = \frac{\sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}(x, y)|^2}{2(\Delta f_j)} \quad (40)$$

Donde $j = 1, \dots, N_f$ y $\Delta f_j =$ ancho de incremento frecuencial para f_j .

Al objeto de definir el espectro bidimensional en un punto (x, y) del dominio, el espectro direccional se define dividiendo en 37 rangos de 5° entre $[\theta = -92.5^\circ$ y $\theta = 92.5^\circ]$. Para cada frecuencia, las componentes propagadas poseen un ángulo el cual se ubica en alguno de los 37 rangos direccionales. Posteriormente, la energía es sumada para cada uno de los rangos. El espectro direccional se obtiene como:

$$S(f_j, \theta_k) = \frac{\sum_{l=1}^{z_{jk}} |A_{jl}(x, y)|^2}{2\Delta f_j \Delta \theta} \quad (41)$$

Donde $k = 1, \dots, 37$; $\Delta \theta = 5^\circ$; z_{jk} = número de componentes en la frecuencia j que se encuentran en el rango k de dirección.

La superficie libre $\eta(x, y)$, se puede obtener a partir del método de las fases aleatorias, tal como se muestra a continuación:

$$\eta(x, y) = \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} \eta_{jl}(x, y) \quad (41 \text{ a})$$

$$\eta(x, y) = \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}(x, y)| \sin(k_j x \cos \theta_{jl} + k_j y \sin \theta_{jl} + \varepsilon_{jl}) \quad (41 \text{ b})$$

donde ε_{jl} es una fase aleatoria.

3.2.8. Modelado de la disipación de energía

En muchos casos, la simulación realista de la propagación de oleaje requiere la inclusión de efectos de disipación de energía, que introducen una ligera no linealidad. La presencia localizada de disipación de energía en el fondo o en algún punto de la columna de agua provoca la difracción del oleaje, así como su atenuación.



La inclusión de un término de disipación de energía en una ecuación de propagación fue estudiada por Skovgaard, Jonsson & Bertelsen (1975), quienes presentaron un modelo de disipación por fricción de fondo. Siguiendo esta idea, Booij (1981) y posteriormente Dalrymple, Kirby & Hwang (1984) desarrollaron modelos parabólicos incluyendo dicho término de disipación.

Dalrymple, Kirby & Hwang (1984), siguiendo el método empleado por Booij (1981), introdujeron un factor de disipación g en la ecuación de Berkhoff (1972):

$$\bar{\nabla} (c c_g \bar{\nabla} \phi) + (k^2 c c_g + i \sigma \gamma) \phi = 0 \quad (42)$$

Siguiendo el razonamiento para la obtención de la ecuación parabólica de Radder (1979), separando las componentes incidente y reflejada, se llega a una ecuación parabólica con el término de disipación semejante al de (20):

$$+ \frac{\gamma_j}{2} A_{jI} \quad (43)$$

donde γ , es la disipación de la energía para la componente j , dividida por la energía (sus unidades son tiempo⁻¹). Adopta diferentes expresiones dependiendo del origen de la disipación de energía. A continuación, se muestran algunos modelos de disipación por superficie, fondo y rotura del oleaje:

3.2.8.1. Capa límite laminar en superficie y fondo

En la superficie libre del agua y en el fondo, se forman sendas capas límite debidas a la acción de la viscosidad. En las superficies contaminadas (con origen natural o no), en las que se forma una película superficial, se produce un importante amortiguamiento del oleaje. Este amortiguamiento depende del valor de la viscosidad del fluido y su valor es, según Phillips (1966):

$$\begin{aligned}\gamma_j = \gamma_{sj} + \gamma_{fj} &= \frac{\sigma_j k_j \sqrt{\frac{\nu}{2\sigma_j}} (1-i)}{\tanh(k_j h)} + \frac{2\sigma_j k_j \sqrt{\frac{\nu}{2\sigma_j}} (1-i)}{\sinh(k_j h)} = \\ &= \frac{2\sigma_j k_j \sqrt{\frac{\nu}{2\sigma_j}} (1 + \cosh^2(k_j h))}{\sinh(2k_j h)} (1-i)\end{aligned}\quad (44)$$

Donde $\nu = 1.3 \cdot 10^{-6} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ es la viscosidad cinemática y $\nu/2\sigma_j$ representa el espesor de la capa límite.

3.2.8.2. Capa límite turbulenta en el fondo

En el campo, las condiciones de oleaje son tales que la capa límite en el fondo es siempre turbulenta. En este caso, la disipación de energía se puede obtener utilizando el coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach, f . Dean and Dalrymple (1984) demostraron que la disipación de energía para esta capa límite, viene dada por la expresión:

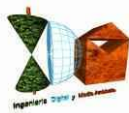
$$\gamma_j = \frac{2\sigma_j f k_j |A_{jl}| (1-i)}{3\pi \sinh(2k_j h) \sinh(k_j h)} \quad (45)$$

con $f = 4 f_\omega$, donde $f_\omega = 0.01$ (f_ω es el coeficiente de Darcy-Weisbach para olas).

3.2.8.3. Fondos porosos de arena

La mayoría de los fondos son porosos y el oleaje induce un flujo en el interior del lecho. El resultado es un amortiguamiento debido al flujo de Darcy en la arena. Para lechos caracterizados por un coeficiente de permeabilidad dado, C_p , se puede demostrar que el amortiguamiento viene dado por:

$$\gamma_j = \frac{g k_j C_p (1-i)}{\cosh^2(k_j h)} \quad (46)$$



El coeficiente de permeabilidad, C_p , tiene unidades de (m^2) y es del orden de $4.5 \cdot 10^{-11} m^2$. Liu and Dalrymple (1984), demostraron que, para arenas muy permeables, la amortiguación está en relación inversa con C_p y que, por lo tanto, debe utilizarse una expresión diferente para γ . Sin embargo, este caso no se suele dar en la naturaleza.

3.2.8.4. Rotura del oleaje

Sin duda, la rotura del oleaje es uno de los fenómenos más significativos de la hidrodinámica costera ya que afecta a diferentes procesos costeros naturales tales como las corrientes litorales y el transporte de sedimentos. La rotura del oleaje, que principalmente se produce en la zona de "surf" al disminuir el calado; también puede producirse en aguas más profundas por peraltamiento de la ola, siendo un fenómeno altamente no lineal y disipativo.

El análisis de la rotura del oleaje es fundamental para un modelo de propagación en zonas costeras y debe servir para determinar la pérdida de energía sufrida. En general, los modelos de disipación del oleaje en rotura pueden clasificarse en dos categorías:

- modelos de disipación asociado a la propagación de bores;
- modelos que determinan la variación espacial de la energía de las olas o de la "acción de onda".

El modelo Oluca-SP permite seleccionar entre tres modelos, dos de la primera categoría (Battjes y Janssen, 1978 y Thornton y Guza, 1983) y otro de la segunda categoría (Winyu y Tomoya, 1998).

Cuando el oleaje se aproxima a profundidades reducidas cercanas a la zona de rotura, domina fundamentalmente el asomeramiento y la refracción debido al contorno del fondo. Se incrementan las velocidades y se genera disipación debido principalmente a la fricción del fondo y percolación.

Dadas las características aleatorias del oleaje en un estado de mar (diferentes amplitudes, períodos y fases), no existe un punto de rotura, sino una zona de rotura donde en cada punto existen olas rotas y no rotas, siendo la turbulencia el principal mecanismo de disipación. Con lo cual, el proceso de disipación de energía del oleaje asociado a un porcentaje de olas rompiendo en una profundidad dada, se encuentra ligado a las propiedades estadísticas del estado de mar en dicho punto (altura de ola significativa, H_s o altura de ola cuadrática media H_{rms}).

El Oluca-SP resuelve numéricamente el sistema mediante avances espaciales en el dominio, en cada paso, propaga todas las componentes de energía, las cuales recompone linealmente para obtener H_s o H_{rms} (asociadas a un estado de mar). Siendo esta información estadística, la que se emplea como entrada al modelo de disipación de energía debido a la rotura. El Oluca-SP aplica una aproximación espectral al proceso de rotura del oleaje sin considerar la rotura individual de las componentes propagadas.

Si consideramos un modelo lineal de asomeramiento para una componente de ola de frecuencia j y dirección l (Chawla et al., 1998), tenemos:

$$C_{gj} \frac{\partial A_{jl}}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial C_{gj}}{\partial x} A_{jl} = 0 \quad (47)$$

Si incluimos un término de amortiguamiento con el fin de simular la rotura de dicha ola, se obtiene la siguiente ecuación de evolución:

$$C_{gj} \frac{\partial A_{jl}}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial C_{gj}}{\partial x} A_{jl} = -\alpha A_{jl} \quad (48)$$

obteniéndose la siguiente ecuación de energía:

$$\frac{\partial \left(C_{gj} |A_{jl}|^2 \right)}{\partial x} = -2\alpha |A_{jl}|^2 \quad (49)$$

Sumando componentes a lo largo de las frecuencias y direcciones, obtenemos:

$$\frac{\partial \left(\sum_{j=1}^{N_f} C_{gj} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 \right)}{\partial x} = -2\alpha \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 \quad (50)$$

Definiendo a partir de una distribución de altura de olas de Rayleigh, la altura de ola media cuadrática H_{rms} :

$$H_{rms}^2 = 4 \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 \quad (51)$$

Sustituyendo (51) en (50), obtenemos:

$$\frac{\partial \left(\sum_{j=1}^{N_f} C_{gj} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 \right)}{\partial x} = -\frac{1}{2} \alpha H_{rms}^2 \quad (52)$$

Por otro lado, como se verá más adelante, tanto los modelos de disipación de energía para ondas monocromáticas, como los modelos de oleaje, plantean un balance de flujo de energía de la siguiente forma:

$$\frac{\partial EC_g}{\partial x} = -\bar{D} \quad (53)$$

Donde D es la tasa media temporal de disipación de energía por unidad de área, debido a la rotura del oleaje, y EC_g el flujo de energía expresado como:

$$EC_g = \frac{1}{2} \rho g \sum_{j=1}^{N_f} C_{gj} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 \quad (54)$$

Sustituyendo (54) en (53) y luego ésta en (52), se obtiene la siguiente relación:

$$\alpha = \frac{4\bar{D}}{\rho g H_{rms}^2} \quad (55)$$



Los modelos de disipación de energía del tipo (53), pueden ser incluidos dentro de las ecuaciones del modelo parabólico mediante el término αA_{jl} en (20), aplicando la expresión de α definida en (55).

3.2.8.5. Modelo de disipación de Battjes y Janssen, 1978 (MBJ)

Este modelo predice la transformación de la altura de ola media cuadrática H_{rms} debido a la disipación por rotura del oleaje. Se fundamenta en la hipótesis que la distribución de las alturas de ola, asociada a un H_{rms} , son del tipo Rayleigh. Dicha distribución de alturas de ola es truncada, a partir de una altura de ola máxima que permite una profundidad dada. Esta energía truncada permite calcular la tasa de energía media a ser disipada, \bar{D} .

Dentro de este modelo deben distinguirse dos aspectos: La tasa de disipación por rotura de una sola onda independiente, y la probabilidad de ocurrencia de olas rompiendo de un estado de mar, en una profundidad dada. En cuanto a la primera, tal como lo plantean muchos autores (por ejemplo, Stoker, 1957; Le Méhauté, 1962; Battjes et al., 1978), la energía disipada en el proceso de rotura de una onda se asocia a la energía disipada por un “bore” en flujo uniforme. Esto permite definir una relación del orden de magnitud de la tasa de disipación de energía por unidad de área D :

$$D \approx 1/4 f \rho g \frac{H_b^3}{h_b} \quad (56)$$

Donde f es la frecuencia de la onda, ρ la densidad de masa del agua, g la aceleración de la gravedad, H_b la altura de ola (cresta-seno) cuando rompe y h_b la profundidad donde rompe la onda.

En cuanto al segundo aspecto, dado que la anterior tasa de disipación se aplica para una onda monocromática, su extensión a un oleaje (escrito como D) debe tener en cuenta la aleatoriedad de las olas y el hecho de que no todas las olas que pasan por un punto rompen.



Por lo tanto, el modelo MBJ asume como hipótesis que:

1. La frecuencia de pico asociada al espectro de energía de entrada f_p , se usa como frecuencia f en (56). Lo que presupone que la disipación es independiente de la frecuencia.
2. H_b es la máxima altura de onda monocromática que pasa sin romper, en un punto con profundidad, h_b . El MBJ aplica una expresión del tipo Miche (1954) para definir (H_b/h_b) , como se verá más adelante.
3. $H_b/h_b \sim 0$ (1) en la zona de rompientes.
4. La distribución de alturas de ola en la zona de rotura, se asume del tipo Rayleigh. Ésta al ser truncada para $H > H_b$ permite definir una expresión para la fracción de olas rotas Q_b , en una determinada profundidad.
5. Todas las olas rotas tienen una altura de ola igual a H_b .
6. Solo se considera el balance de flujo de energía en la dirección x (53).
7. No tiene en cuenta la recomposición de olas en perfiles con barras.

Con lo cual, la tasa de disipación media de un oleaje D se plantea como:

$$\bar{D} = \frac{\alpha_1}{4} Q_b f_p \rho g H_b^2 \quad (57)$$

Donde α_1 es una constante de orden uno. Si no tenemos en cuenta en (57) Q_b , ésta sería la disipación de una onda de altura H_b . Cuando se incluye Q_b (Q_b = número de olas rotas en un punto / número de olas totales), estamos obteniendo la disipación total dividida entre todas las componentes, con lo cual, \bar{D} es una disipación media asociada a cada una de las componentes del oleaje.

3.2.8.6. Altura de ola de rotura, H_b

El MBJ aplica el modelo de Miche (1954), con una ligera modificación al incluir el parámetro de rotura γ :

$$H_b = 0.88 k_p^{-1} \tanh \left(\frac{\gamma k_p h}{0.88} \right) \quad (58)$$

Donde k_p es el número de onda definido a partir de la relación de dispersión lineal, con la frecuencia pico inicial (f_p), h es la profundidad local del agua y g la relación de altura de ola y profundidad del agua ($\gamma = H_b/h$). Obsérvese en (58) que para profundidades muy reducidas (h pequeño, $H_b \sim \gamma h$).

Battjes y Stive (1985) utilizando datos de campo y ensayos de laboratorio de pequeña y gran escala, calibraron el parámetro g en (58) que mejor ajustaba D , para esto fijaron $\alpha_1 = 1$ en (57). La expresión que obtuvieron fue la siguiente:

$$\gamma = aa1 + bb1 \tanh(33S_o) \quad (59)$$

Nairn (1990) incluye una serie de datos de bajo peralte de ola, medidos en Leadbetter beach, California, obteniendo el siguiente ajuste:

$$\gamma = 0.39 + 0.56 \tanh(33S_o) \quad (60)$$

En el capítulo 5 de validación del Oluca-SP, se prueban estas dos expresiones, obteniéndose resultados muy similares. A partir de estas pruebas, se ha dejado (60) como fija dentro del modelo.

3.2.8.7. Fracción local de olas rotas, Q_b

Tal y como se ha indicado dijo anteriormente, el MBJ asume que la función de probabilidad de distribución de altura de olas (rotas o no rotas) en un punto dado, es del tipo Rayleigh. En aguas reducidas, la distribución de Rayleigh se trunca para $H > H_b$, siendo necesario asumir una distribución de probabilidad de la energía de olas rotas. Battjes y Janssen asumen como hipótesis que todas las olas rotas tienen una altura de ola igual a H_b , pero con una función delta en H_b que representa las olas rotas. Con esta hipótesis puede ser demostrado que la probabilidad de ocurrencia de olas rotas, Q_b , está relacionada con H_{rms} y H_b (ver detalles en Battjes y Janssen, 1978), obteniéndose la siguiente expresión:

$$\frac{1 - Q_b}{-\ln Q_b} = \left(\frac{H_{rms}}{H_b} \right)^2 \quad (61)$$

Q_b puede ser resuelta en esta relación aplicando el método Newton-Raphson. En (61) cuando el oleaje representado por H_{rms} es muy pequeño con respecto a la altura de ola máxima local H_b , entonces $Q_b \sim 0$ lo que indica que no hay olas rompiendo, caso que ocurre en grandes profundidades. Si por el contrario nos acercamos a profundidades muy reducidas, H_b es pequeño frente a H_{rms} , y entonces $Q_b \sim 1$, lo que significa que todas las olas rompen.

A efectos prácticos, sustituyendo (61) en (57), es posible sustituir H_b por H_{rms} , obteniéndose la siguiente expresión:

$$\bar{D} = \frac{\alpha_1}{4} f_p \rho g H_{rms}^2 \left(\frac{-\ln Q_b}{1 - Q_b} \right) Q_b \quad (62)$$

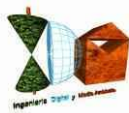
De nuevo si sustituimos esta expresión en (55), obtenemos el coeficiente α de fricción que aplica el modelo parabólico, para cada una de las componentes de energía propagadas con (20), donde la expresión α es:

$$\alpha = \alpha_1 f_p \left[\frac{-\ln Q_b}{1 - Q_b} \right] Q_b \quad (63)$$

Al ser $\alpha \neq f(f)$, implica que todas las componentes disipan por igual, hipótesis que se hace dado que el modelo no incluye interacción onda-onda. Algunos autores como (Kaihatu et al., 1995 y Kirby et al., 1996), han propuesto relaciones de α como una función de la frecuencia al cuadrado, con el fin de incluir la interacción onda-onda. Dado que estas relaciones no han sido debidamente contrastadas, no han sido incluidas dentro del modelo.

El proceso de cálculo de la disipación es el siguiente:

1. Dada la frecuencia pico f_p y una profundidad local, se determina H_b de (58).
2. Con H_{rms} recompuesta a partir de las componentes de energía aplicando (38) y (39) y H_b , se obtiene la fracción de olas rotas Q_b en (61).



3. Se calcula a de (63) y se reincorpora dentro del modelo parabólico (20), con el cual se propagan cada una de las componentes del espectro.

Junto a las hipótesis planteadas anteriormente, es necesario incluir algunas hipótesis que se asumieron al incorporar este modelo en el OLUCA-SP:

1. El Oluca-SP asume que el coeficiente α en (63) es constante para todas las frecuencias de las componentes de energía, debido a que el modelo Oluca-SP es lineal y no incluye la interacción onda-onda.
2. El Oluca-SP está orientado a la propagación de oleajes “swell”, dado que no se ha modificado el MBJ para tener en cuenta efectos direccionales, únicamente se considera el cambio de flujo de energía en la dirección principal de propagación x .
3. El MBJ no tiene en cuenta la recomposición de las olas en zonas posteriores a barras, sin embargo, en la práctica, un incremento en la profundidad del agua causa que la disipación decrezca.

3.2.8.8. Modelo de disipación Thornton y Guza (1983) (MTG)

Este modelo es similar al MBJ, se fundamenta en la similitud de la disipación de energía debido a la rotura del oleaje con la disipación de un “bore”, y en que la distribución de alturas de ola en un punto es del tipo Rayleigh.

El MTG aplica una relación de D similar a la (56), la cual aplicada a una onda monocromática, aparece como:

$$D \approx \frac{1}{4} f \rho g \frac{(BH)^3}{h} \quad (64)$$

donde B es un parámetro del 0(1) asociado al tipo de rotura ($B \sim 1$ la rotura es similar a la disipación del “Bore”, $B < 1$ rotura en Spilling, y $B > 1$ rotura en voluta).



La extensión de esta relación de una onda monocromática a la disipación media por rotura en un oleaje aleatorio (D), supone las siguientes hipótesis:

1. La frecuencia en (64) es la asociada a f_p , asumiendo de nuevo que la disipación media de todas las componentes en un punto dado, es constante.
2. La distribución de alturas de ola en la zona de rotura es del tipo Rayleigh.
3. A diferencia del MBJ, este modelo propone una función empírica de distribución de alturas de olas rotas $P_b(H)$, la cual depende de H_{rms} , h y $\gamma=0.42$ (ver detalles en Thornton y Guza, 1983). Esta función permite definir una rotura y disipación diferente para cada componente (no todas las olas grandes están rompiendo como ocurría con el MBJ para $H > H_b$) y por otro lado, no es necesario definir una altura de ola máxima de rotura H_b .
4. Solo considera balance de flujo de energía en la dirección x (53).
5. No tiene en cuenta la recomposición de olas cuando aumenta la profundidad en la dirección de la propagación.

La expresión para (D) del MTG es:

$$\bar{D} = \frac{B^3}{4h} \rho g f_p \int_0^\infty H^3 P_b(H) dH \quad (65)$$

Desarrollando matemáticamente esta expresión, se obtiene:

$$\bar{D} = \frac{3\sqrt{\pi}}{16} \rho g \frac{B^3 f_p}{\gamma^4 h^5} H_{rms}^7 \quad (66)$$

Stive (1984) afirma que la disipación similar al bore subestima la disipación por rotura entre un 30% y 50%, y recomienda para ensayos de laboratorio $B=0.8$ y campo $B=1.5$. Posteriormente, Mase y Kirby (1992), recomiendan para las constantes B y γ valores de 1 y 0.6 respectivamente. A partir de las pruebas del modelo en el capítulo 5, se concluyó que $B = 1.0$ y $\gamma = 0.6$ representan bastante bien la propagación en laboratorio y campo. Sustituyendo (66) en (55), se obtiene el parámetro de disipación α aplicado en (20):

$$\alpha = \frac{3\sqrt{\pi}}{4} \frac{f_p B^3}{\gamma^4 h^5} H_{rms}^5 \quad (67)$$

Al igual que la implementación del MBJ en el Oluca-SP, el MTG asume las mismas tres hipótesis anteriormente expuestas.

3.2.8.9. Modelo de disipación de Winyu y Tomoya (1998) (MWT)

Este modelo a diferencia de los anteriores, no asume disipación de energía por rotura similar a la del “bore”. El MWT asume un modelo de disipación similar al de Dally (1992), donde D es proporcional a la diferencia entre el flujo de energía local de una ola rompiendo y el flujo de energía estable. La diferencia es que el MWT no aplica la disipación propagando ola a ola, dado que computacionalmente es inviable, en este modelo incorporan la fracción de olas rotas Q_b (la misma de Battjes et al., 1978).

La expresión para la disipación media de energía debido a la rotura del oleaje D se expresa como:

$$\bar{D} = \frac{K_5 Q_b C_p}{h} [E_m - E_s] \quad (68)$$

donde:

$$E_m = \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 \quad (69)$$

$$E_s = \frac{1}{8} \rho g H_e^2 = \frac{1}{8} \rho g (\Gamma_e h)^2 \quad (70)$$

K_5 es una constante proporcional, C_p es la velocidad de fase asociada a la frecuencia pico f_p del espectro, h es la profundidad local del agua, E_m es el flujo medio de energía local, E_s es el flujo medio de energía estable, H_e es la altura de ola estable y Γ_e es el factor de estabilidad de ola para oleaje irregular.

Reemplazando (69) y (70) en (68), se obtiene la siguiente expresión:

$$\bar{D} = \frac{K_5 Q_b C_p \rho g}{8h} \left[H_{rms}^2 - (\Gamma_e h)^2 \right] \quad (71)$$

Donde el factor Γ_e es definido de forma empírica, como:

$$\Gamma_e = \exp \left[K_6 \left(-0.36 - 1.25 \frac{h}{\sqrt{L_p H_{rms}}} \right) \right] \quad (72)$$

K_6 es un coeficiente de ajuste, L_p es la longitud de onda asociada a la frecuencia pico f_p . Los límites para Γ_e se definen como: ($\Gamma_e = 0.02$ para $\frac{h}{\sqrt{L_p H_{rms}}} > 1,6$ y $\Gamma_e = 0,52$ para $\frac{h}{\sqrt{L_p H_{rms}}} < 0,04$).

La fracción de olas rotas Q_b se define como en (61), pero la altura de ola de rotura H_b es calculada aplicando el criterio de rotura de Goda (1970):

$$H_b = K_7 L_o \left\{ 1 - \exp \left[-1.5 \frac{\pi h}{L_o} (1 + 15m^{4/3}) \right] \right\} \quad (73)$$

Donde K_7 es un coeficiente de ajuste, L_o es la longitud de onda en profundidades indefinidas y asociada a f_p , y m la pendiente del fondo.

Winyu y Tomoya (1998) calibraron el modelo para determinar los valores óptimos K_5 , K_6 y K_7 . La calibración fue llevada a cabo con datos de 128 experimentos de gran escala del SUPERTANK (Kraus y Smith, 1994). Las pruebas indicaron que $K_5 = 0.10$, $K_6 = 1.60$ y $K_7 = 0.10$ dan un buen ajuste entre las alturas de ola media cuadráticas medidas y calculadas. El modelo se verificó con éxito en modelos de pequeña escala (Smith y Kraus, 1990), datos de campo del proyecto DELILAH (Smith et al., 1993), datos de campo de Thornton y Guza (1986) y las pruebas realizadas que se detallarán más adelante en el apartado de comprobaciones sobre el modelo Oluca SP.

En cuanto a su implementación dentro del Oluca-SP, se asumieron las mismas hipótesis de los modelos previos. Reemplazando (71) en (55) se obtiene la expresión de α en (20), como:

$$\alpha = \frac{K_5 C_p Q_b}{2h} \left[1 - \left\{ \frac{\Gamma_\epsilon h}{H_{rms}} \right\}^2 \right] \quad (74)$$

3.2.8.10. Zonas de tierra

Las grandes islas que cortan la superficie libre y las costas que puedan tener zonas de rotura se tratan mediante la técnica de la “película delgada” de Dalrymple, Kirby y Mann (1984). Este procedimiento permite el cálculo sencillo de las alturas de ola alrededor de islas de forma arbitraria, reemplazando las islas por bajos extremadamente someros (1 mm). La rutina de disipación reduce las alturas de ola sobre el bajo a menos de un milímetro, de manera que la energía que pasa por encima del bajo para las distintas componentes de energía resulta despreciable. De esta manera, el Oluca-SP no distingue desde el punto de vista computacional las islas de las áreas de mayor profundidad, obteniéndose sin embargo como resultado la influencia de la isla sobre el oleaje.

3.2.9. Tensores de radiación debido al oleaje irregular

Los tensores de radiación debida a un oleaje irregular se calculan con base en los tensores que generan cada una de las componentes de energía. Dichas componentes se propagan a un ángulo θ con el eje x y la suma lineal de todas éstas en un punto del dominio, determinaron las siguientes expresiones de tensores de radiación:

$$S_{xx}(x, y) = \frac{I}{2} \rho g \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 \left[n_j (1 + \cos^2 \theta_{jl}) - \frac{I}{2} \right] \quad (75)$$

$$S_{yy}(x, y) = \frac{I}{2} \rho g \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 \left[n_j (1 + \sin^2 \theta_{jl}) - \frac{I}{2} \right] \quad (76)$$

$$S_{xy}(x, y) = \frac{1}{4} \rho g \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 n_j \sin(2\theta_{jl}) \quad (77)$$

Donde S_{xx} es el tensor de radiación actuando en el plano x a lo largo del eje x ; S_{yy} es el tensor de radiación actuando en el plano y a lo largo del eje y ; S_{xy} es el tensor de radiación actuando sobre el plano y a lo largo del eje x (por simetría $S_{xy} = S_{yx}$); n_j es la relación de la velocidad de grupo C_{gj} con respecto a la velocidad de fase C_j de la componente frecuencial j ; n_j es dada en términos del número de onda K_j y la profundidad local de agua h , como:

$$n_j = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2K_j h}{\sinh(2k_j h)} \right) \quad (78)$$

Con el fin de definir un ángulo medio q del espectro en cada punto (x, y) del dominio, el Oluca-SP estima q con base en la dirección media del tensor S_{xy} calculado con (77), la frecuencia pico y la altura de ola significativa en el punto. El ángulo θ se define como:

$$\bar{\theta} = \frac{1}{2} \arcsen \left(\frac{2S_{xy}}{E n_p} \right) \quad (79)$$

Donde n_p está asociada a la frecuencia pico f_p . Asumiendo una distribución de alturas de ola de Rayleigh, la altura de ola significativa H_s y la energía del oleaje se definen como:

$$H_s^2 = 8 \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 = 2H_{rms}^2 \quad (80)$$

$$E = \frac{1}{2} \rho g \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{l=1}^{N_\theta} |A_{jl}|^2 \quad (81)$$

Reemplazando (80) en (81) se encuentra que:

$$E = \frac{1}{16} \rho g H_s^2 = \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 \quad (82)$$

Que al sustituir esta expresión en (79), se obtiene la relación θ que calcula el Oluca-SP:

$$\bar{\theta}(x, y) = \frac{1}{2} \arcsen \left[\frac{32 S_{xy}}{\rho g H_s^2 n_p} \right] \quad (83)$$

3.2.10. Espectro bidimensional de entrada

El oleaje asociado a un estado de mar se define a partir de un espectro bidimensional (S), el cual se localiza en el contorno exterior del dominio (mar adentro), dicho espectro se compone de un espectro frecuencial (E) y una función de dispersión dirección (D), tal como se muestra a continuación:

$$S(f, \theta) = E(f, h) \cdot D(\theta) \quad (84)$$

3.2.10.1. Espectro frecuencial TMA (Bouws et al., 1985)

El modelo Oluca-SP permite dos maneras de definir el espectro frecuencial, una mediante la lectura de un archivo externo, y otra a partir de un espectro TMA (Texel Marsen Arsloe). El espectro TMA (E_{TMA}) se aplica en zonas cercanas a la costa donde las profundidades son relativamente poco profundas y las olas son afectadas por el fondo, se define a partir de un espectro JONSWAP (E_{JON}), el cual es modificado por una función adimensional de la profundidad F_k (Hughes, 1984), siendo su expresión como se muestra a continuación:

$$E_{TMA}(f, h) = E_{JON}(f) \cdot \Phi_k(\omega_h) \quad (85)$$

con:

$$E_{JON}(f) = E_p(f) \phi_{pm} \left(\frac{f}{f_p} \right) \phi_j(f, f_p, \gamma, \sigma) \quad (86)$$

$$E_p = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5}$$

$$\phi_{pm} = \exp \left[\frac{-5}{4} \left(\frac{f}{f_p} \right)^{-4} \right]$$

$$\phi_j = \exp \left[\ln(\gamma) \exp \left(-\frac{(f - f_p)^2}{2\sigma^2 f_p^2} \right) \right]$$

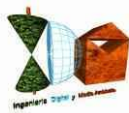
$$\sigma = \begin{cases} 0.07 & f \leq f_p \\ 0.09 & f > f_p \end{cases}$$

$$\Phi_k = \begin{cases} 0.5\omega_h^2 & \omega_h \leq 1 \\ 1.0 & \omega_h \geq 2 \\ 1 - 0.5(2 - \omega_h)^2 & 1 < \omega_h < 2 \end{cases} \quad (87)$$

donde f es la frecuencia (Hz), f_p la frecuencia pico, g es la aceleración de la gravedad, α la constante de Phillips, que se escala para obtener la altura de ola media cuadrática, γ es un factor que define la anchura del espectro ($\gamma \sim 10$ para oleajes Swell; $\gamma = 2 \sim 4$ oleajes sea), y ω_h es la frecuencia angular normalizada por la profundidad de agua h , y definida como:

$$\omega_h = 2\pi f \left(\frac{h}{g} \right)^{1/2} \quad (88)$$

La condición $\omega_h \geq 2$ en (87), convierte el espectro TMA en un espectro JONSWAP, condición que se presenta en profundidades indefinidas.



3.2.10.2. Función de dispersión direccional normalizada (Borgman, 1984)

La distribución angular de ondas individuales de un espectro en el Oluca-SP, se describe a partir de la siguiente función:

$$G(\theta) = \frac{1}{2\pi} + \frac{1}{\pi} \sum_{j=1}^J \left\{ \exp \left[-\frac{(j\sigma_m)^2}{2} \right] \cos j(\theta - \theta_m) \right\} \quad (89)$$

Donde θ_m es la dirección media del oleaje, J un número arbitrario de armónicos para representar la serie de Fourier (valor seleccionado en el Oluca-SP $J = 100$) y σ_m el parámetro que determina el ancho de la dispersión direccional. Esta expresión que ha sido aplicada con buenos resultados por diferentes autores (Vicent et al., 1989; Panchang et al., 1990, Pae et al., 1992; Chawla et al., 1998).

3.2.10.3. Parámetros de entrada al espectro bidimensional

Espectro TMA:

h = profundidad (m)

H_s = altura de ola significativa (m)

f_p = frecuencia pico (Hz)

γ = factor de ensanchamiento del pico.

Función de dispersión direccional:

θ_m = dirección media del oleaje (grados),

σ_m = ancho del espectro (grados).



3.2.11. Hipótesis del modelo de propagación

1. Fluido

- No viscoso
- Incompresible
- Densidad constante

2. Flujo

- Irrotacional
- Estacionario

3. Dinámicas

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

4. Contornos

- Fondo de pendiente suave:

El desarrollo matemático de las ecuaciones del modelo, se plantean con la hipótesis de que las variaciones del fondo con las coordenadas horizontales, son pequeñas en comparación con la longitud de onda. Para el modelo lineal, Berkhoff (1982) realizó una comparación entre un modelo numérico exacto y el de la ecuación de pendiente suave para ondas propagándose sobre una playa. Encontró que hasta pendientes del fondo de 1:3 el modelo de la pendiente suave es exacto y que para pendientes mayores predice adecuadamente las tendencias.

5. Propagación

- No linealidad débil:

Dependencia débil de la ecuación de dispersión con la altura de ola significativa (35); modelo no lineal Stokes-Hedges.



· Aproximación parabólica: Las componentes se propagan principalmente en una dirección (x). Con lo cual se desprecian términos $\left(\frac{\partial^2(\cdot)}{\partial x^2}\right)$. La solución es tanto más aproximada cuanto menor variación haya en la dirección x .

Esta aproximación parabólica implica varias ventajas y desventajas:

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

Desventajas: (1) limitación del ángulo de propagación del oleaje a 55° con respecto al eje principal, (x); (2) se desprecia el efecto de las ondas reflejadas; y (3) las soluciones son tanto más aproximadas cuanto menor variación haya respecto a esa dirección principal. El segundo inconveniente no es tan importante en la práctica, pues en la propagación del oleaje hacia la costa interesan sobre todo los efectos de la refracción y difracción.

Lee y Wang (1992), compararon cinco modelos de propagación, todos ellos basados en la ecuación para pendientes suaves: dos modelos son de tipo hiperbólico, dos de tipo elíptico y uno de tipo parabólico. Los parámetros que se evalúan en el citado trabajo son la exactitud de los resultados, el grado de dificultad computacional y su aplicabilidad práctica en función de la bondad para simular los diferentes fenómenos que tienen lugar durante la propagación del oleaje. Las ventajas del modelo parabólico son las ya comentadas: facilidad de programación, estabilidad numérica y ahorro de tiempo de computación; y sus inconvenientes son la imposibilidad de simular la reflexión del oleaje y una menor precisión de sus resultados.



Cabe destacar, como dato de referencia que no debe ser extrapolado a otros ensayos, que al analizar el experimento de Ito & Tanimoto (1972) en condiciones idénticas para los cinco modelos, el modelo parabólico, en la propagación de una onda invirtió aproximadamente 20 segundos de CPU, consumió 20 veces menos tiempo que uno de los modelos elípticos y alrededor de 50 veces menos tiempo de CPU que los modelos hiperbólicos, siendo los resultados del mismo grado de precisión para los cinco modelos.

6. Modelo de disipación por rotura

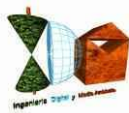
Tal y como se indicó anteriormente, cada uno de los tres modelos de disipación propuestos se sustentan sobre una serie de hipótesis, resumiéndose las más importantes desde el punto de vista de la implementación de estos modelos en el Oluca-SP, como:

- La distribución de alturas de ola dentro de la zona de rompientes es del tipo Rayleigh.
- El balance de flujo de energía se realiza en la dirección principal de la propagación, eje x.
- No existe una interacción onda-onda dado el carácter lineal del modelo, por lo tanto, la disipación se asume igual para todas las componentes frecuenciales.
- El modelo está orientado a propagaciones de oleaje de espectros no muy anchos direccionalmente ($\pm 55^\circ$) (oleajes tipo del Swell). Esto es debido a las limitaciones de ángulo y también a que los modelos de disipación no presentan correcciones direccionales en los balances de flujo de energía.

3.2.12. Ecuaciones del modelo

En consecuencia de todo lo anterior, la ecuación utilizada en este modelo para modelar la propagación del oleaje considera los fenómenos de:

- (1) Asomeramiento,
- (2) refracción por fondo,
- (3) difracción,



- (4) presencia de corrientes,
- (5) disipación de energía,
- (6) rotura, y
- (7) dispersión por amplitud.

3.2.13. Comprobaciones sobre el modelo Oluca SP (MOPLA-SMC 2.5)

El modelo Oluca-SP fue comprobado aplicándolo en casos de ensayos de modelos físicos en laboratorio y casos reales en playa, para lo cual se tomaron los datos de tres diferentes ensayos realizados en laboratorio: (1) Mase y Kirby (1992), quienes llevaron a cabo la propagación de un oleaje unidireccional sobre una playa de pendiente recta; (2) los ensayos de Chawla (1995), quien propagó diferentes espectros bidimensionales (anchos y estrechos) sobre un fondo horizontal con un bajo circular; y (3) los ensayos de Vincent y Briggs (1989), quienes generaron oleaje direccional sobre una batimetría de fondo plano y un bajo elíptico. Con esta finalidad, el modelo fue comprobado con datos del experimento de campo denominado DELILAH (Duck Experiment on Low-frequency and Incident-band Longshore and Across-shore Hydrodynamics), llevados a cabo por el Coastal Engineering Research Center field Research Facility in Duck, NC, en Octubre de 1991 (ver detalles de los ensayos en Birkemeier, 1991).

De esta forma, las comprobaciones realizadas mediante la aplicación del modelo numérico Oluca-SP, fueron llevadas a cabo en:

- (1) Los ensayos de propagación de oleaje sobre una pendiente constante de Mase y Kirby (1992)
- (2) Los ensayos sobre un bajo elíptico de Vincent y Briggs (1989)
- (3) Los ensayos de Chawla (1995) sobre un bajo circular
- (4) Los ensayos en campo del experimento DELILAH, Duck, NC.

Tras dichas comprobaciones, las conclusiones que se extrajeron fueron las siguientes:

- El modelo numérico Oluca-SP simula la evolución de un espectro de oleaje sobre un fondo variable. Representa de forma aproximada los fenómenos de asomeramiento, refracción, refracción-difracción y rotura del oleaje, expresados en términos de la altura de ola significativa y la evolución espacial del espectro bidimensional.



- Los tres modelos de disipación por rotura del oleaje: (1) Thornton y Guza (1983); (2) Battjes y Janssen (1978) y (3) Winyu y Tomoya (1998), representan de manera muy similar la propagación del oleaje. De acuerdo con las diferentes pruebas de calibración de parámetros, se han definido para el modelo (1): $B = 1$ y $g = 0.6$ (parámetros propuestos por sus autores). Para el modelo (2) la variación entre parámetros es pequeña, se han definido como fijos dentro del modelo $aa1 = 0.39$, $bb1 = 0.56$ y $a1 = 1$. Finalmente, el modelo (3) aunque disipa más energía que los dos anteriores, también presenta bastante bien la evolución del oleaje, definiéndose como parámetros fijos los propuestos por sus autores ($K5 = 0.1$, $K6 = 1.6$ y $K7 = 0.1$).
- Se ha comprobado la hipótesis de asumir una distribución de alturas de ola del tipo Rayleigh, dado que la recomposición de la altura de ola significativa en cada punto del dominio, incluida la zona de rompiente, es bastante aproximada.
- Antes de un bajo sumergido donde predomina el asomeramiento, las variaciones de la altura de ola significativa dependen fundamentalmente de las características del espectro frecuencial de entrada, y muy poco de la función direccional.
- Sobre un bajo y la zona posterior a éste (donde predomina la refracción difracción), las variaciones de la altura de ola significativa dependen fundamentalmente de la función direccional inicial, más que el espectro frecuencial. Un oleaje del tipo “sea”, con una función direccional de entrada ancha, presenta una menor variación de H_s y mayor distribución de la energía en el dominio, en comparación con un oleaje del tipo “swell” o de banda direccional estrecha.
- Dado que el Oluca-SP es un modelo débilmente no lineal, no tiene en cuenta la transferencia de energía entre componentes, que unido a una disipación por rotura independiente de las frecuencias y direcciones, manifiesta pequeñas discrepancias en la altura de ola significativa en propagaciones con frentes cruzados o trenzados simultáneamente con rotura. Discrepancias no relevantes desde un punto de vista ingenieril, dada su pequeña magnitud.

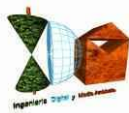


3.2.14. Propagaciones hasta pie de playa de la zona de estudio

Con el software Oluca-SP (espectral), módulo integrado en MOPLA, en el paquete informático SMC 2.5, se han realizado las propagaciones, desde profundidades indefinidas hasta el pie de costa de la isla Cabecico de los Aviones, término municipal de Mazarrón (Murcia), para los 11 estados de mar de los temporales preseleccionados, obteniéndose de este modo los parámetros que caracterizan cada estado de mar de cada temporal con sus valores propagados a pie de la estructura morfológica emergida; que notaremos con los subíndices H_{sp} , T_p (se mantiene el período de pico en la propagación hasta pie de costa), así como con las direcciones finales representadas con vectores direccionales.

Dicho software de modelado numérico aplica los fundamentos teóricos especificados en los apartados anteriores para la propagación hasta la costa, sobre la batimetría obtenida a partir de los datos batimétricos procedentes de la ecocartografía (hasta la isobata -50) ampliados hacia aguas profundas a partir de los datos del proveedor EMODnet MDT a partir de conjuntos de datos de levantamiento batimétrico seleccionados, MDT compuestos, productos de datos de batimetría derivada por satélite (SDB), con datos en las brechas o zonas sin cobertura que se completan mediante la integración de la batimetría digital GEBCO, ensambladas previos procesos de edición digital e introducida en el formato digital para MDT X, Y, Z, unidas a su vez con la topografía terrestre a partir de los datos LIDAR del I.G.N. Previamente se ha realizado una homogeneización altimétrica, transformando los datos altimétricos digitales batimétricos con referencia a la BMVE, al plano de comparación $Z=0$ del I.G.N. con referencia al N.M.M.A., al igual que el levantamiento topográfico LIDAR del I.G.N., de forma que la referencia de todo el MDT final es la del N.M.M.A., lo cual ha de tenerse en cuenta a la hora de su importación desde MOPLA a la hora de establecer los niveles mareales durante las simulaciones de propagación del oleaje.

Para el proceso computacional de propagación del oleaje, se ha diseñado mediante el software dos concatenaciones de mallas de puntos que comprende hasta la isla Cabecico de los Aviones y que procede desde profundidades indefinidas en las direcciones marcadas por las posiciones de los Puntos Simar fuentes de datos, en aproximación desde las mallas iniciales que arrancan comprendiendo respectivamente las posiciones de los Punto Simar 2068090 y 2070090, tomados como fuentes de datos de los temporales definidos por los estados de mar seleccionados, obteniéndose como resultado final los valores propagados del temporal para cada uno de los puntos de la última malla (Malla de Detalle, en profundidades reducidas), la de mayor resolución y que comprende hasta pie de costa de la zona de estudio.



Las mallas se han diseñado con una anchura (fundamentalmente la inicial desde aguas profundas, la denominada “Malla Indefinidas-Intermedias”), extensión y orientación que permitieron ejecutar las propagaciones de los 11 estados de mar. Para ello se diseñaron los dos juegos que constan de tres mallas encadenadas, Indefinidas-Intermedias, Intermedia y Reducidas a pie de costa, con inicio en profundidades indefinidas, en una configuración de mallas en el que el arranque de la propagación está dado por la “Malla Indefinidas Intermedias”, y la finalización en el frente de costa de estudio, con la “Malla de Reducidas”, la de mayor resolución espacial de nodos, que comprende las profundidades reducidas hasta la morfología costera emergida.

Se tomarán como valores finales del oleaje propagado a pie de costa los resultantes en nodos de dichas mallas finales de Detalle que se encuentran en posiciones que se extienden hasta las proximidades de la línea de orilla, al objeto de obtener los valores de altura de ola propagados a pie de la morfología emergente, como valores de entrada o imput para su posterior introducción en la herramienta informática que aplicará las formulaciones semiempíricas que proporcionarán los valores de run-up.

A continuación se recogen las exportaciones que genera el citado software del modelo numérico Oluca-SP, MOPLA, SMC 2.5 tras ejecutar las propagaciones con los parámetros del oleaje que caracterizan los estados de mar de los 10 sucesos temporales seleccionados en el período de los 5 años comprendidos entre 2015-2019, que reflejan los resultados de las propagaciones desde las proximidades a profundidades indefinidas de los Puntos Simar 2068090 y 2070090 hasta el frente de costa objeto de estudio, en los nodos de las mallas concatenadas de propagación que comprenden en su dominio (extensión de filas x columnas) un sector direccional que integra las direcciones de procedencia desde aguas profundas hasta pie del frente de costa, en forma de vectores direccionales cuya dirección es el resultado del ángulo propagado en el nodo, y la magnitud del módulo del vector se corresponde a una escala determinada en el gráfico con el valor de la Hs propagada en el mismo nodo. Se incluyen las fichas de la malla “Reducidas”, la última de las concatenadas de cada una de las dos series de encadenados, que son las de máximo detalle y que además comprenden hasta la línea de orilla del tramo de estudio.



Previamente se incluyen las exportaciones de las 2 colecciones de concatenaciones de mallas de diseño de la propagación, sobre el MDT topobatimétrico generado para el presente estudio, cargado en el módulo Oluca-SP espectral, integradas cada una de ellas por un encadenado de 3 mallas, que van aumentando su resolución, desde las profundidades indefinidas hasta el frente de costa emergido.

Asimismo, se incluyen dos planos en formato A-3 a escala 1/50.000 en los que se recoge la extensión del MDT topobatimétrico elaborado sobre el que se ha ejecutado la propagación con Oluca-SP (MDT y MDT con curvado con 1 m. de equidistancia), un plano A-3 a escala 1/10.000 con la batimetría de la zona del entorno de la isla de Cabecico de los Aviones y un plano A-3 a escala 1/3.000 de detalle de la topobatimetría de alta densidad en la zona de rompientes y costa emergida, con referencia al N.M.M.A. (con incremento mareal nulo), así como una serie de planos en formato A-3 a escala 1/3.000 con los resultados de la propagación de los oleajes, con los vectores direccionales del oleaje y su módulo H_{sp} propagado (proporcional la longitud del vector al valor H_{sp}), calculados por Oluca-SP y obtenidos por dicho software a partir de los valores de H_{sp} propagados en los nodos de la malla "Reducidas" (la de mayor detalle) hasta pie de costa de la zona de estudio, todo ello en el sistema ETRS89, elipsoide GRS80, Proyección U.T.M., Huso 30, sobre el MDT.



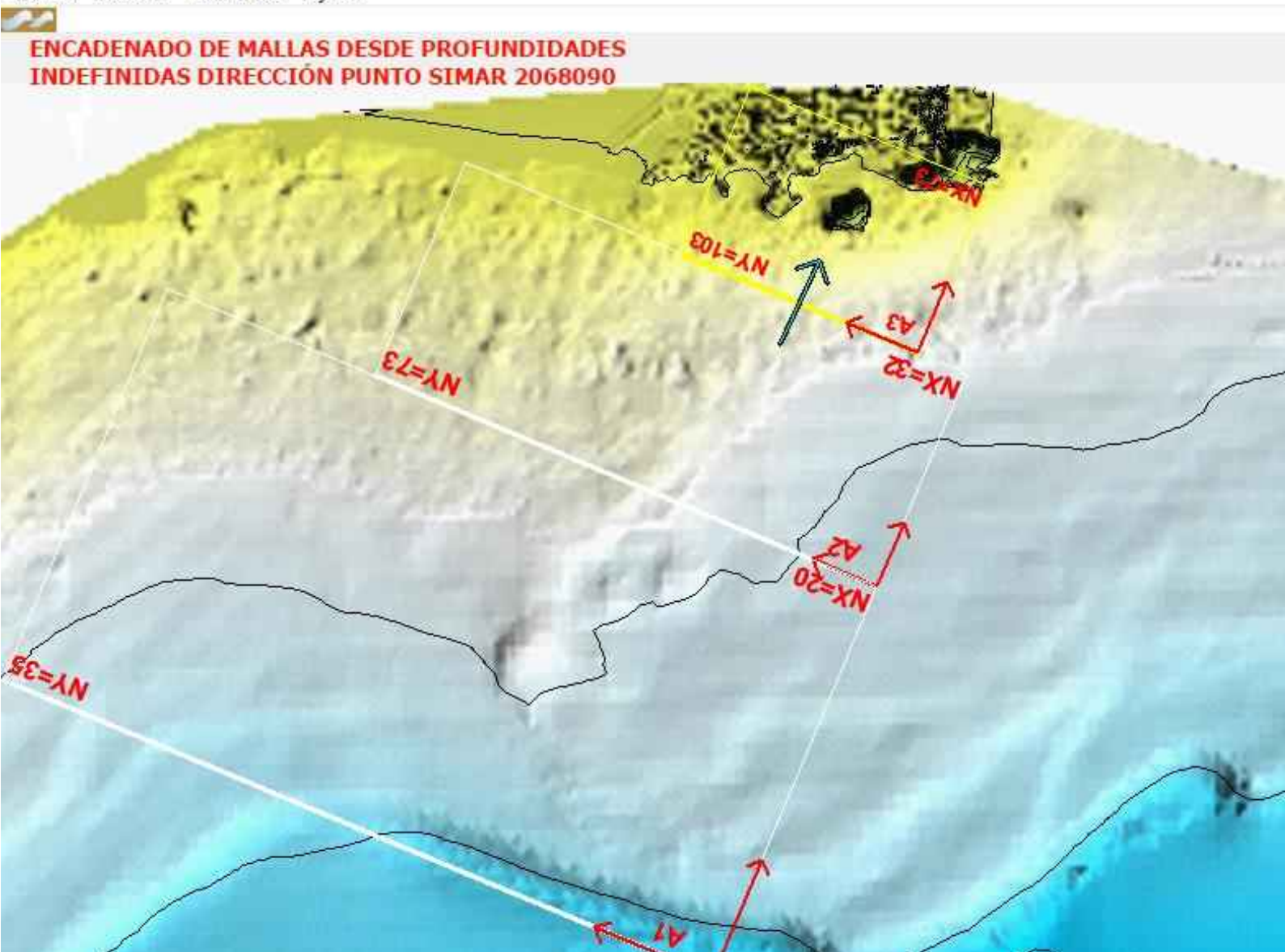
INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

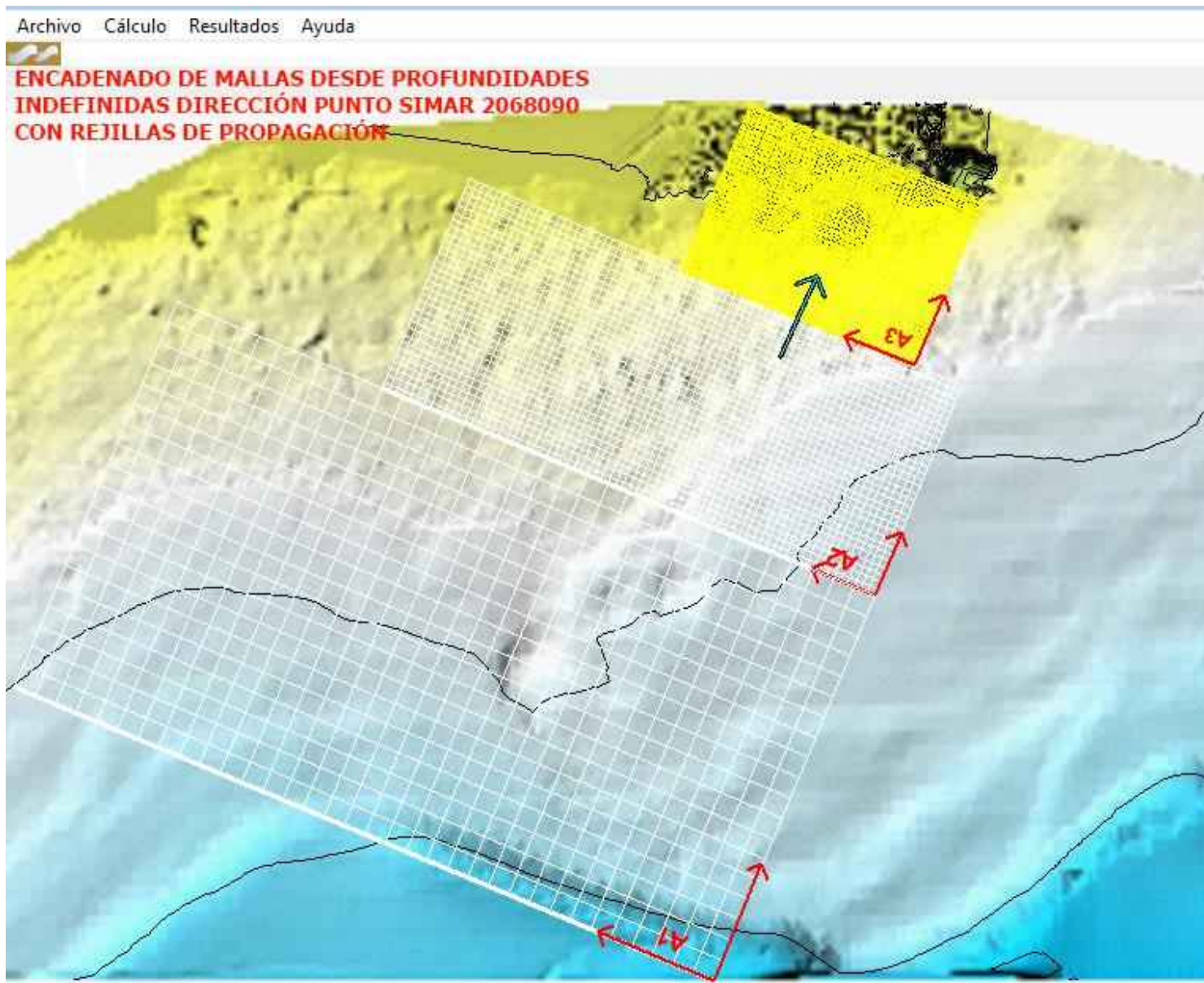
C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

Archivo Cálculo Resultados Ayuda







INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

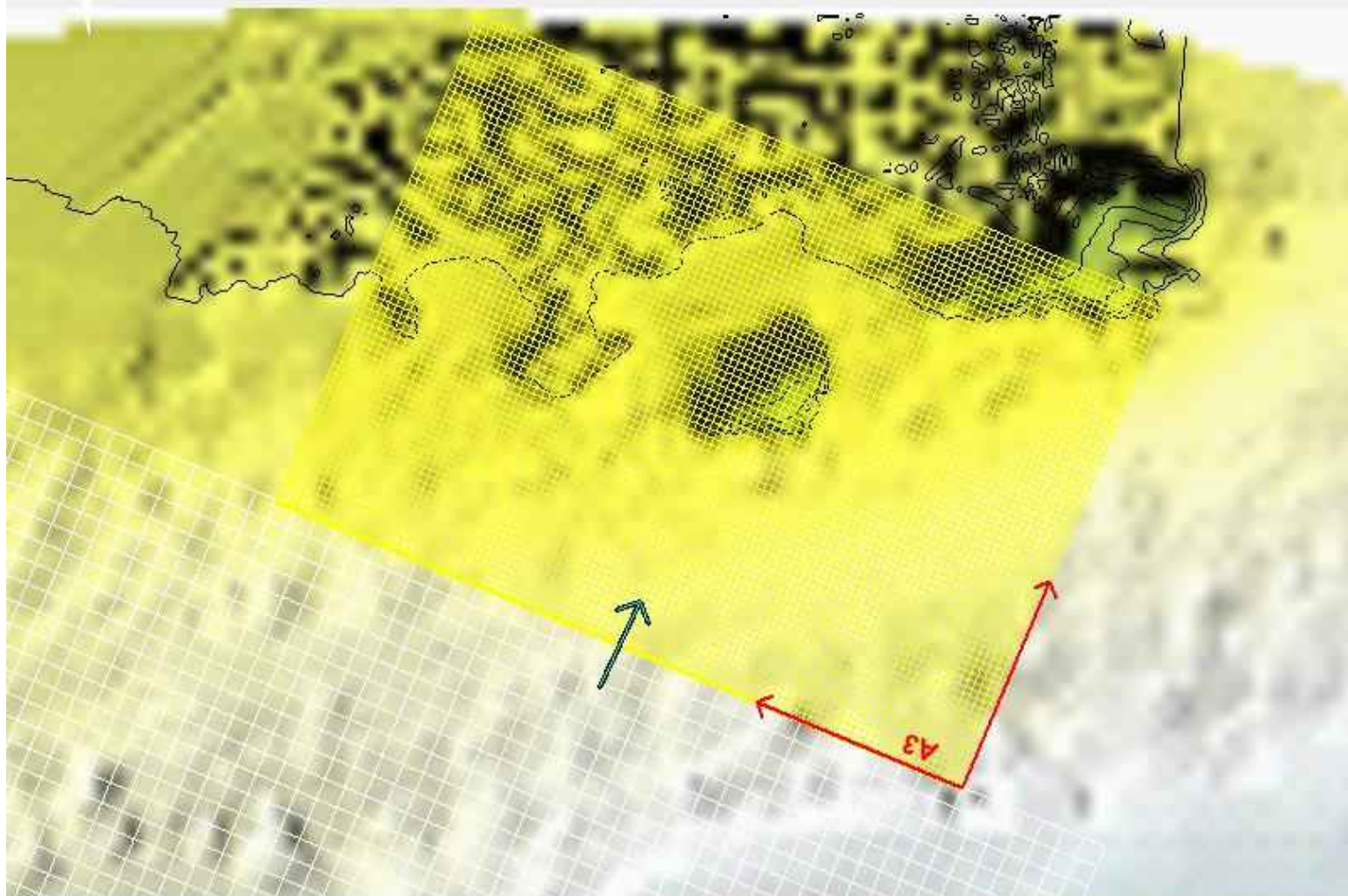
Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

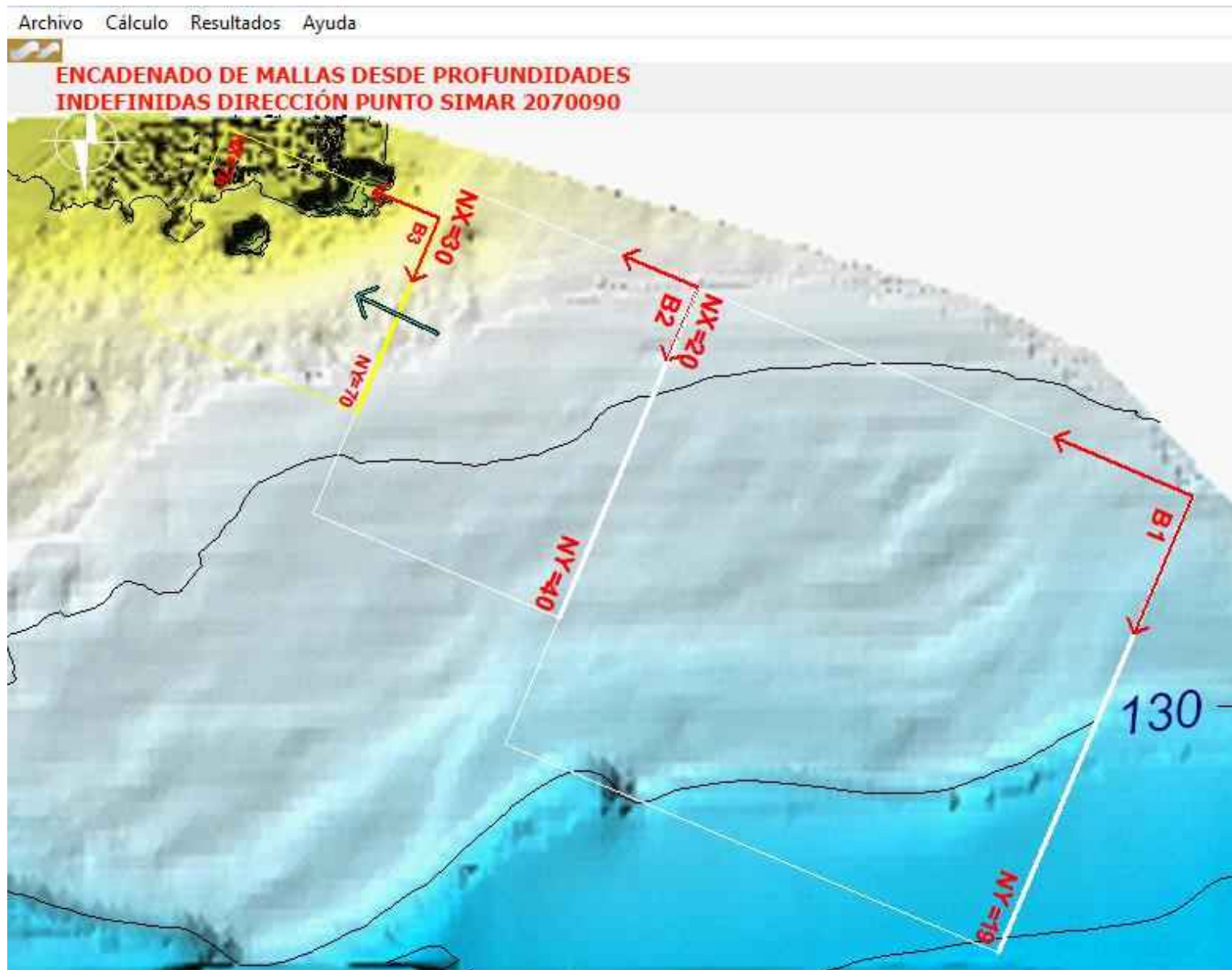
Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

Archivo Cálculo Resultados Ayuda



**MAPA DE DETALLE CON REJILLA DE PROPAGACIÓN
DESDE DIRECCIÓN DEL PUNTO SIMAR 2068090**







INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

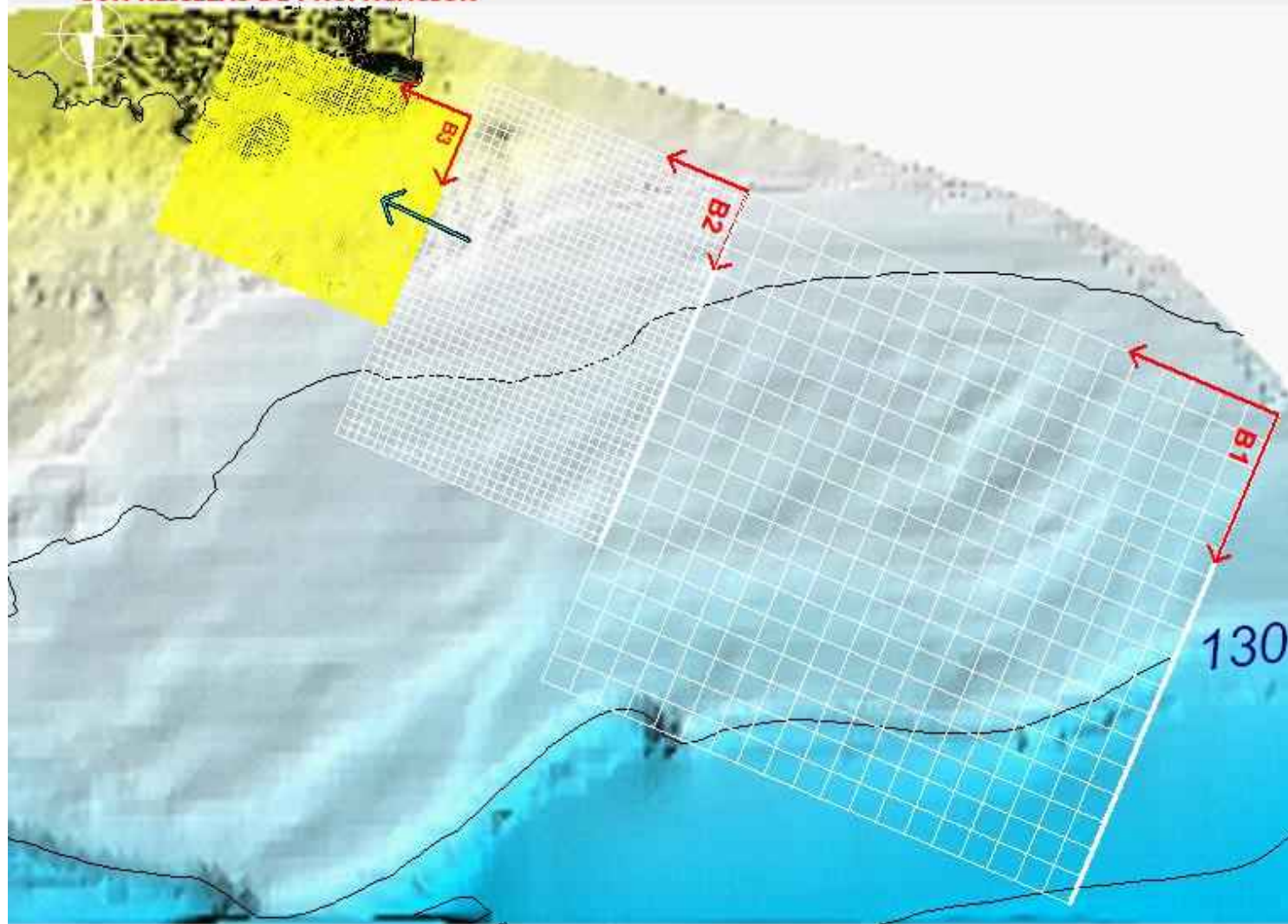
C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

Archivo Cálculo Resultados Ayuda

**ENCADENADO DE MALLAS DESDE PROFUNDIDADES
INDEFINIDAS DIRECCIÓN PUNTO SIMAR 2070090
CON REJILLAS DE PROPAGACIÓN**





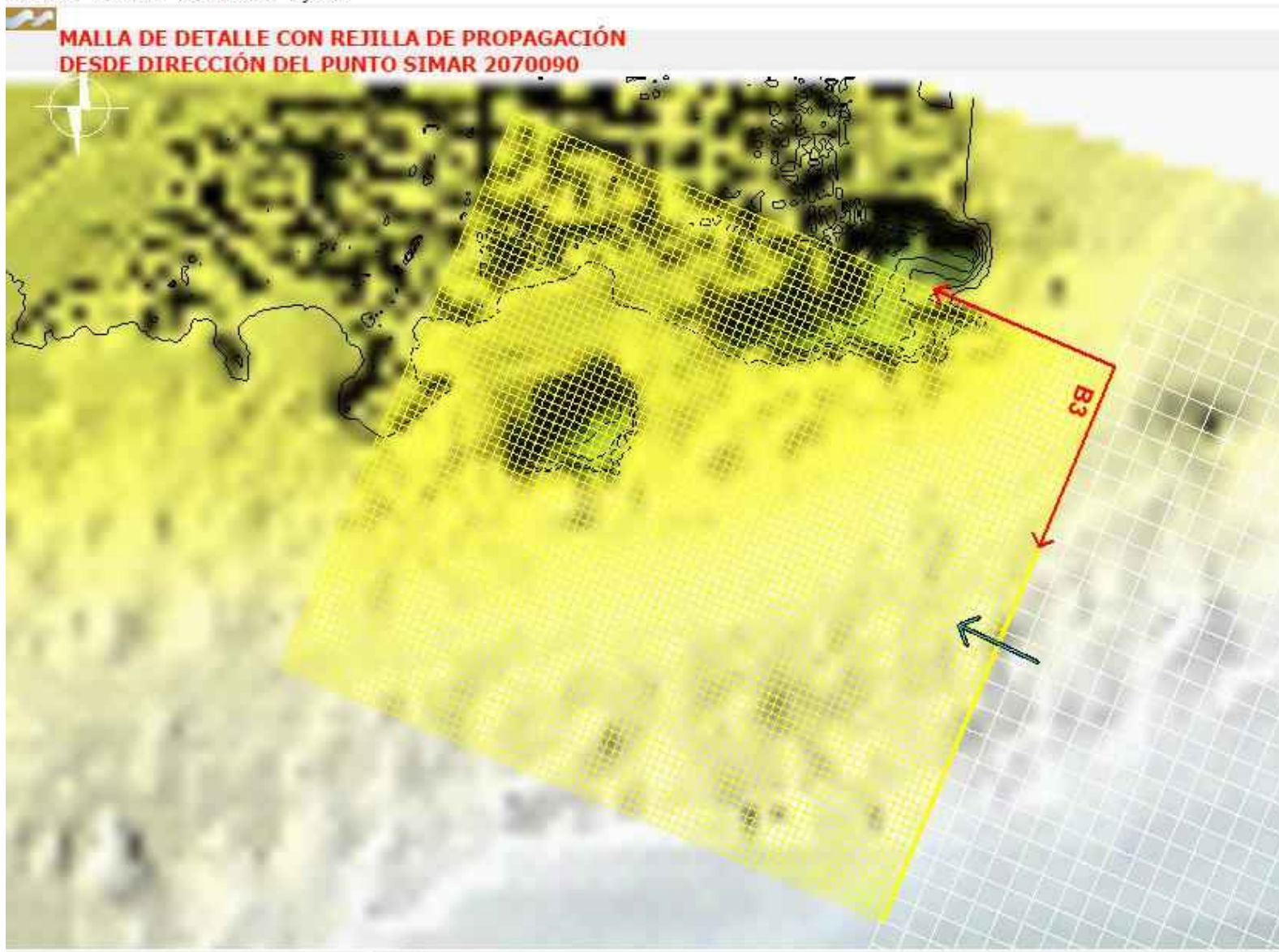
INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

Archivo Cálculo Resultados Ayuda



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A308

A3:

08: SIMAR 2068090 ESTADO 01 02 2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 4.15 m

Tp: 9.1 s

γ : 10

Nº Comp.: 20

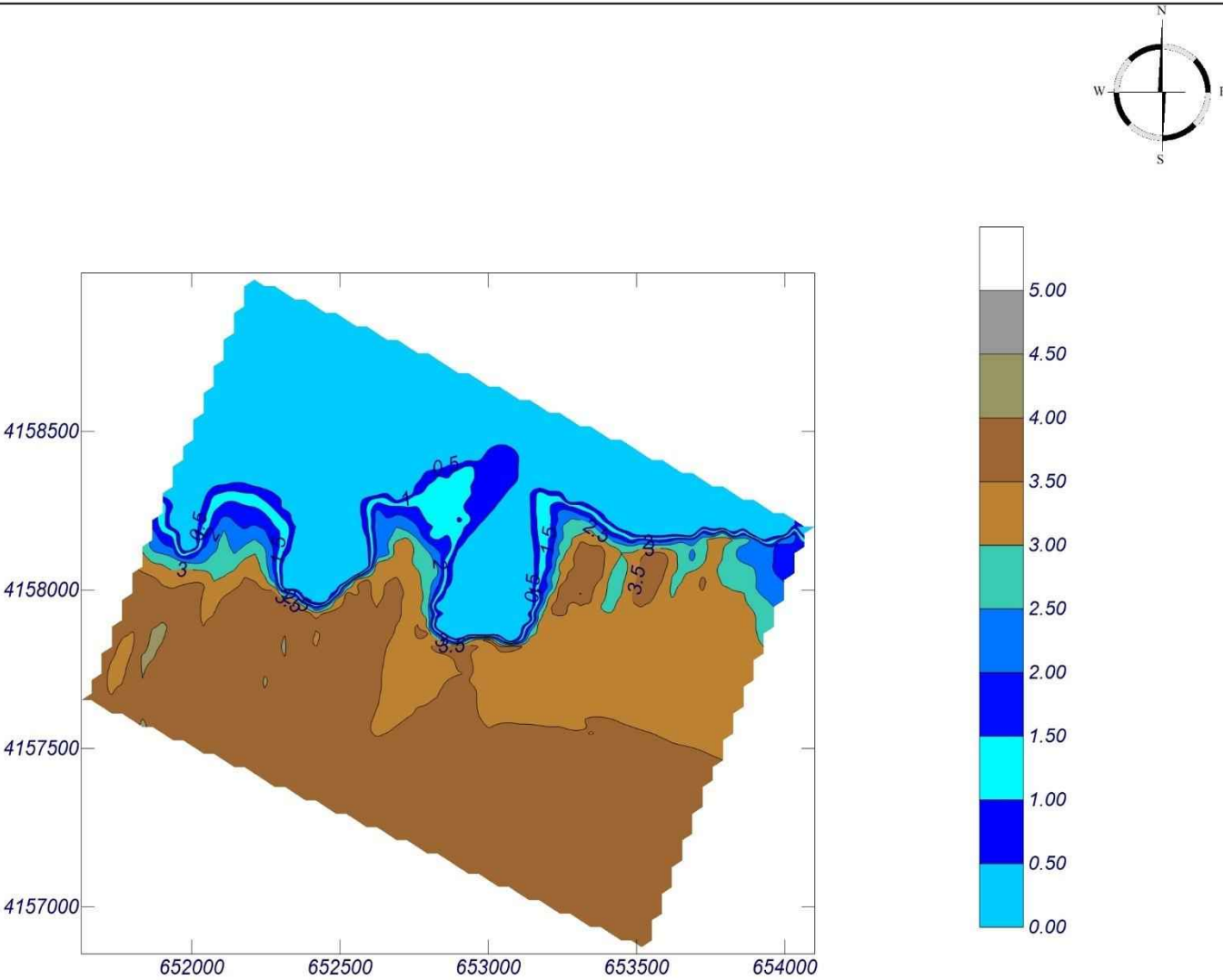
Espectro direccional

θ_m : -3.25° (S26.0W)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A312

A3:

12: SIMAR 2068090 ESTADO 10 04 2018

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.37 m

Tp: 7.52 s

γ : 10

Nº Comp.: 20

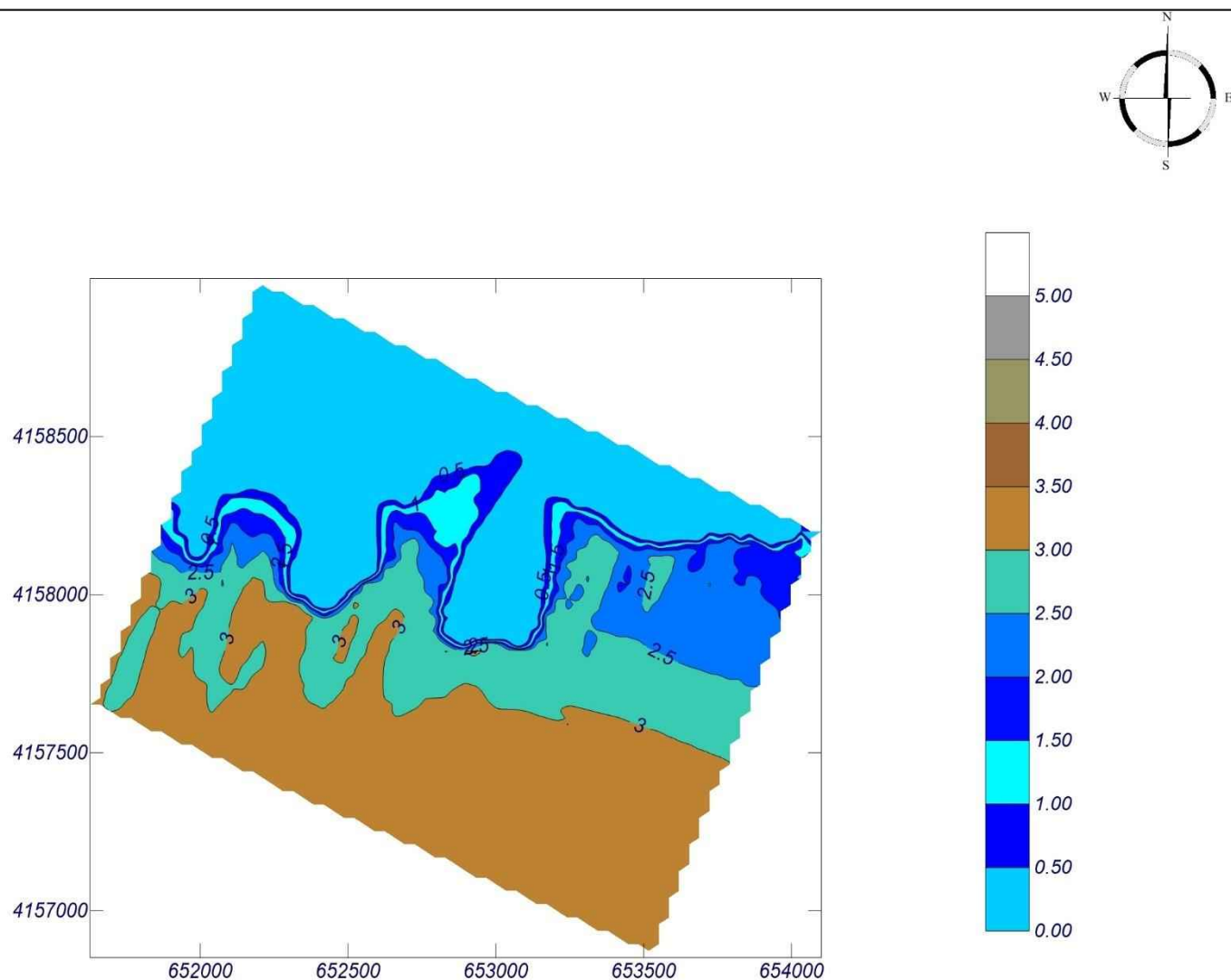
Espectro direccional

θ_m : 0.75° (S22.0W)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A309

A3:

09: SIMAR 2068090 ESTADO 11 12 2017

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

H_s : 3.9 m

T_p : 7.1 s

T_p : 0.116144 Hz (T_p : 8.61 s)

γ : 10

N° Comp.: 20

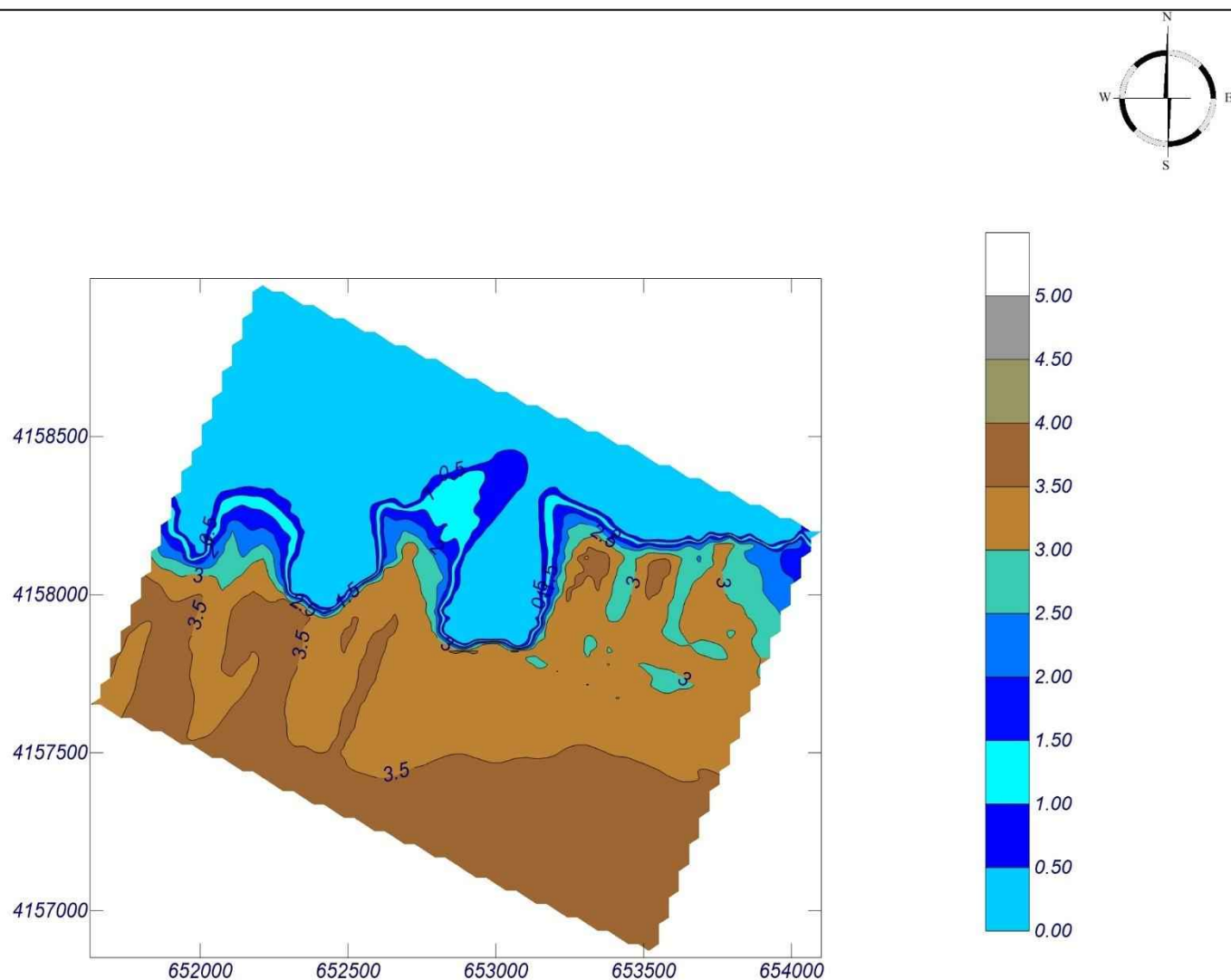
Espectro direccional

θ_m : 1.75° (S21.0W)

σ : 10° - N° Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A310

A3:

10: SIMAR 2068090 ESTADO 17 03 2018

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.96 m

Tp: 12.01 s

f_p : 0.0999001 Hz (Tp: 10.01 s)

γ : 10

Nº Comp.: 20

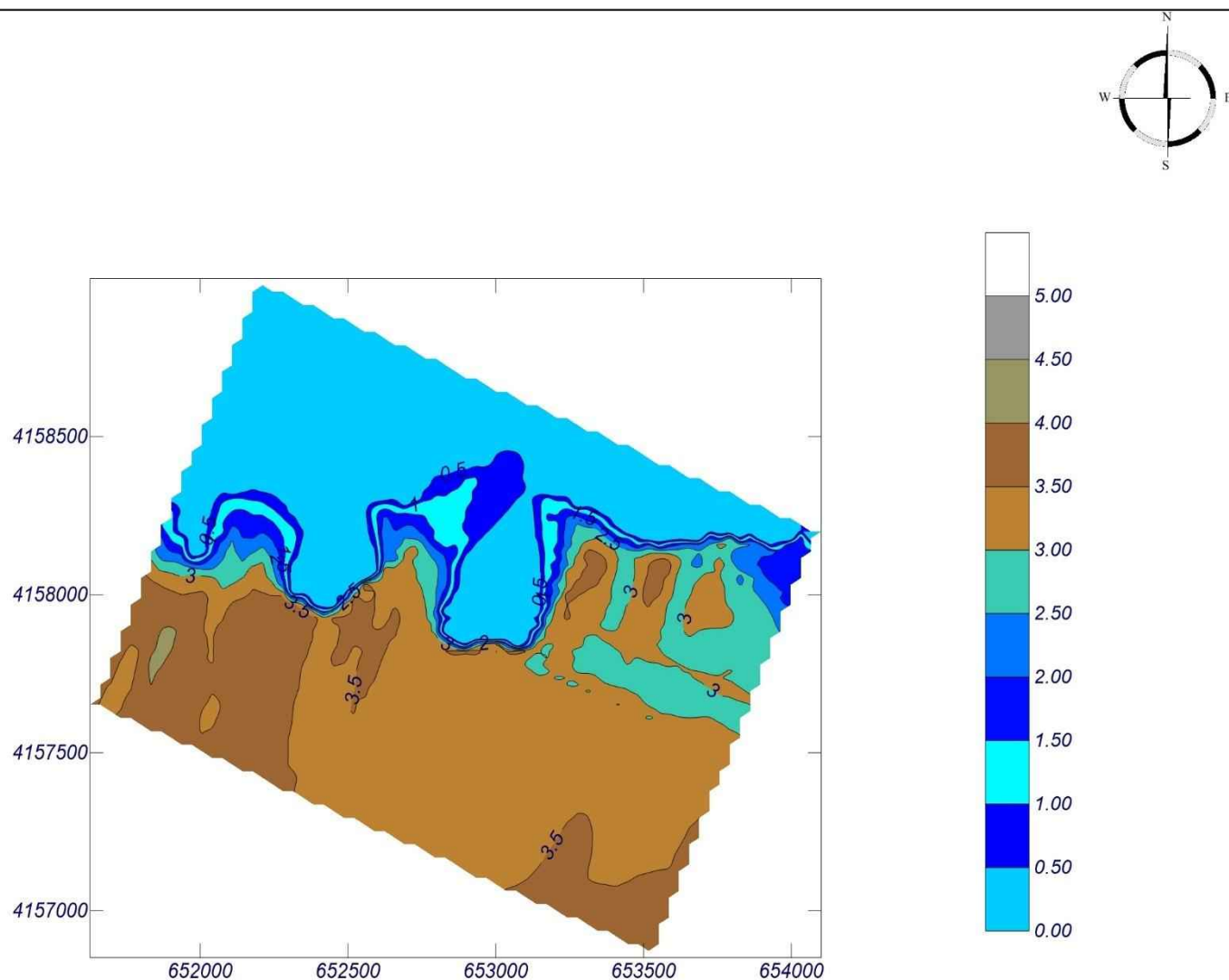
Espectro direccional

θ_m : -2.25° (S25.0W)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A307

A3:

07: SIMAR 2068090 ESTADO 2012 2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

H_s : 4.03 m

T_p : 7.27 s

T_p : 0.120919 Hz (T_p : 8.27 s)

γ : 10

N° Comp.: 20

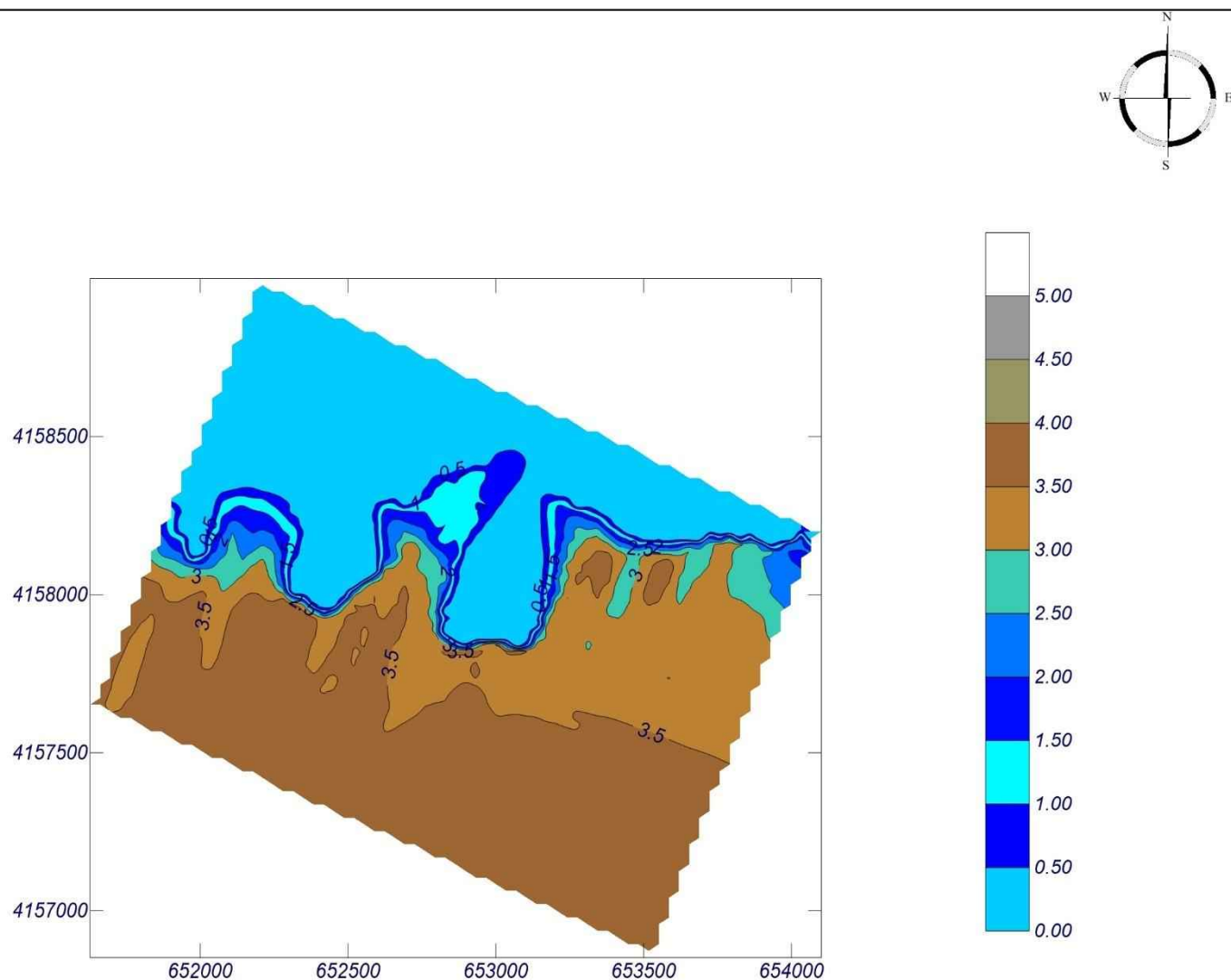
Espectro direccional

θ_m : -2.25° (S25.0W)

σ : 10° - N° Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B303

B3:

03: SIMAR 2070090 ESTADO 01 11 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.16 m

h: 1.20 m

f_p: 0.115607 Hz (Tp: 8.65 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

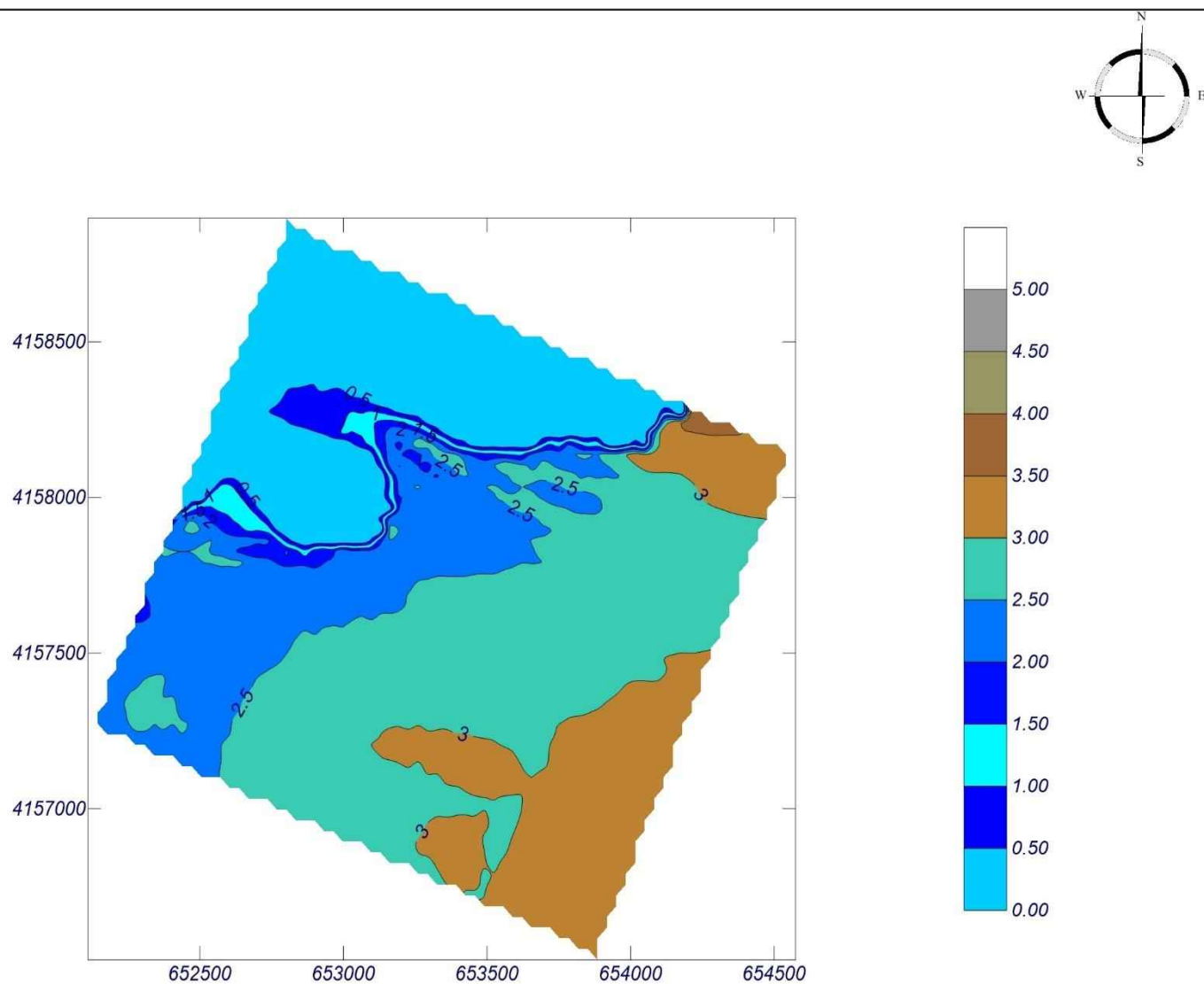
Espectro direccional

θ_m: 12.88° (S80.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B301

B3:

01: SIMAR 2070090 ESTADO 02 11 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.26 m

h: 1.2 m

f_p: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

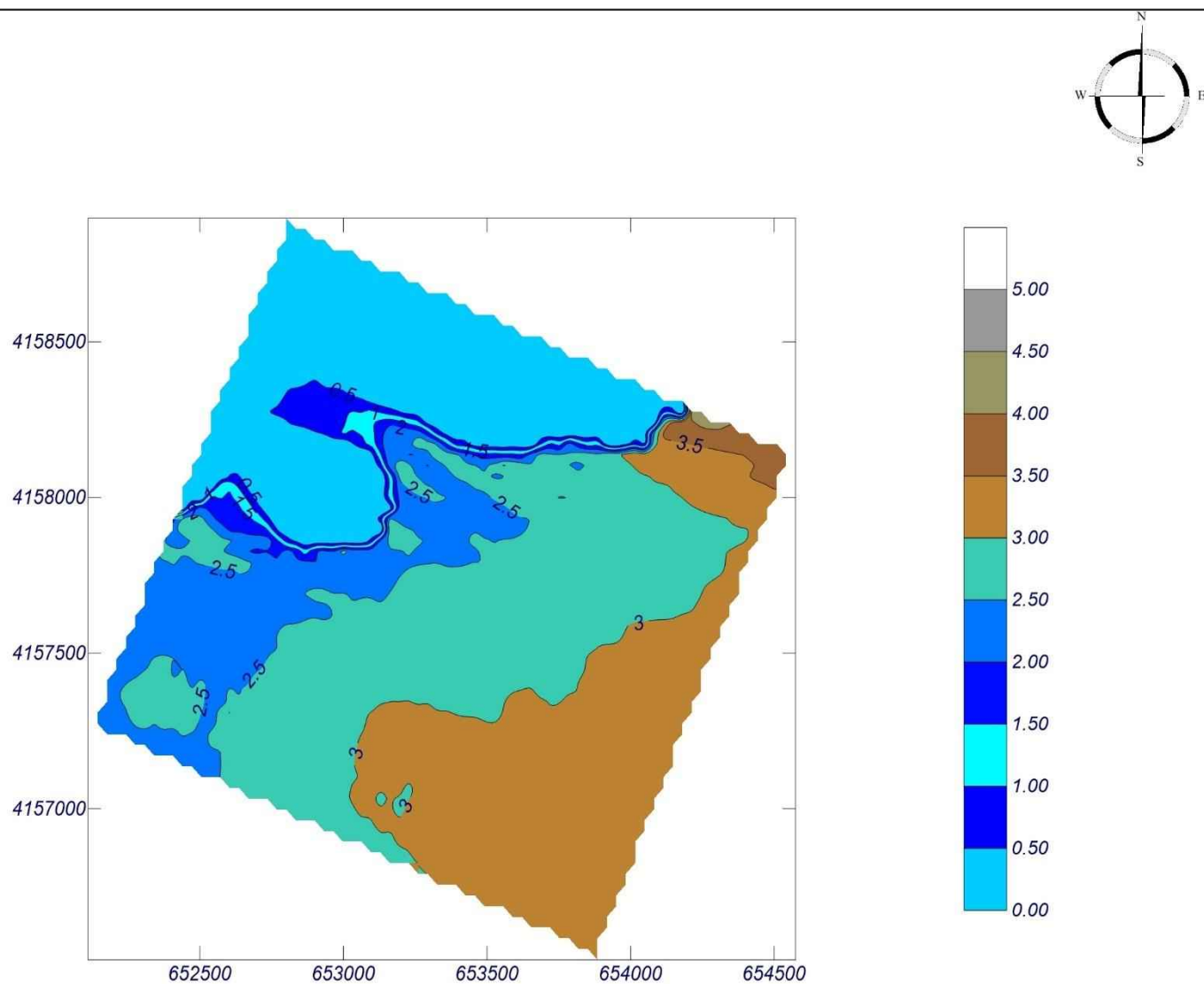
Espectro direccional

θ_m: 10.88° (S78.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B305

B3:

05: SIMAR 2070090 ESTADO 03 12 2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.08 m

Tp: 9.1 s

γ : 10

Nº Comp.: 20

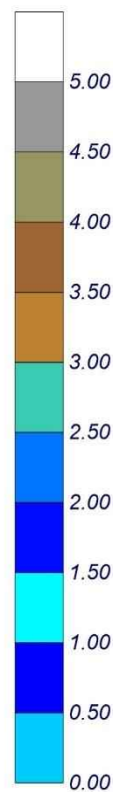
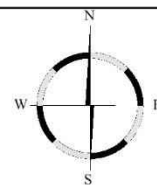
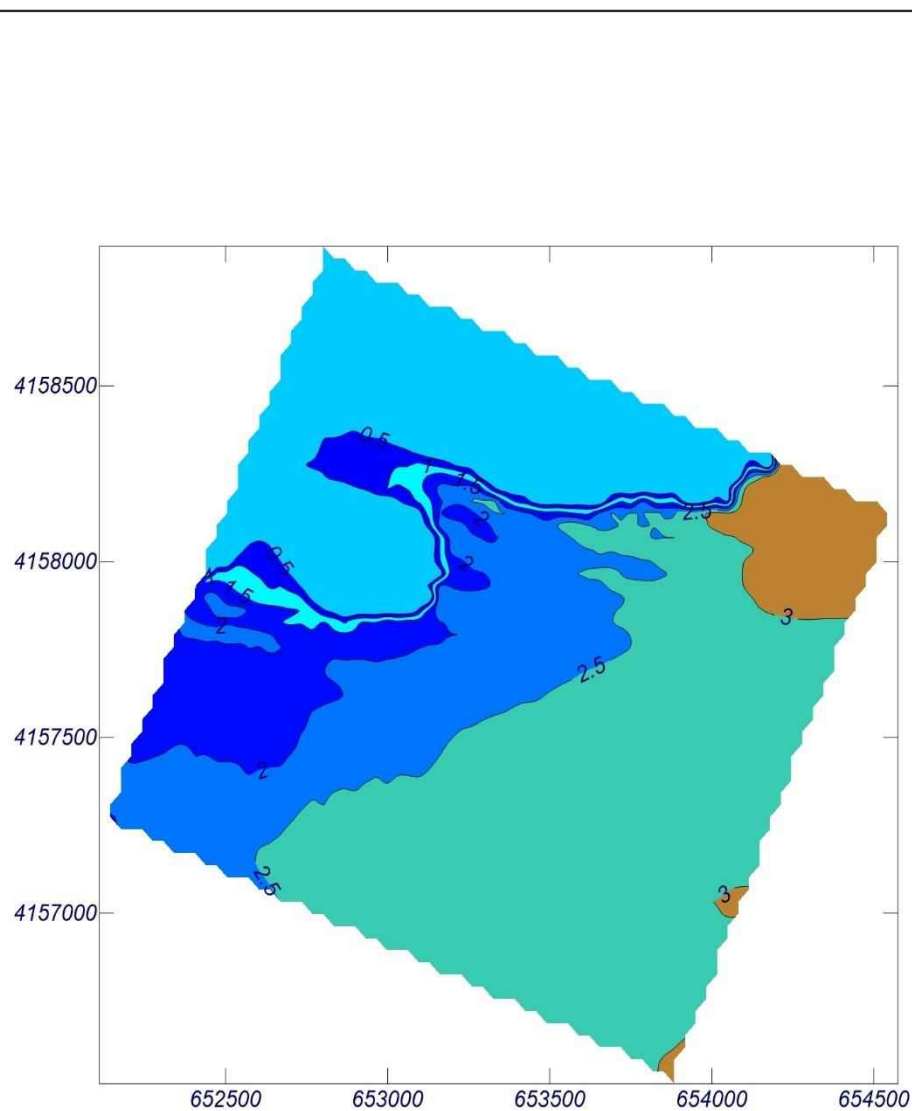
Espectro direccional

θ_m : 27.88° (N85.0E)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B302

B3:

02: SIMAR 2070090 ESTADO 17 12 2016

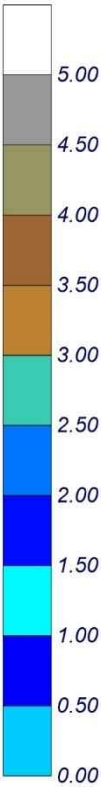
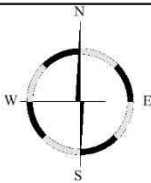
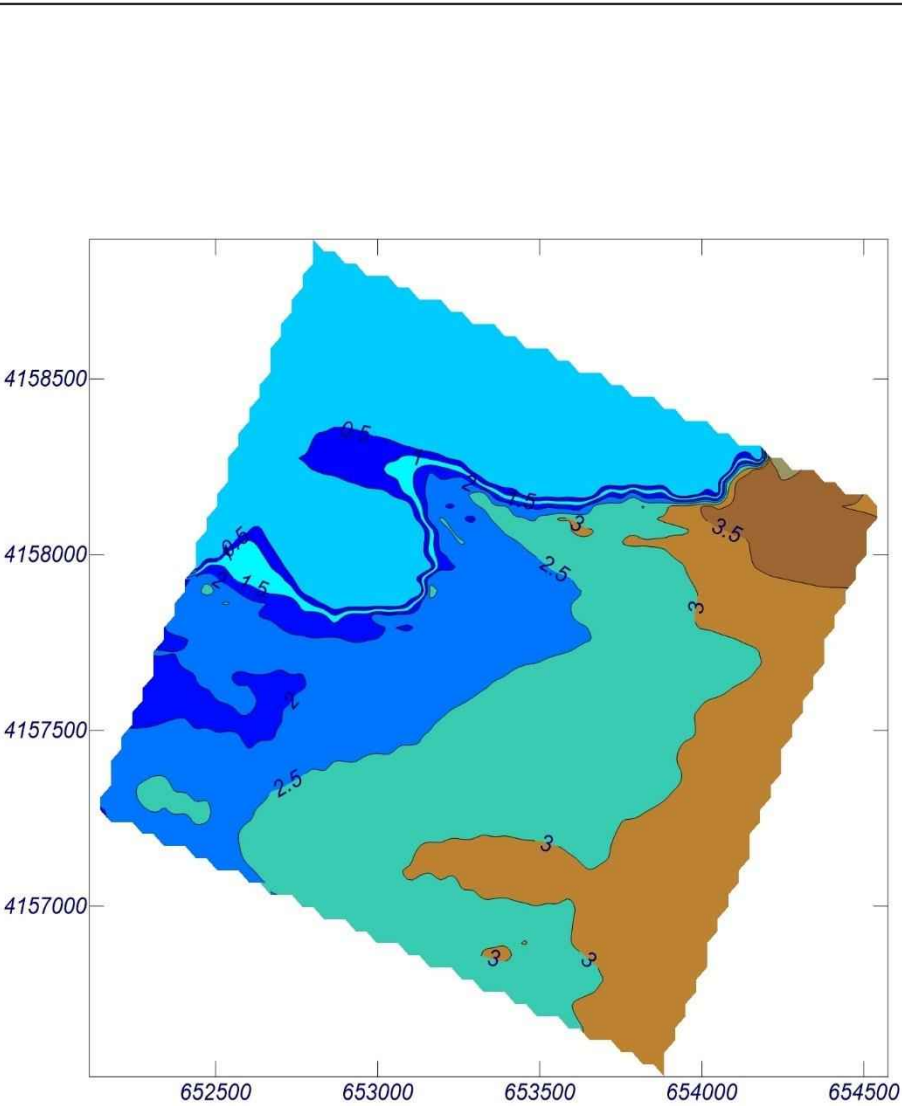
Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)
Hs: 3.22 m
Tm: 12.00 s
Tp: 0.0998004 Hz (Tp: 10.02 s)
γ: 10
Nº Comp.: 20
Espectro direccional
θm: 26.88° (N86.0E)
σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B304

B3:

04: SIMAR 2070090 ESTADO 18 12 2016

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

H_s : 3.13 m

T_p : 12.0 s

T_p : 0.0996016 Hz (T_p : 10.04 s)

γ : 10

N° Comp.: 20

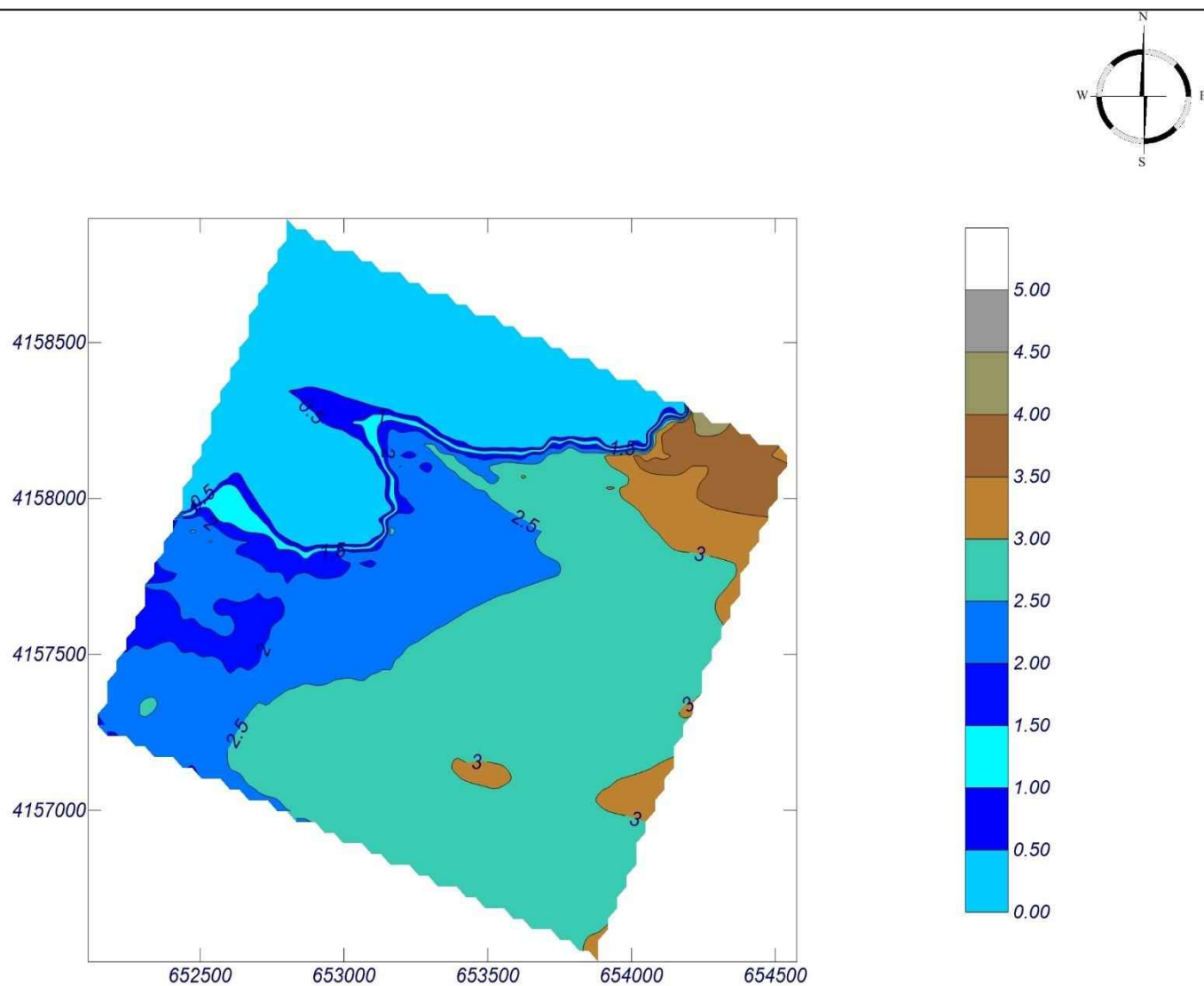
Espectro direccional

θ_m : 23.88° (N89.0E)

σ : 10° - N° Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B306

B3:

06: SIMAR 2070090 ESTADO 2003 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 2.99 m

Tp: 12.0 s

Tp: 0.107066 Hz (Tp: 9.34 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

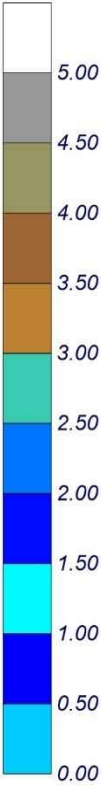
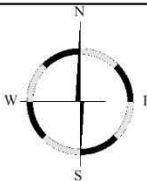
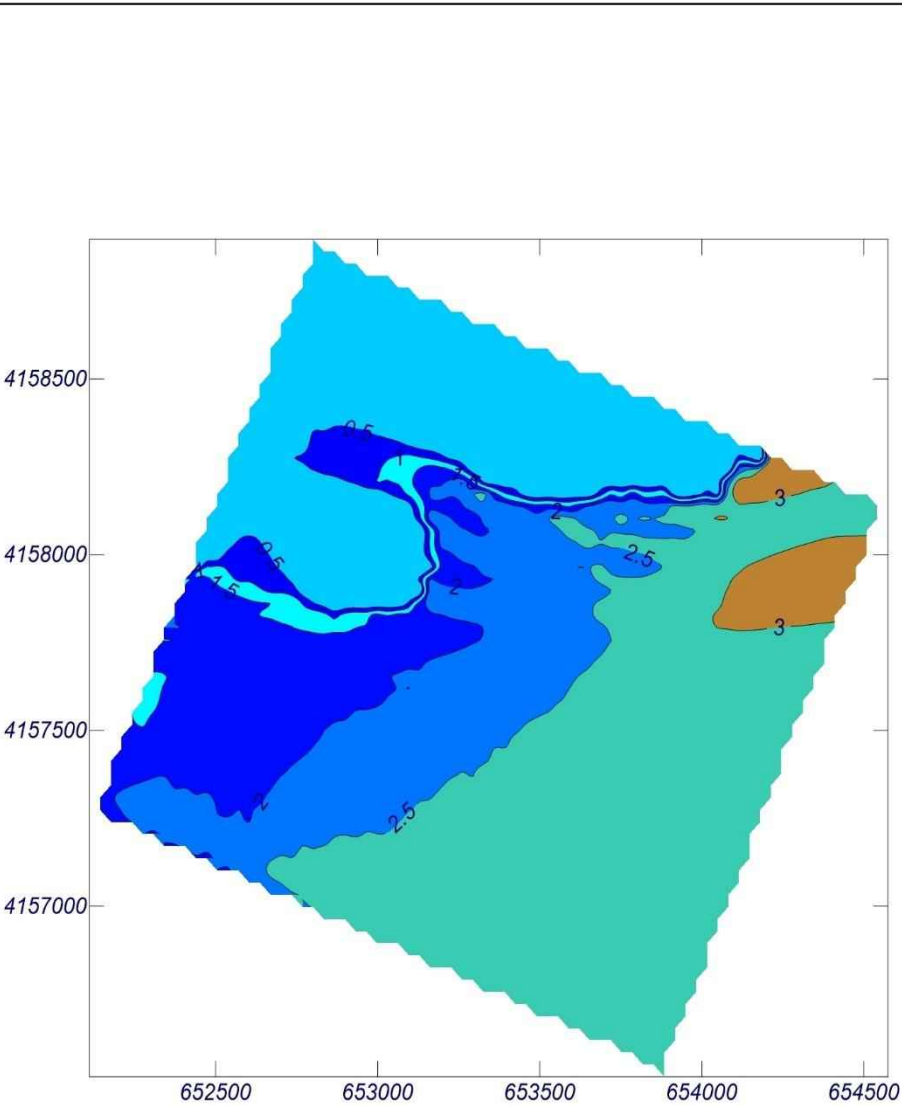
Espectro direccional

θm: 37.88° (N75.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A308

A3:

08: SIMAR 2068090 ESTADO 01 02 2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 4.15 m

Tp: 9.1 s

$Tp: 0.10989 \text{ Hz}$ (Tp: 9.1 s)

$\gamma: 10$

Nº Comp.: 20

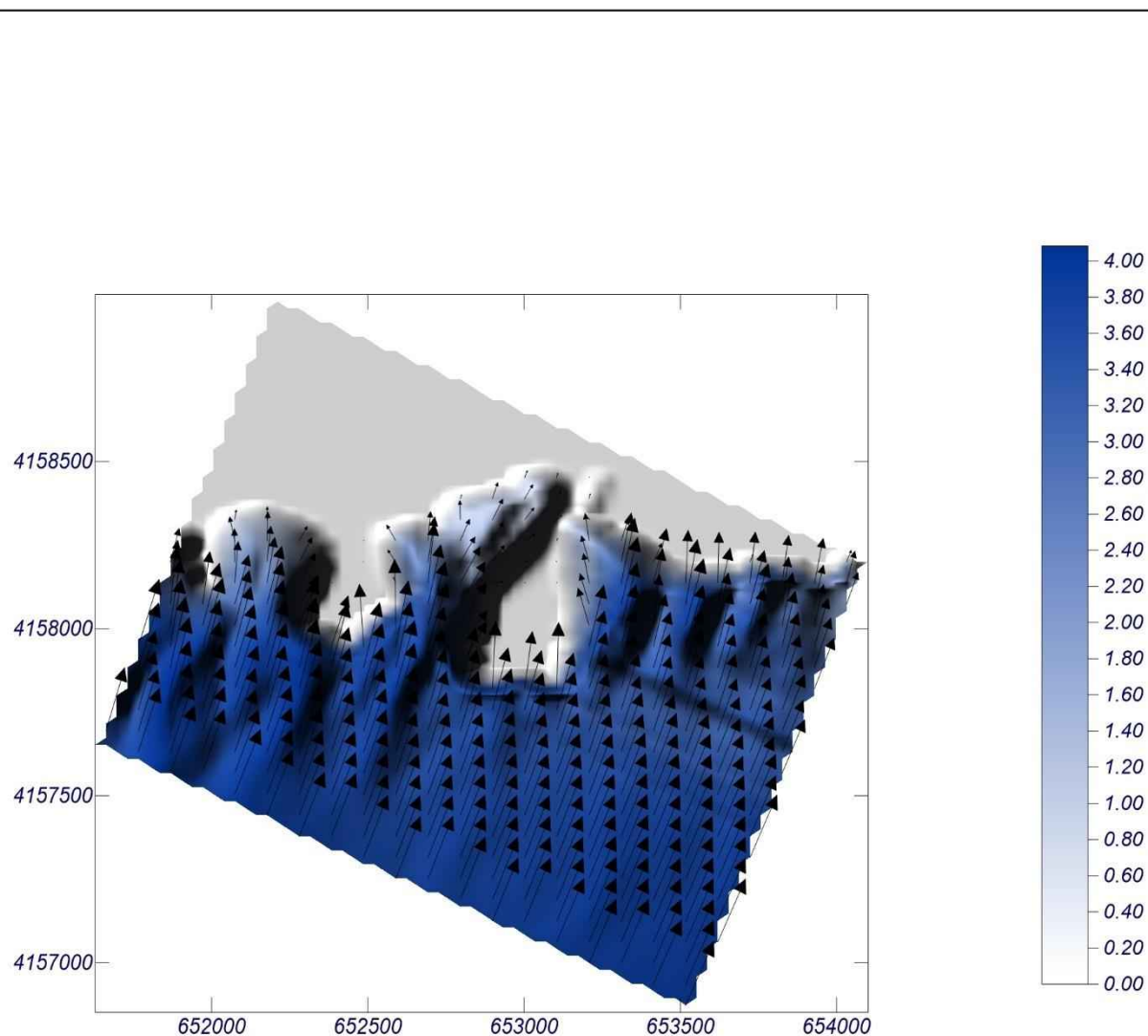
Espectro direccional

$\theta_m: -3.25^\circ$ (S26.0W)

$\sigma: 10^\circ$ - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.280 m

0 4.28

Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A312

A3:

12: SIMAR 2068090 ESTADO 10 04 2018

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.37 m

Tp: 7.52 s

γ : 10

Nº Comp.: 20

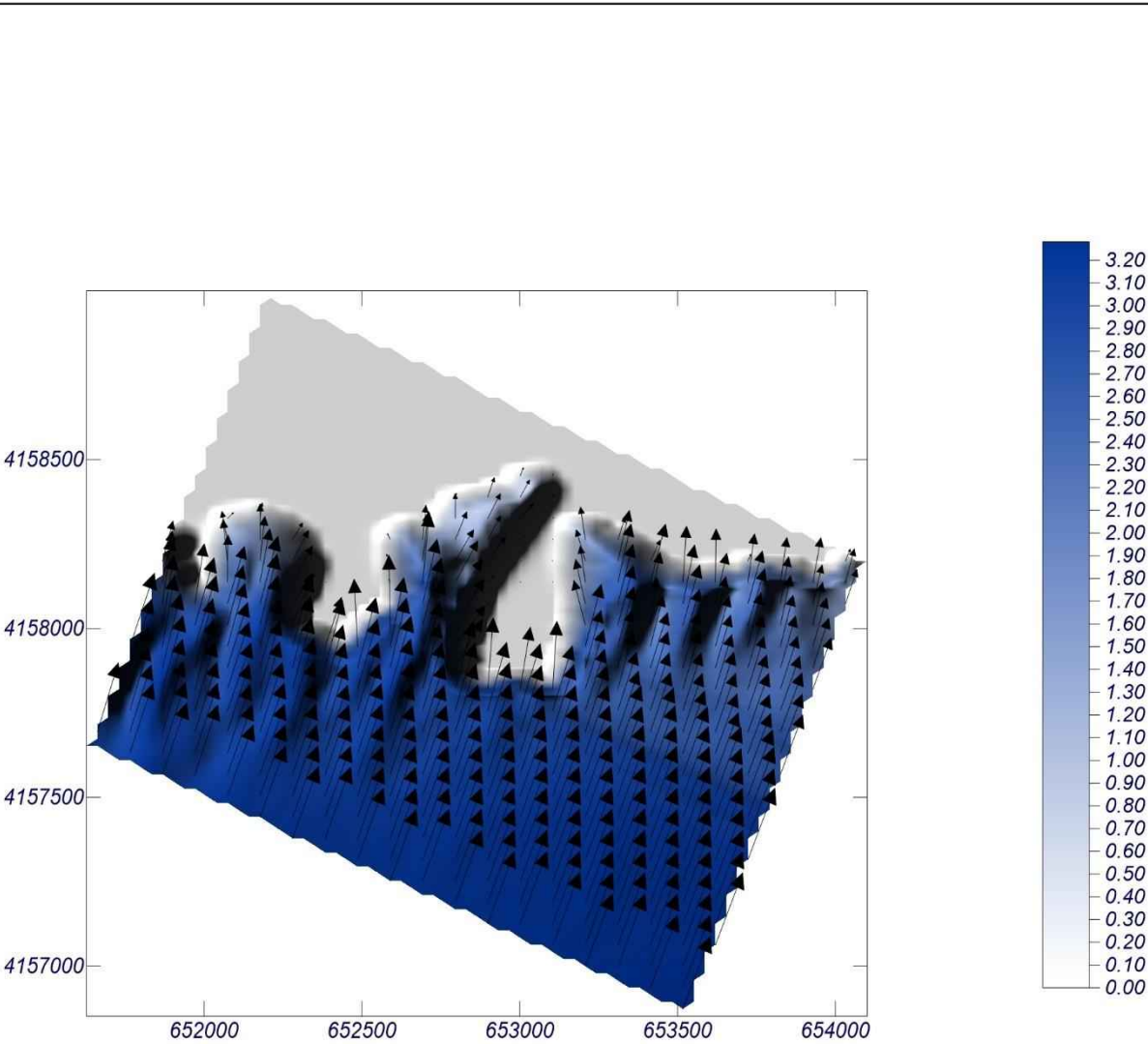
Espectro direccional

θ_m : 0.75° (S22.0W)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 3.290 m

0 3.29

Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A309

A3:

09: SIMAR 2068090 ESTADO 11 12 2017

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

H_s : 3.9 m

T_p : 12.0 s

T_p : 0.116144 Hz (T_p : 8.61 s)

γ : 10

N° Comp.: 20

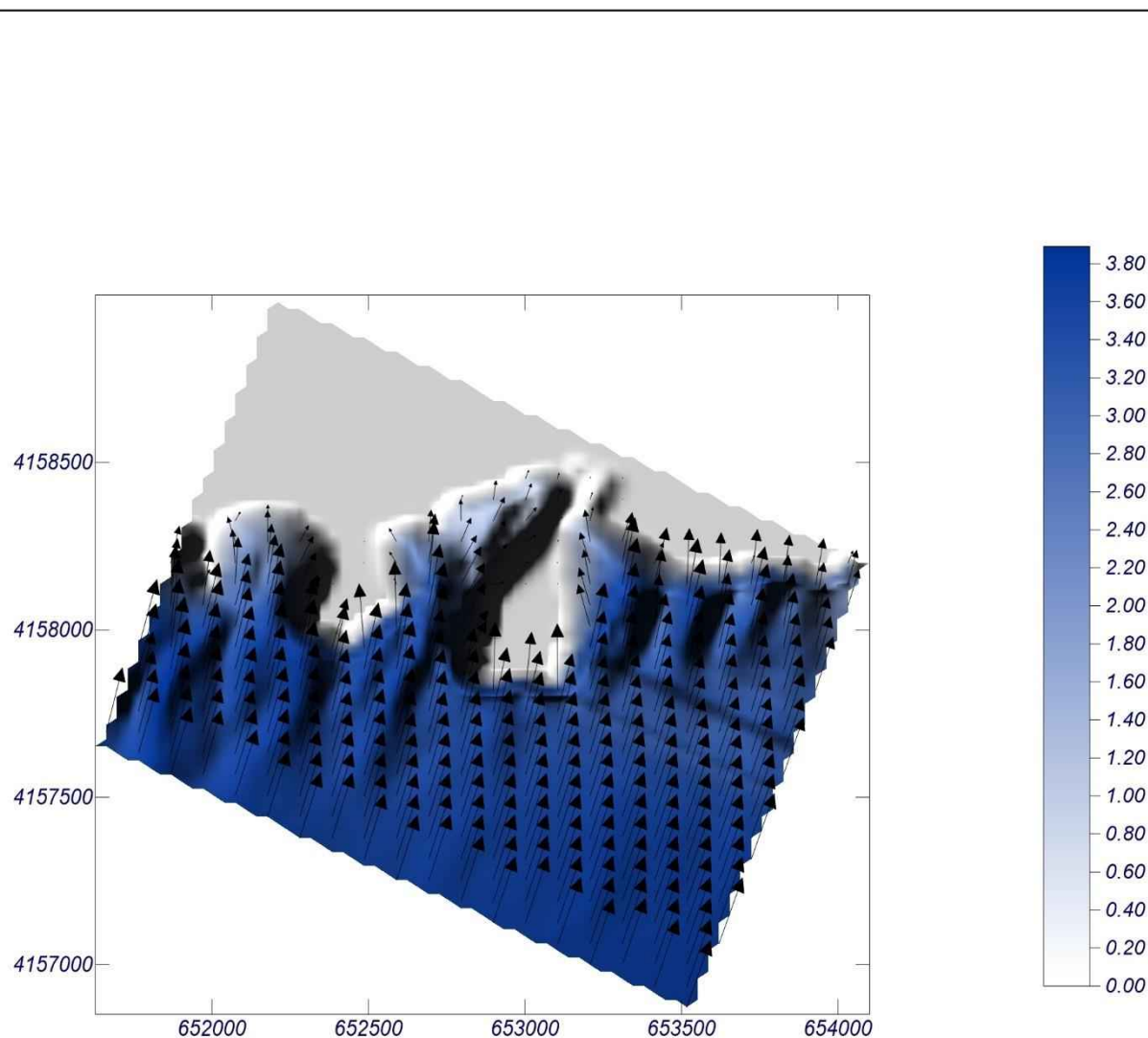
Espectro direccional

θ_m : 1.75° (S21.0W)

σ : 10° - N° Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.060 m

0 4.06

Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A310

A3:

10: SIMAR 2068090 ESTADO 17 03 2018

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.96 m

Tp: 12.01 s

fp: 0.0999001 Hz (Tp: 10.01 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

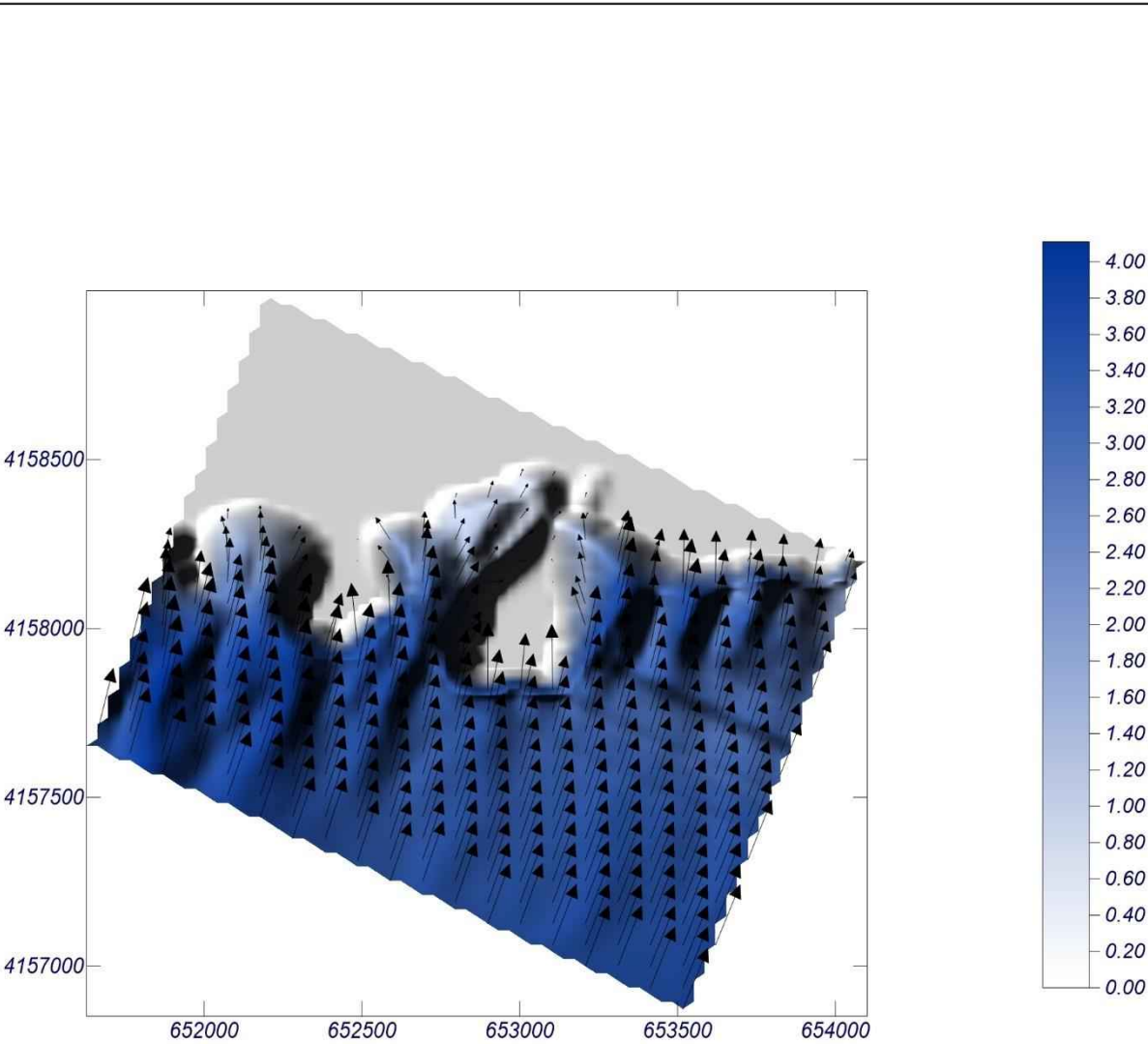
Espectro direccional

θm: -2.25° (S25.0W)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.240 m

0 4.24

Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A307

A3:

07: SIMAR 2068090 ESTADO 2012-2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 4.03 m

Tp: 7.27 s

Tp: 0.120919 Hz (Tp: 8.27 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

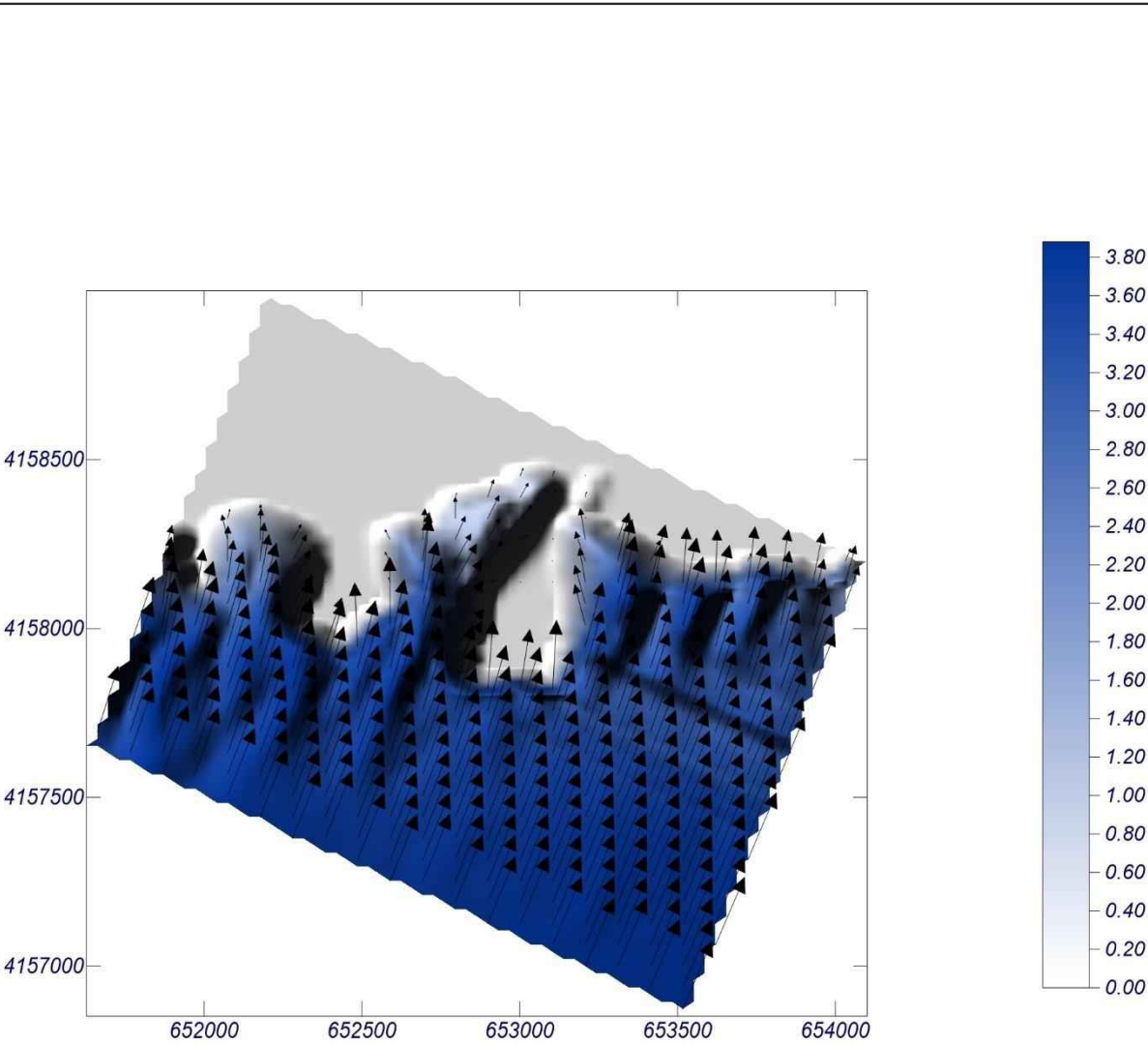
Espectro direccional

θm: -2.25° (S25.0W)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.050 m

0 4.05

Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B303

B3:

03: SIMAR 2070090 ESTADO 01 11 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.16 m

h: 1.20 m

f_p: 0.115607 Hz (Tp: 8.65 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

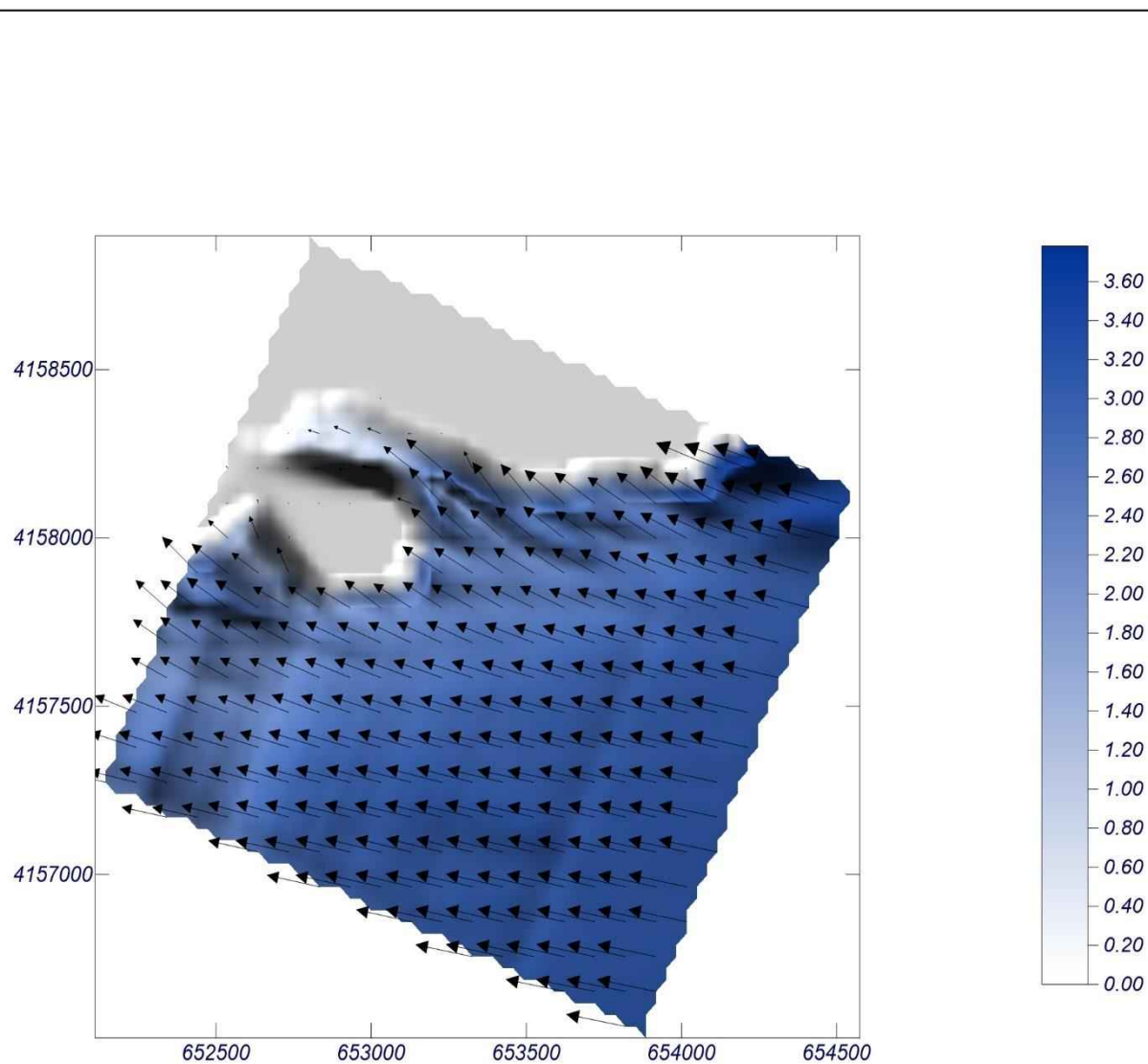
Espectro direccional

θ_m: 12.88° (S80.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B301

B3:

01: SIMAR 2070090 ESTADO 02 11 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.26 m

h: 1.20 m

f_p : 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s)

γ : 10

Nº Comp.: 20

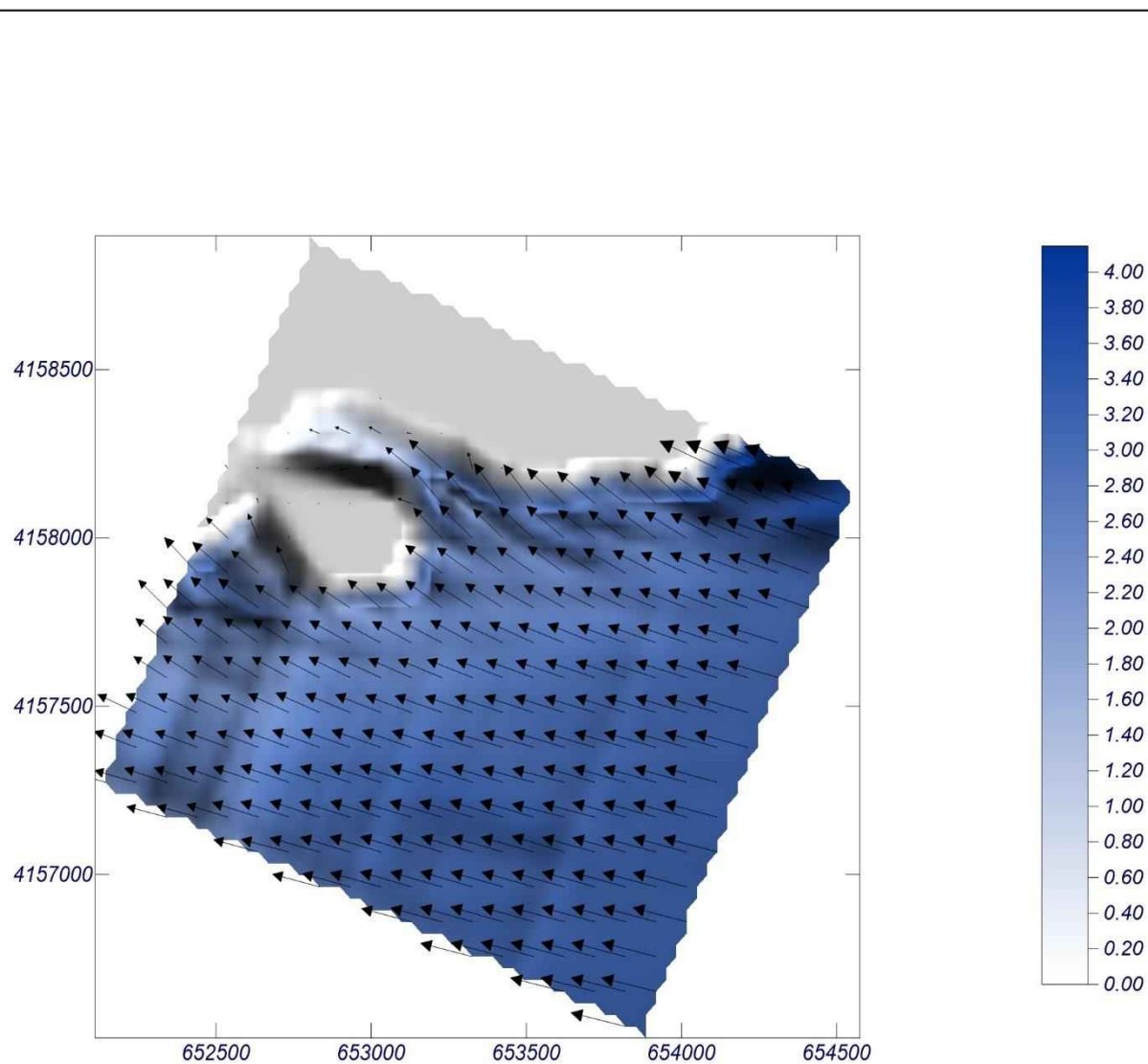
Espectro direccional

θ_m : 10.88° (S78.0E)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.160 m

0 4.16

Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B305

B3:

05: SIMAR 2070090 ESTADO 03 12 2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.08 m

Tp: 12.1 s

$Tp: 0.10989 \text{ Hz}$ ($Tp: 9.1 \text{ s}$)

$\gamma: 10$

Nº Comp.: 20

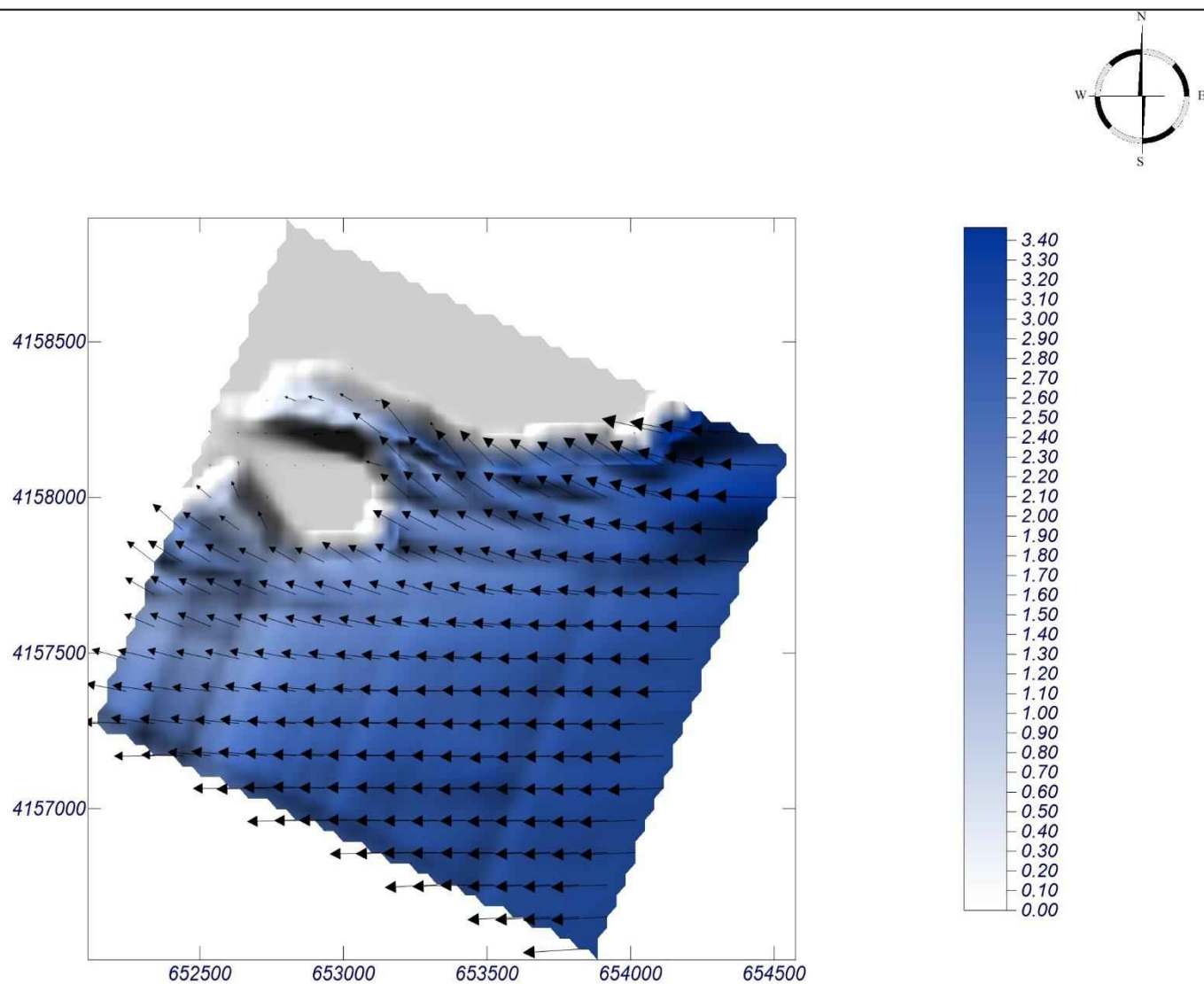
Espectro direccional

$\theta_m: 27.88^\circ$ (N85.0E)

$\sigma: 10^\circ$ - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 3.640 m

0 3.64

Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B302

B3:

02: SIMAR 2070090 ESTADO 17 12 2016

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.22 m

Tp: 10.02 s

γ : 10

Nº Comp.: 20

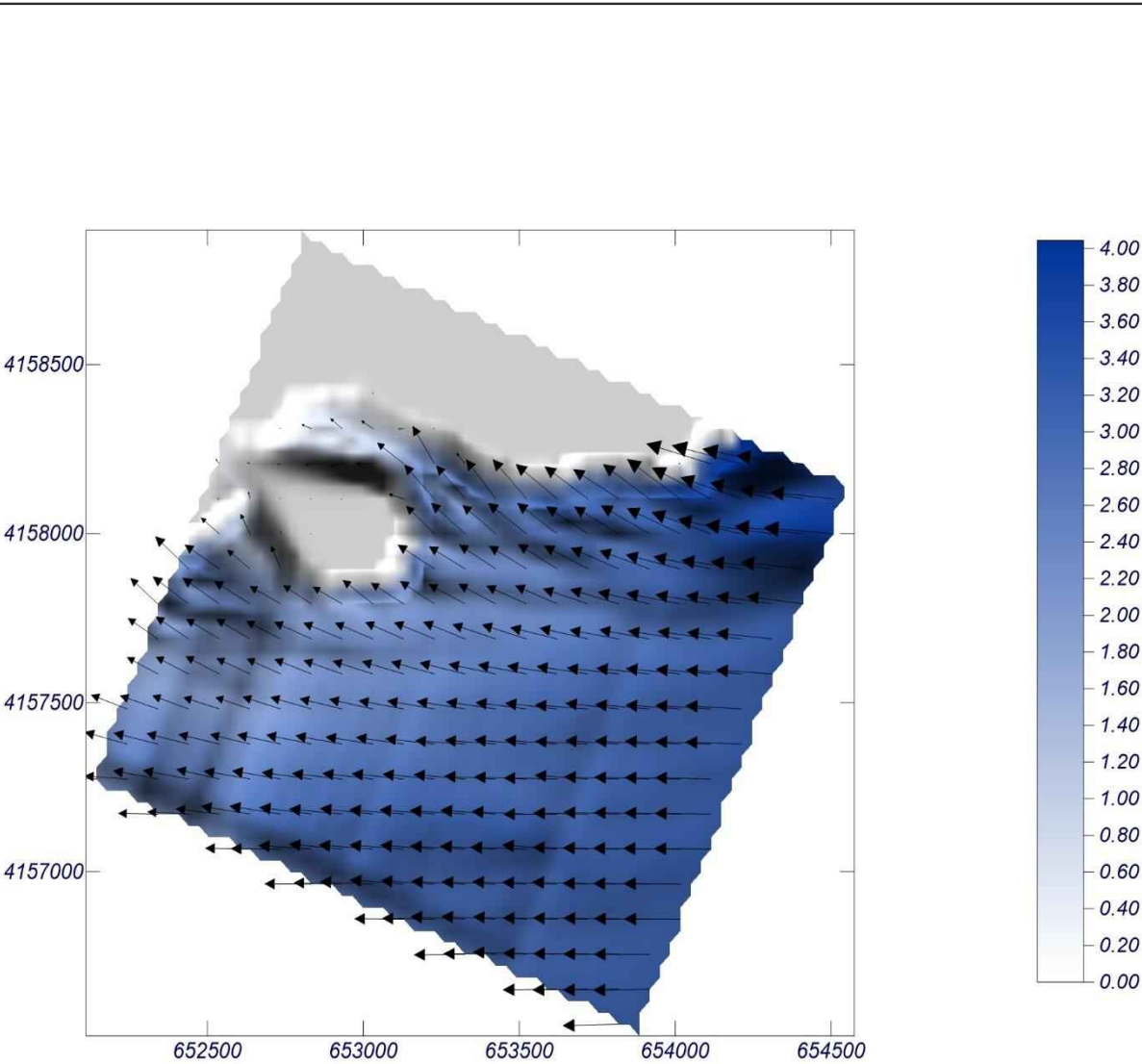
Espectro direccional

θ_m : 26.88° (N86.0E)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B304

B3:

04: SIMAR 2070090 ESTADO 18 12 2016

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.13 m

Tp: 12.0 s

Tp : 0.0996016 Hz (Tp : 10.04 s)

γ : 10

Nº Comp.: 20

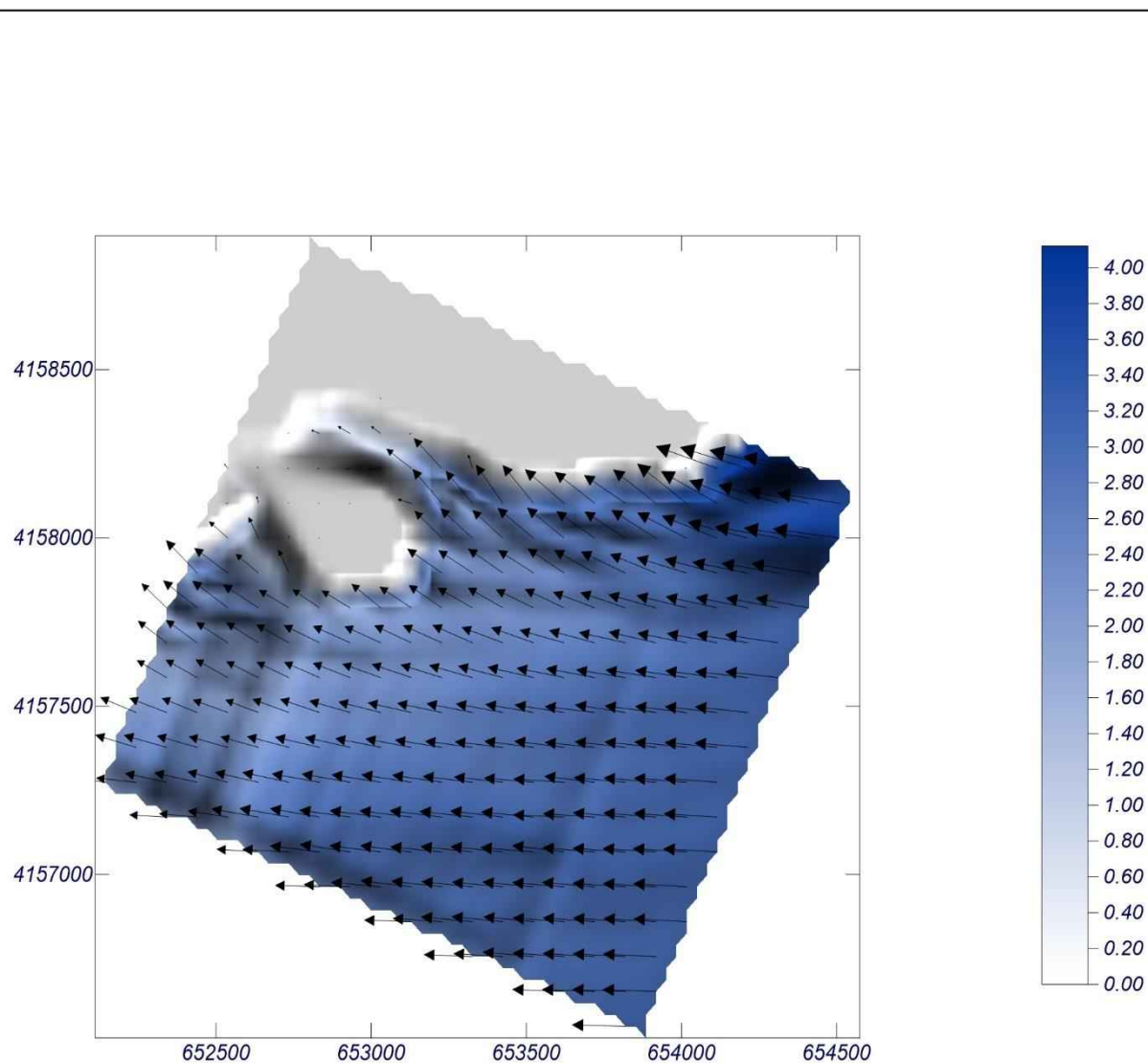
Espectro direccional

θ_m : 23.88° (N89.0E)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.130 m

0 4.13

Proyecto:

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B306

B3:

06: SIMAR 2070090 ESTADO 20 03 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 2.99 m

Tp: 9.34 s

fp: 0.107066 Hz (Tp: 9.34 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

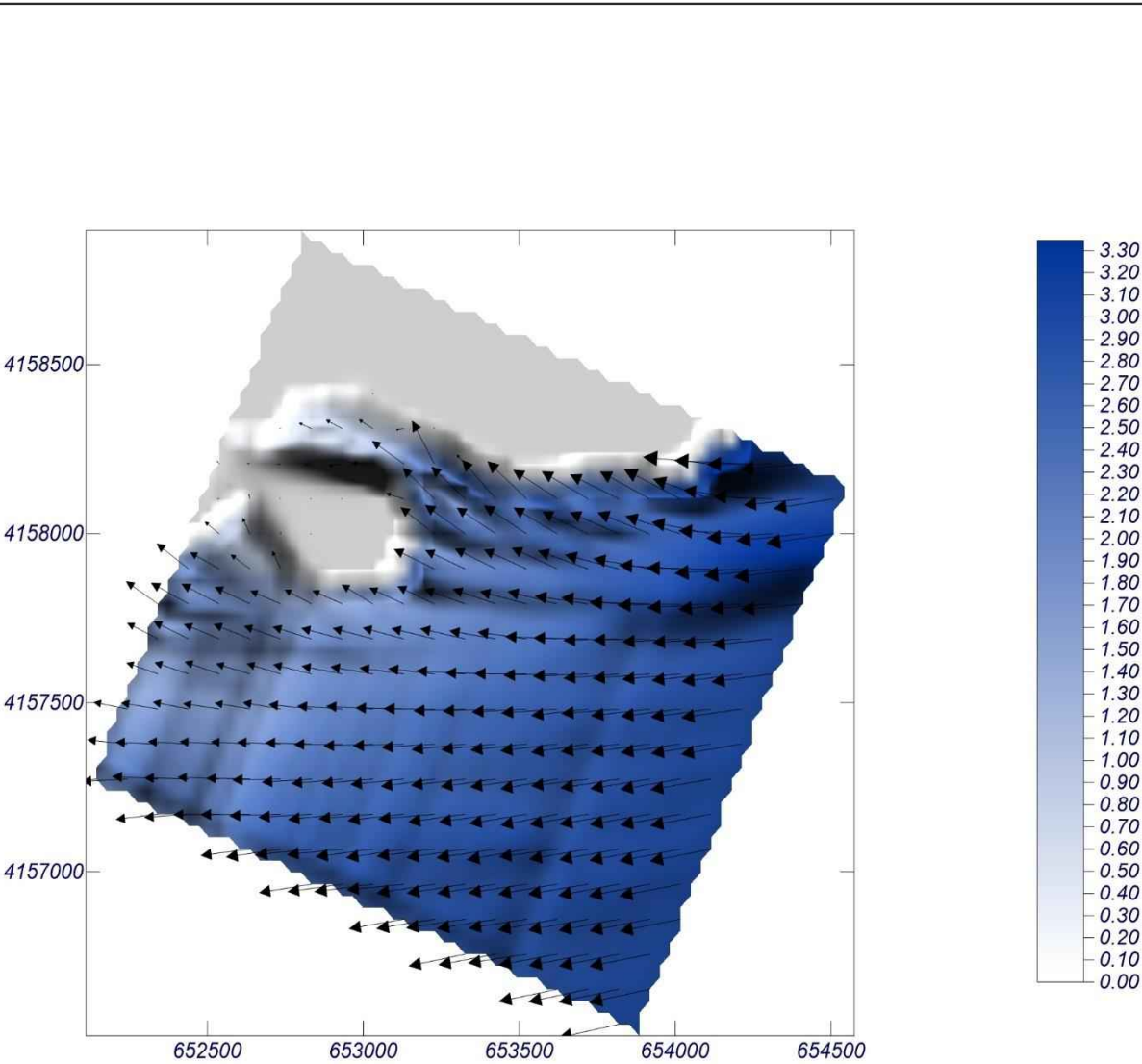
Espectro direccional

θm: 37.88° (N75.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 3.490 m

0 3.49

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: A308

A3:

08: SIMAR 2068090 ESTADO 01 02 2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 4.15 m

Tp: 12.1 s

Tp: 0.10989 Hz (Tp: 9.1 s)

γ : 10

Nº Comp.: 20

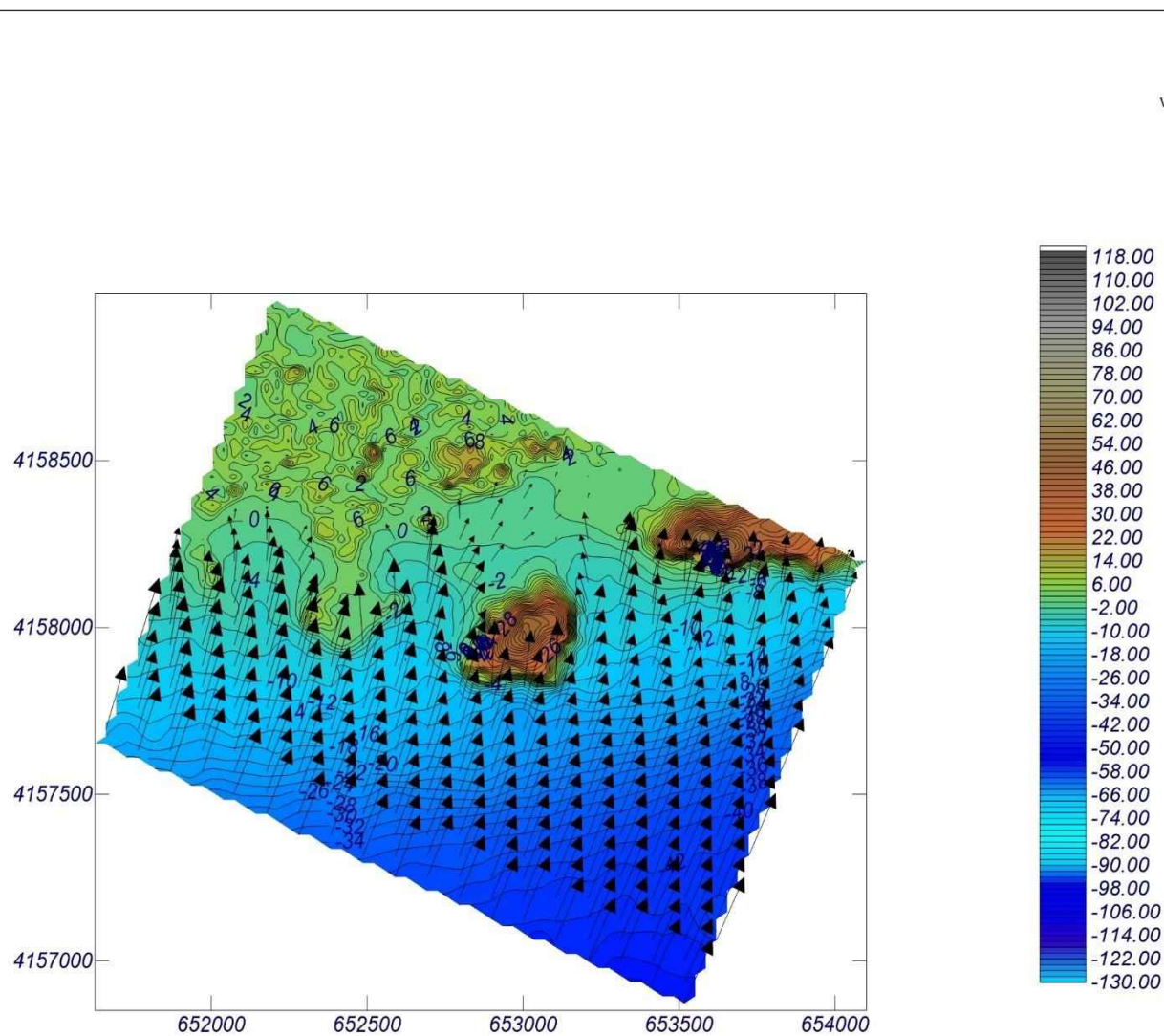
Espectro direccional

θ_m : -3.25° (S26.0W)

σ : 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.280 m

0 4.28

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: A312

A3:

12: SIMAR 2068090 ESTADO 10 04 2018

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.37 m

Tp: 7.52 s

γ: 10

Nº Comp.: 20

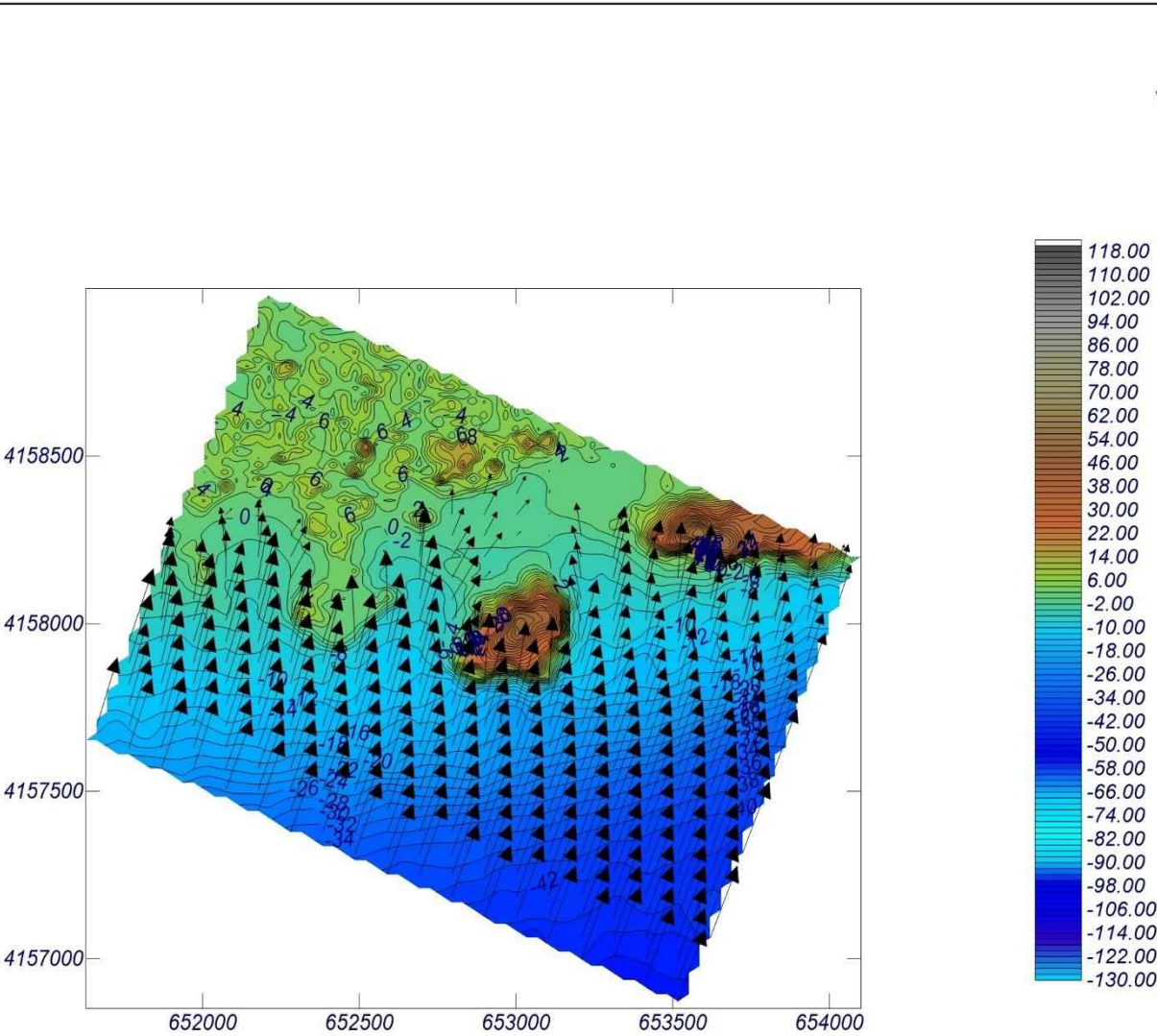
Espectro direccional

θm: 0.75° (S22.0W)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: A309

A3:

09: SIMAR 2068090 ESTADO 11 12 2017

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.9 m

Tp: 12.10 s

γ: 0.116144 Hz (Tp: 8.61 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

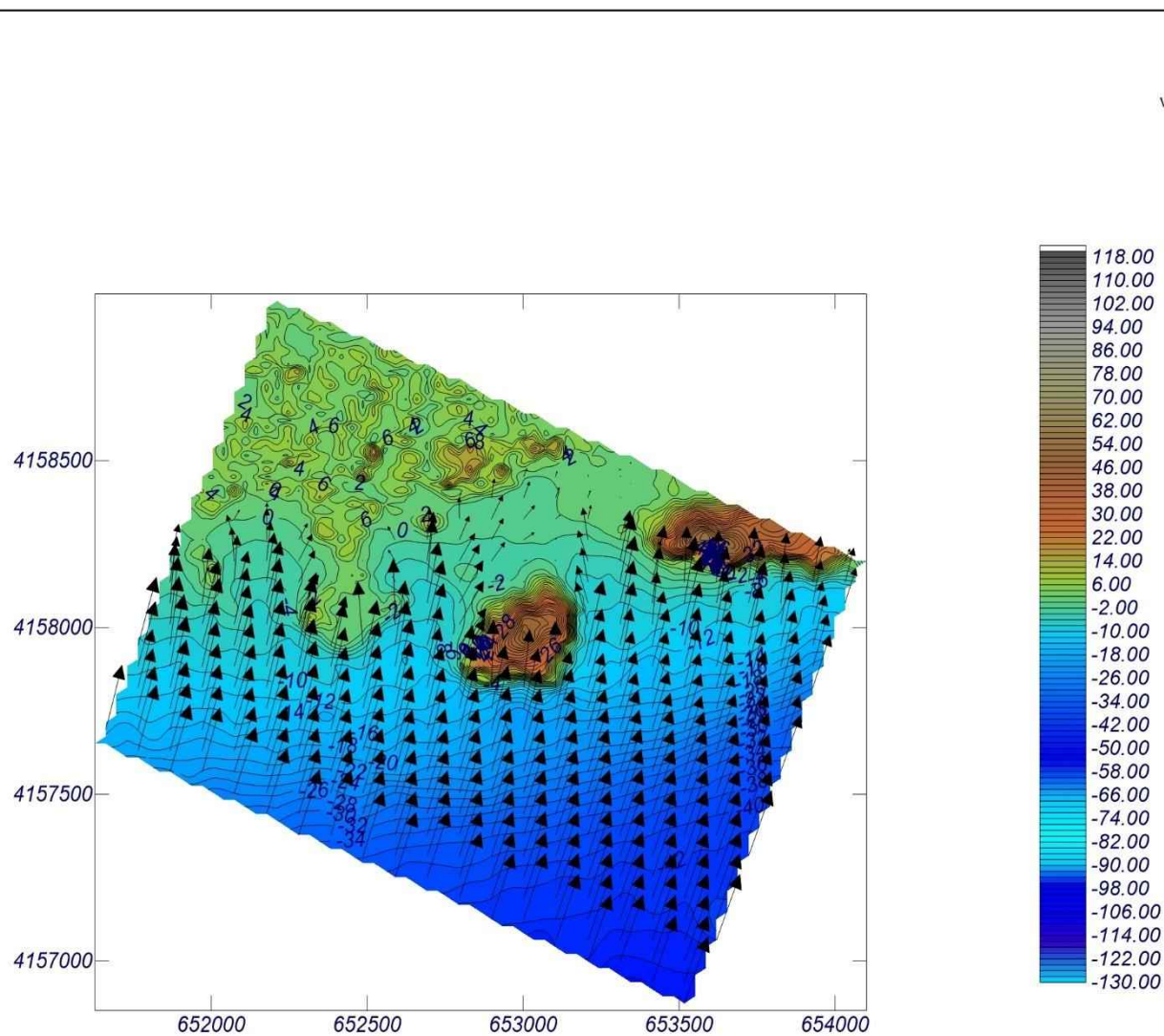
Espectro direccional

θm: 1.75° (S21.0W)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: A310

A3:

10: SIMAR 2068090 ESTADO 17 03 2018

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.96 m

Tp: 12.01 s

fp: 0.0999001 Hz (Tp: 10.01 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

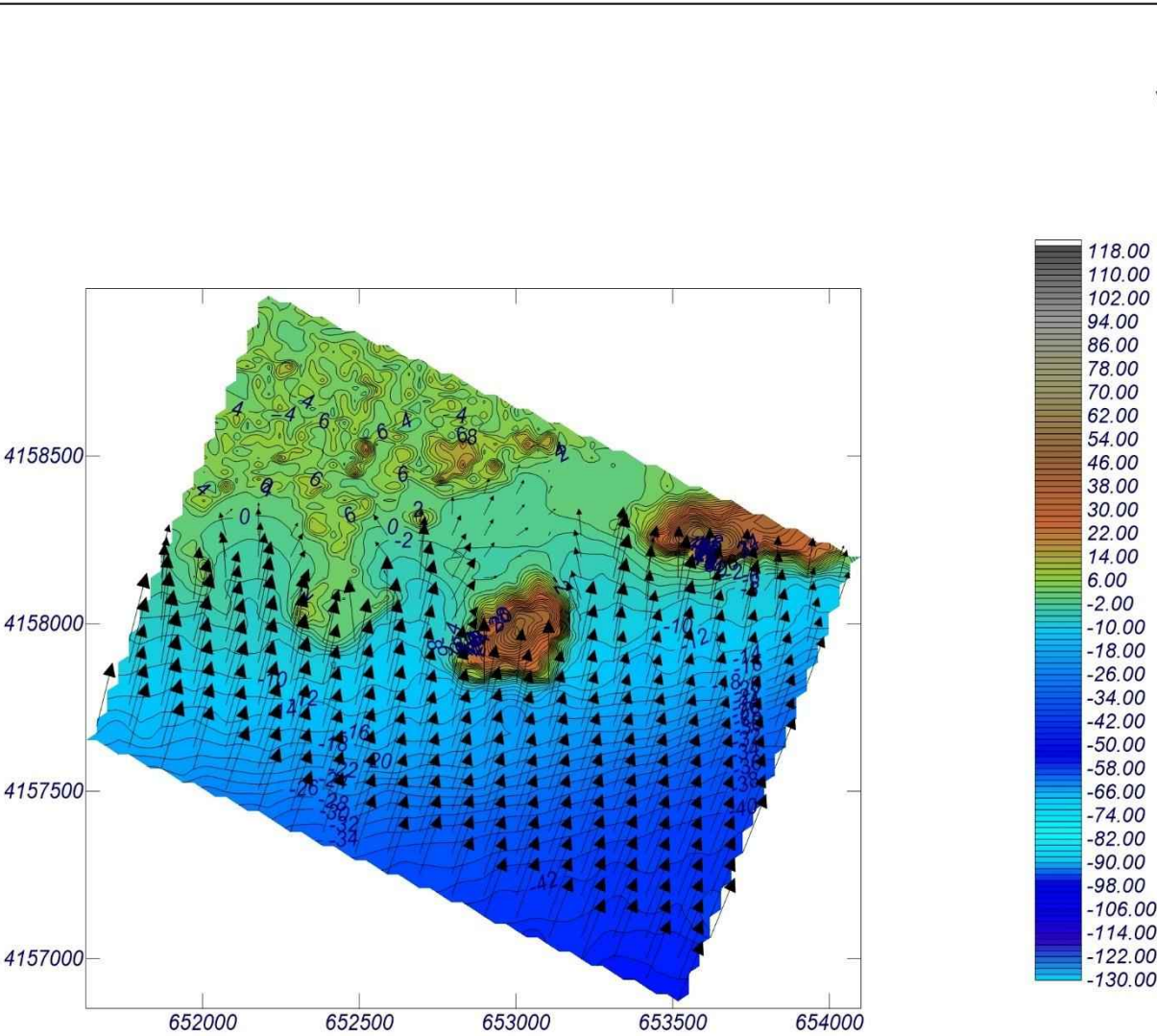
Espectro direccional

θm: -2.25° (S25.0W)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.240 m

0 4.24

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: A307

A3:

07: SIMAR 2068090 ESTADO 2012-2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 4.03 m

Tp: 8.27 s

γ: 10

Nº Comp.: 20

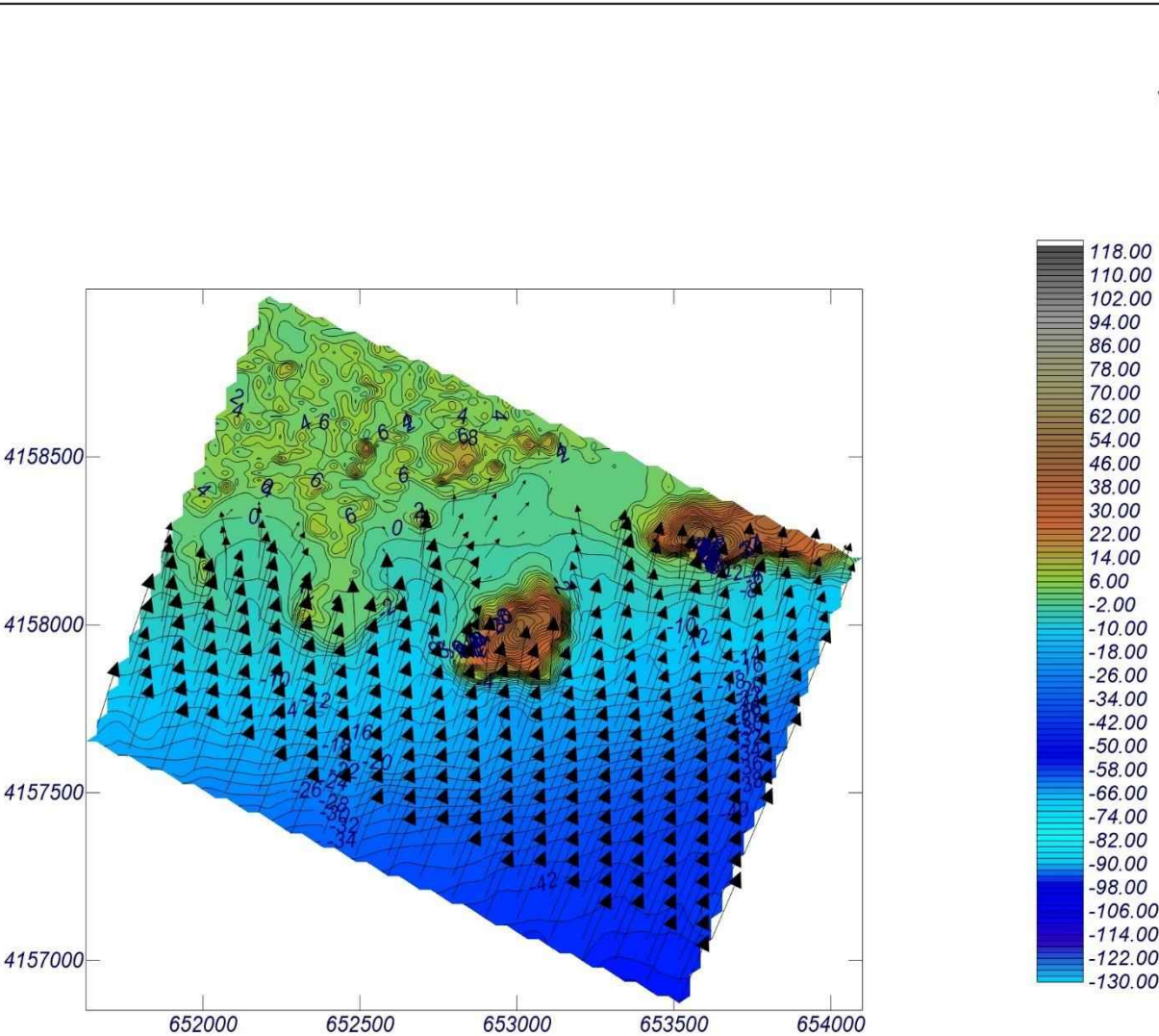
Espectro direccional

θm: -2.25° (S25.0W)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.030 m

0 4.03

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: B303

B3:

03: SIMAR 2070090 ESTADO 01 11 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.16 m

h: 12.0 m

fp: 0.115607 Hz (Tp: 8.65 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

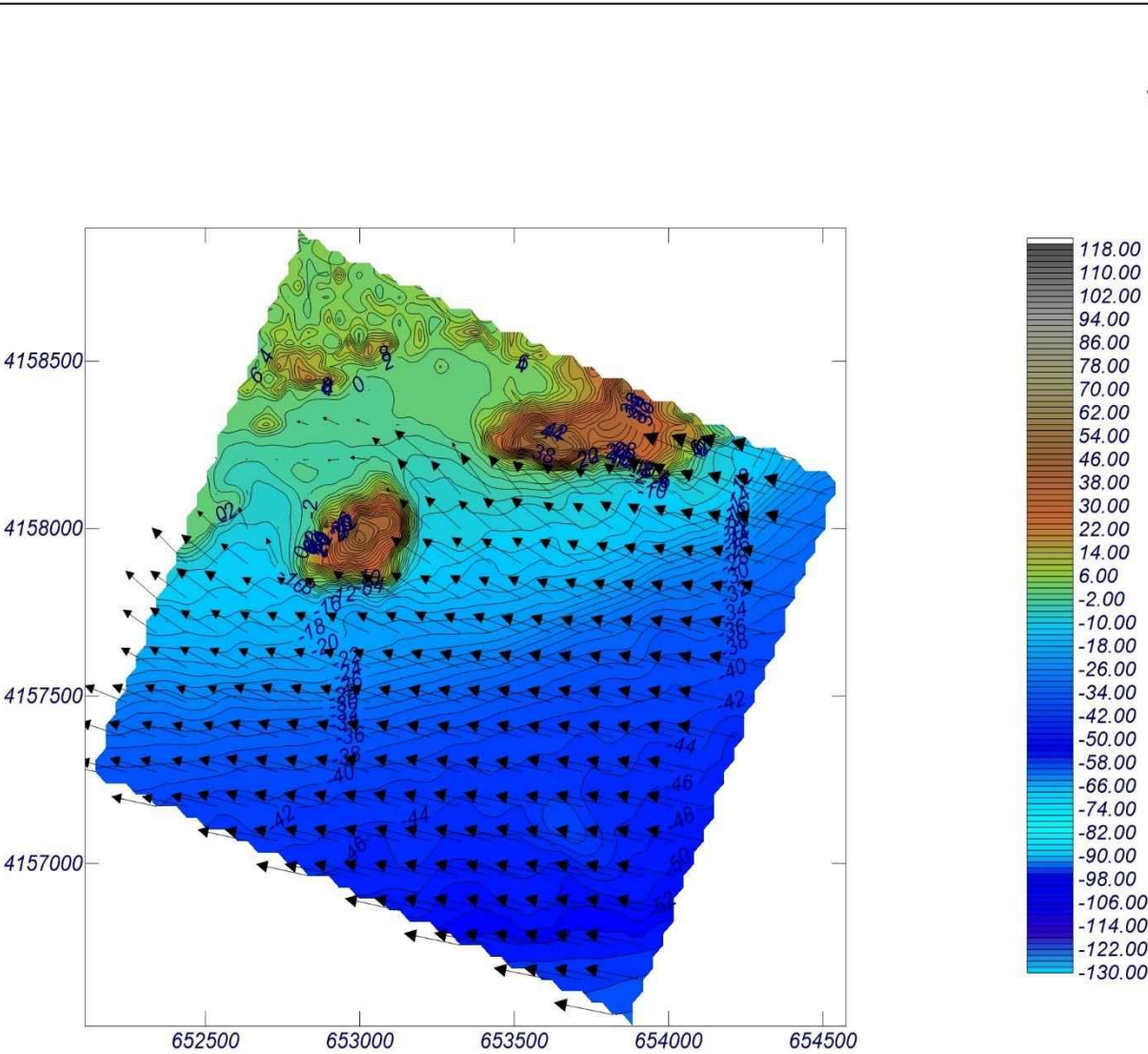
Espectro direccional

θm: 12.88° (S80.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 3.790 m

0 3.79

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: B301

B3:

01: SIMAR 2070090 ESTADO 02 11 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.26 m

h: 1.20 m

f_p: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

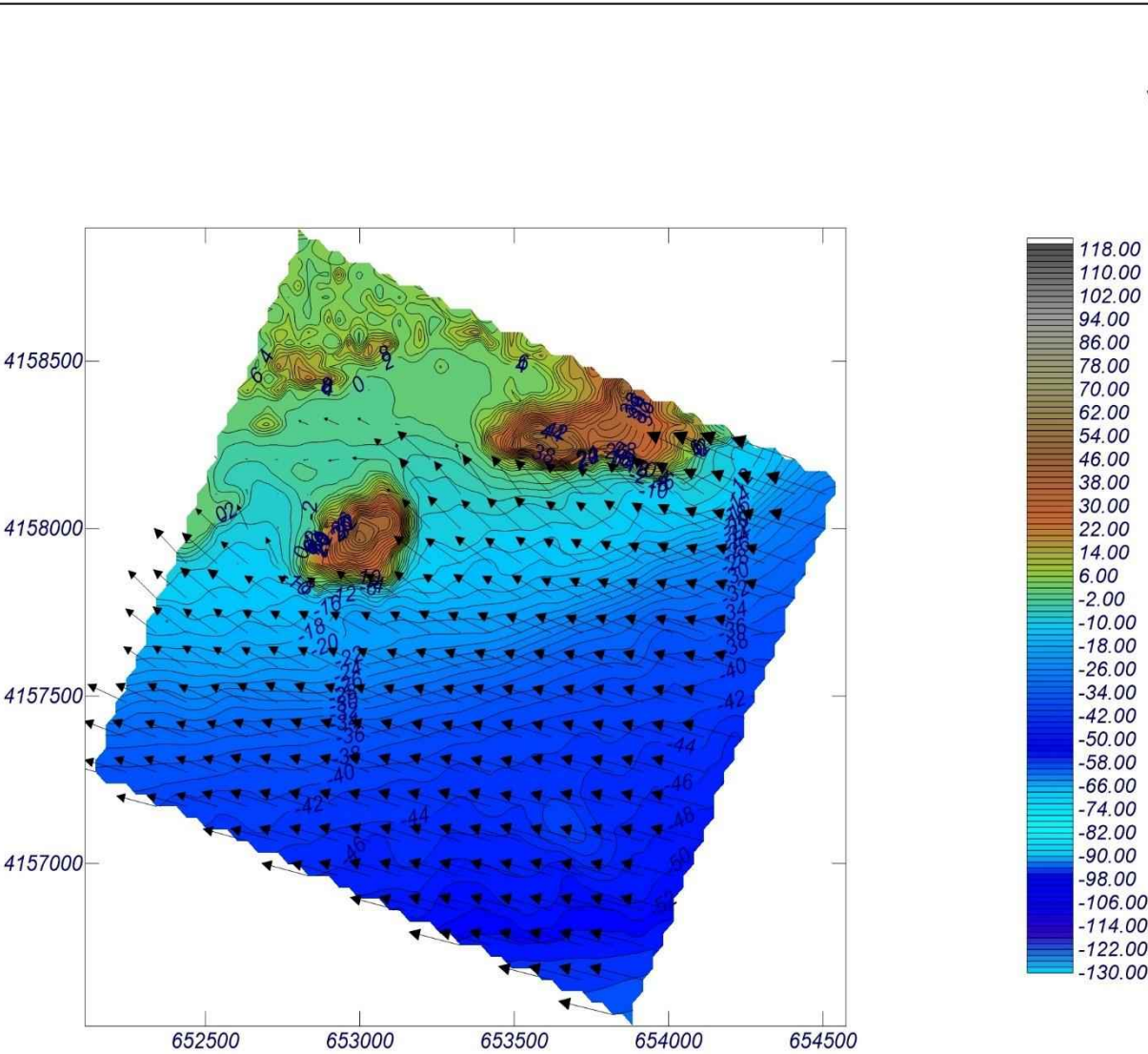
Espectro direccional

θ_m: 10.88° (S78.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.160 m

0 4.16

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: B305

B3:

05: SIMAR 2070090 ESTADO 03 12 2019

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.08 m

Tp: 12.0 s

Tp: 0.10989 Hz (Tp: 9.1 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

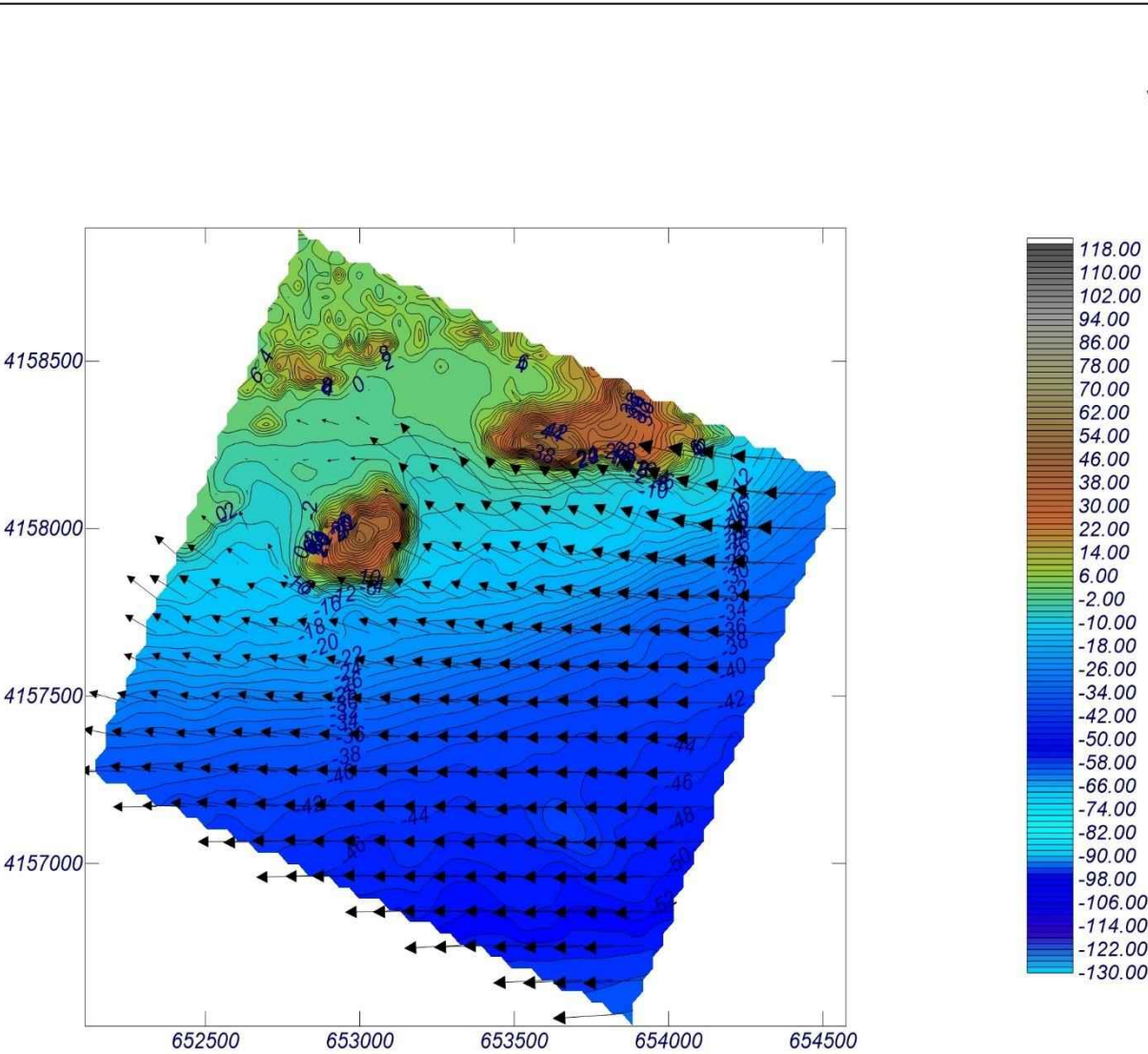
Espectro direccional

θm: 27.88° (N85.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 3.640 m

0 3.64

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: B302

B3:

02: SIMAR 2070090 ESTADO 17 12 2016

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.22 m

Tp: 10.02 s

γ: 10

Nº Comp.: 20

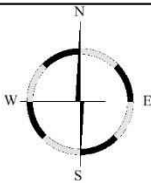
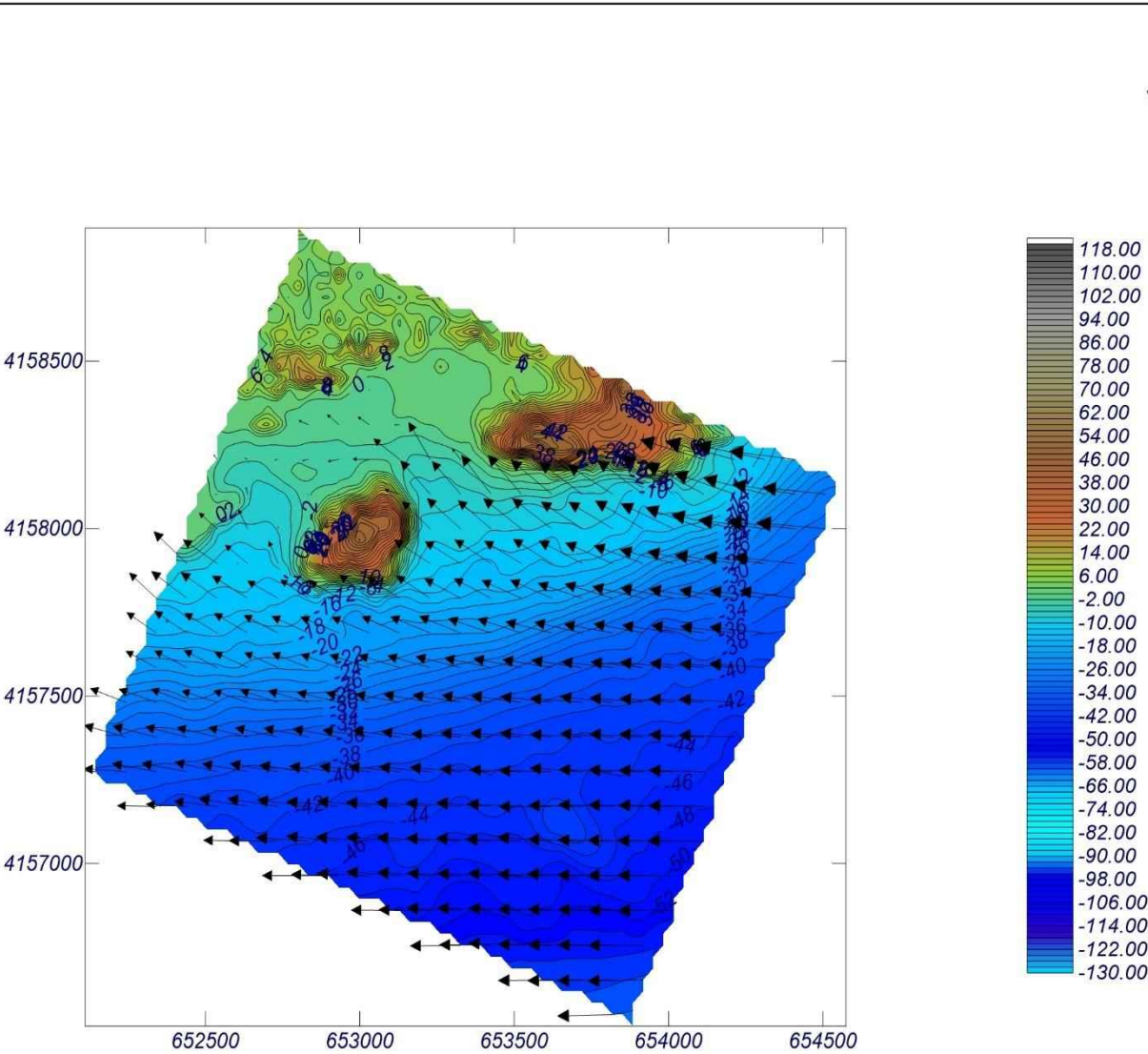
Espectro direccional

θm: 26.88° (N86.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.060 m

0 4.06

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: B304

B3:

04: SIMAR 2070090 ESTADO 18 12 2016

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 3.13 m

Tp: 10.04 s

γ: 10

Nº Comp.: 20

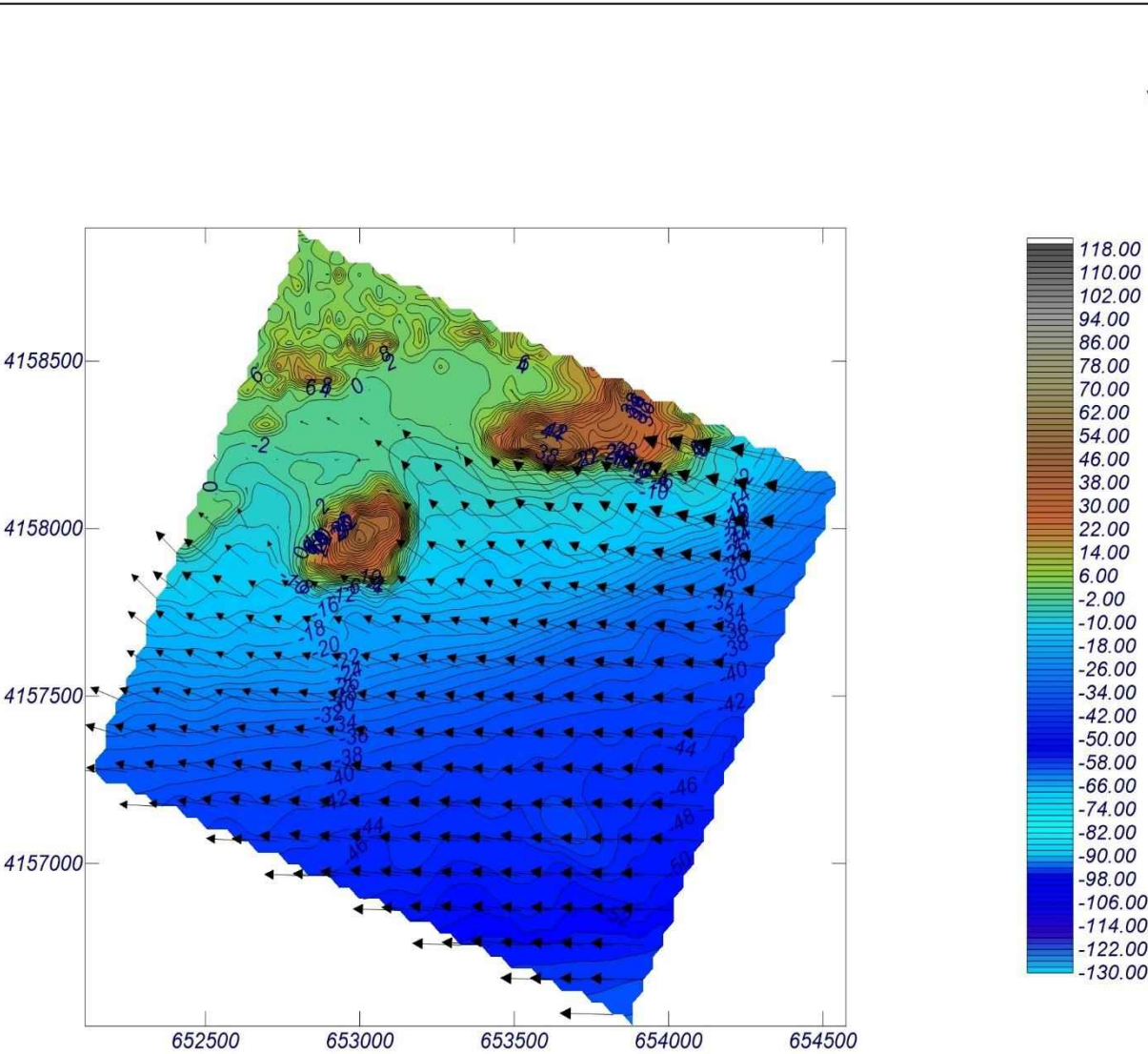
Espectro direccional

θm: 23.88° (N89.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

COPLA-SP

MOPLA-SP



1 cm = 4.130 m

0 4.13

Proyecto:

Gráfico: Gráfico combinado de topografía y vectores Hs

Caso espectral: B306

B3:

06: SIMAR 2070090 ESTADO 2003 2015

Características de la simulación

OLUCA-SP

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 2.99 m

Tp: 12.0 s

fp: 0.107066 Hz (Tp: 9.34 s)

γ: 10

Nº Comp.: 20

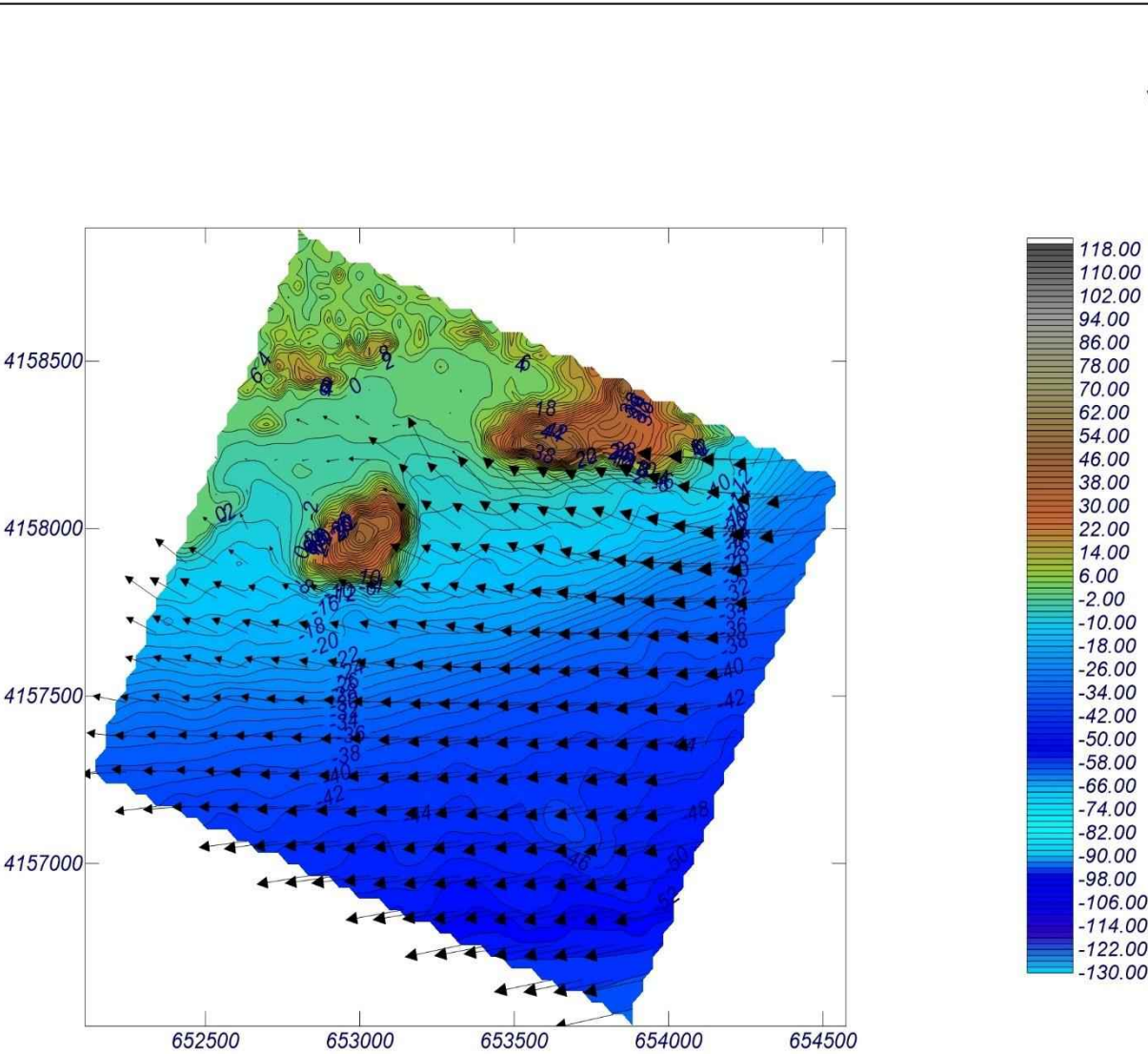
Espectro direccional

θm: 37.88° (N75.0E)

σ: 10° - Nº Comp.: 20

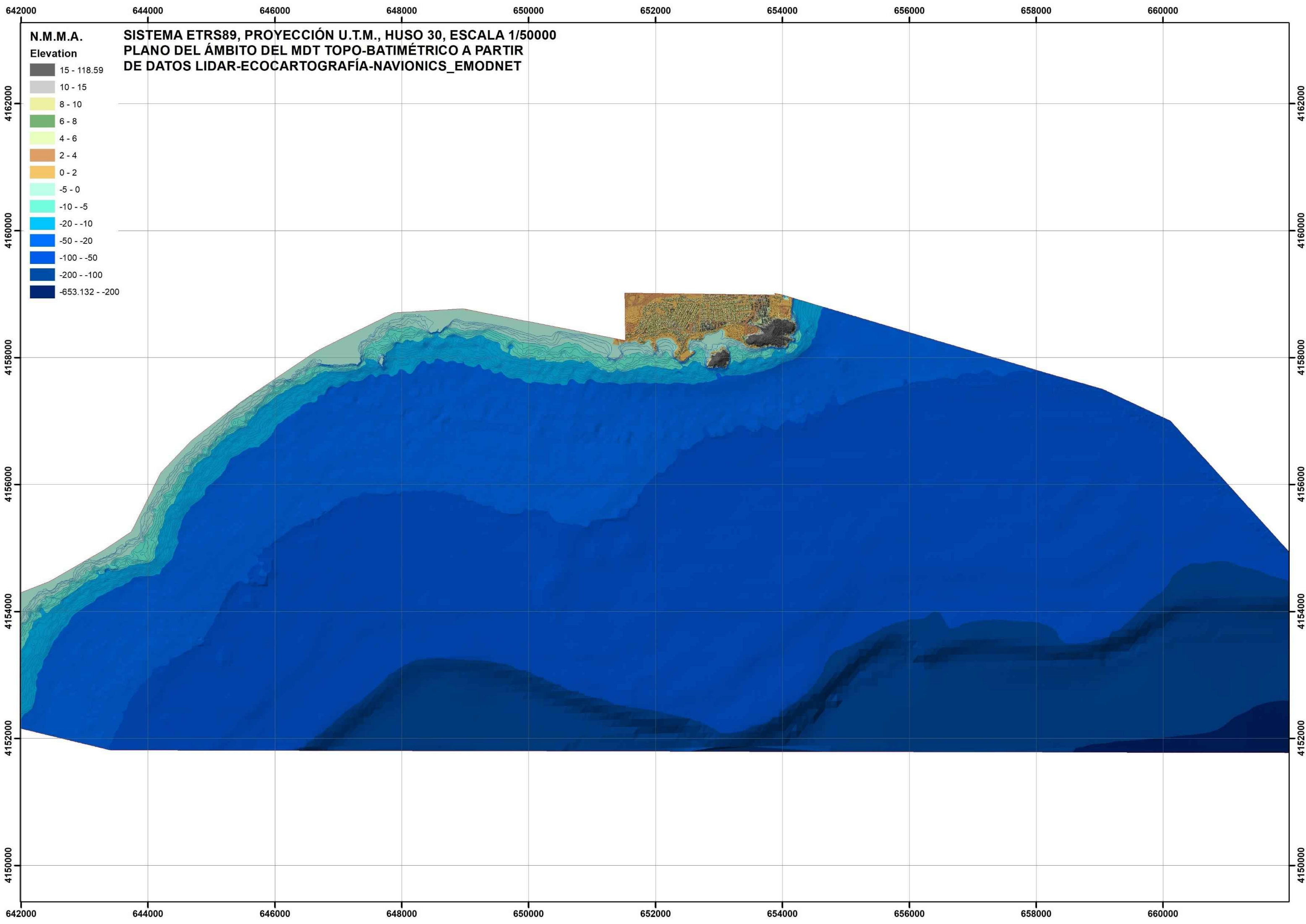
COPLA-SP

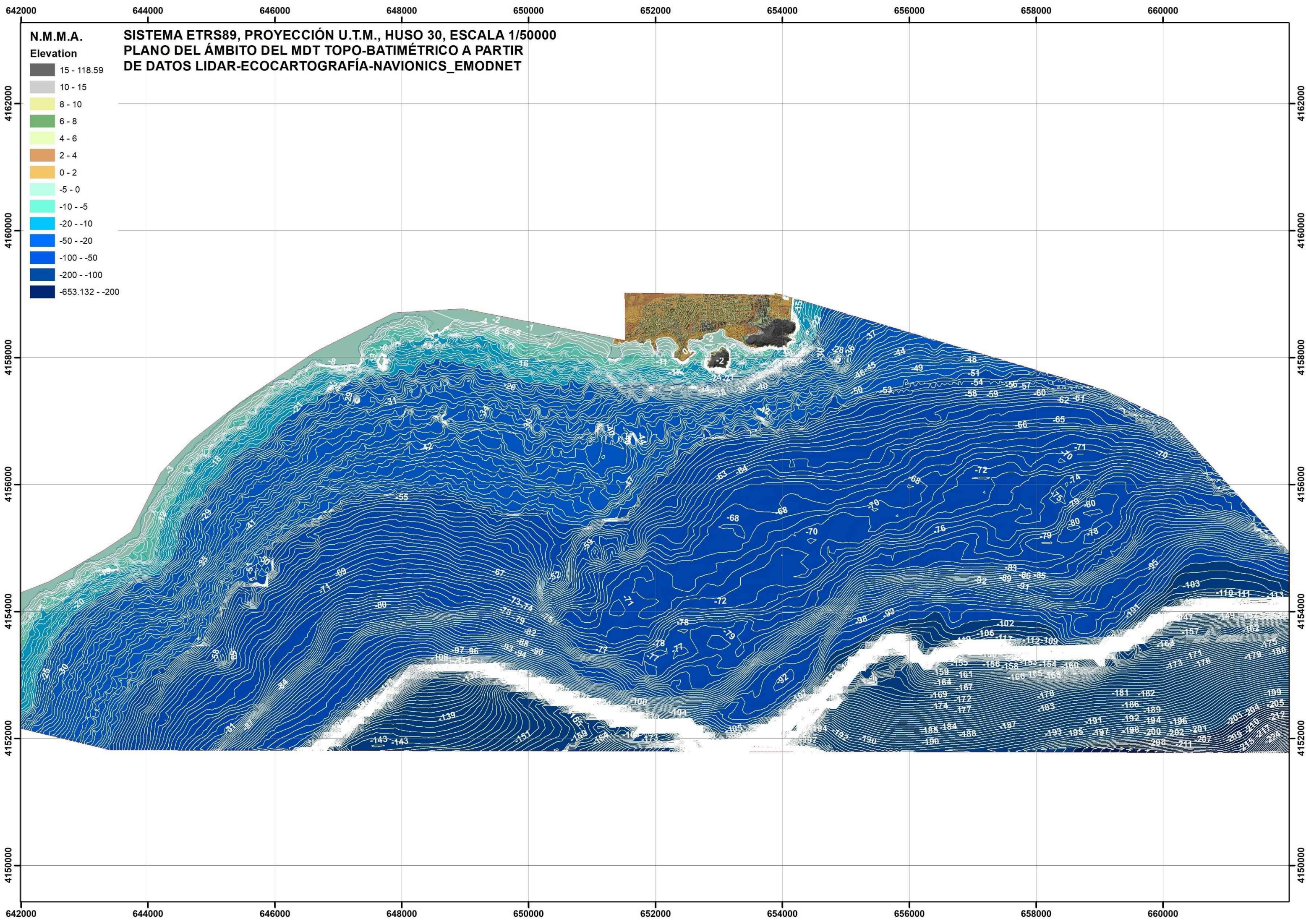
MOPLA-SP

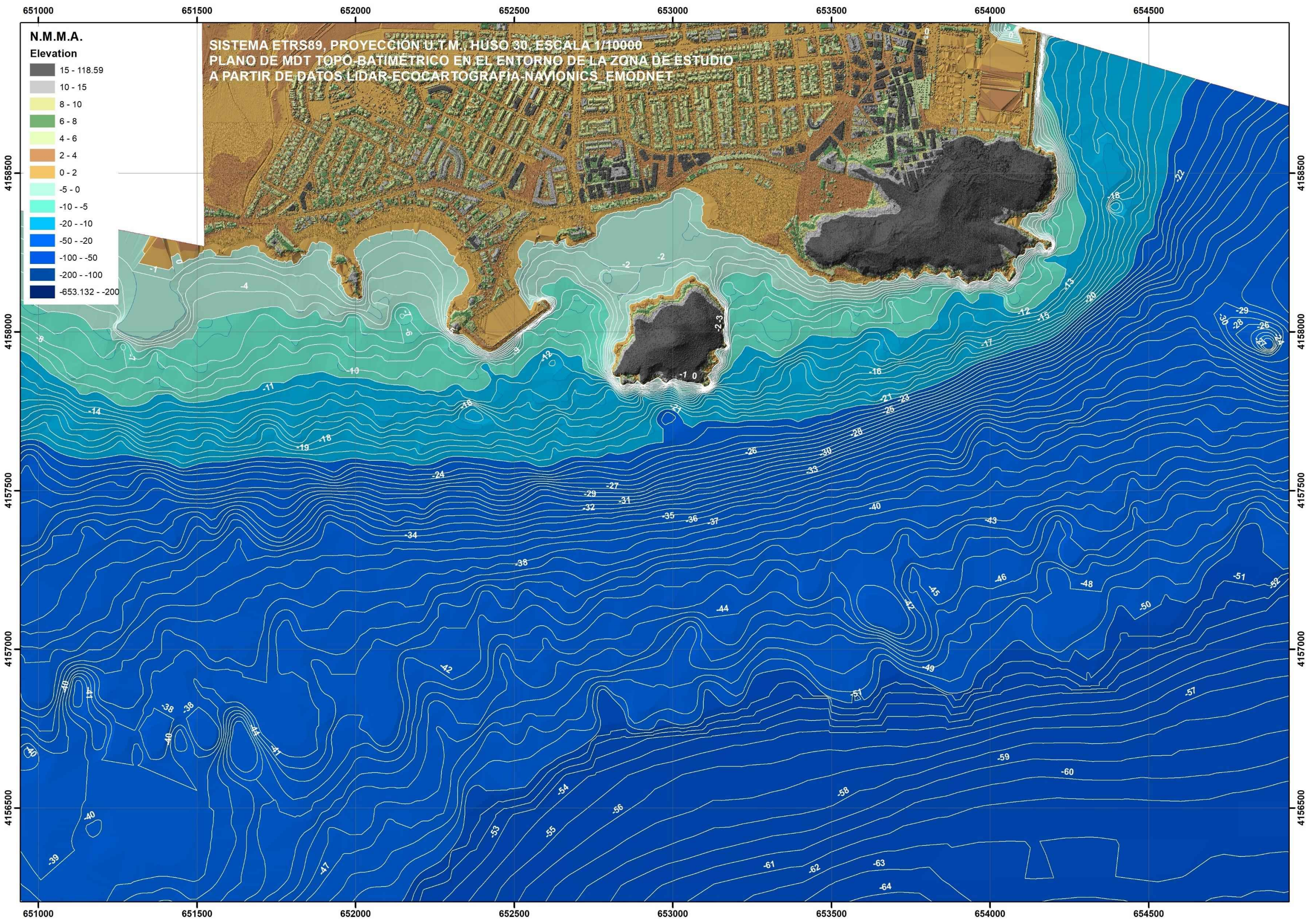


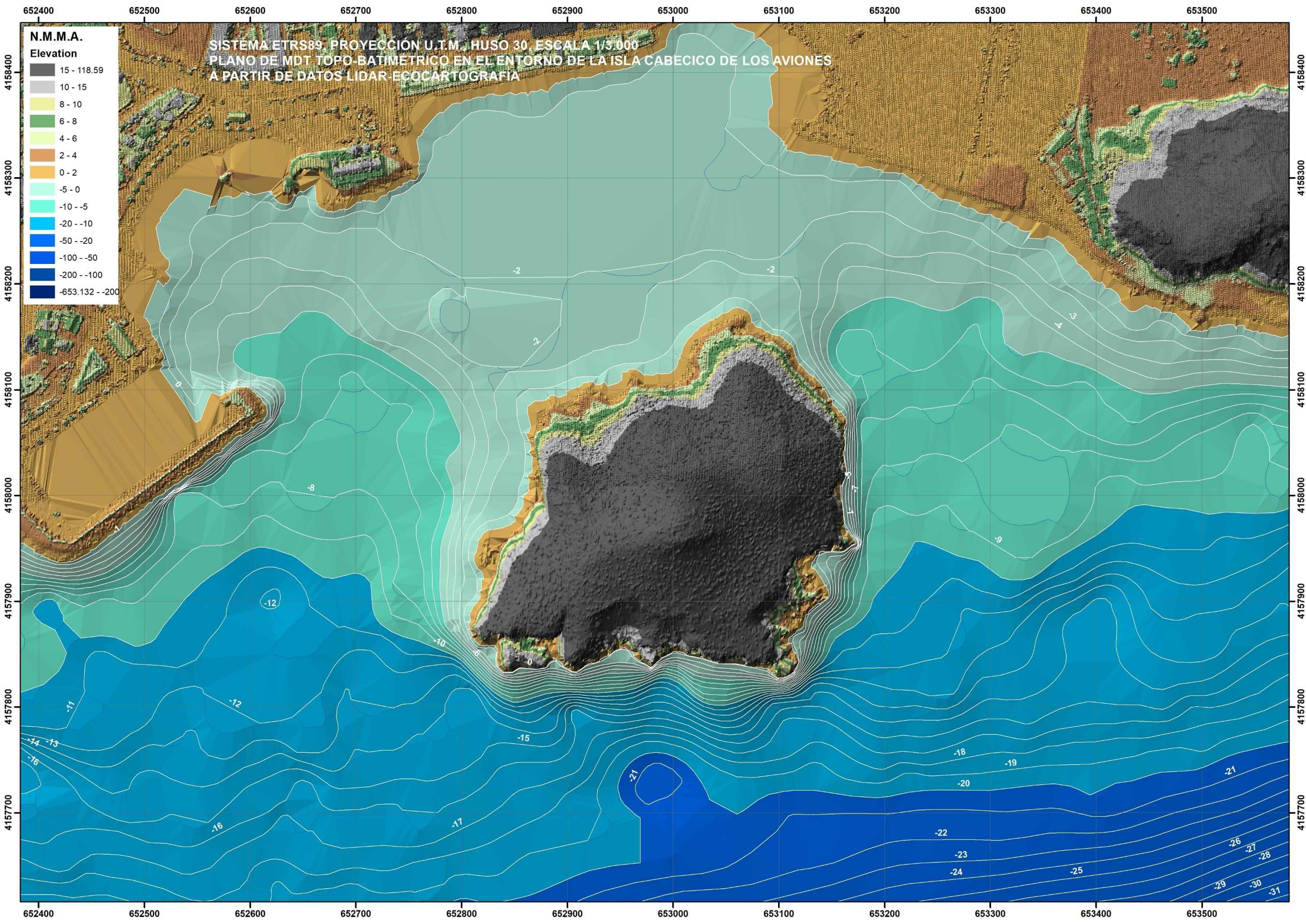
1 cm = 3.490 m

0 3.49











4. CÁLCULOS DE RUN-UP Y COTAS DE MÁXIMA INUNDACIÓN

El remonte del oleaje o run up es la sobreelevación debida a la cota que alcanza el oleaje al incidir sobre una superficie, respecto al nivel del mar en reposo, siendo uno de los principales factores de incidencia en la cota de máxima inundación a estimar. El problema principal general de los cálculos de run up reside en que no existe una ley única y general que cubra todas las situaciones posibles, por lo que su cálculo debe realizarse a partir de aproximaciones.

Se ha tenido en cuenta en el presente estudio un tratamiento de morfología de cantiles y acantilados para los cálculos del alcance de los oleajes sobre las superficies emergidas, en los que se aplica para el cálculo de los alcances de oleajes sobre su fachada, formulaciones semiempíricas de run-up en estructuras, empleadas generalmente en diques en talud con escolleras y válida también para otro tipo de elementos constructivos del manto principal, dado que el tramo de estudio se sitúa en un frente de costa eminentemente acantilada de la isla Cabecico de los Aviones.

Los perfiles de las superficies emergidas sobre los que se producirá el remonte del oleaje se obtendrán en cada uno de los transectos de incidencia para los cálculos de run-up sobre el MDT emergido de alta resolución obtenido a partir del levantamiento LIDAR (0,5-1 punto por m²), y cuya pendiente será obtenida por el método de cálculo de ajuste por mínimos cuadrados, con una estimación por regresión de la recta que se ajusta de forma óptima a perfiles del terreno complejos compuestos de pendientes múltiples a lo largo de un perfil, característico de morfologías acantiladas de morfología irregular, como la del presente tramo de estudio en un cabo o saliente, habiéndose considerando puntos del acantilado, desde la cota sumergida hasta donde se prolonga el talud de incidencia, hasta la cota emergida del talud representativo sobre el que impactará la ola en primera instancia, que a su vez estimará el software previamente con los parámetros del oleaje.

El Run up en estructuras depende principalmente de la pendiente de la superficie emergida de incidencia dado por el talud de la fachada del acantilado. Asimismo, el run-up también depende en estructuras de la profundidad a pie de talud, de la rugosidad y porosidad de la superficie de incidencia de la morfología y de su geometría, así como de la altura de ola incidente, periodo, dirección y ancho espectral del oleaje.



En el presente estudio, al haberse realizado propagaciones hasta el frente de costa por simuladores computacionales basados en modelos numéricos y haberse obtenido la altura de ola hasta pie de la morfología emergida, se tomará como profundidad a pie de talud, la profundidad teniendo en cuenta la marea correspondiente a cada estado de mar y su set-up asociado, y la misma será determinada por la posición de los nodos en los que ha proporcionado el software los valores de H_{sp} altura de ola propagada frente al tramo de estudio y que serán tomados como valores de altura de ola de cálculo para el run-up.

Al tratarse de run-up sobre fachada acantilada, sin elementos como escollera o bloques, se dará el tratamiento en cuanto a rugosidad y porosidad de talud liso.

La imposibilidad de formular una ley única y general que cubriera todas las situaciones posibles en cuanto a tipo de oleaje, oblicuidad, existencia de bermas, disparidad de estructuras, etc., instigó a autores como Ahrens y McCartney (1975) y Ahrens y Titus (1985), a realizar la mayor parte de estudios en este tipo de estructuras a partir de aproximaciones al problema específico.

En consecuencia, en la morfología emergida en el tramo de costa de la isla Cabecico de los Aviones, término municipal de Mazarrón (Murcia), se obtendrá el run-up con formulaciones semiempíricas de cálculo sobre estructuras artificiales a partir de las alturas de ola propagadas a pie de costa por el software Oluca-SP espectral simuladas computacionalmente sobre el MDT topobatimétrico generado, con una de las formulaciones semiempíricas implementadas en el módulo del software SMC para cálculo de run-up sobre diques (módulo TIC), el modelo de Ahrens y Titus (1985).



Este modelo de Ahrens y Titus resulta especialmente apropiado para el presente estudio, dado que es aplicable en taludes sensiblemente lisos, como es el caso, al tratarse de una superficie emergida principal de incidencia del oleaje de una morfología de cantil natural, y por tanto no rugoso (sin escolleras ni piezas de diseño). También resulta en este caso recomendable este modelo de run-up, dado que considera distintas formulaciones según el tipo de rotura del oleaje, por lo que comprende casos tanto de spilling, colapsing, plunging o surging distintas pendientes, aplicando tratamiento específico a cada uno, siendo este último el que corresponde mayoritariamente al presente estudio en función de los estados de mar considerados y de los puntos solución, la pendiente de incidencia del oleaje y el peralte de la ola en el punto considerado a pie de morfología emergida, y en consecuencia considerando distintas pendientes.

En este tipo de formulaciones que relacionan el ascenso del oleaje adimensionalizado con la altura de ola incidente (la propagada a pie de costa emergida) y el número de Iribarren y que son válidas para taludes lisos, el avance de las olas sobre la superficie emergida se da en términos del número de Iribarren en aguas profundas utilizando la altura de las olas locales ($I_{r_{op}}$), razón por la cual resulta fundamental una propagación con software de modelado costero que simule la propagación hasta pie de costa emergida como la realizada con Oluca-SP espectral, no generando dudas sobre su importancia cuando las olas rompen como olas que se precipitan o se derraman en la pendiente emergida.

El modelo de Ahrens y Titus (1985) aplicable en taludes sensiblemente lisos como los que corresponden a fachadas acantiladas, tiene una estructura algo más complicada que otras formulaciones de este tipo, siendo su expresión matemática válida para roturas de tipo oscilación, colapso y voluta, en función de los parámetros de los estados de mar seleccionados y de la morfología y pendientes de las superficies acantiladas emergidas, siendo el run-up es proporcional a la altura de ola incidente, con una constante de proporcionalidad que varía según el tipo de rotura de que se trate: en roturas tipo voluta toma valores proporcionales al número de Iribarren; en las de tipo oscilación, es una función de diversos parámetros de la onda, desarrollándose mediante las siguientes expresiones matemáticas:



$$R_u = C \cdot H_i ;$$

R_u = run-up sobre la morfología acantilada

H_i = altura de ola incidente en superficie emergida (propagada a pie de frente de costa)

C = parámetro que se calcula mediante una serie de expresiones que dependen del número de Iribarren (Ahrens, 1985)

$$I_{r_{op}} = \frac{\tan \theta}{\sqrt{\frac{H_i}{L_0}}}$$

Si $I_{r_{op}} \leq 2$; $C = C_p = 1,002 \cdot I_{r_{op}}$

Si $2 < I_{r_{op}} < 3,5$; $C = \left(\frac{3,5 - I_{r_{op}}}{1,5} \right) \cdot C_p + \left(\frac{3,5 - I_{r_{op}}}{1,5} \right) \cdot C_{\pi b}$

Si $I_{r_{op}} \geq 3,5 \Rightarrow$ Ahrens y Burke (ACES),

$$\Rightarrow C_{\pi b} = 1,087 \sqrt{\frac{\pi}{2 \tan \theta}} + 0,775 \cdot D ;$$

Siendo:

$$D = \frac{\frac{H_i}{L}}{(\tanh)^3 \left(\frac{2\pi h}{L} \right)}$$

L_0 = longitud de onda en aguas profundas

L = longitud de onda a pie de talud

h = profundidad a pie de morfología emergida dada por el punto de ola propagada a pie de frente de costa, teniendo en cuenta la marea $Tr=50$ + set-up.

θ = ángulo de la pendiente acantilada emergida, calculada con el talud estimado por ajuste de regresión por mínimos cuadrados, desde la cota sumergida a la que se prolonga el talud, hasta la cota emergida del talud de incidencia del oleaje, que será estimada para cada perfil, dada la complejidad por irregularidad morfológica y de pendientes de las superficies de incidencia, definida con detalle por el MDT obtenido a partir del levantamiento topográfico LIDAR.



Este modelo está respaldado por amplias series de ensayos de laboratorio y verificadas en multitud de estructuras reales.

Para los cálculos de los perfiles de los frentes emergidos de incidencia del oleaje, se han definido a lo largo del tramo de estudio un total de 220 perfiles-transectos de incidencia atendiendo a la geometría de la línea de orilla, con puntos de perfil tomados sobre el MDT generado del acantilado desde la cota 0 N.M.M.A. hasta la cota del talud estimada para cada perfil sobre el MDT, sobre los que han sido obtenidos los taludes por una función de ajuste por mínimos cuadrados, con los que se han realizado los cálculos de run-up, teniéndose en cuenta los módulos H_{sp} de los vectores direccionales del oleaje en la propagación a pie de superficies de incidencia emergidos frente a cada perfil-transecto de incidencia, a partir de los cuales se han proporcionado 218 valores de inundación finales.

Una vez incrementados los run-up con los respectivos niveles mareales obtenidos del mareógrafo del Puerto de Almería con referencia al N.M.M.A. (obtenidos en el apartado 2.2), se les deberá añadir también los niveles del set-up correspondiente de cada uno de los estados de mar seleccionados de los Puntos Simar 2068090 y 2070090, los cuales serán obtenidos con la formulación de Longuet-Higgins y Stewart (1963-1964), que determina que el flujo de momento de las olas, es el responsable del fenómeno del set-up, habiéndose verificado por ensayos de campo y detallados ensayos de laboratorio, llegándose a la ecuación para la obtención del mismo mediante la siguiente expresión:

$$\text{Set up max} = \eta_{\max} = 0,15 \cdot h_b - \frac{g^{1/2}(H_0)^2 T}{64 \cdot \pi \cdot h_b}$$

η_{\max} =set-up por oleaje en nivel de rompientes

h_b =profundidad de rotura

T =período de la ola

H_0 =altura de ola en profundidades indefinidas

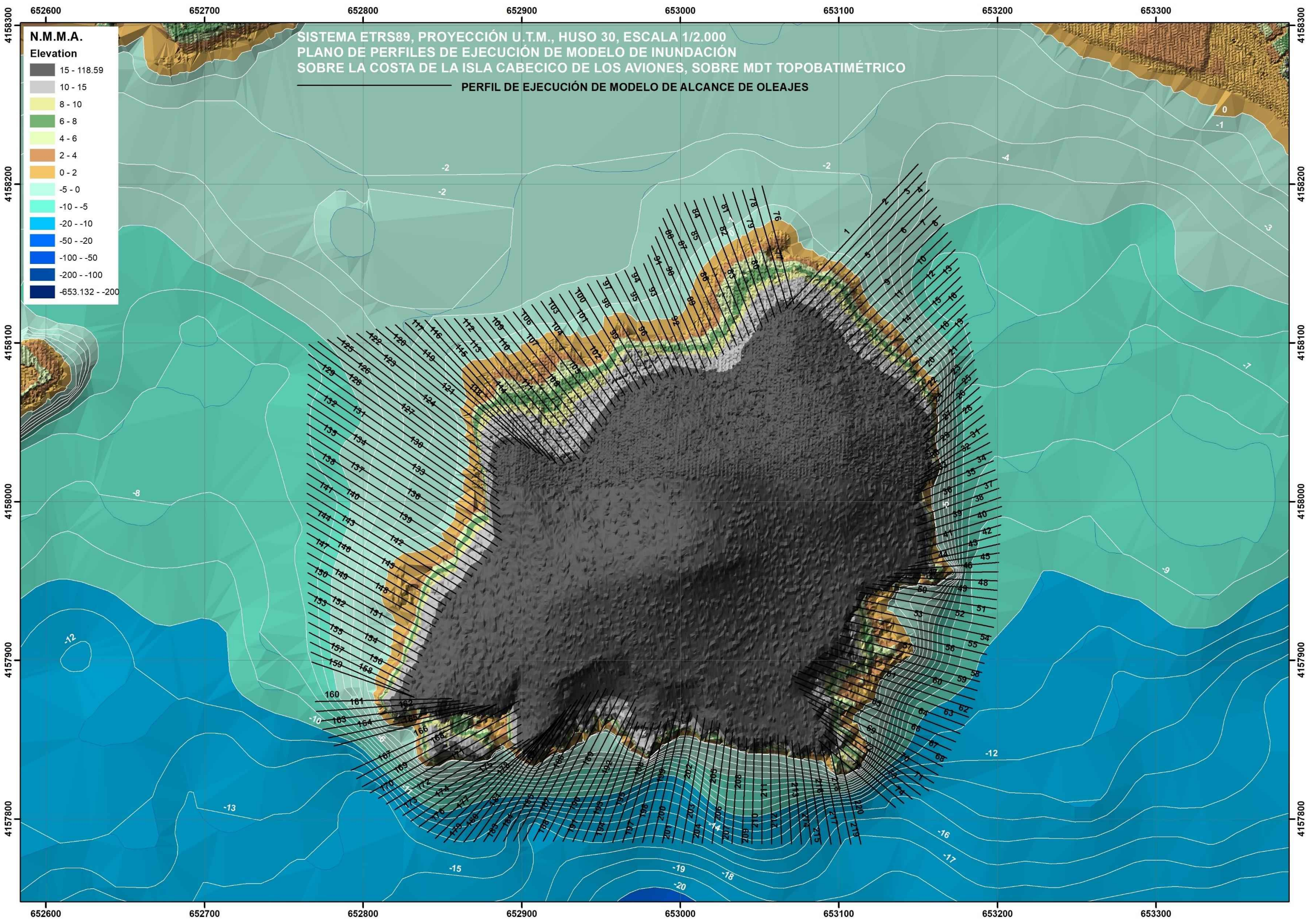


Las 220 líneas que contienen los perfiles-transectos sobre los que se han ejecutado los cálculos de run-up en el tramo de estudio se posicionan en los siguientes planos a escala 1/2.000 tamaño A-3 sobre el MDT, en coordenadas del sistema ETRS89, elipsoide GRS80, Proyección U.T.M., Huso 30, adjuntándose asimismo los 220 gráficos correspondientes a las proyecciones de dichas líneas sobre el MDT topográfico, sobre las que la aplicación que opera en entorno GIS ha obtenido el talud para la formulación de Ahrens y Titus por el método de mínimos cuadrados estimada para cada perfil (sobre el que ha estimado la incidencia de cada ola de cálculo), así como los valores del parámetro para el set-up de h_b a pie de estructura acantilada.

De esta forma, los perfiles representados en dichos gráficos, arrancan desde la batimetría en la zona de reducidas y rompientes que contienen la profundidad h_b , así como se prolongan hasta cotas superiores sobre la morfología emergida que contendrán siempre los puntos de cota estimada para el cálculo del ángulo para la formulación de Ahrens.

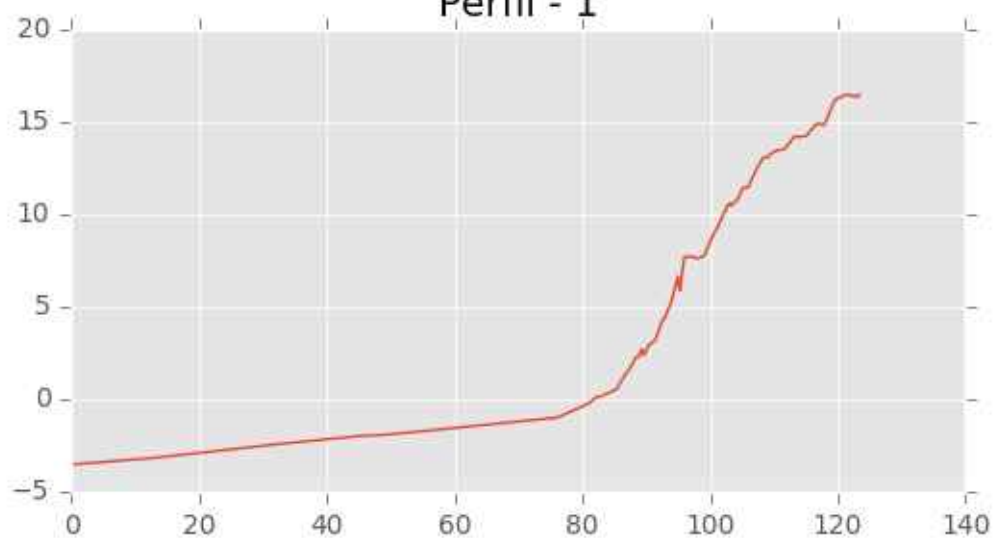
Por tanto, los 220 gráficos correspondientes a las 220 líneas de transecto-perfil, representan los perfiles topobatimétricos (220 unidades repartidas por el área de estudio) sobre los que por un lado se ha obtenido la h_b para el set-up Longuet-Higgins y Stewart y la pendiente-talud para el run-up Ahrens-Titus en cada uno de los 220 para cada uno de los 11 temporales, y de otro caracterizan la morfología del talud (sumergido-emergido) de la costa acantilada de la isla Cabecico de los Aviones, con un elevado nivel de detalle, tanto por la alta densidad de perfiles-transectos trazados, como por su longitud extendida desde batimetría hasta topografía emergida.

El plano sobre ortofotografía refleja la posición de las 220 líneas de perfil-transecto de incidencia con indicación del nº de transecto (del 1 al 220), y en el plano sobre MDT se indican las pendientes obtenidas por el método de mínimos cuadrados obtenidas sobre la porción considerada de incidencia dentro de cada una de las 220.

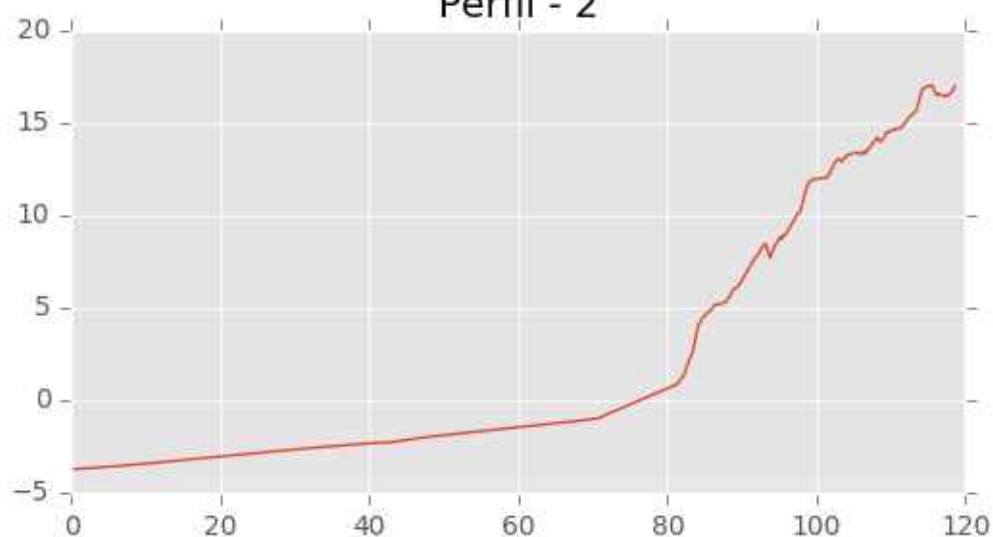




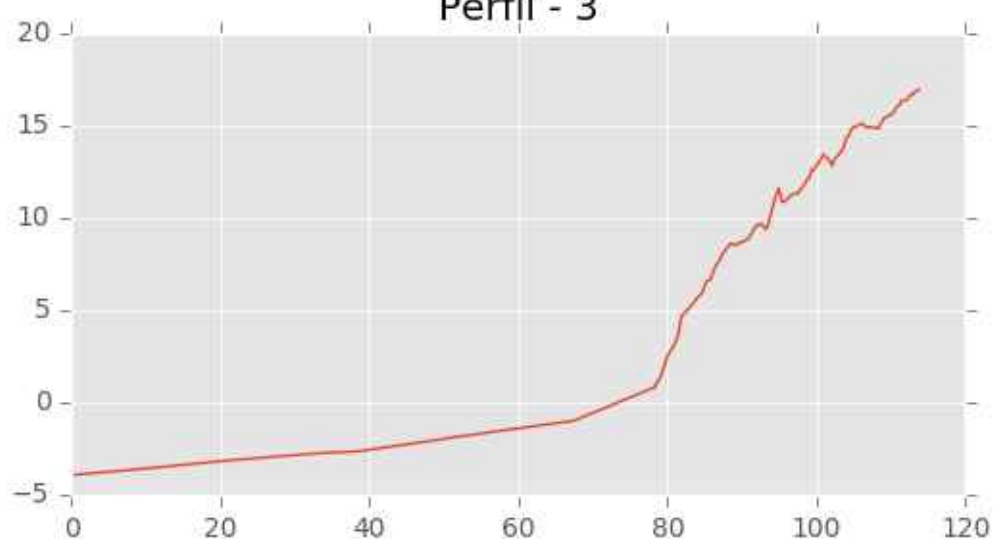
Perfil - 1



Perfil - 2

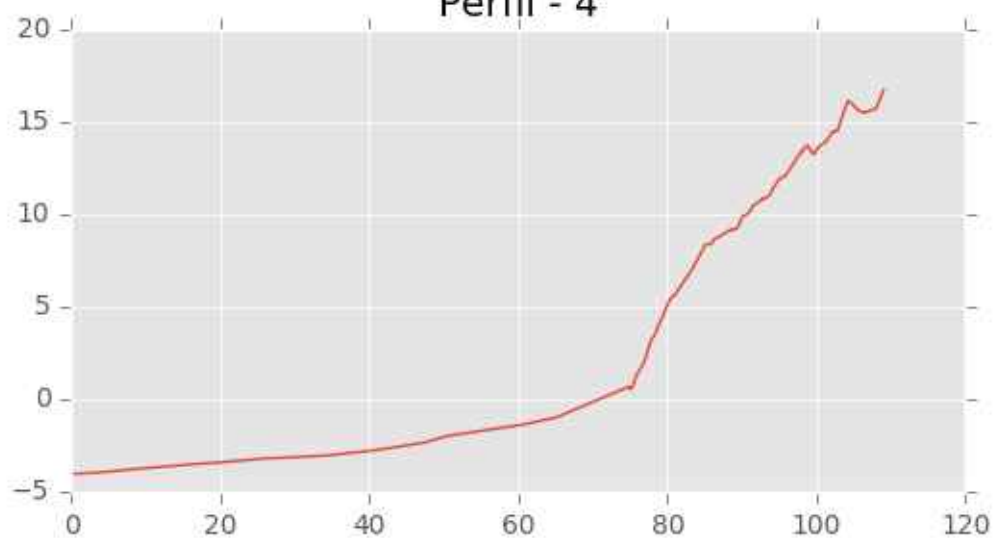


Perfil - 3

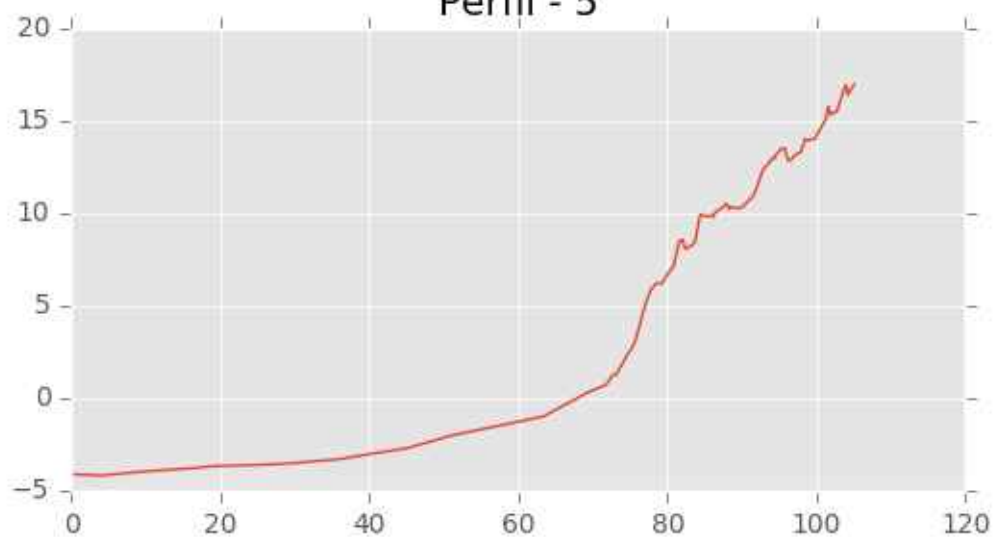




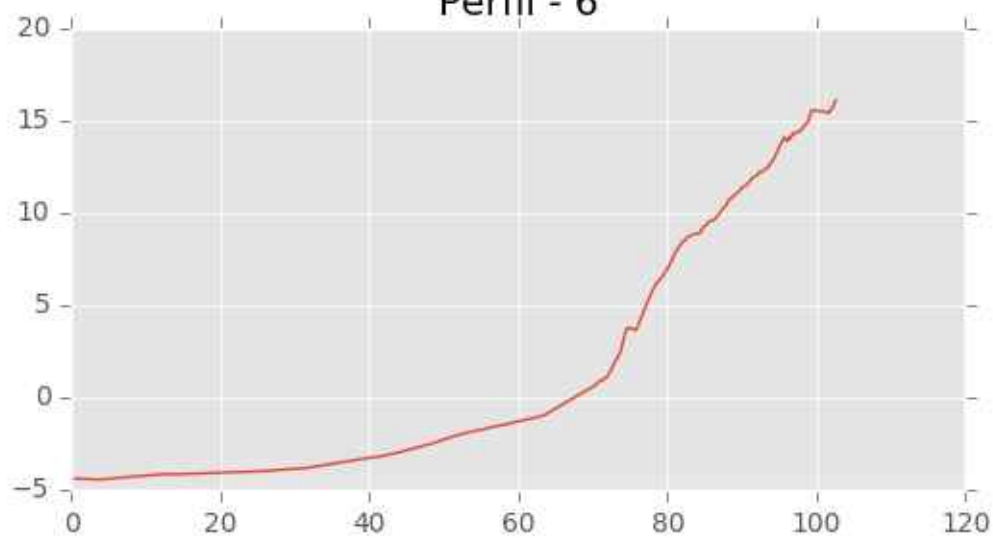
Perfil - 4



Perfil - 5

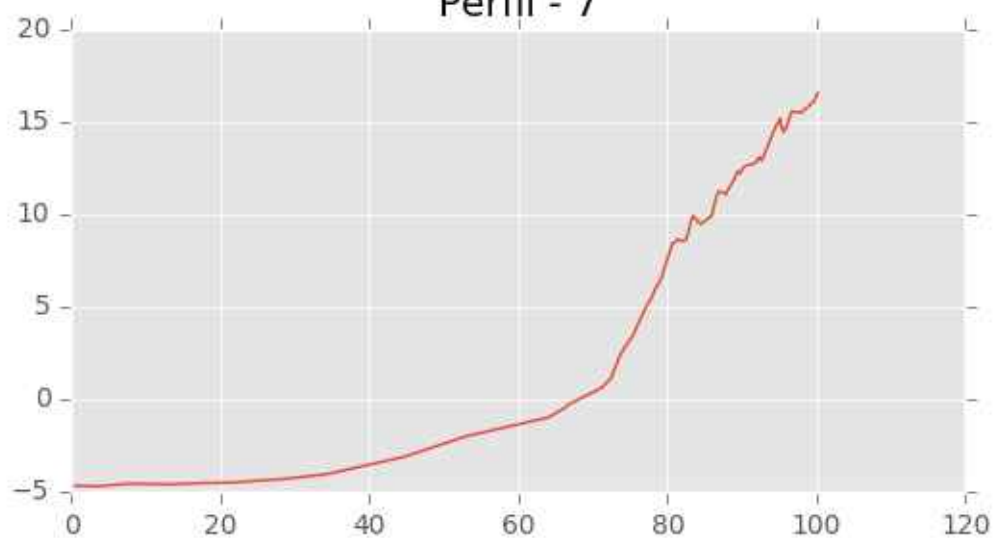


Perfil - 6

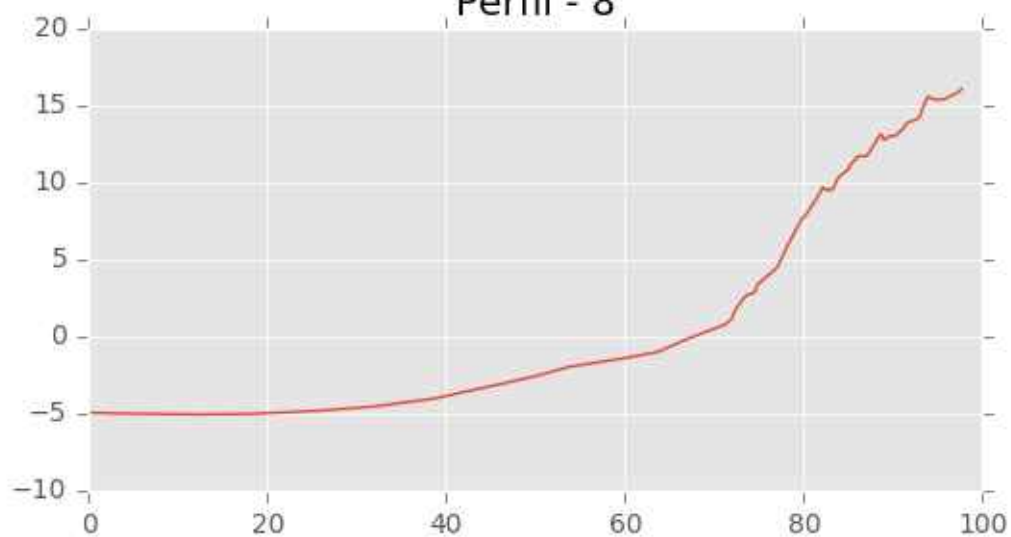




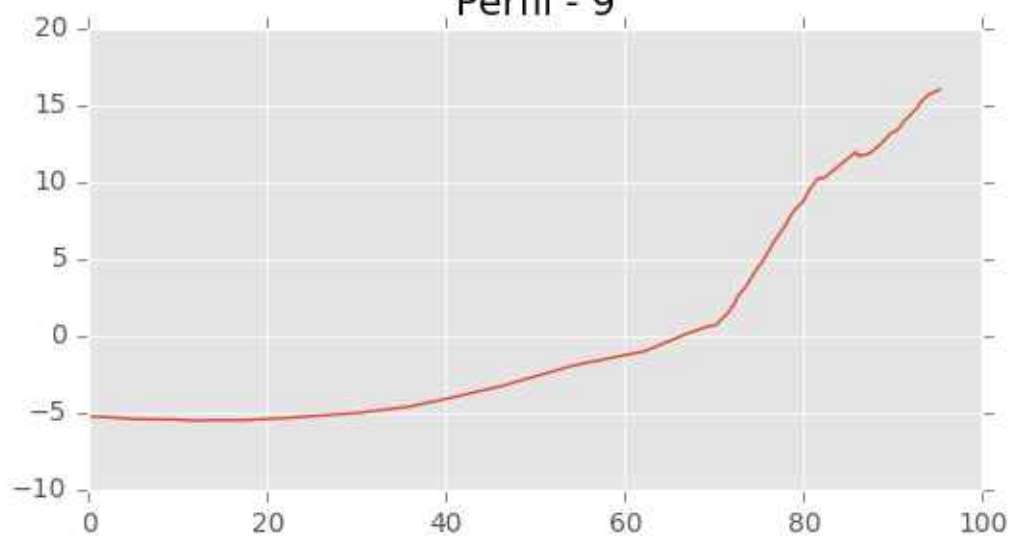
Perfil - 7

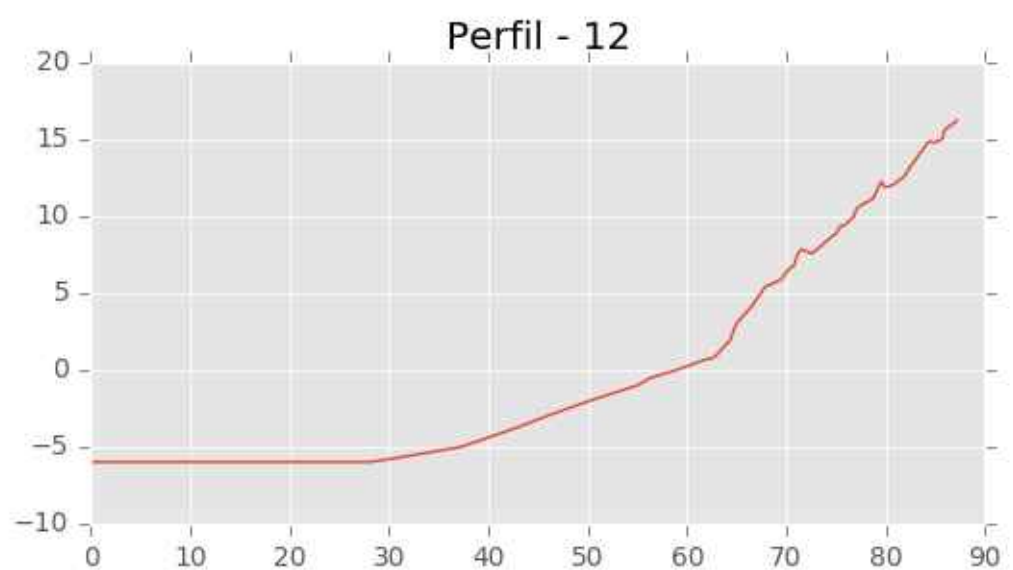
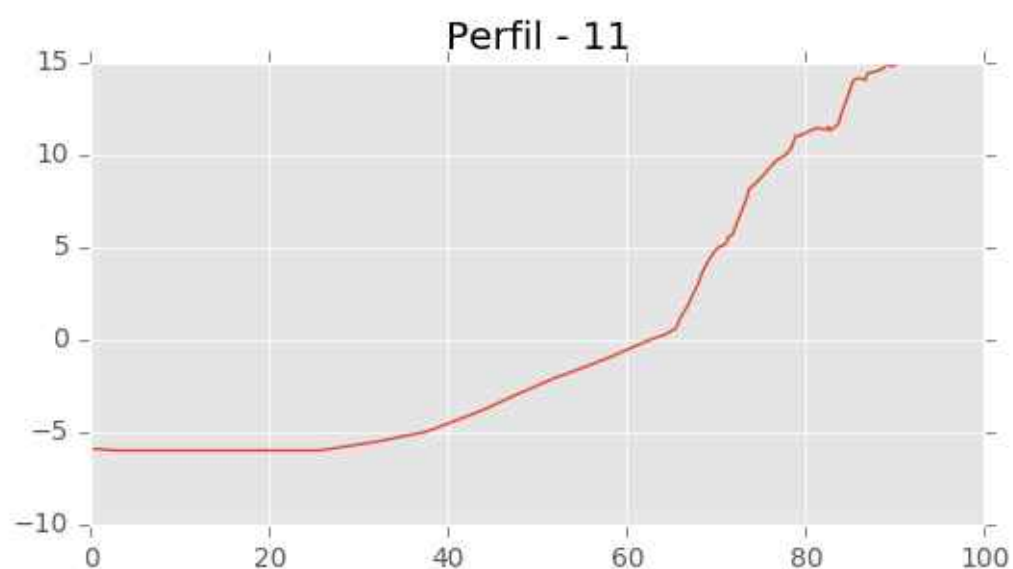
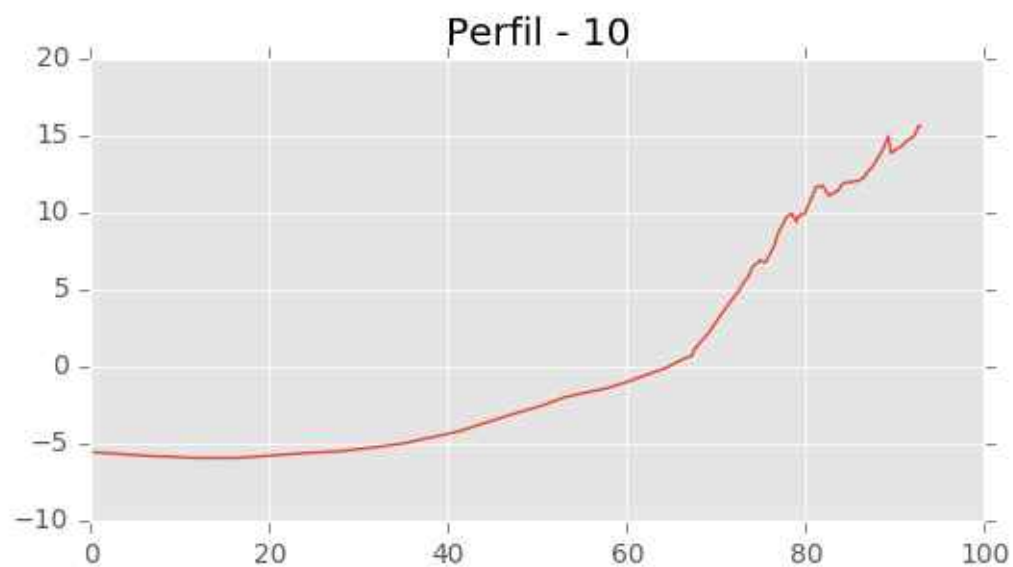


Perfil - 8



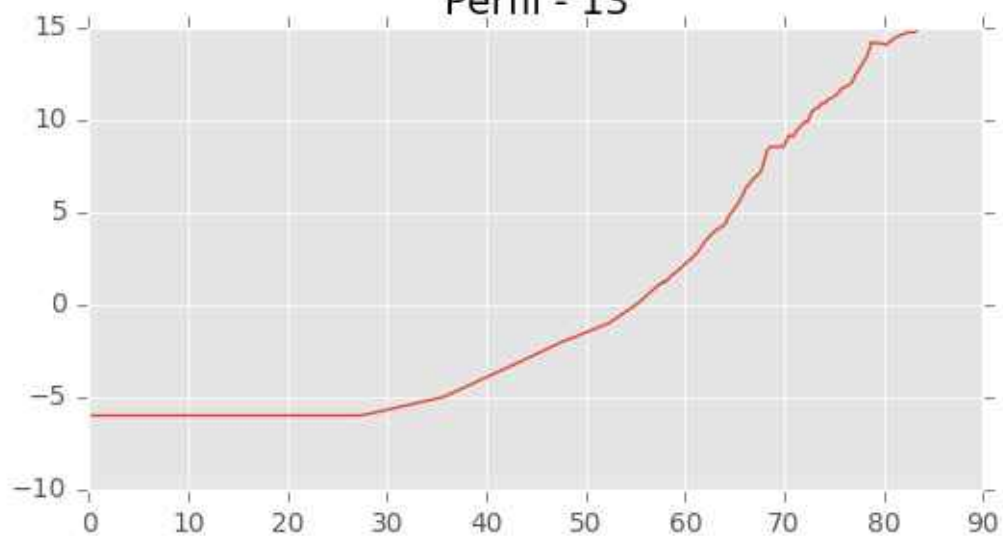
Perfil - 9



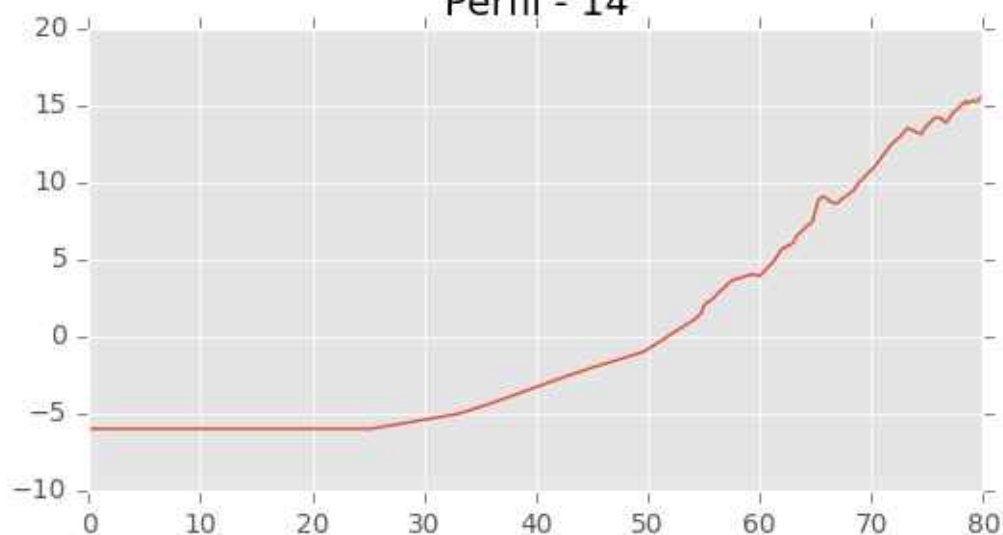




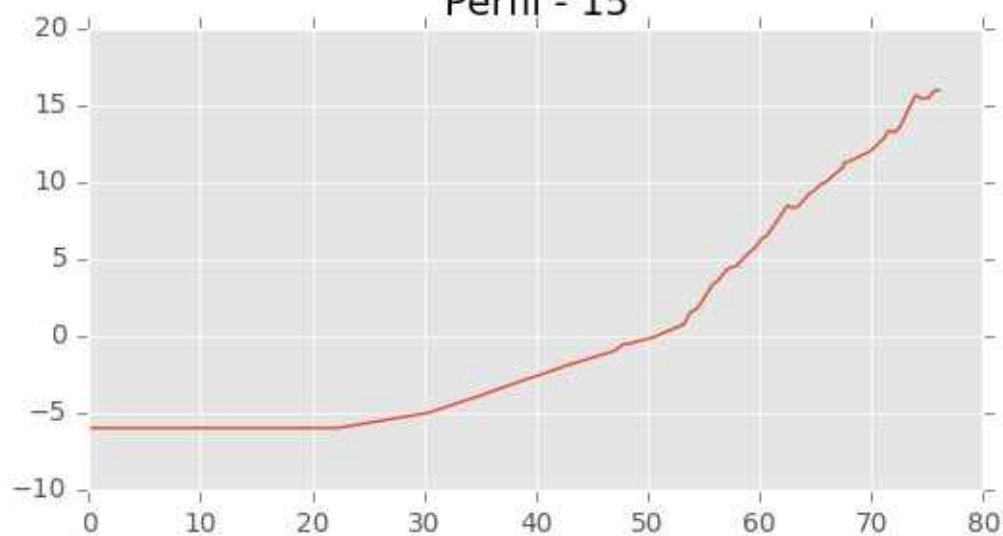
Perfil - 13

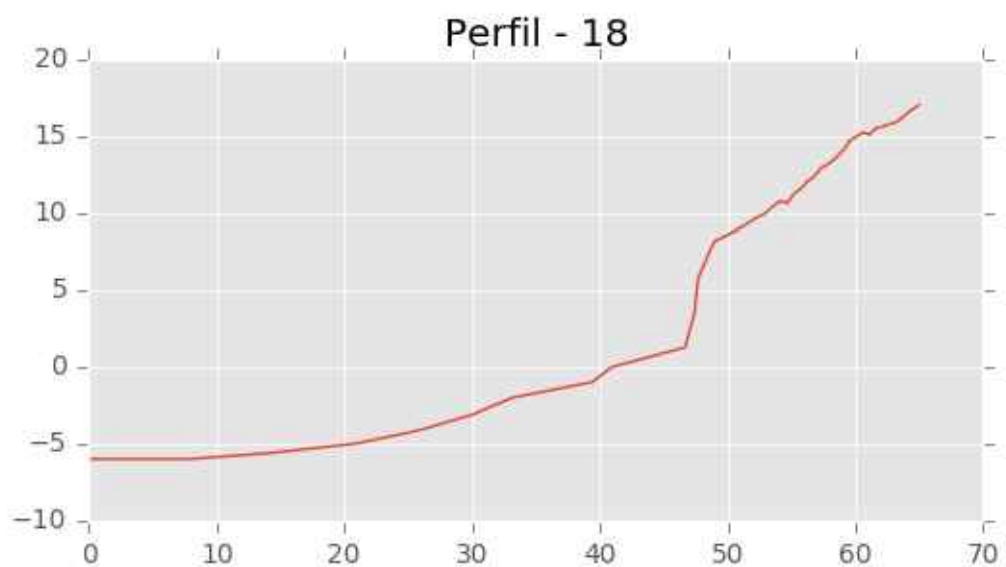
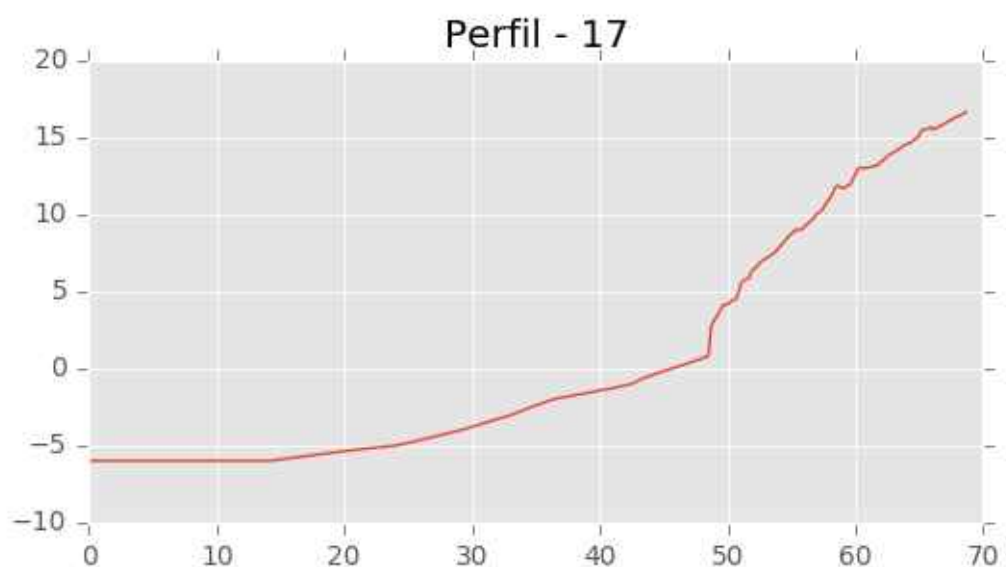
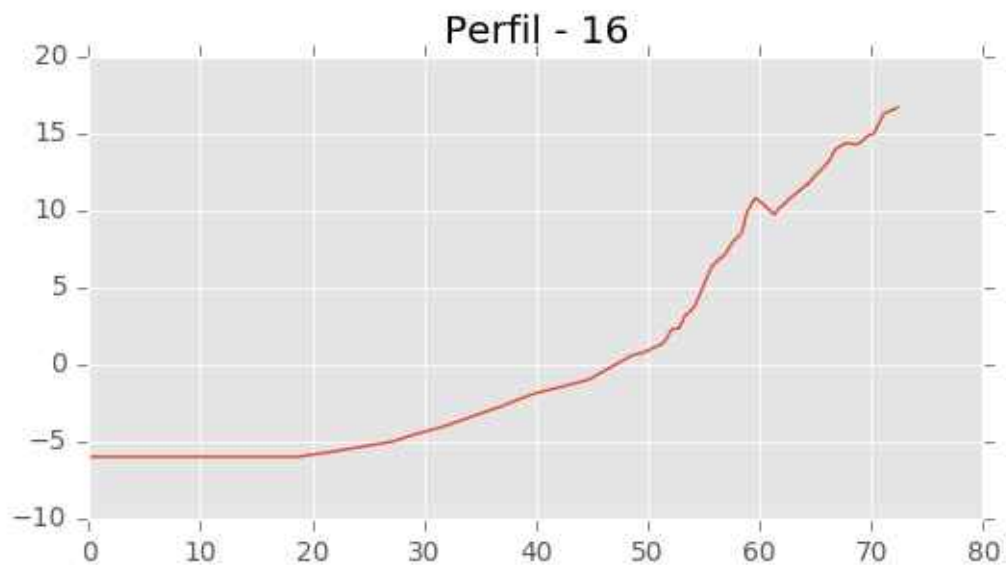


Perfil - 14

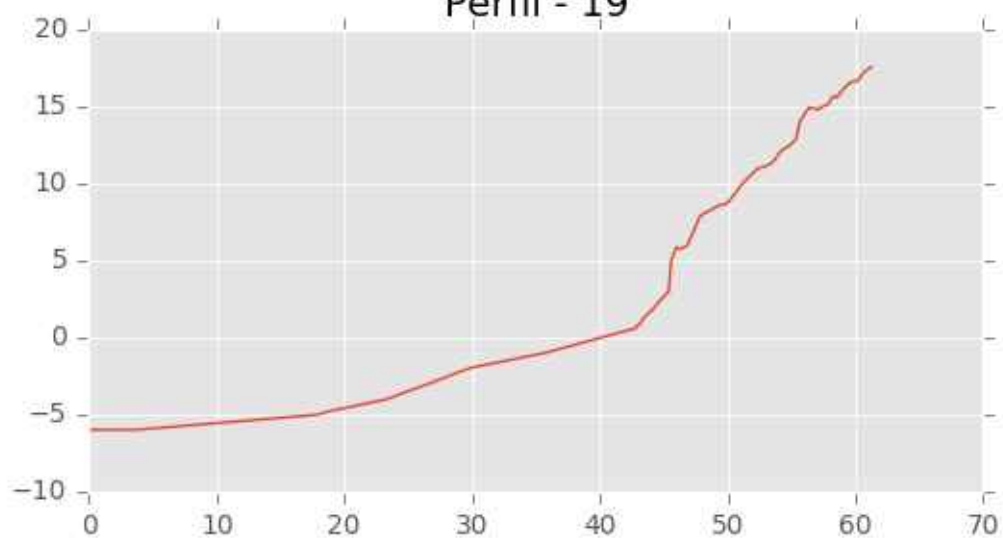


Perfil - 15

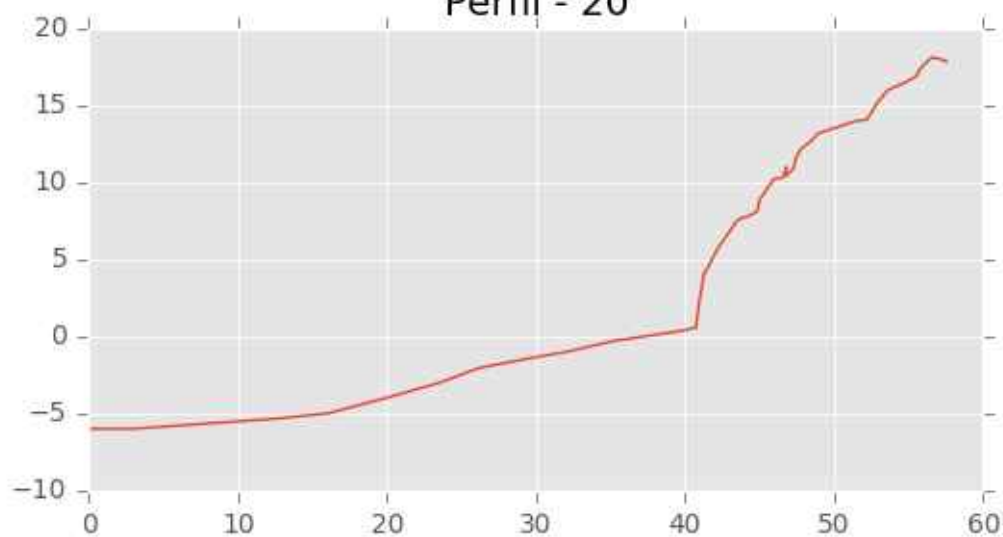




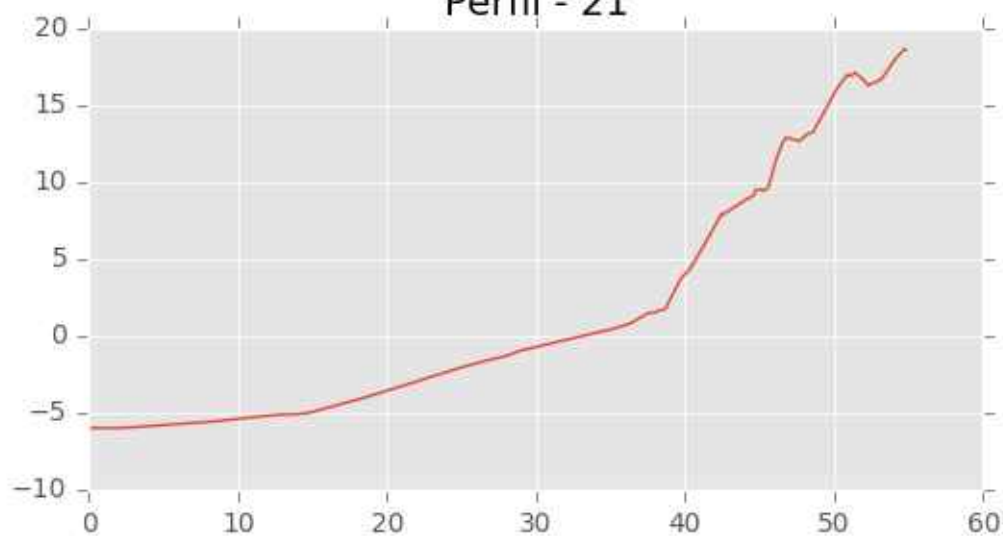
Perfil - 19



Perfil - 20

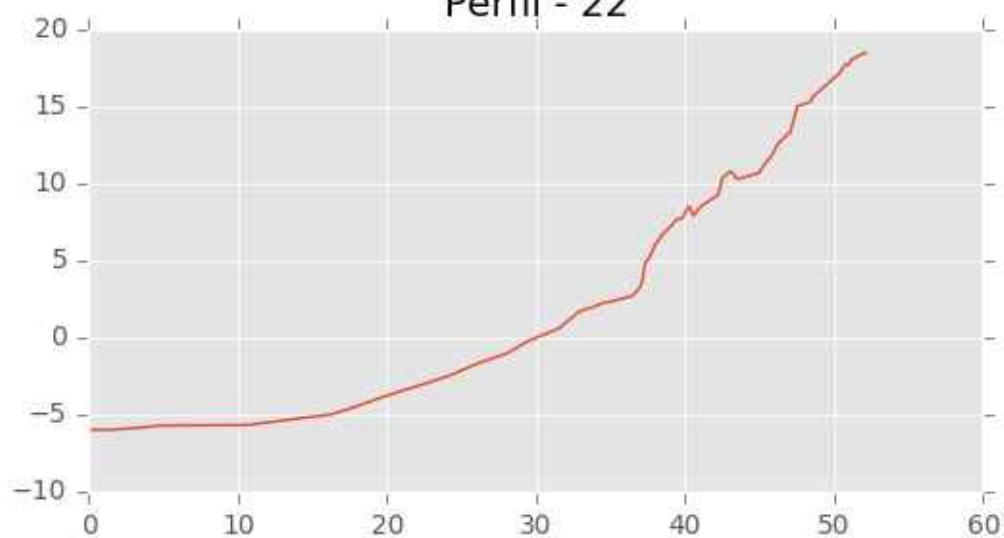


Perfil - 21

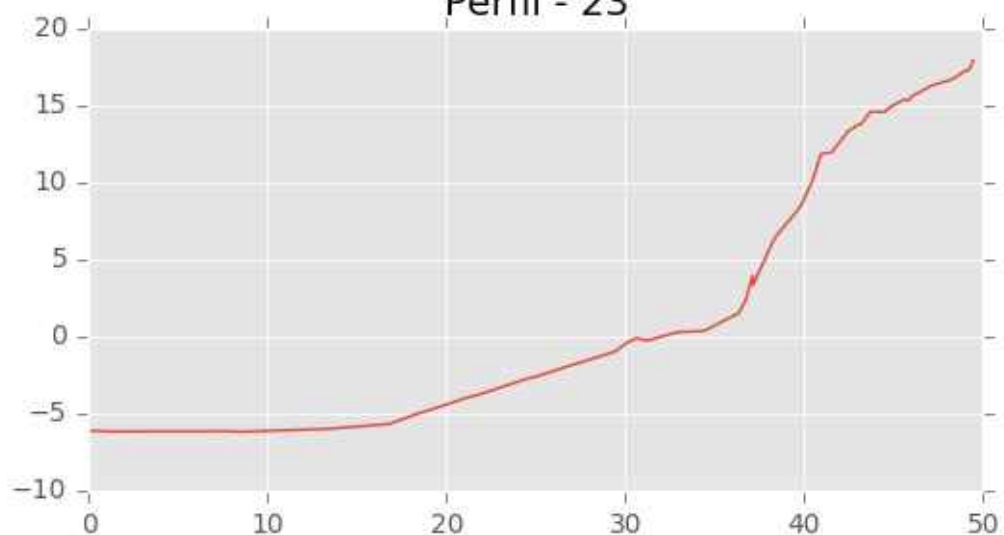




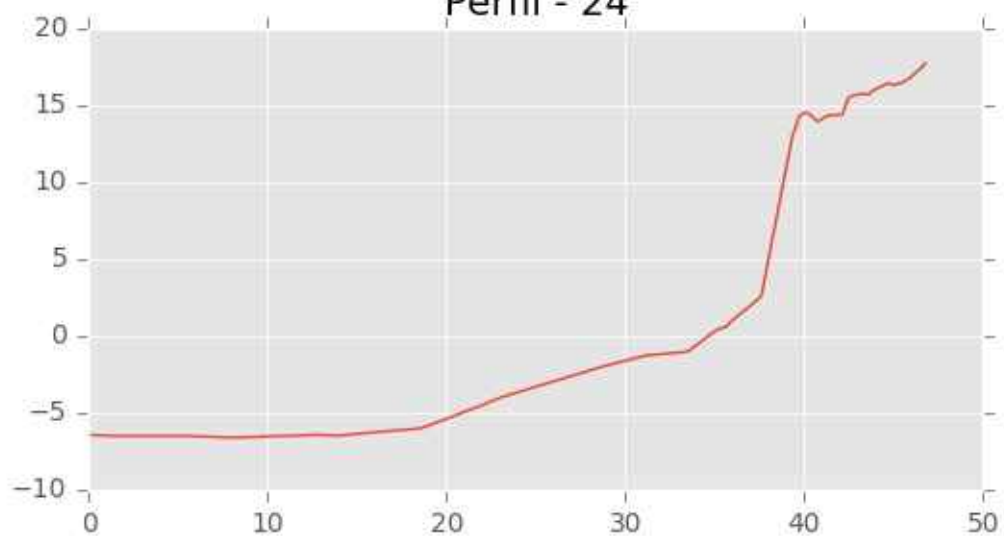
Perfil - 22

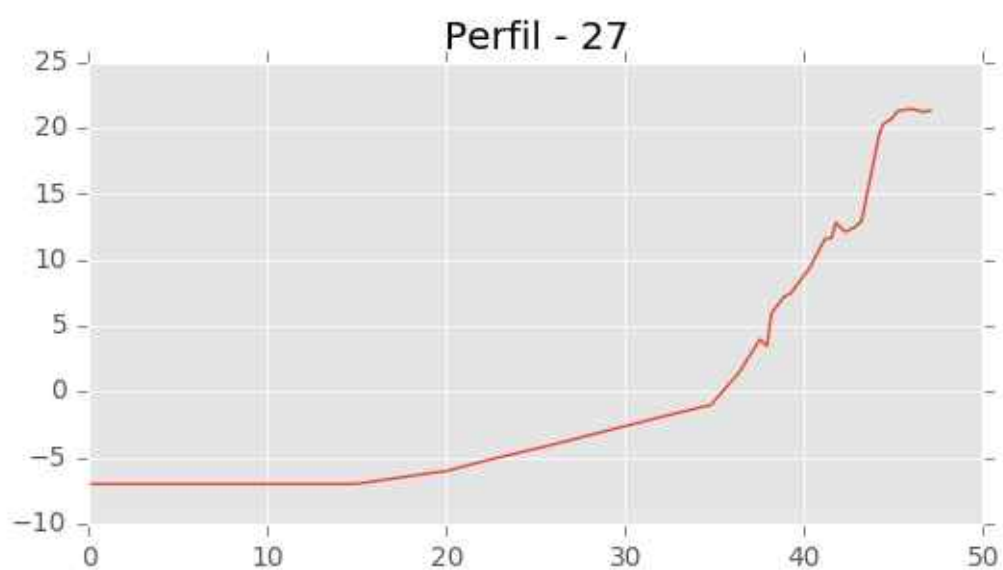
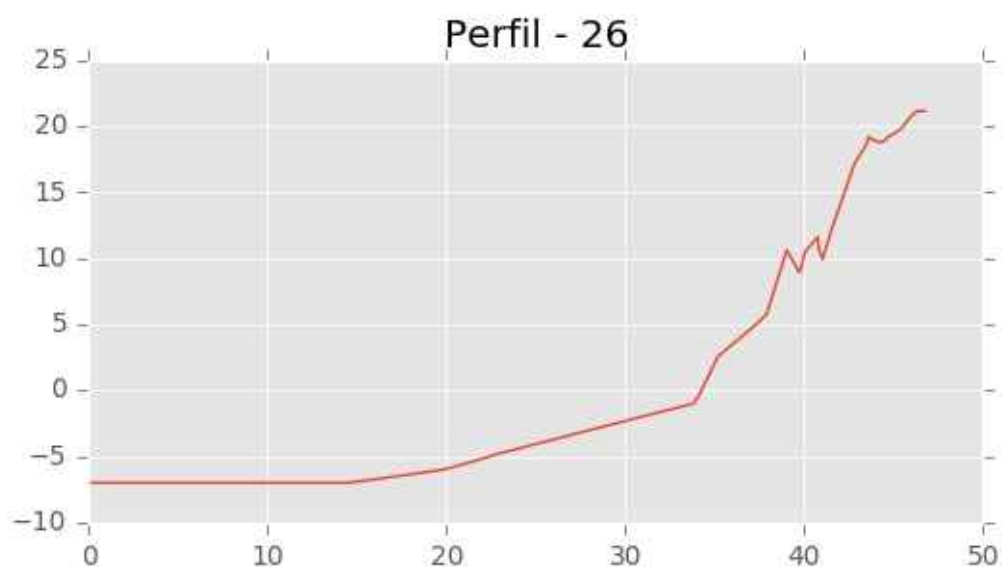
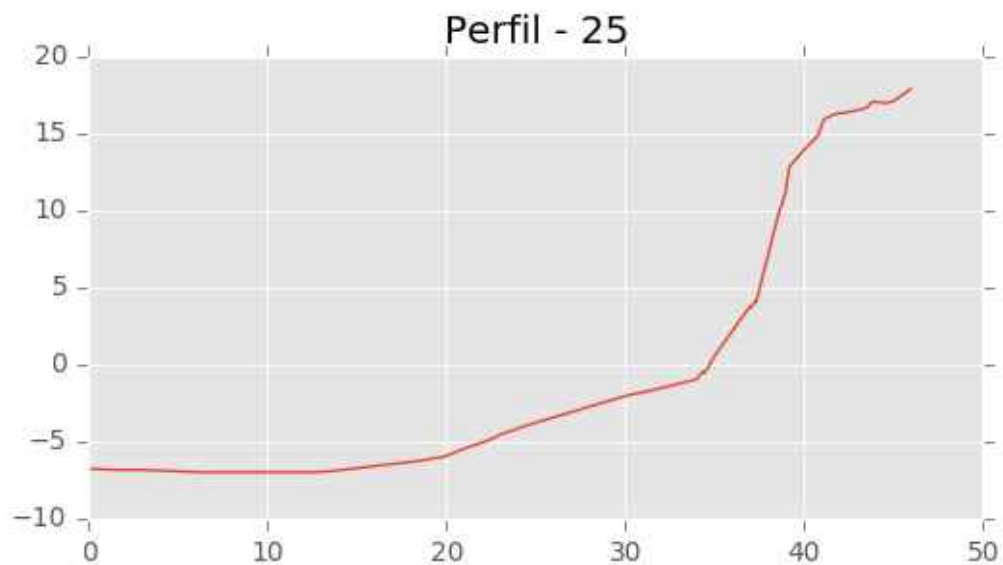


Perfil - 23



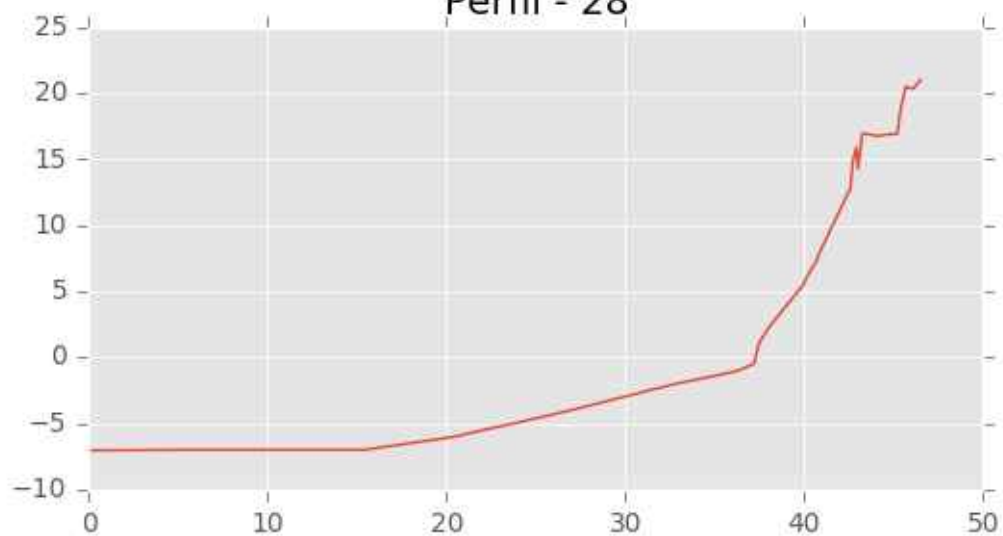
Perfil - 24



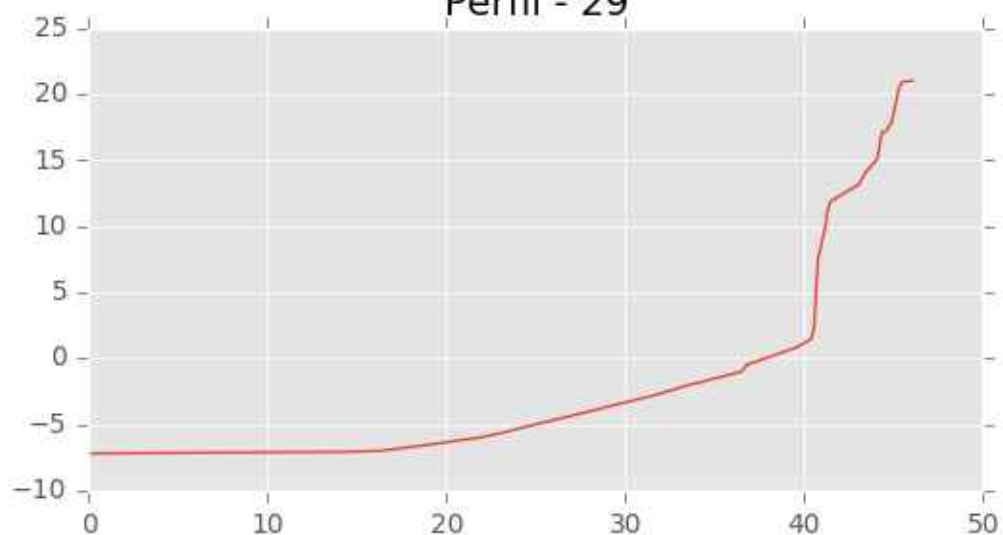




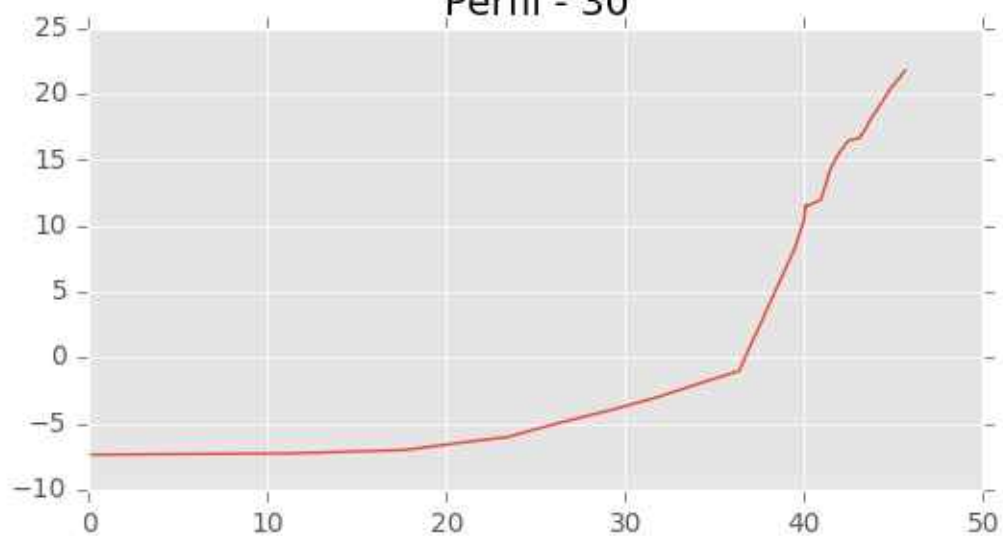
Perfil - 28

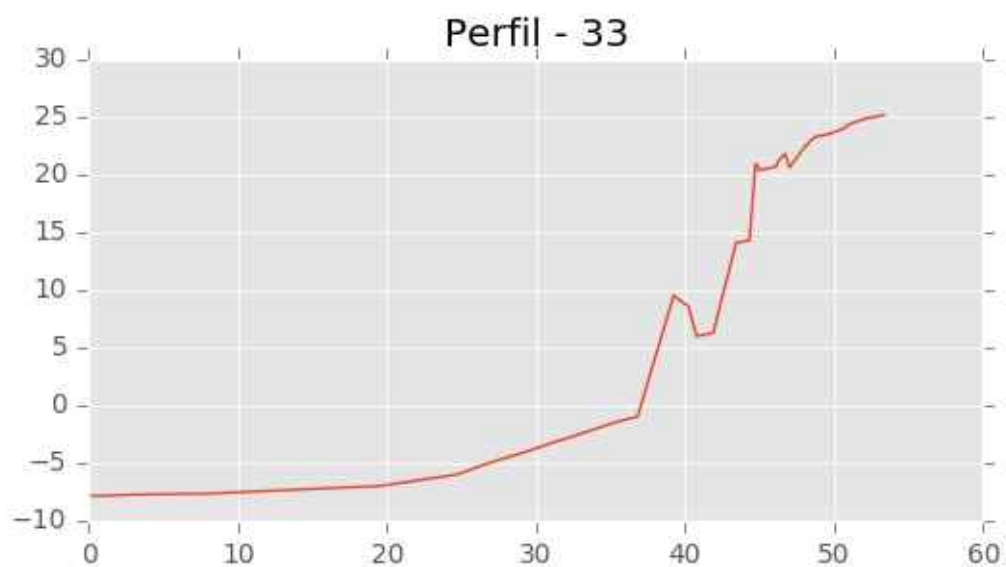
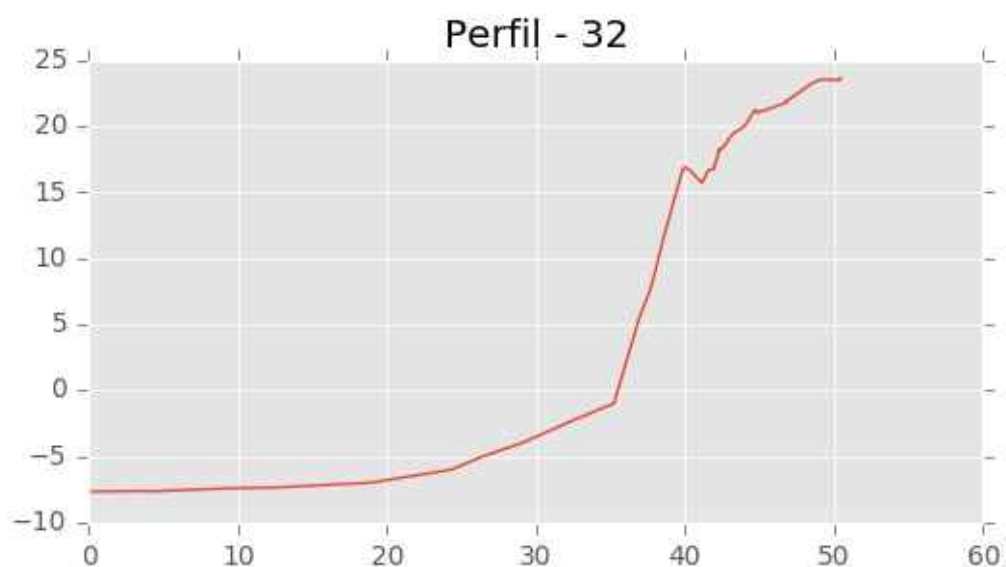
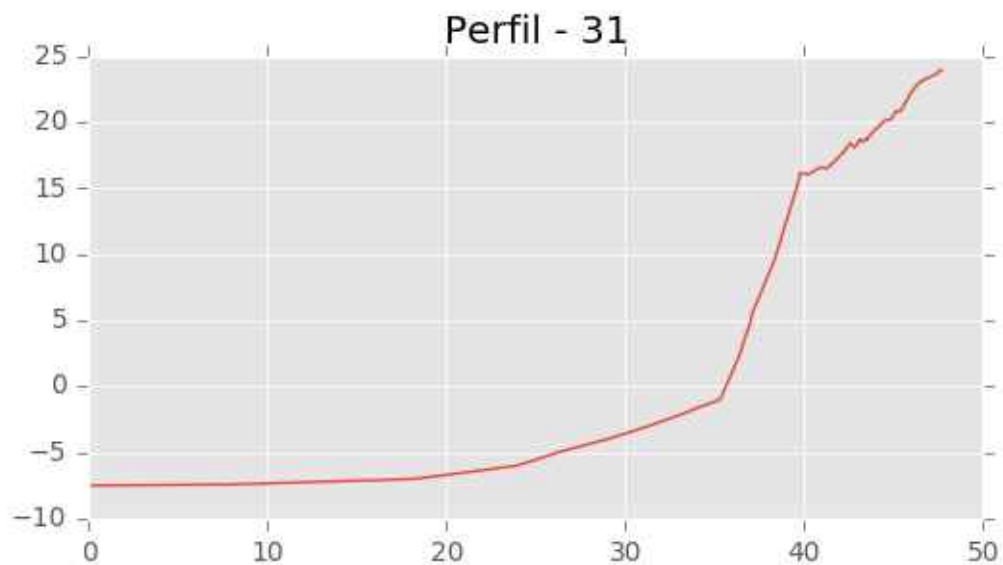


Perfil - 29



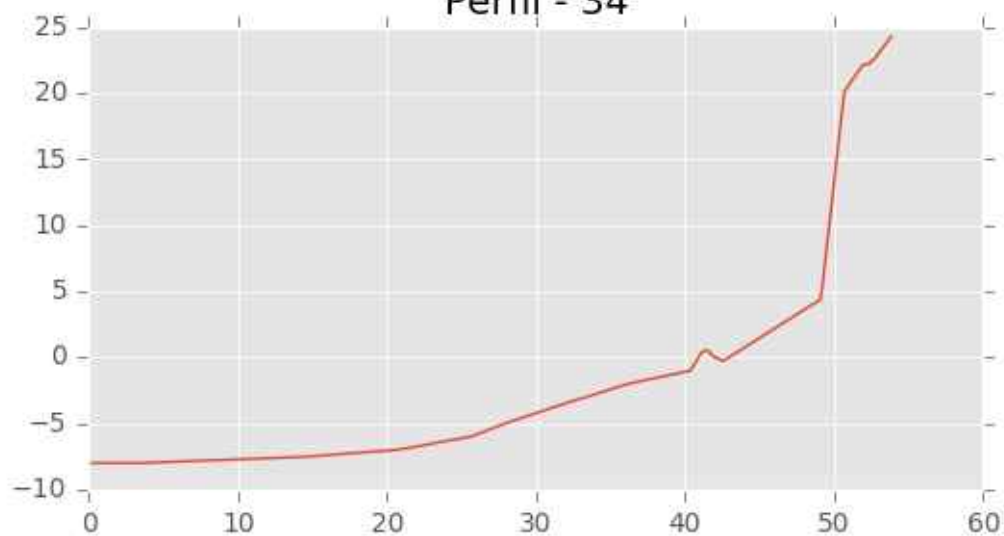
Perfil - 30



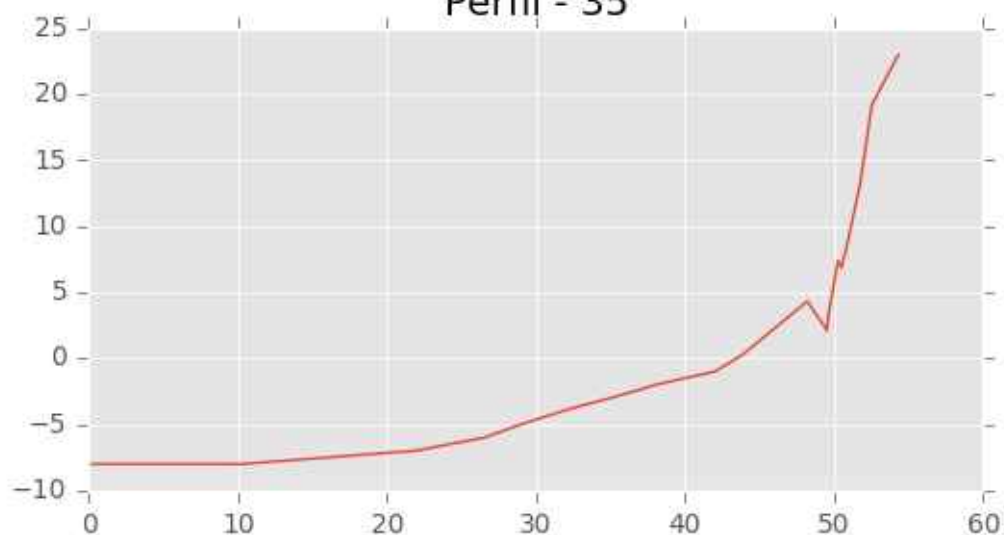




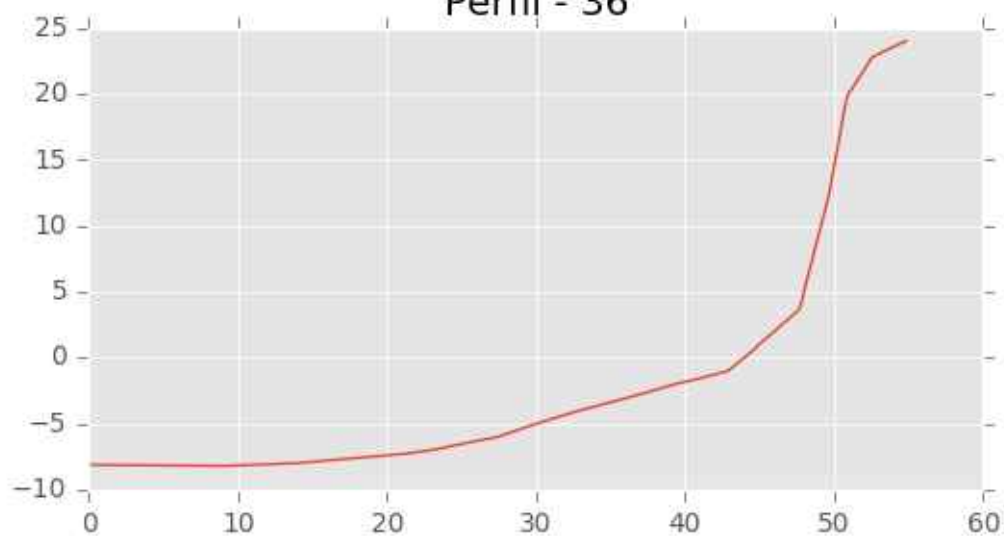
Perfil - 34



Perfil - 35

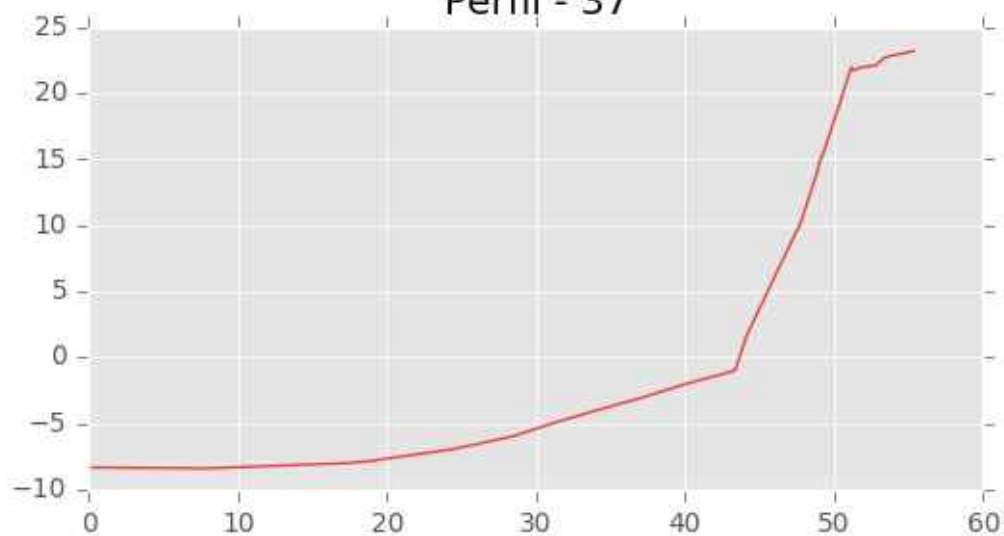


Perfil - 36

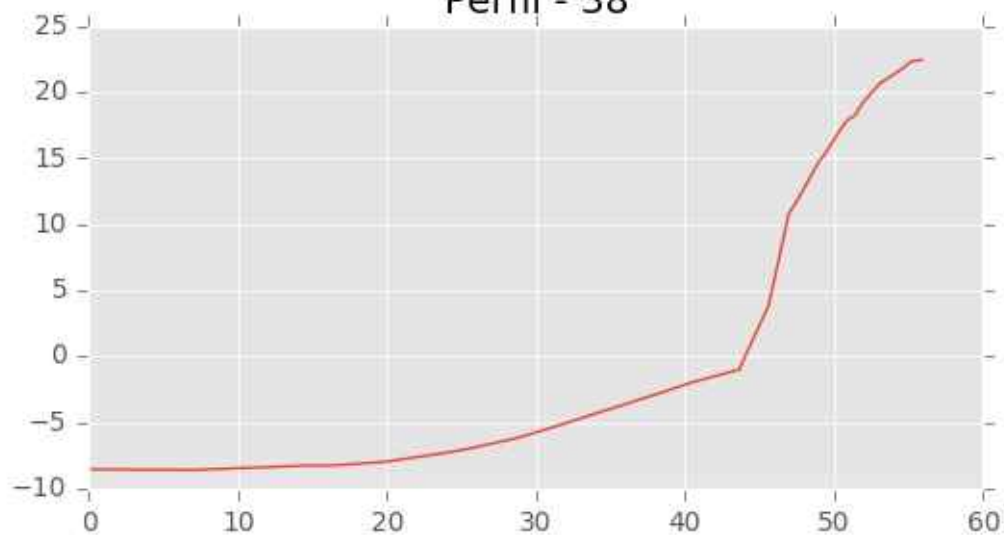




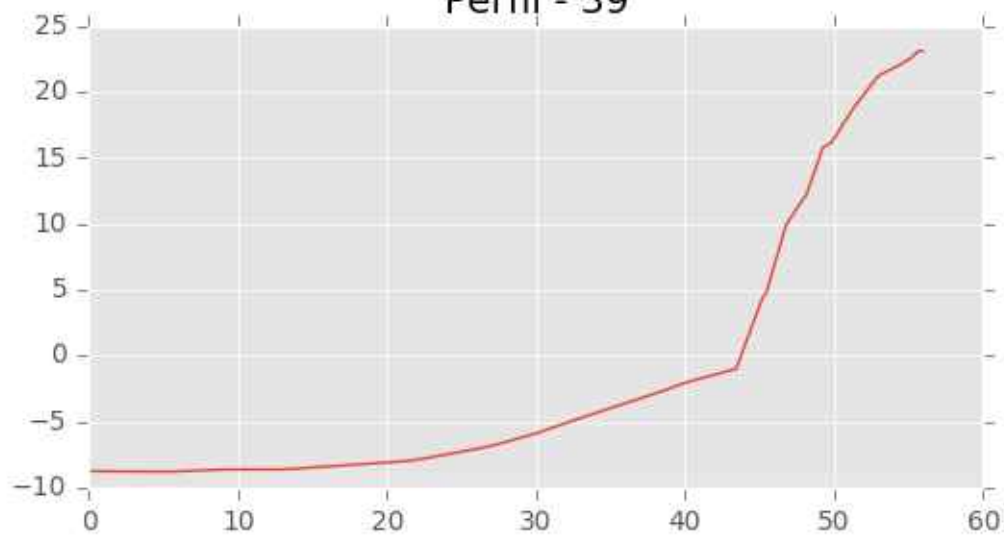
Perfil - 37



Perfil - 38

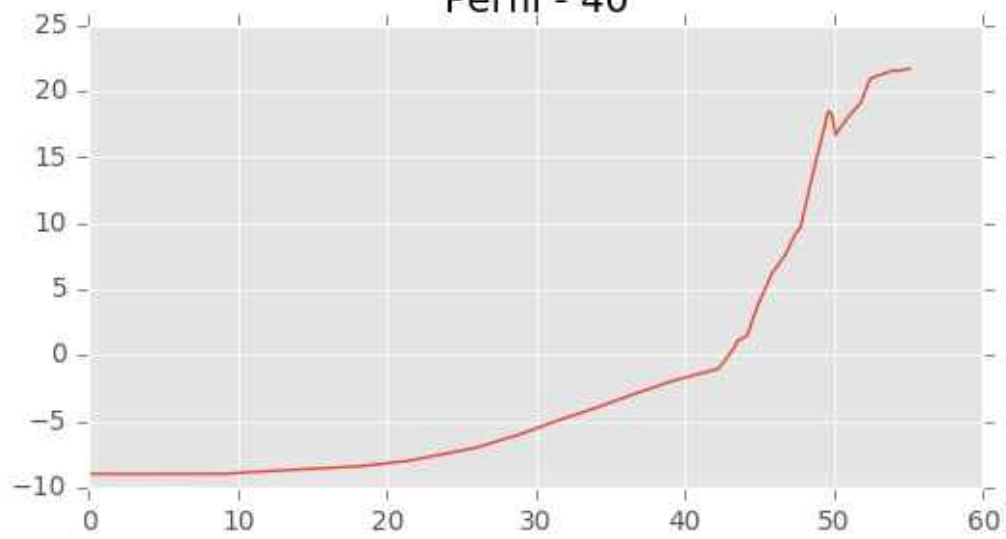


Perfil - 39

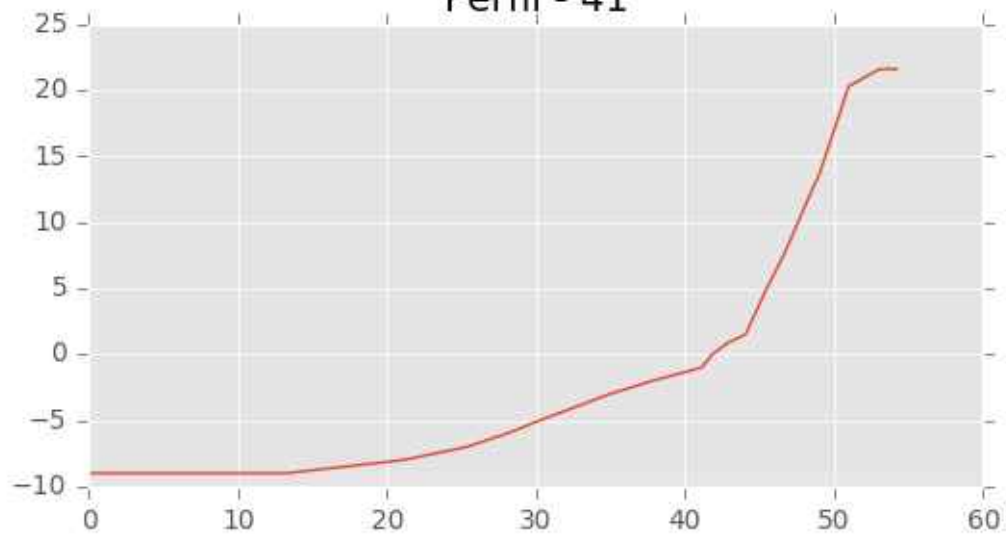




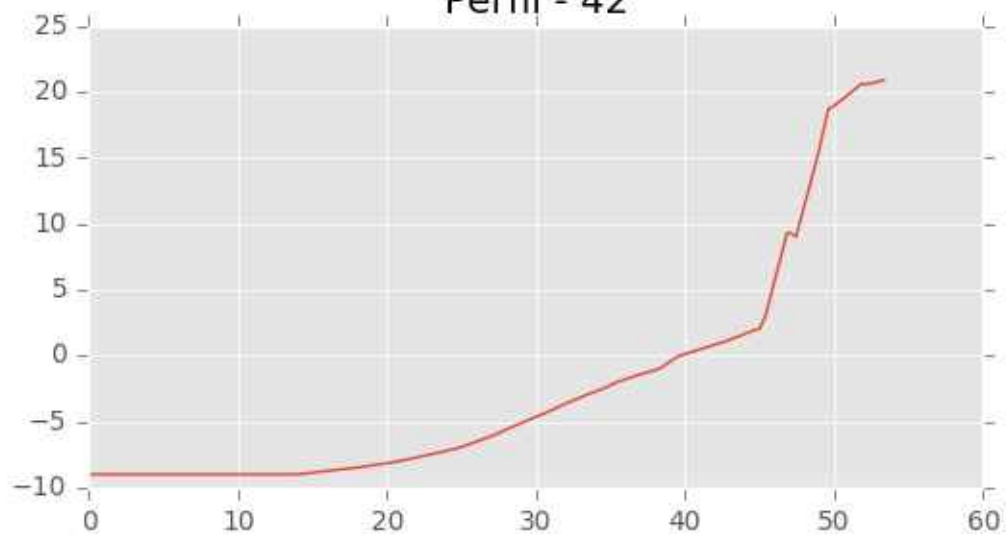
Perfil - 40



Perfil - 41

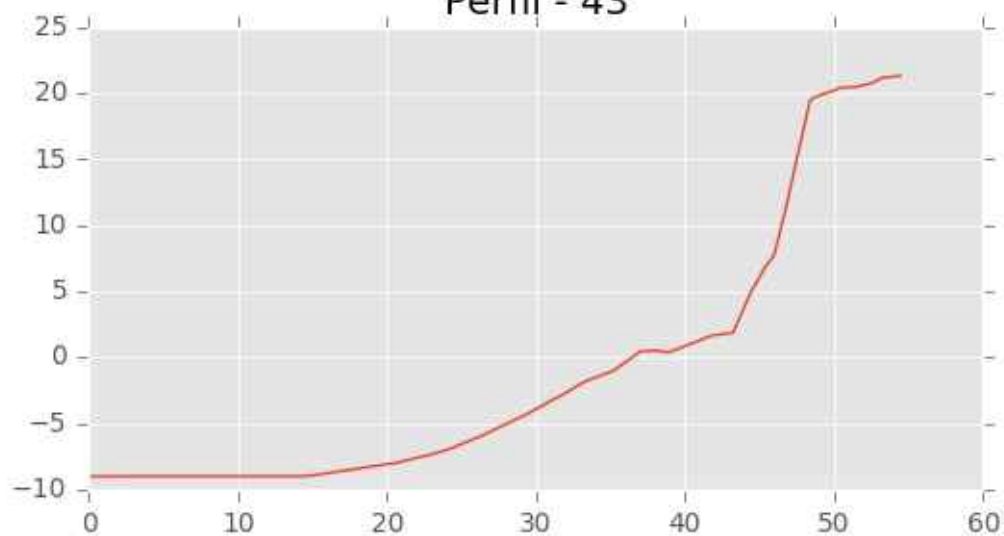


Perfil - 42

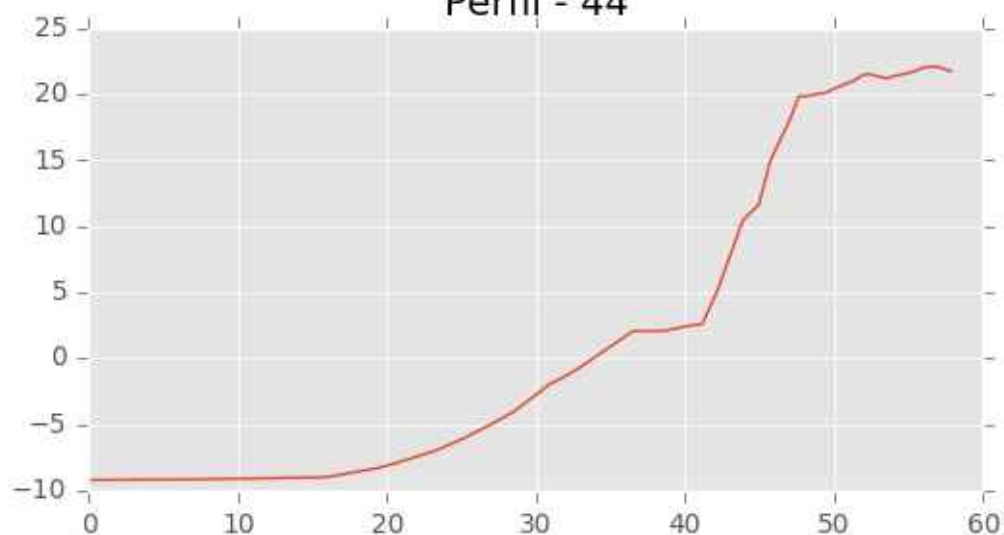




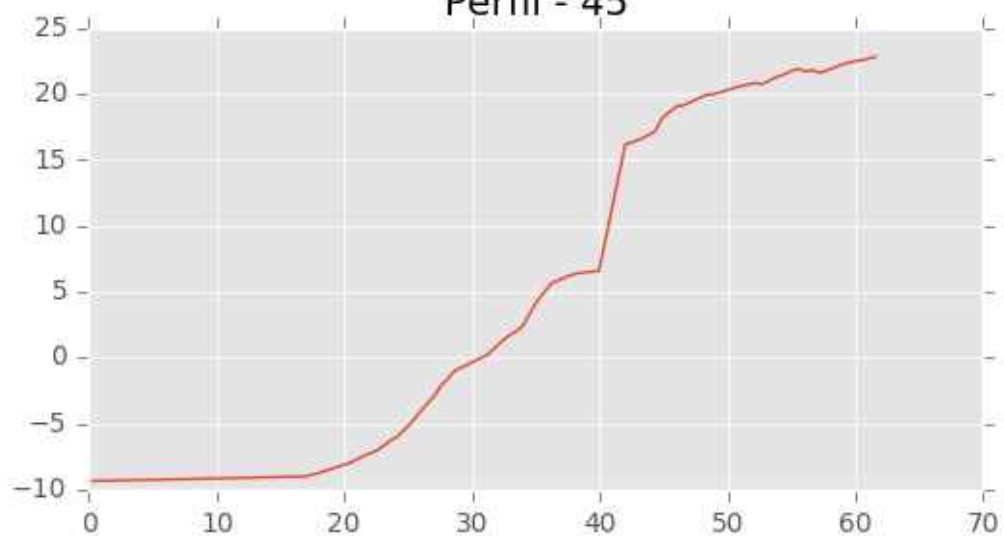
Perfil - 43



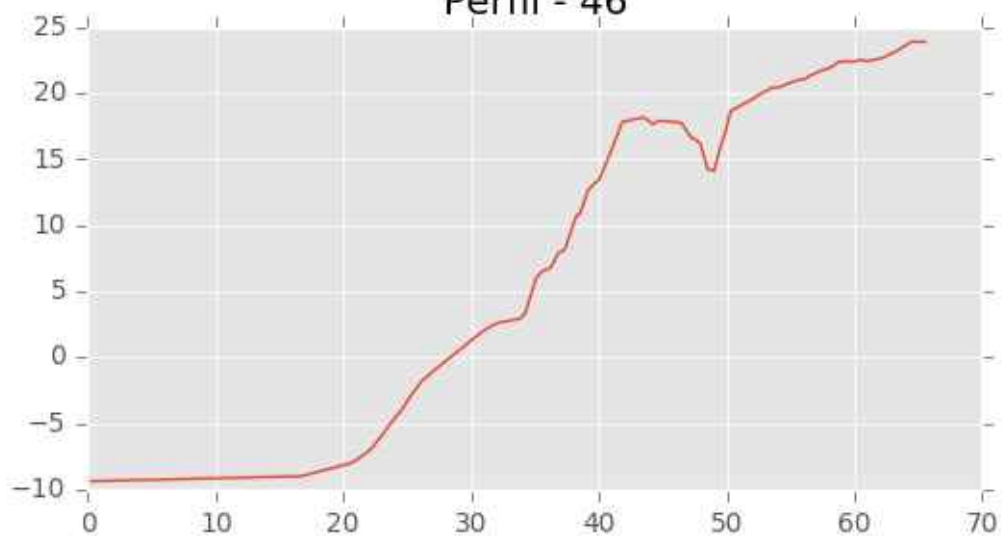
Perfil - 44



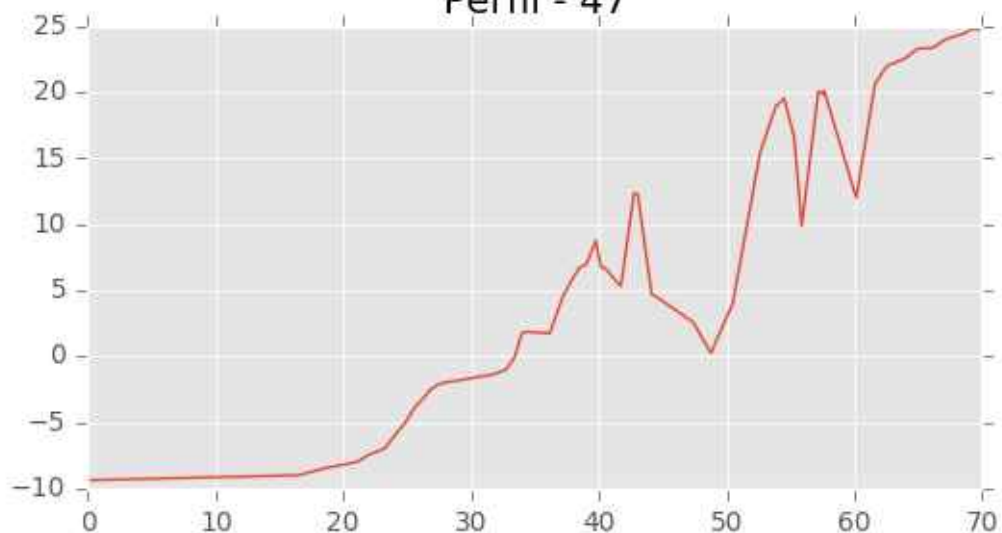
Perfil - 45



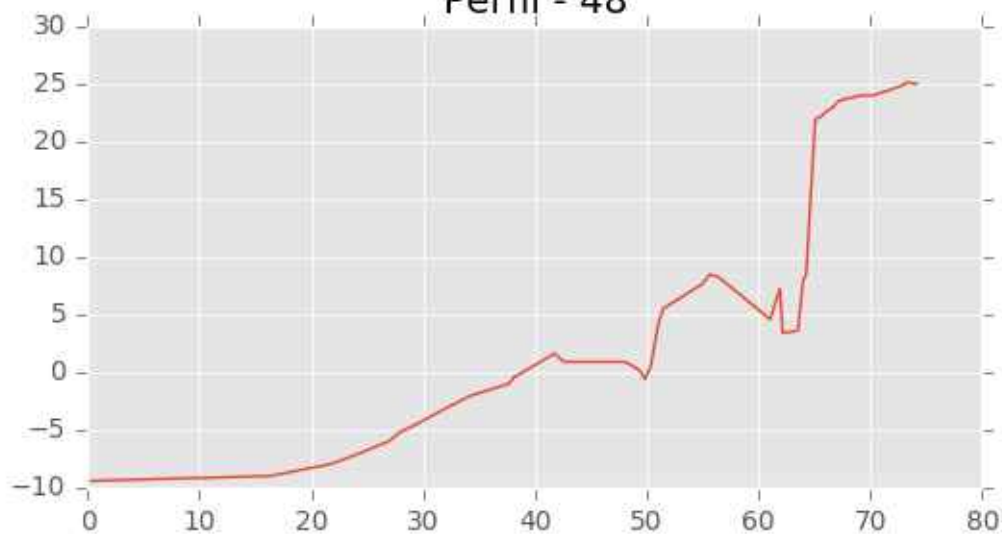
Perfil - 46

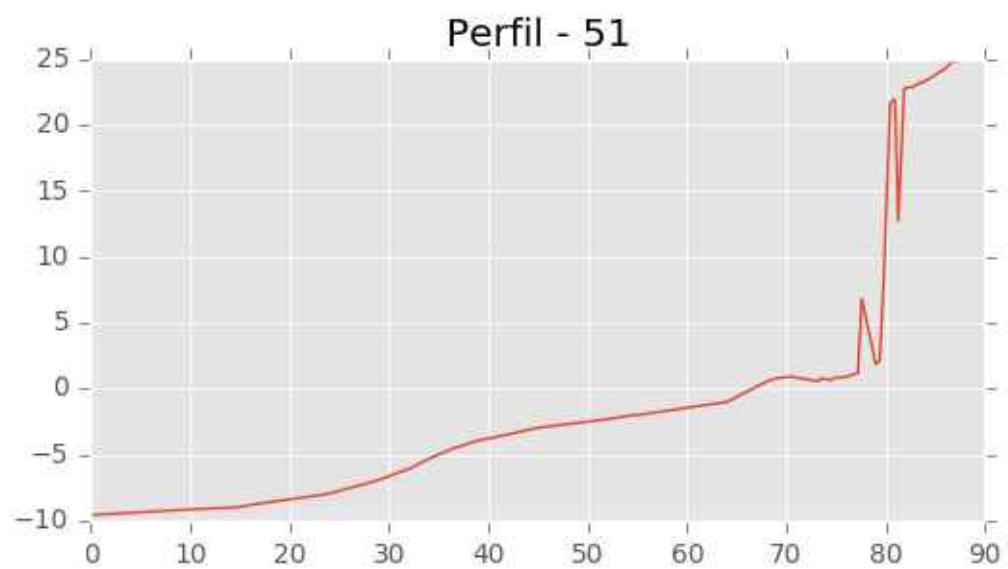
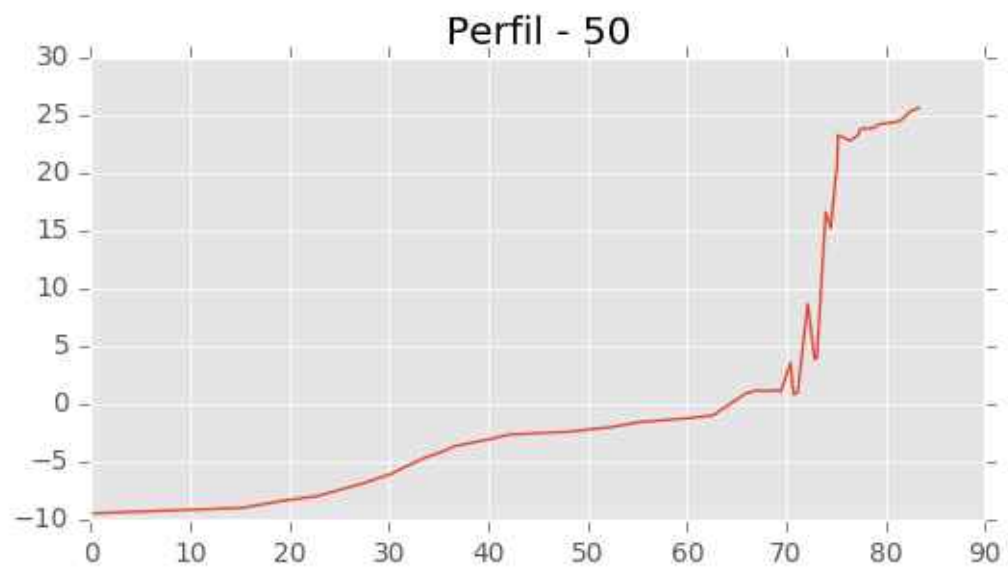
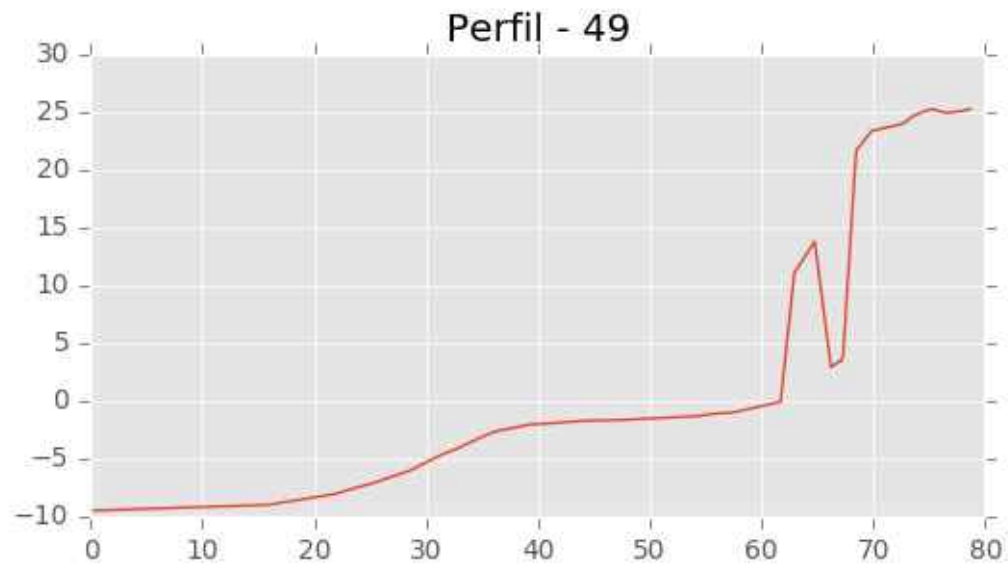


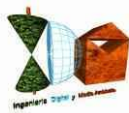
Perfil - 47



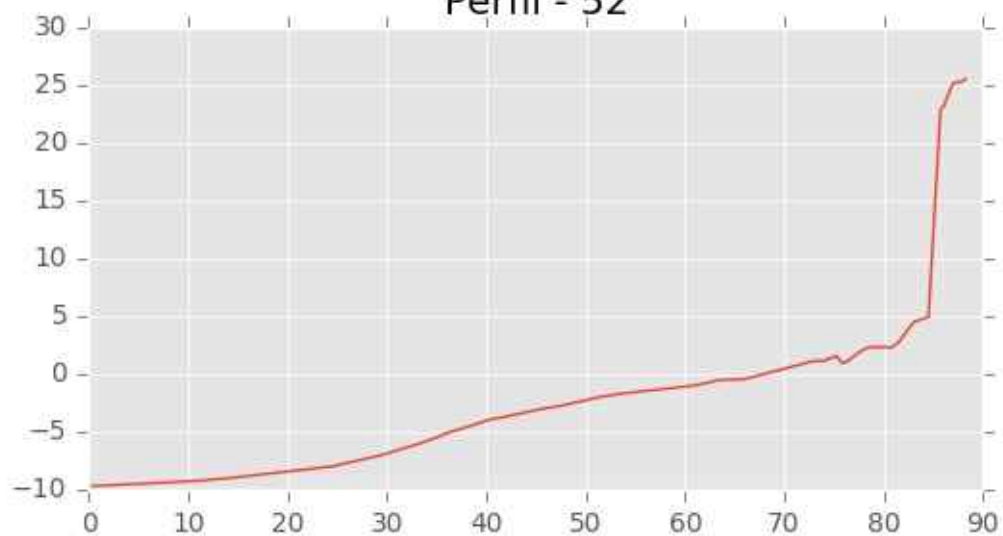
Perfil - 48



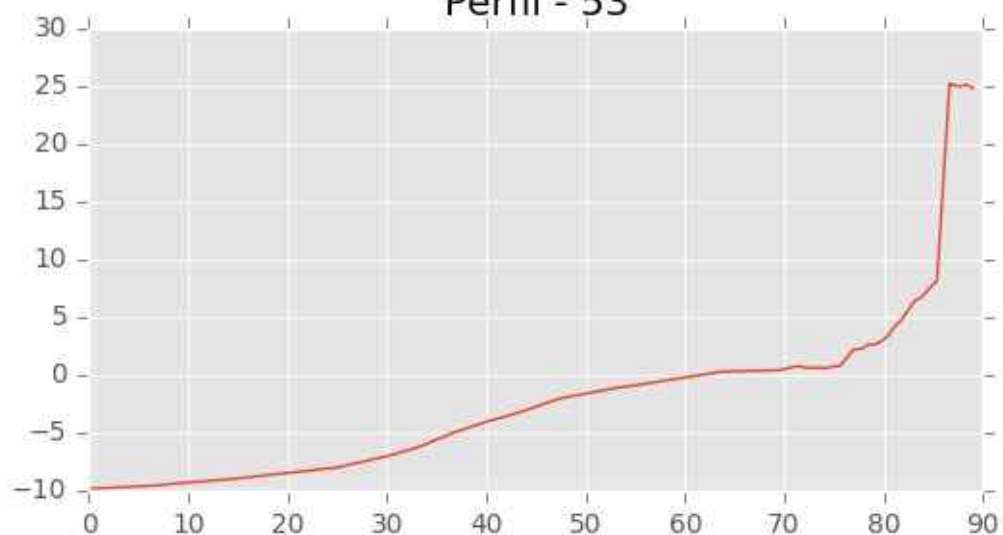




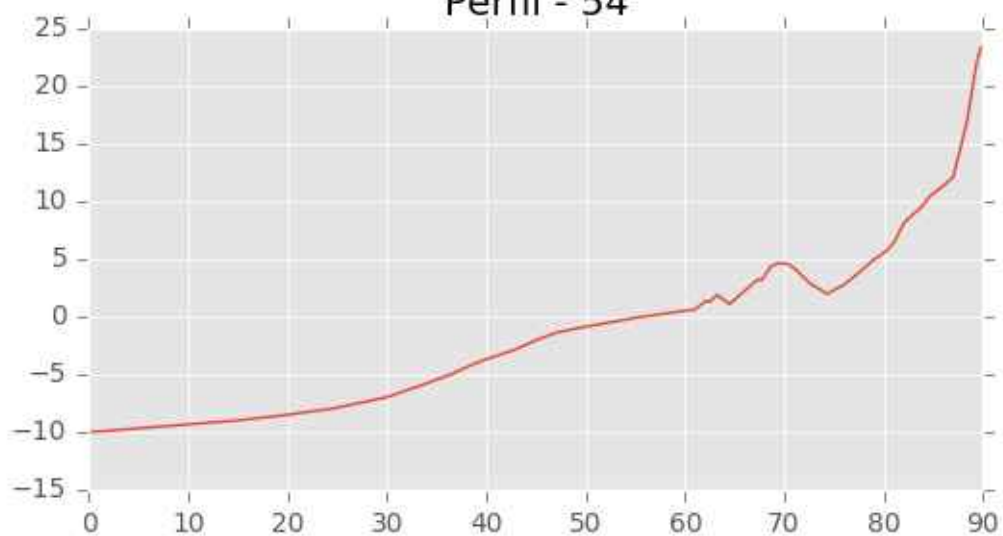
Perfil - 52



Perfil - 53

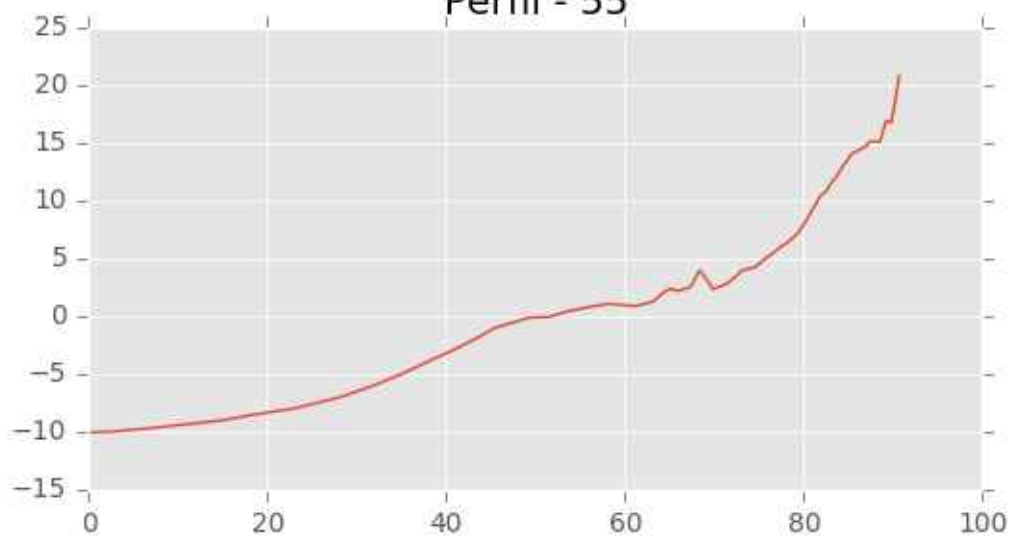


Perfil - 54

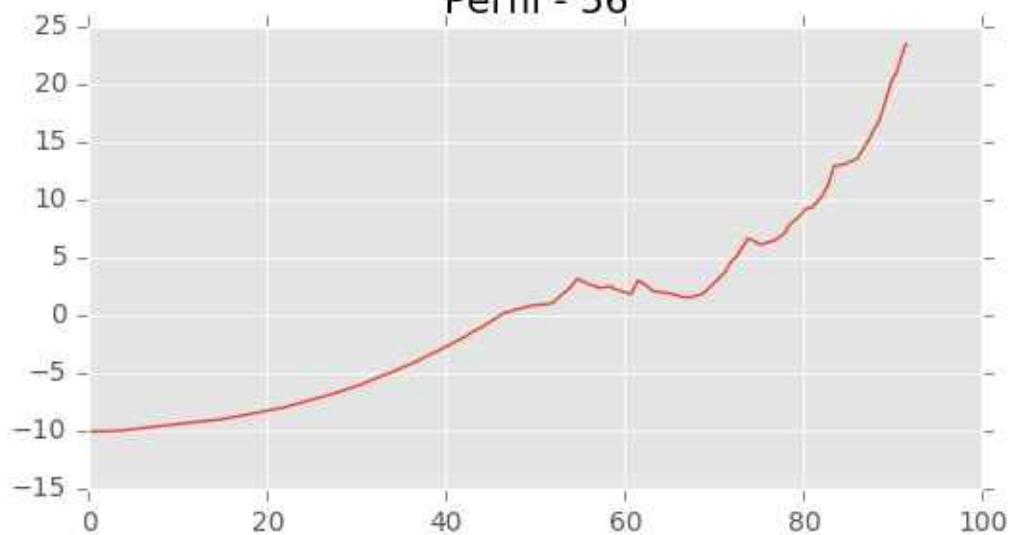




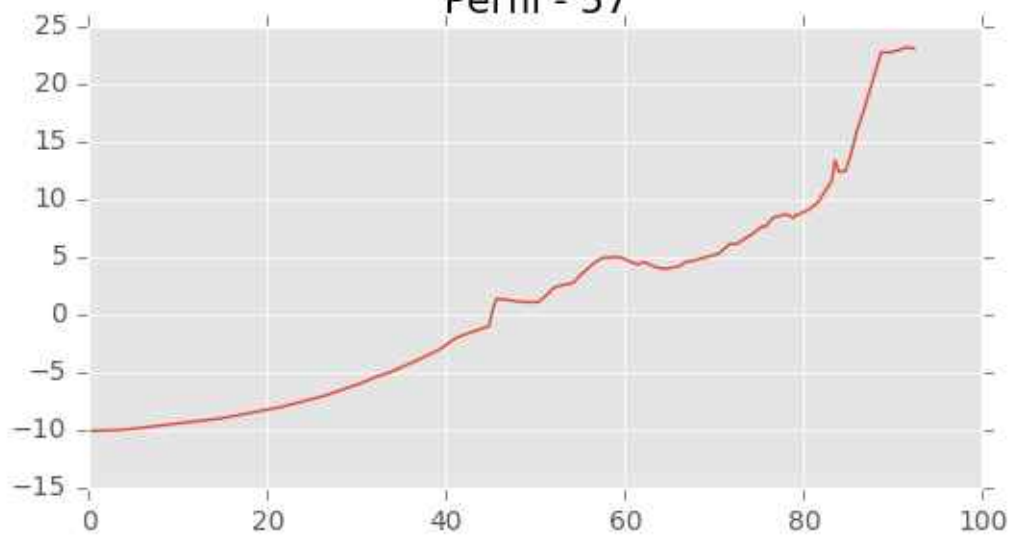
Perfil - 55



Perfil - 56

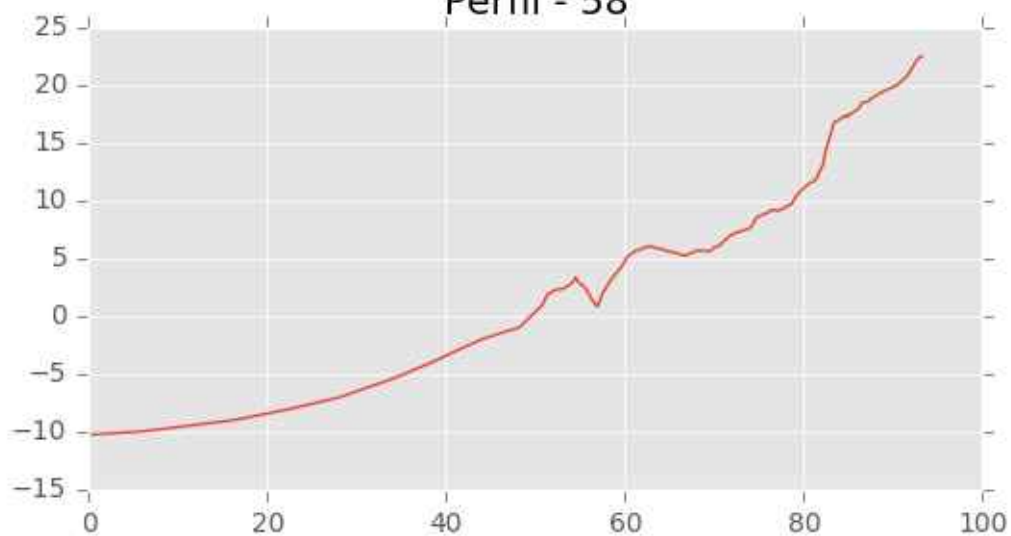


Perfil - 57

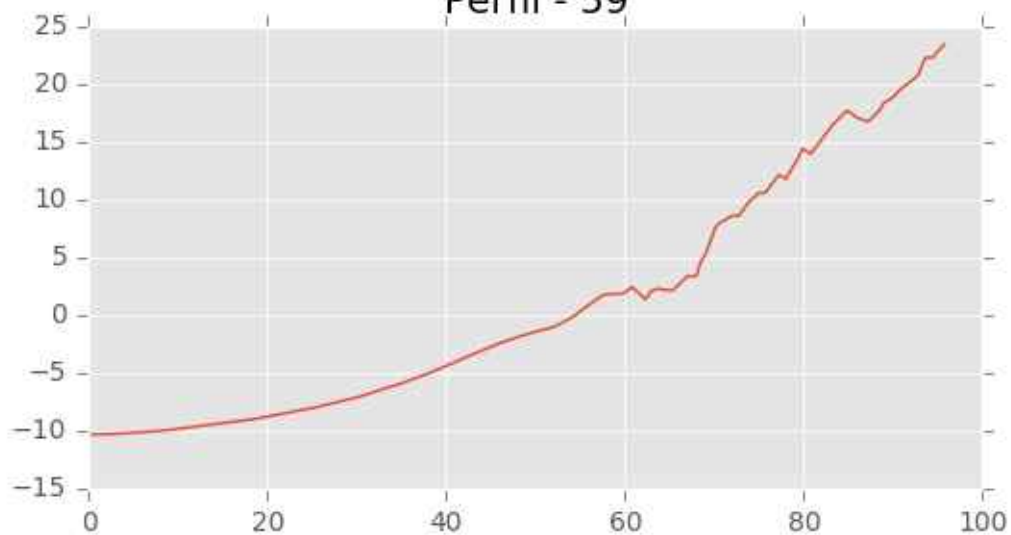




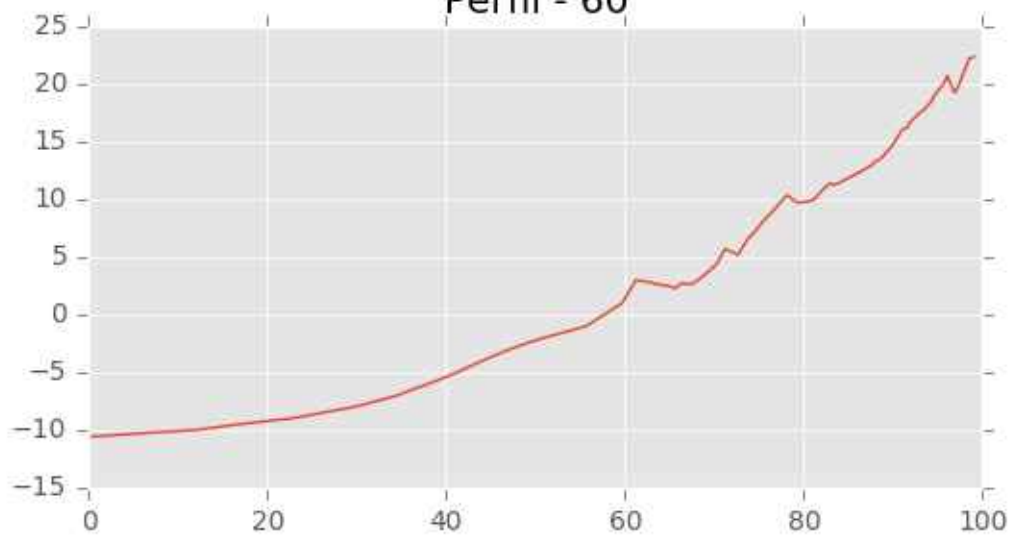
Perfil - 58

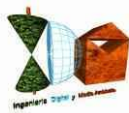


Perfil - 59

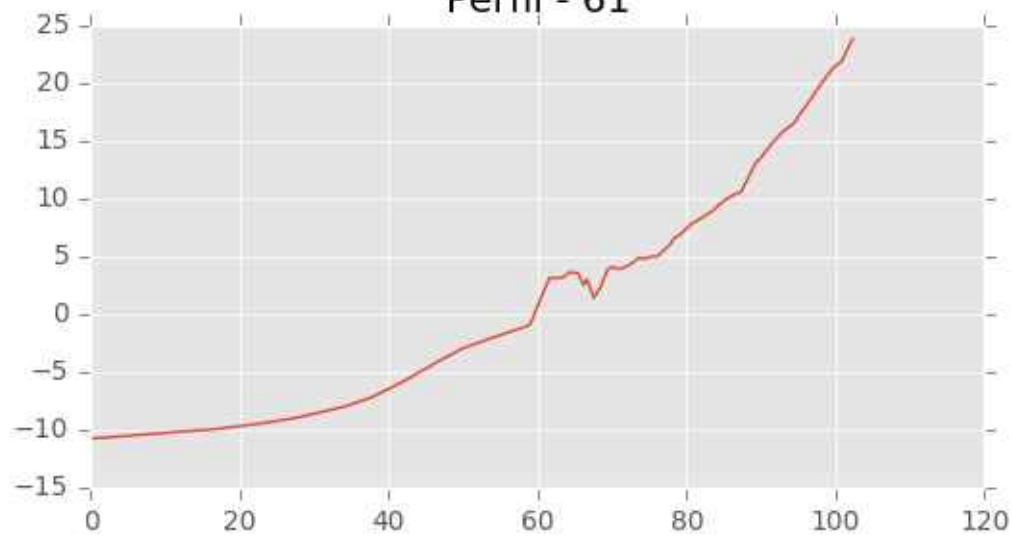


Perfil - 60

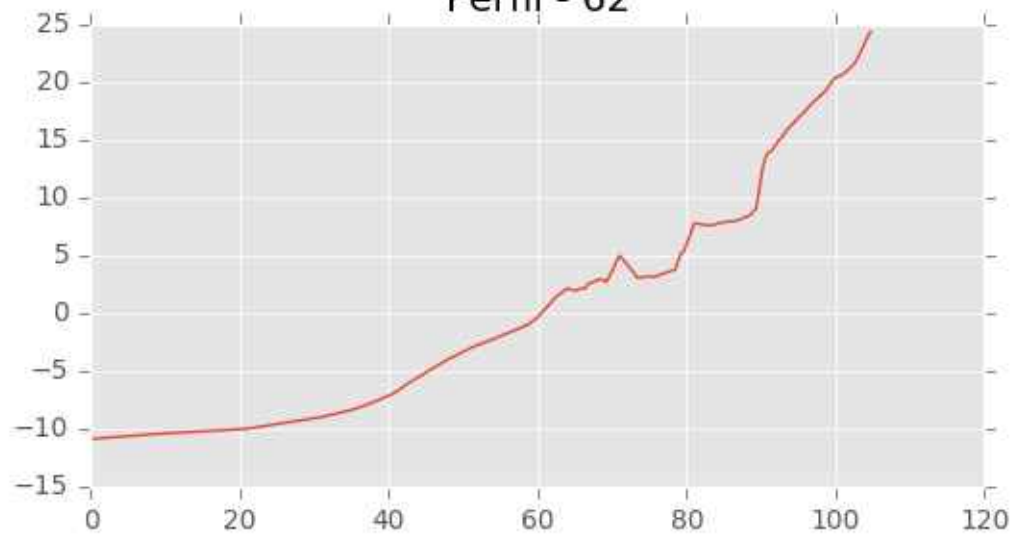




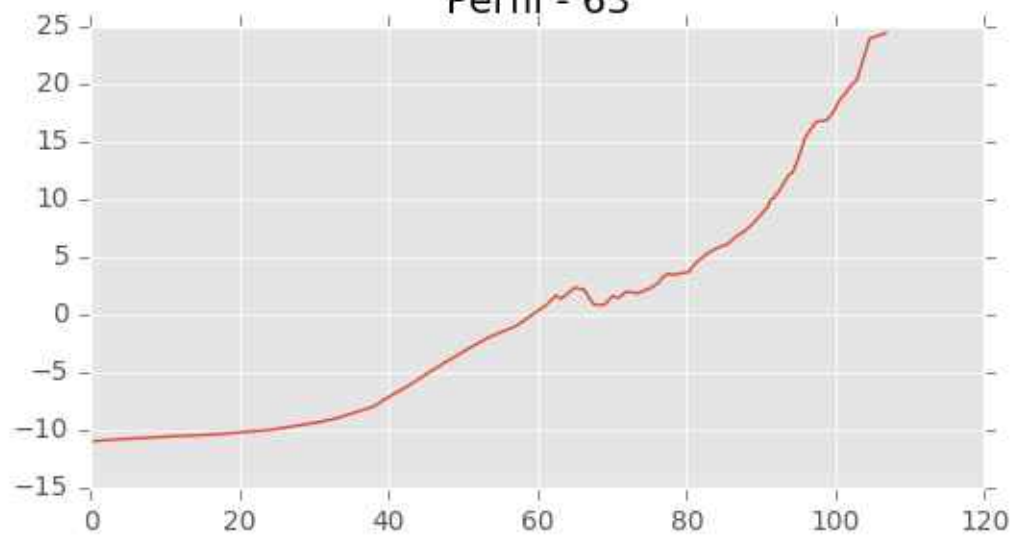
Perfil - 61



Perfil - 62

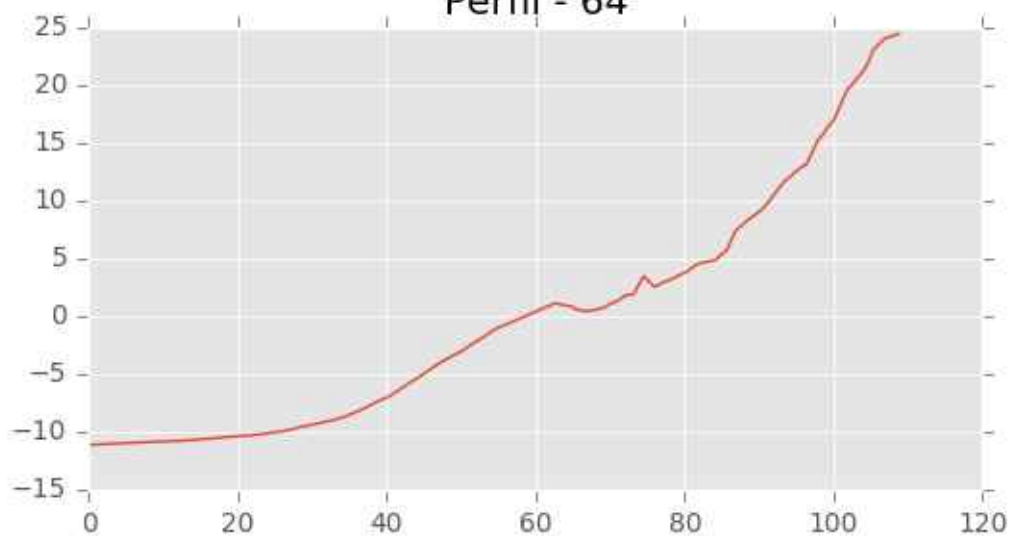


Perfil - 63

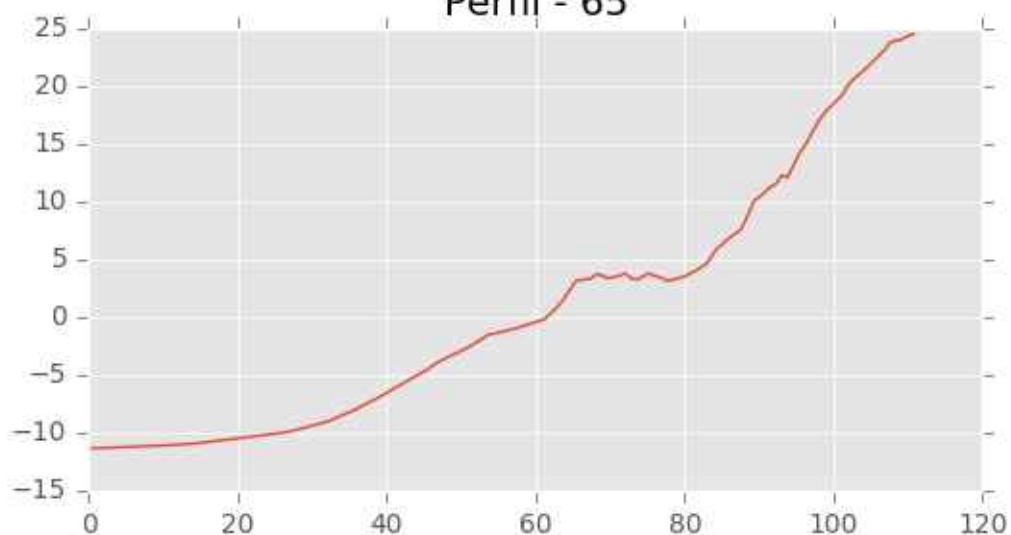




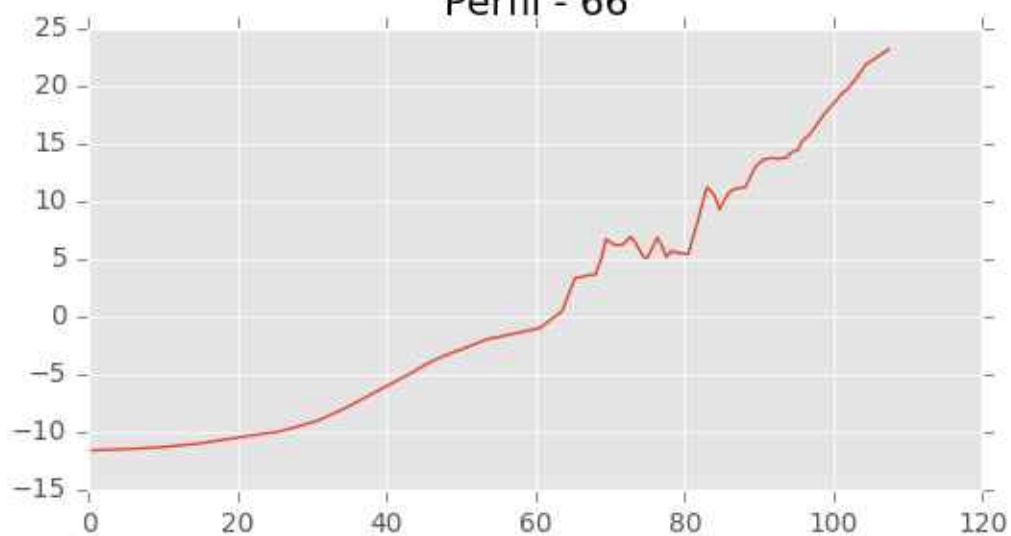
Perfil - 64

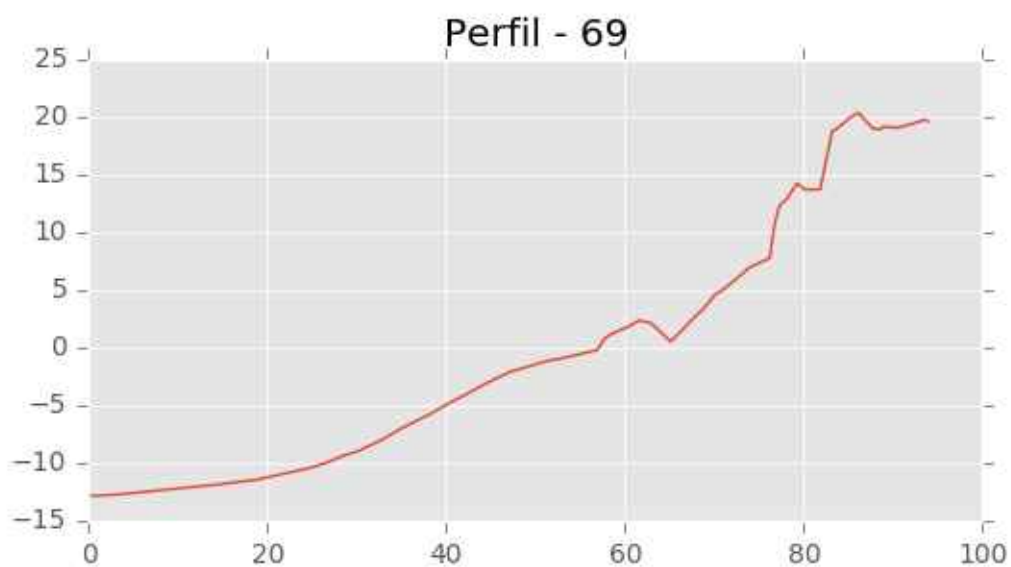
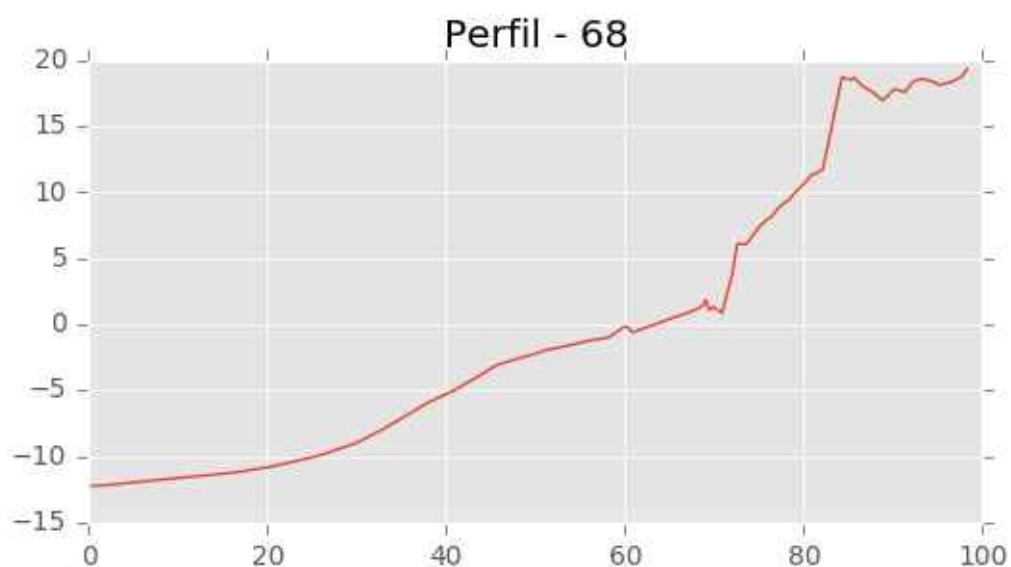
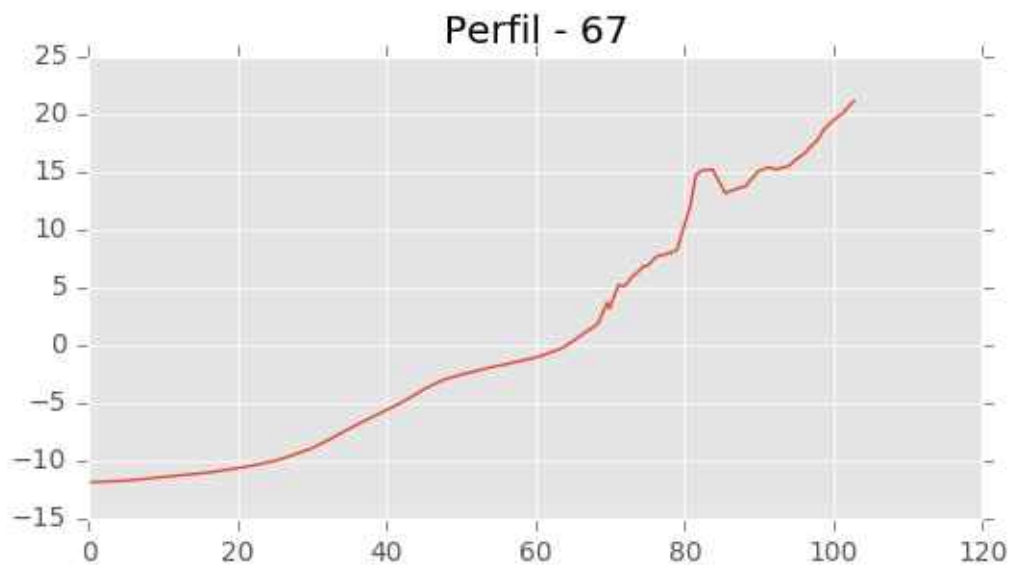


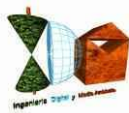
Perfil - 65



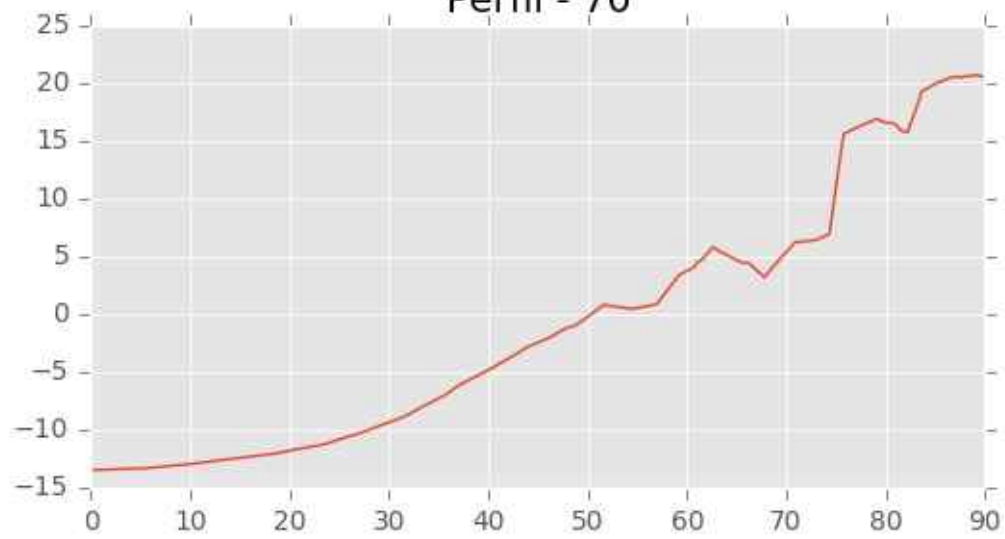
Perfil - 66



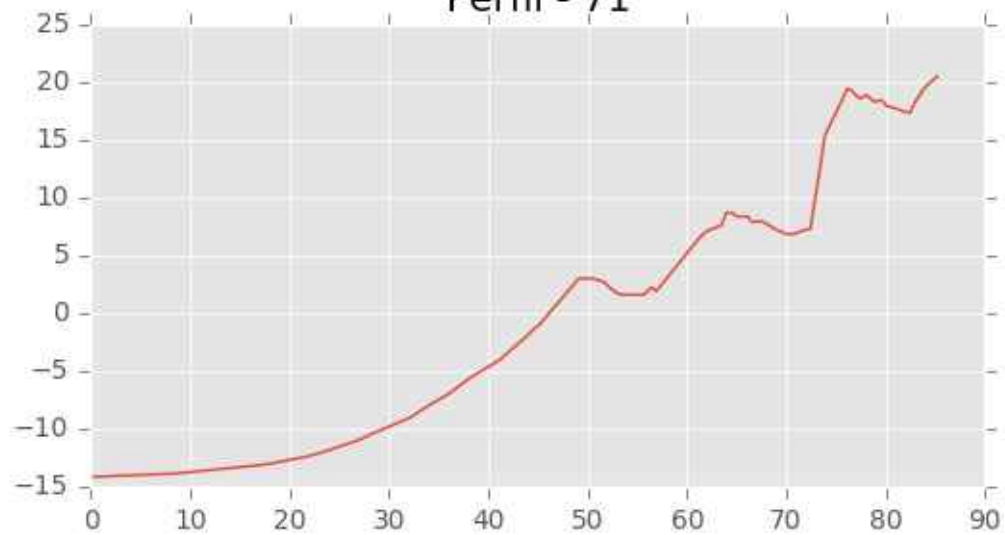




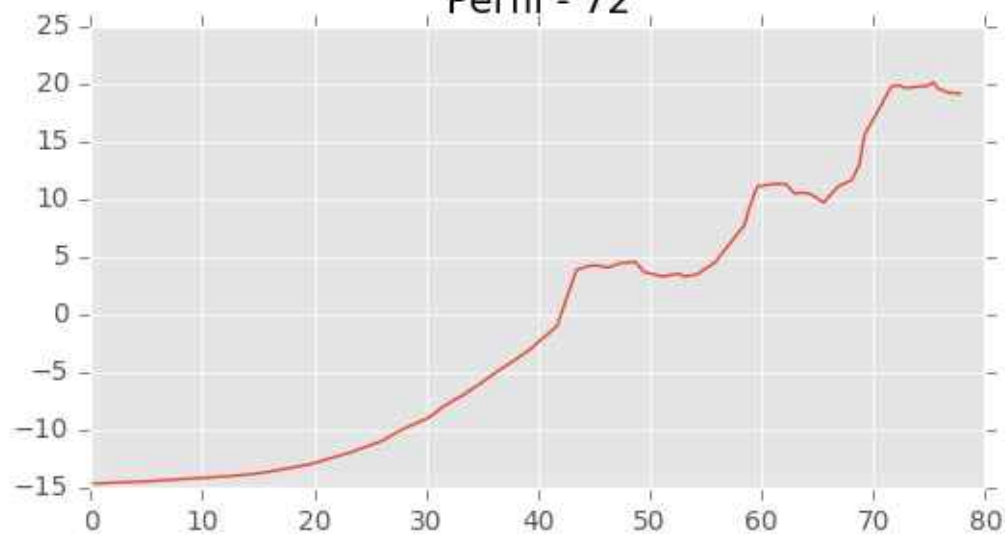
Perfil - 70

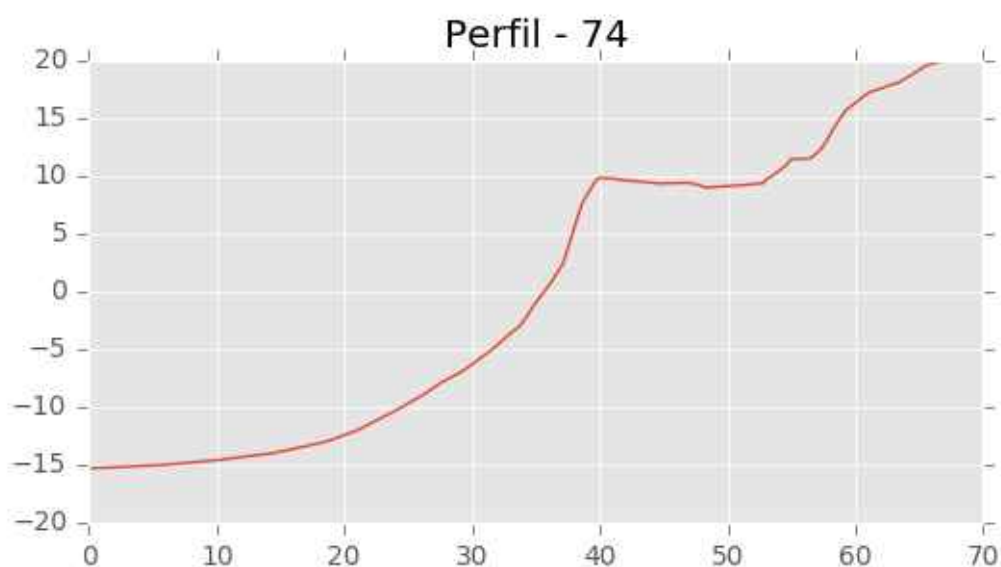
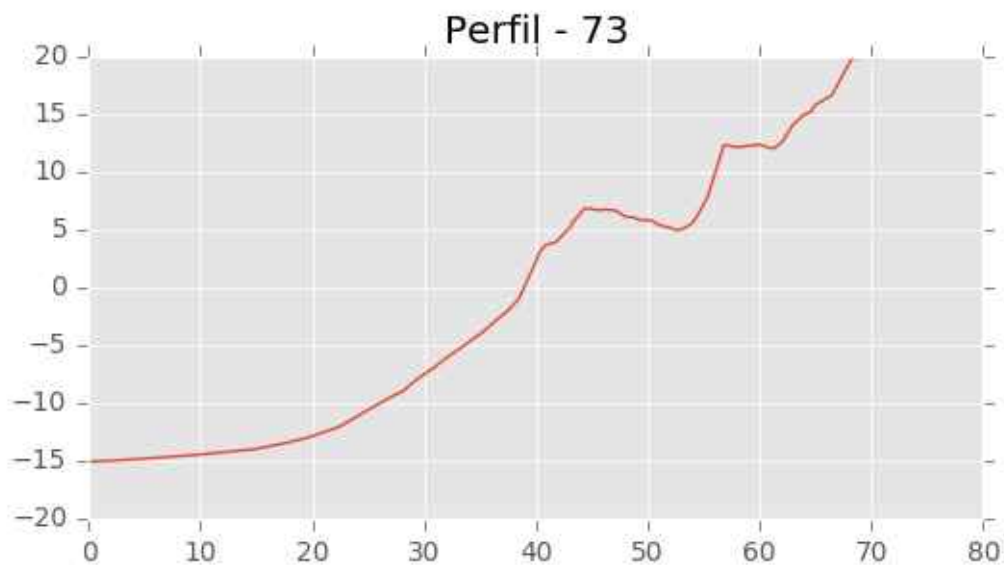


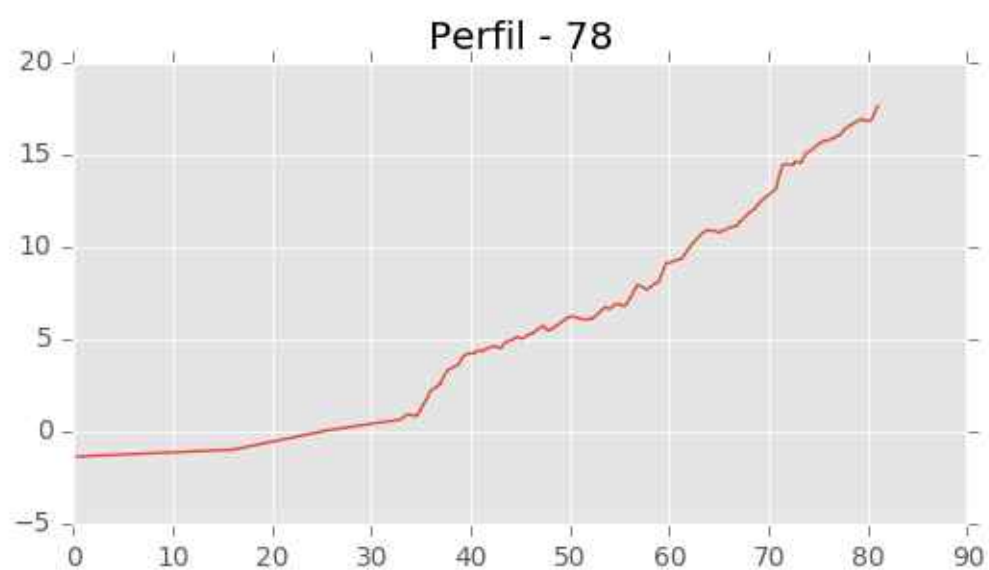
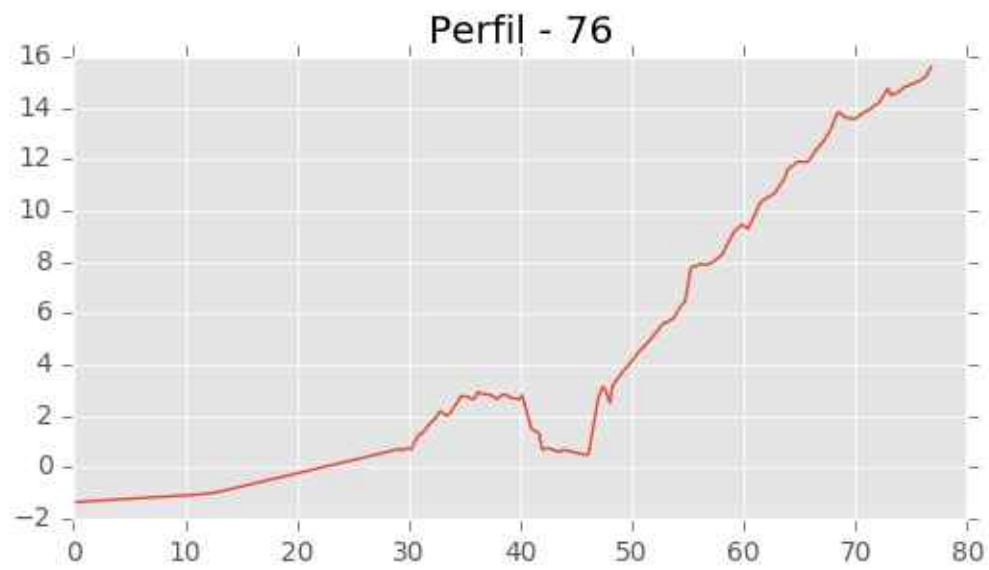
Perfil - 71

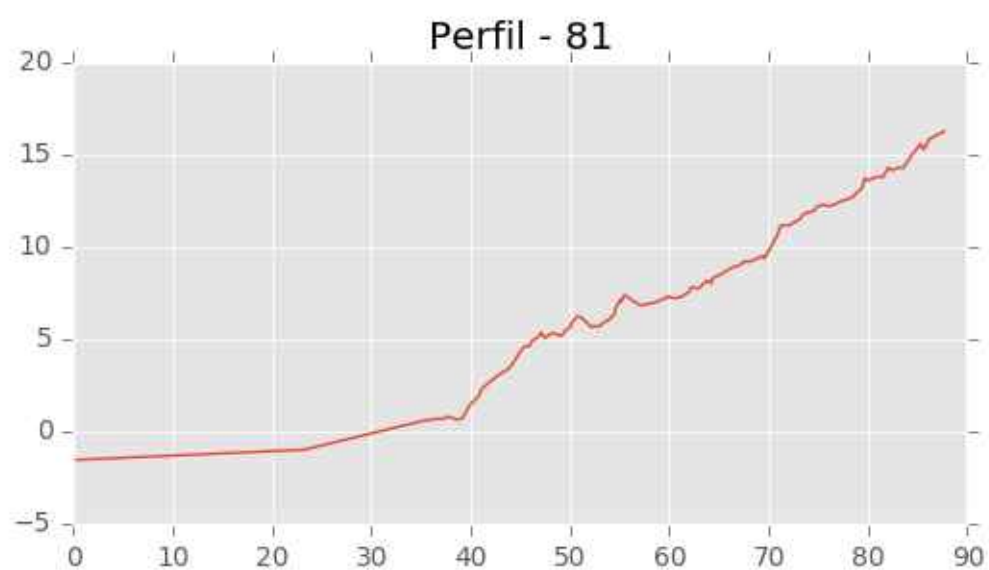
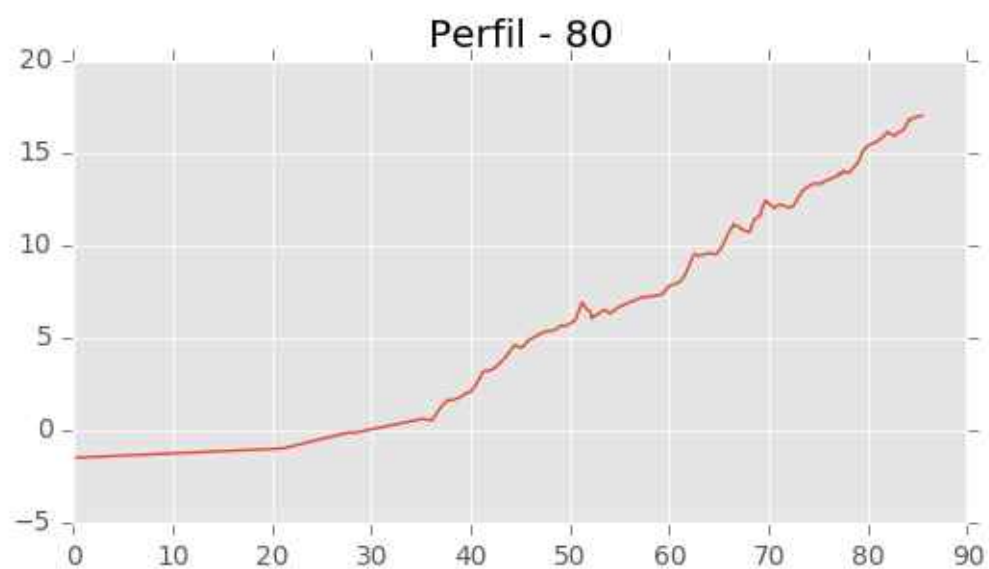
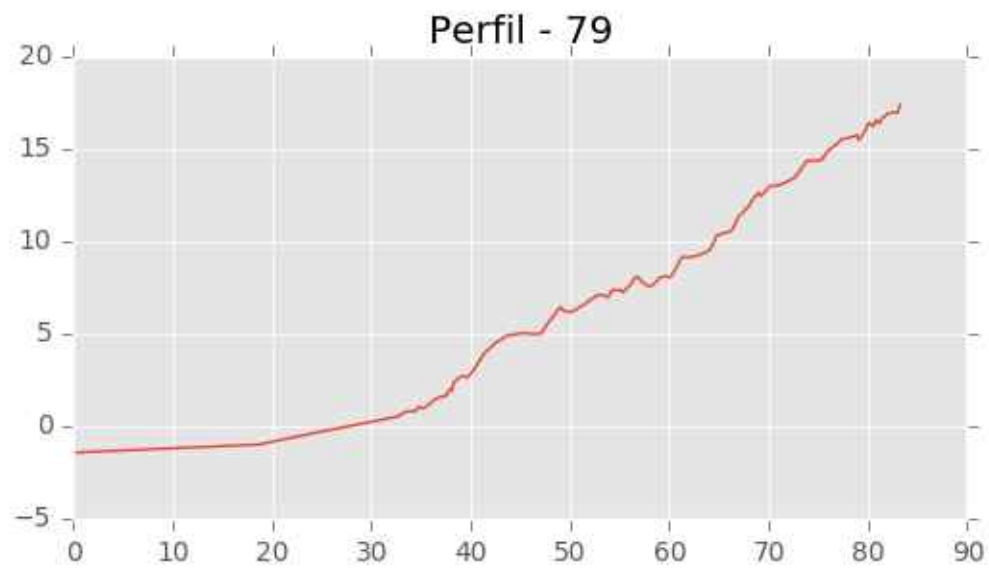


Perfil - 72



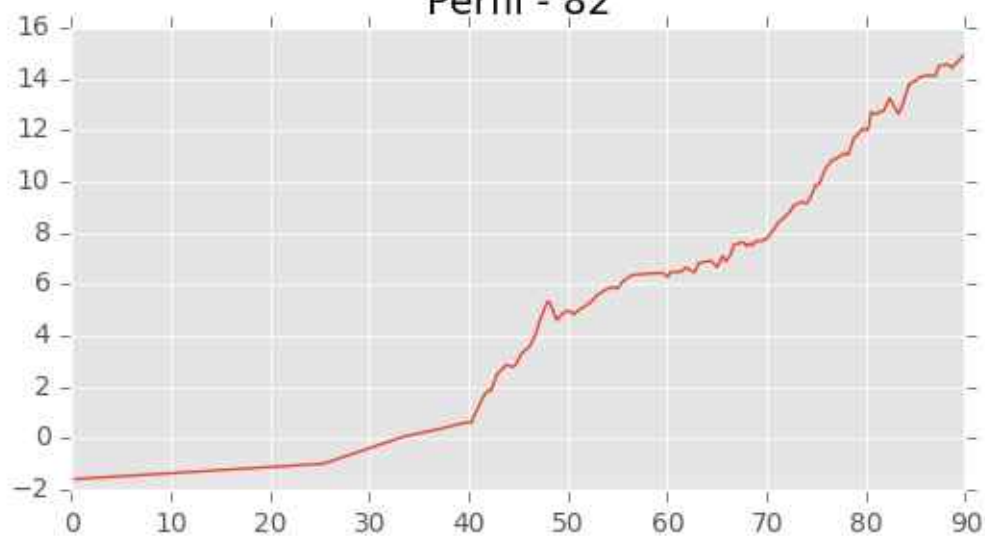




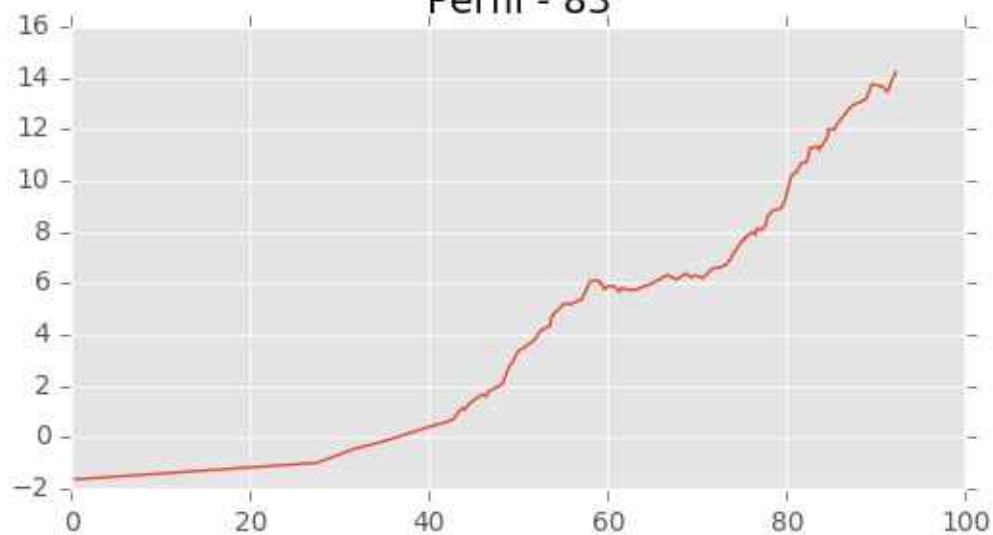




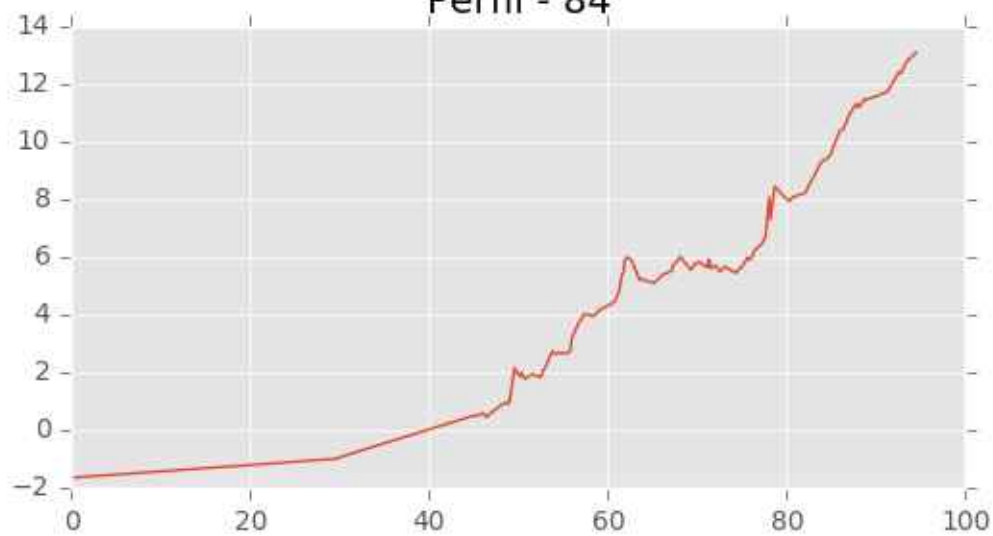
Perfil - 82



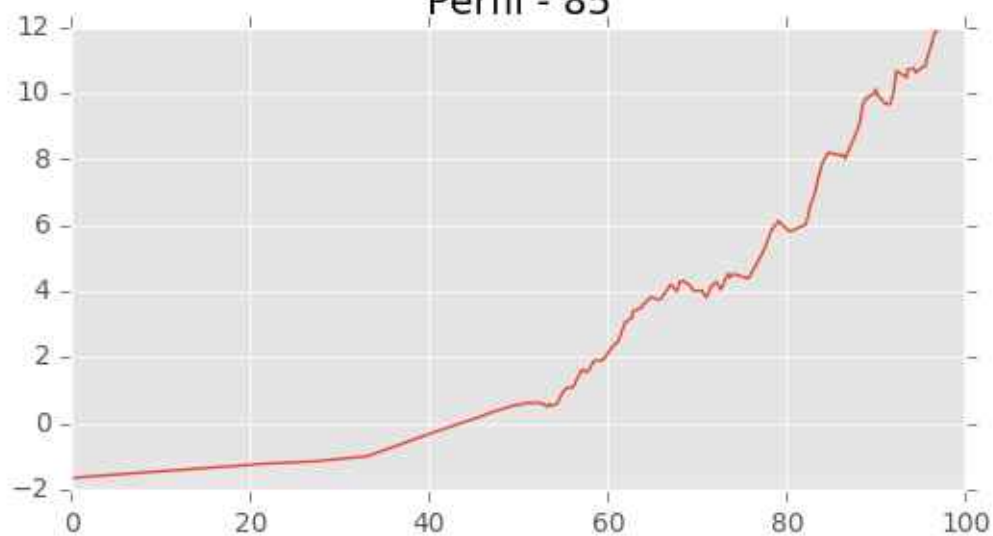
Perfil - 83



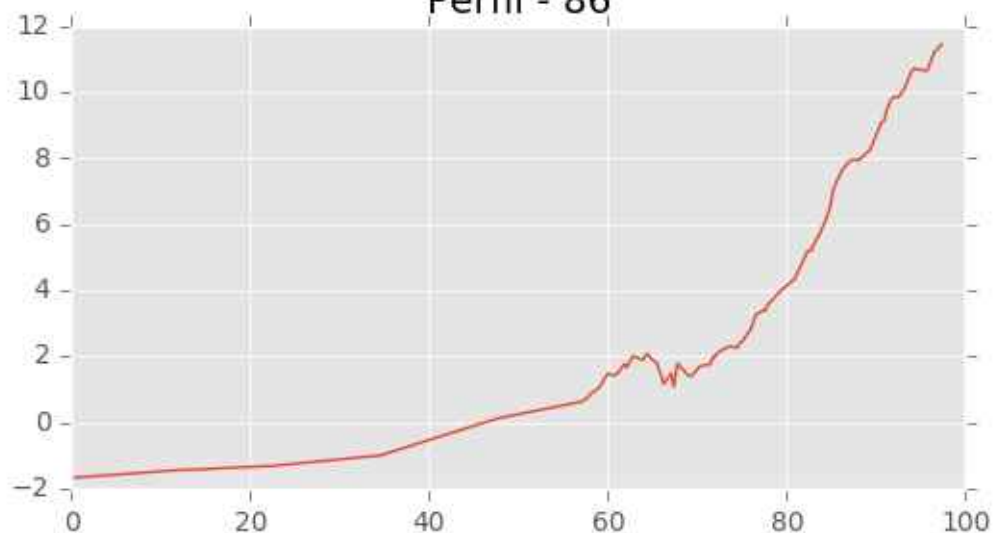
Perfil - 84



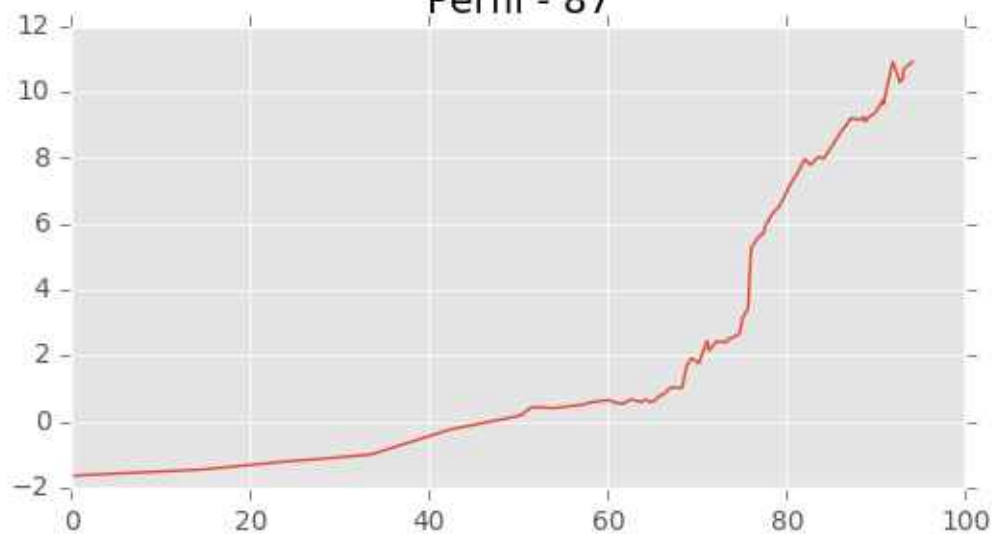
Perfil - 85

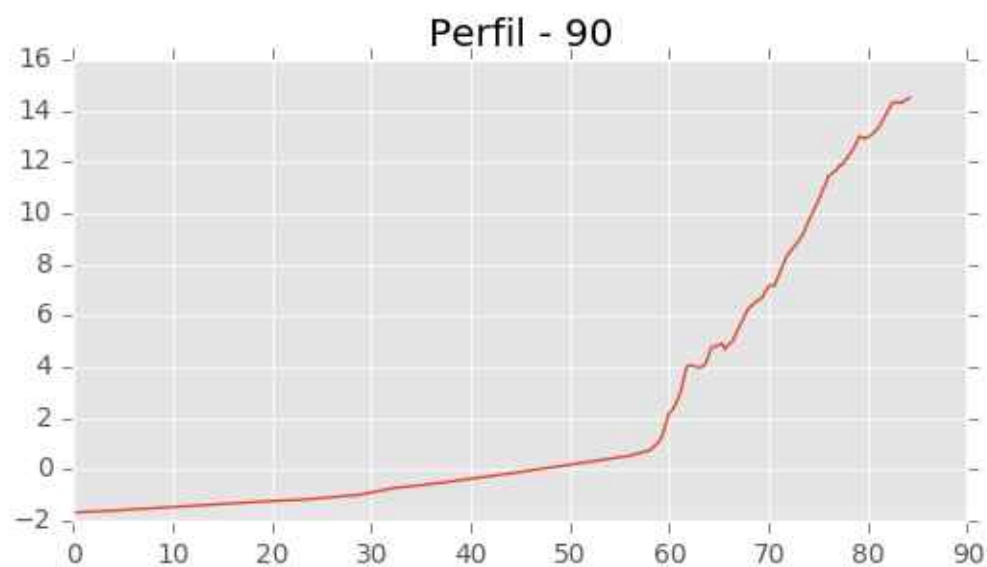
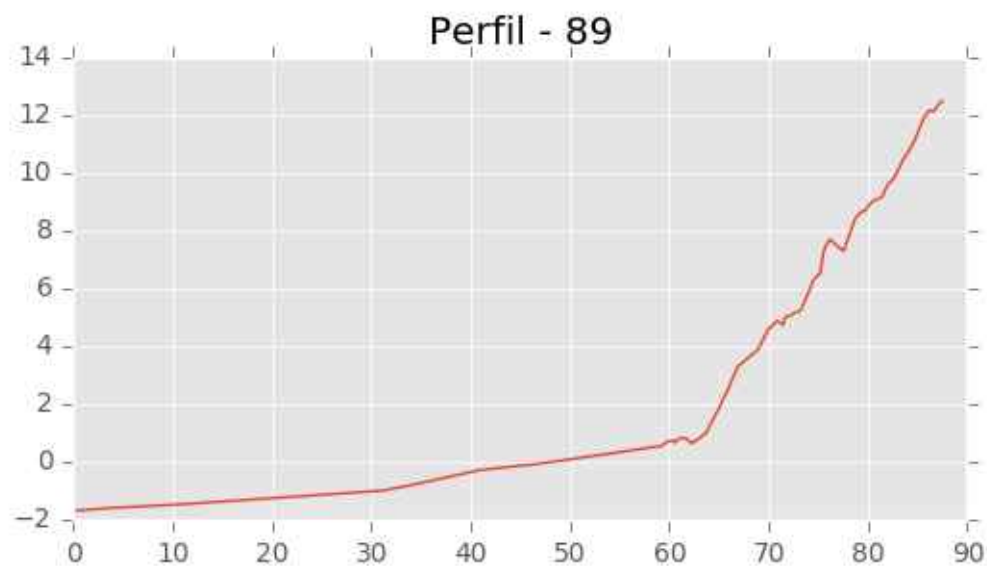
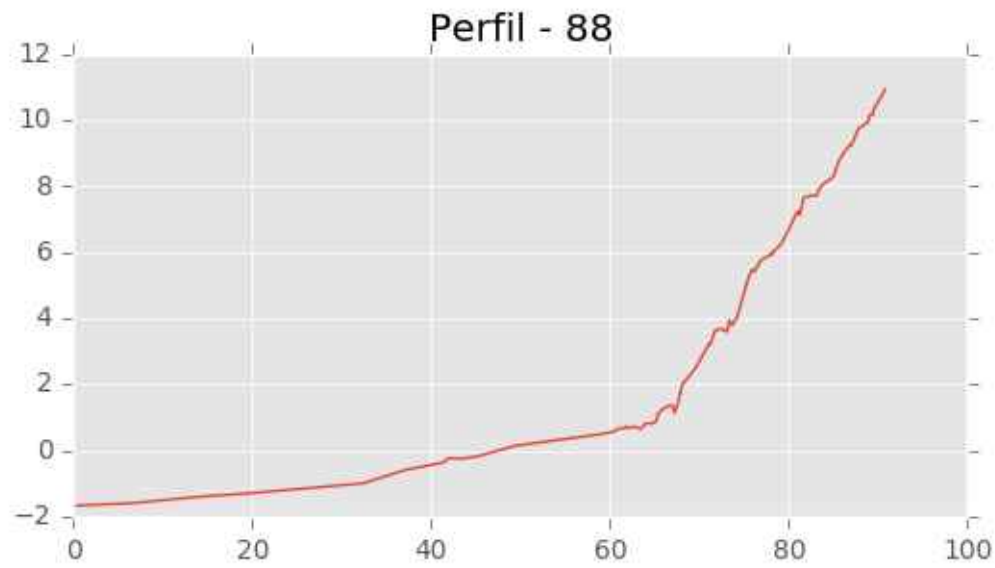


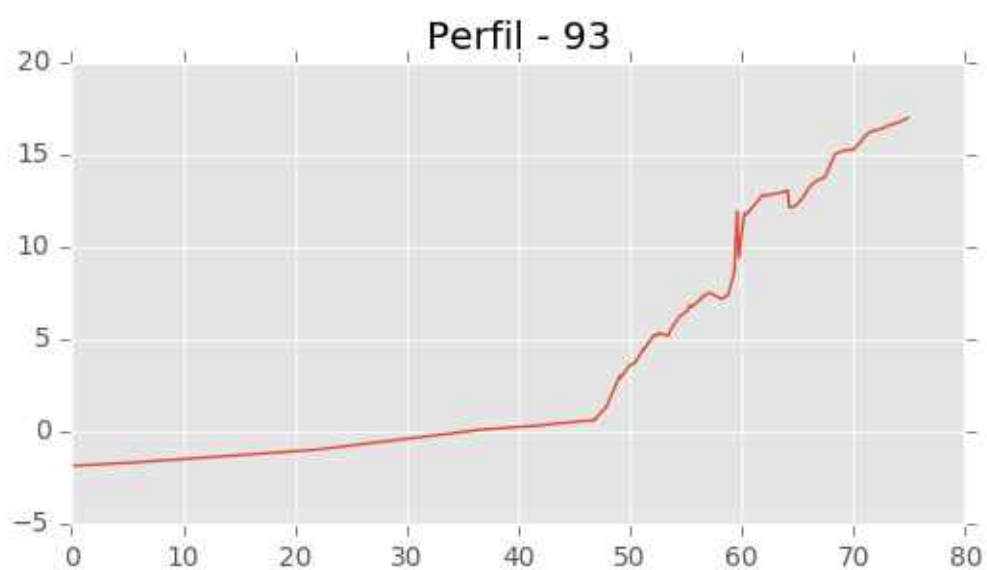
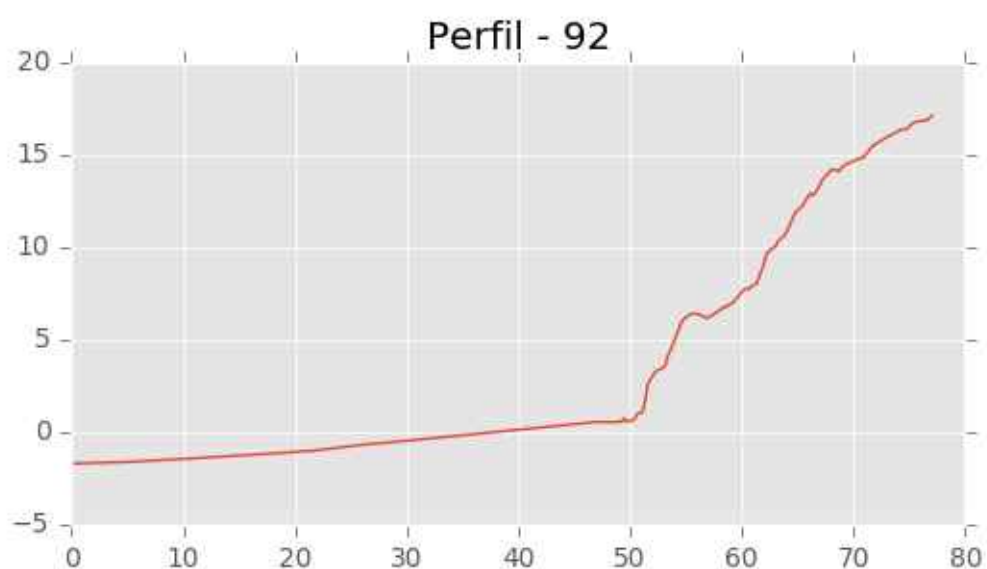
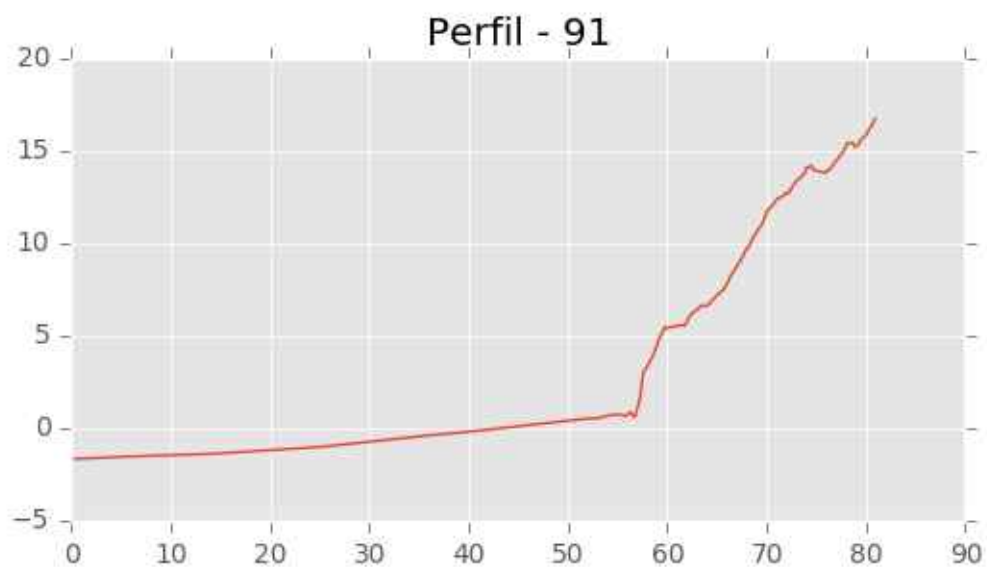
Perfil - 86

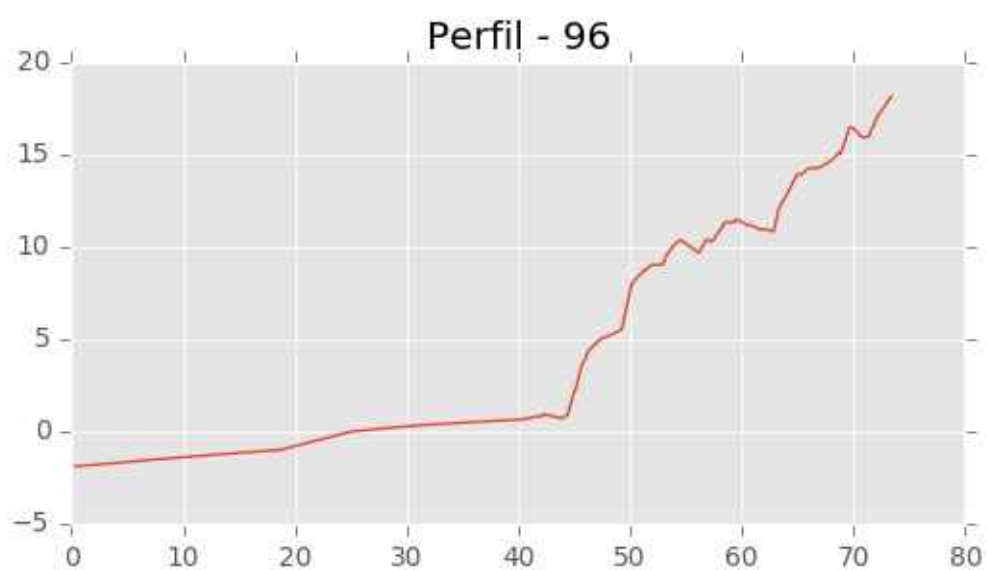
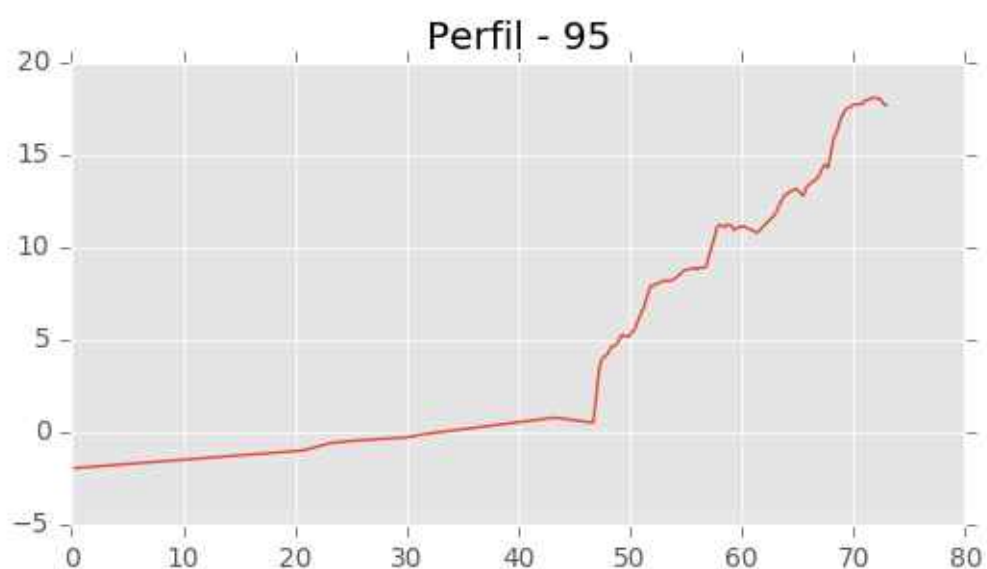
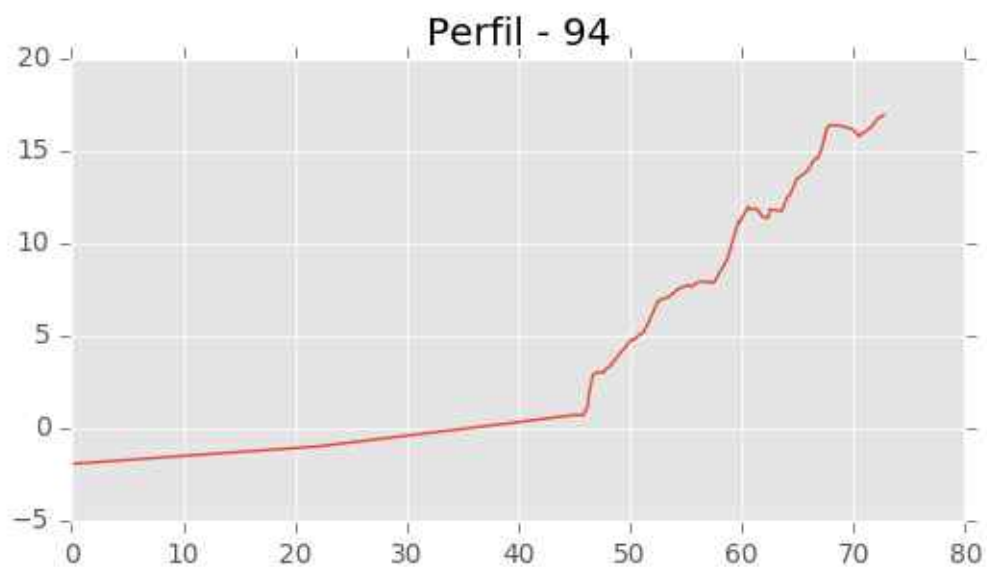


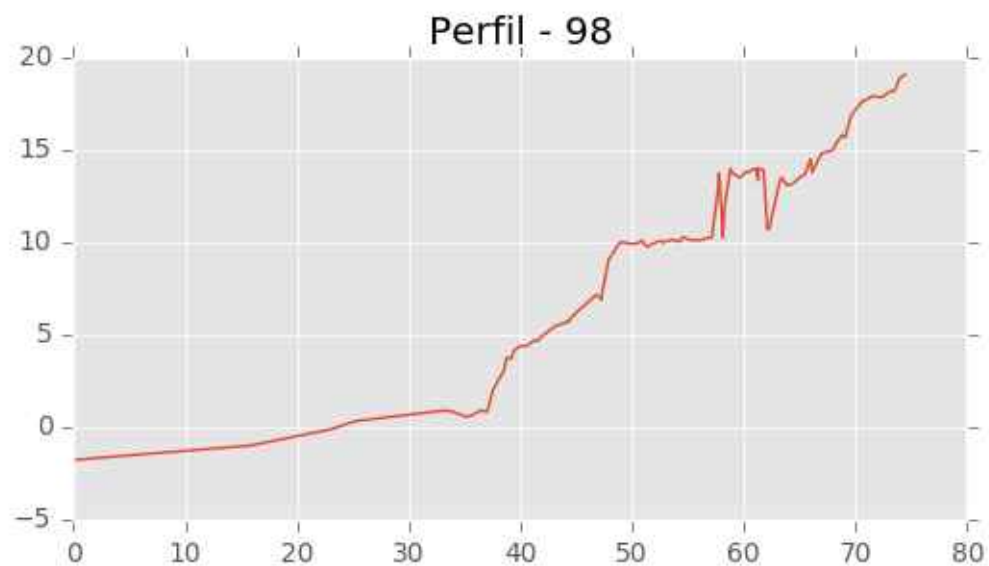
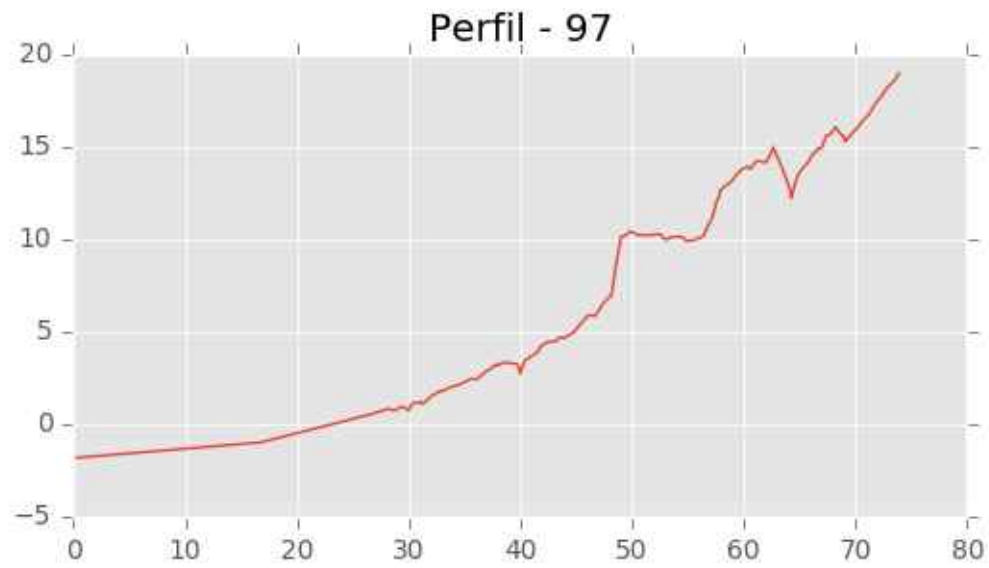
Perfil - 87

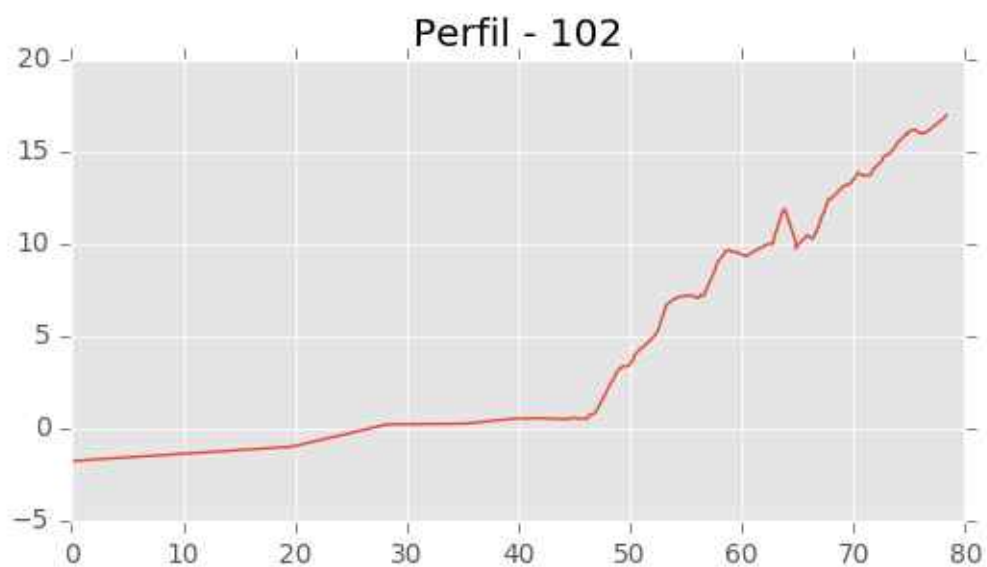
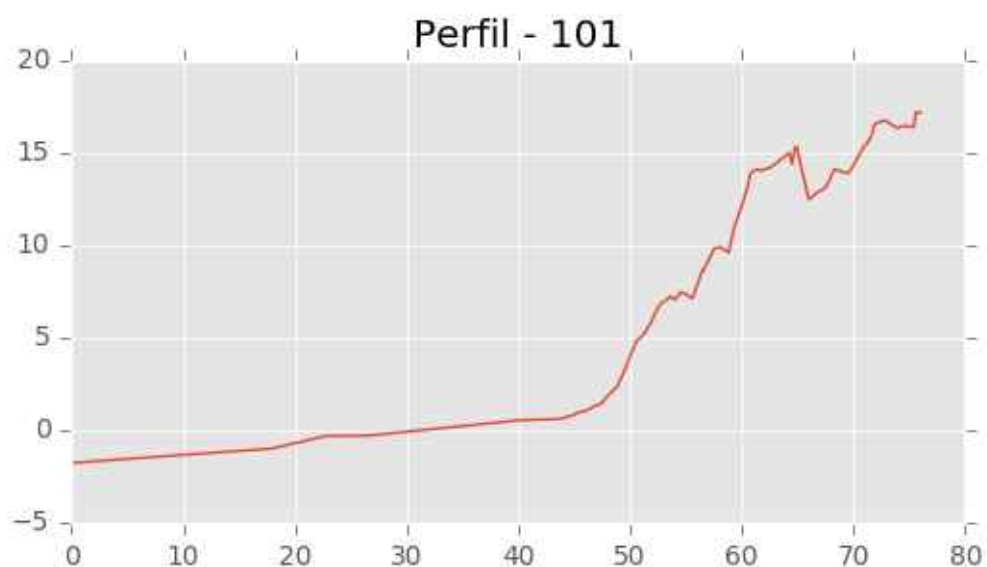
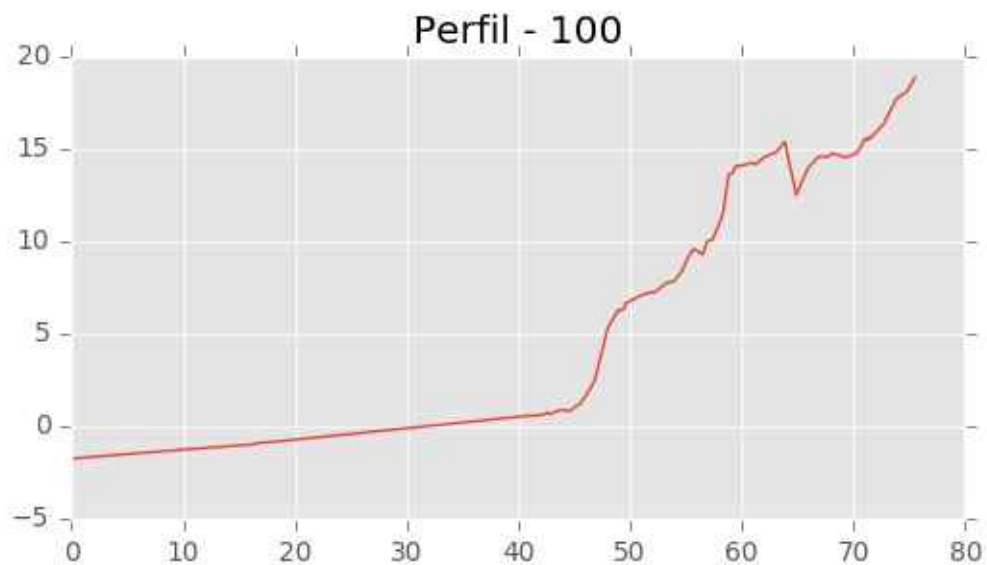


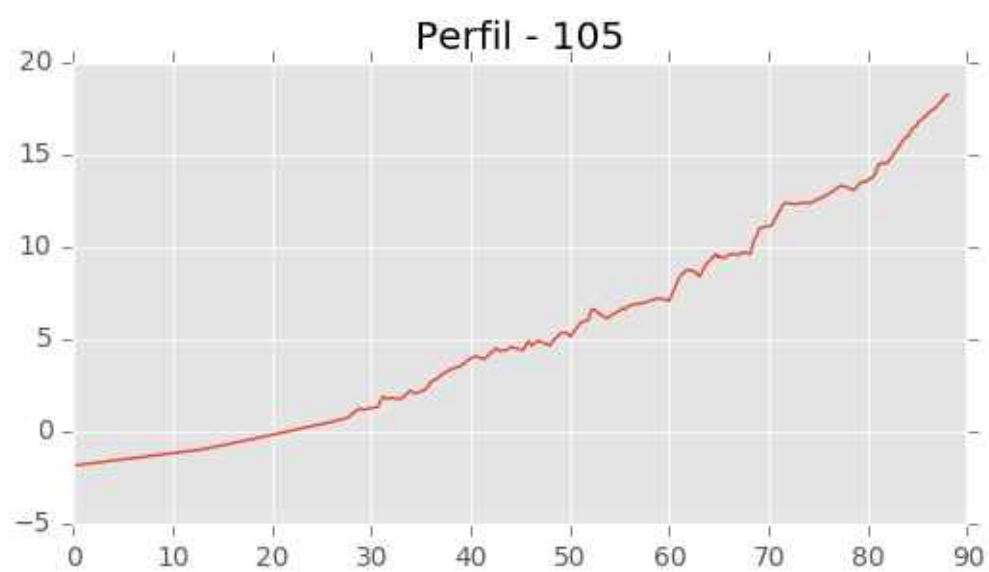
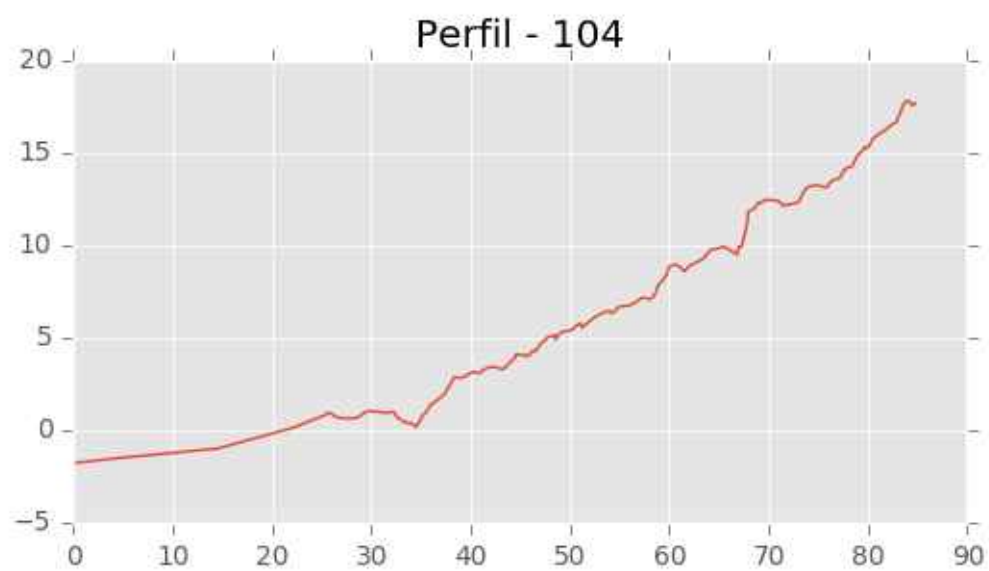
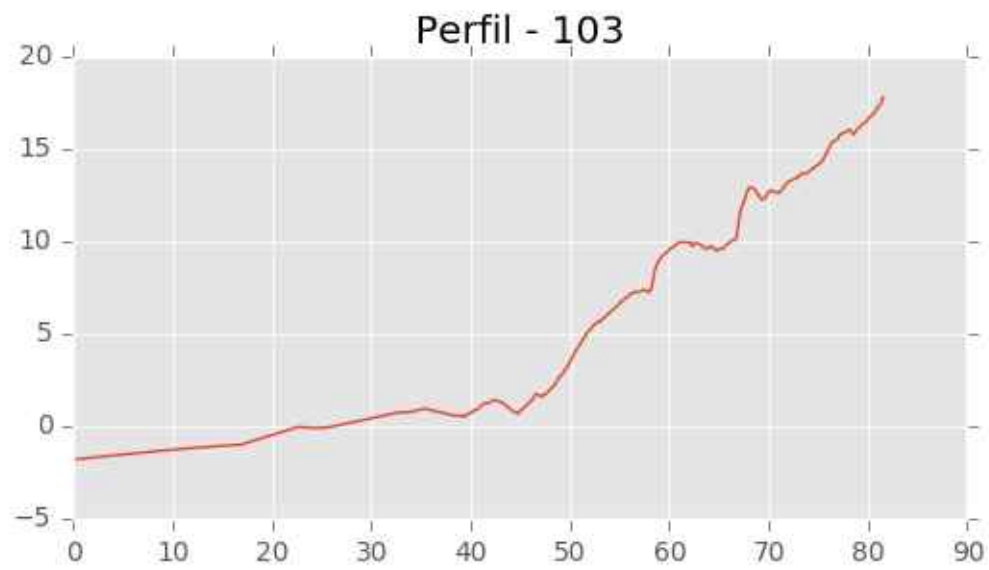


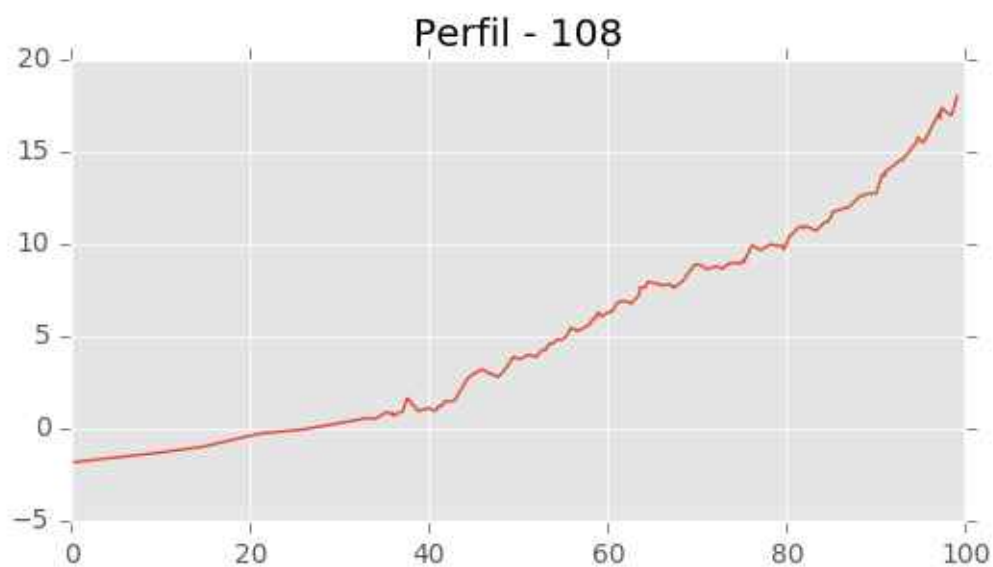
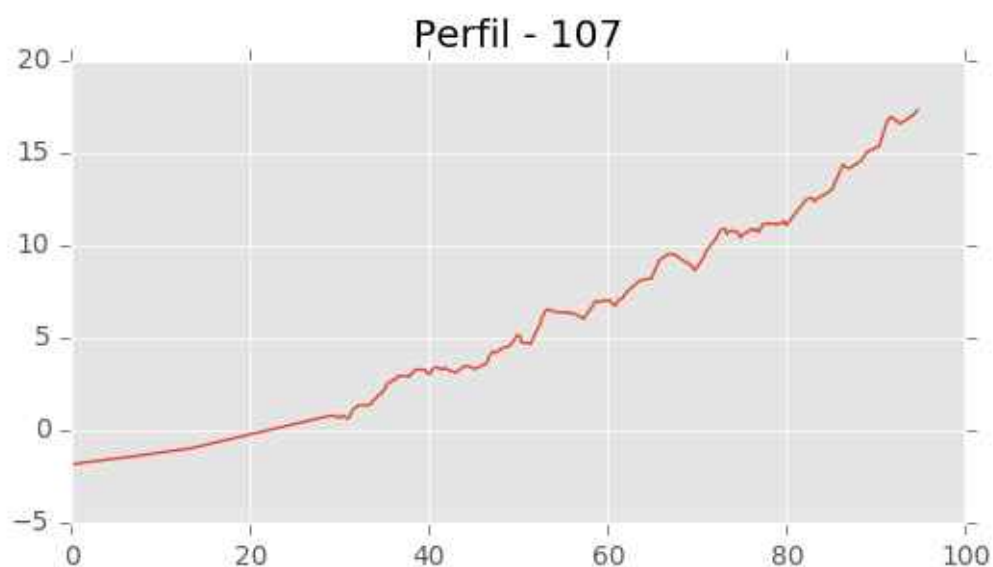
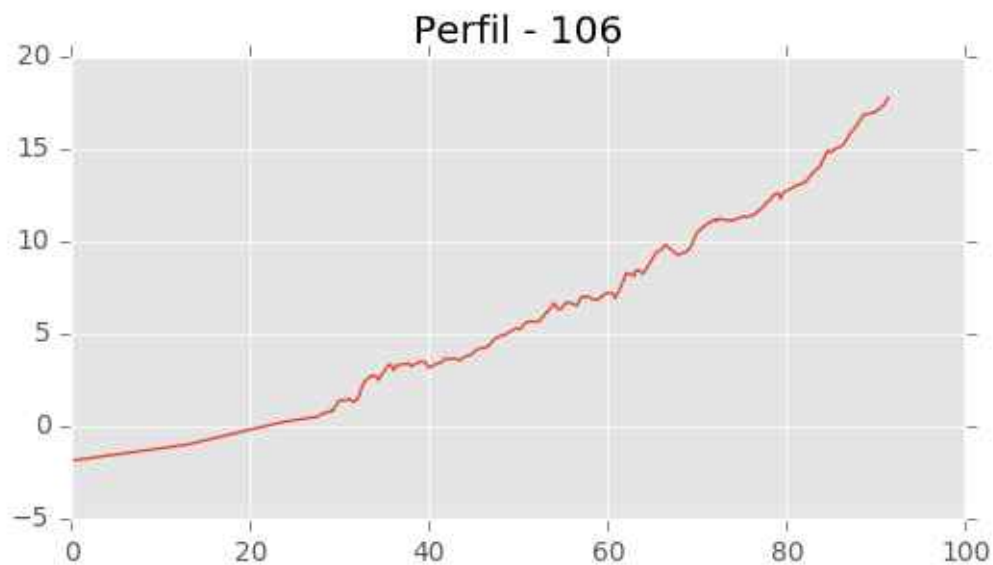


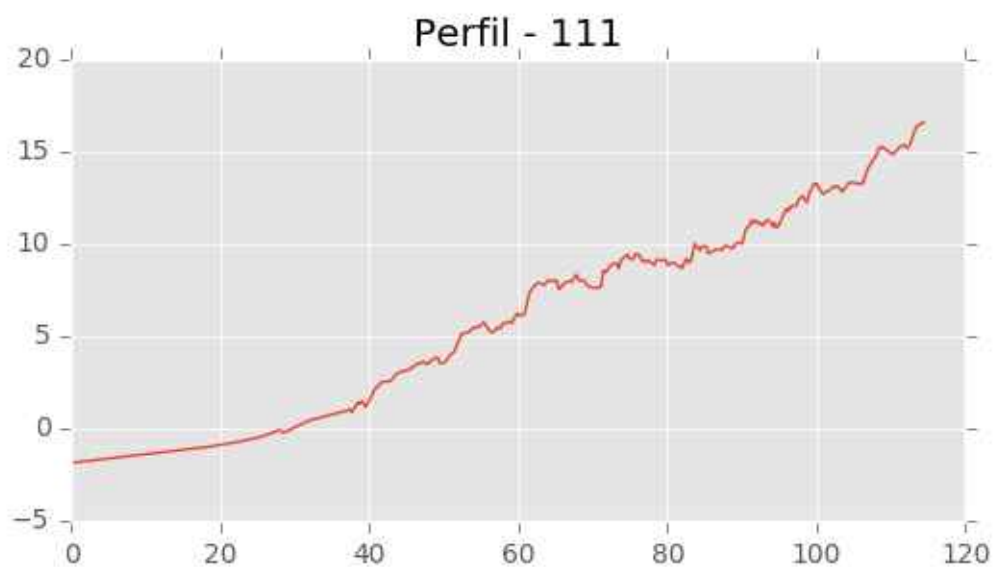
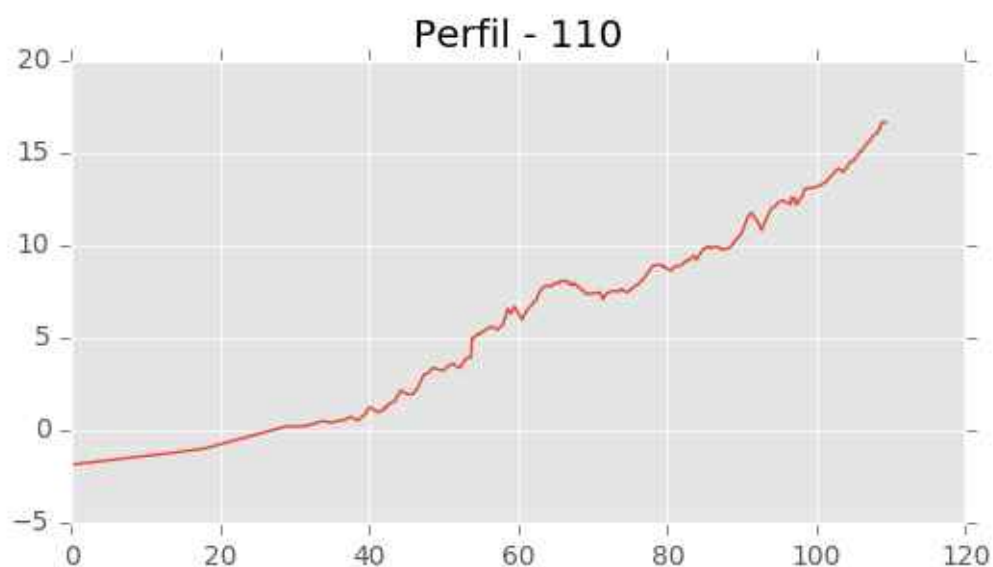
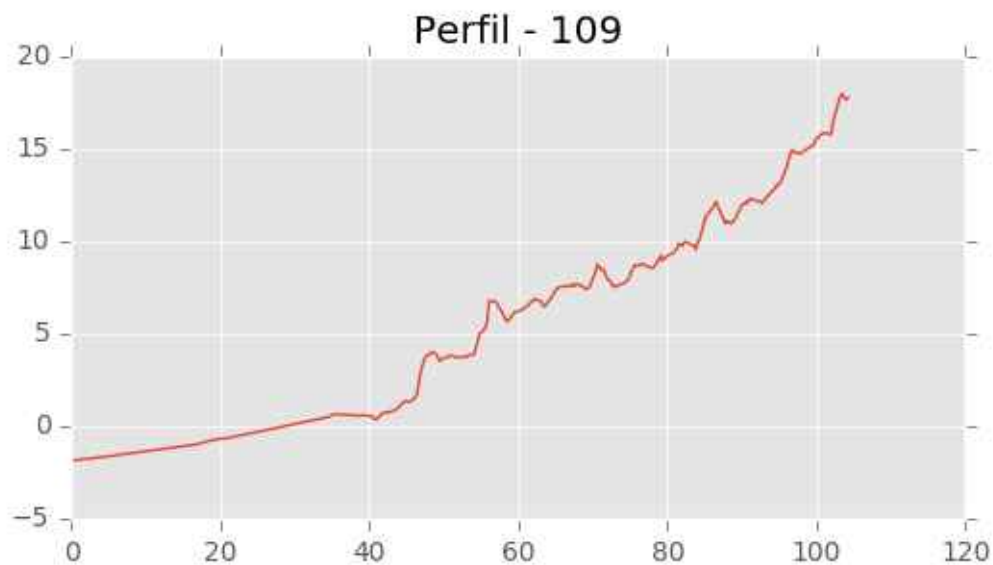


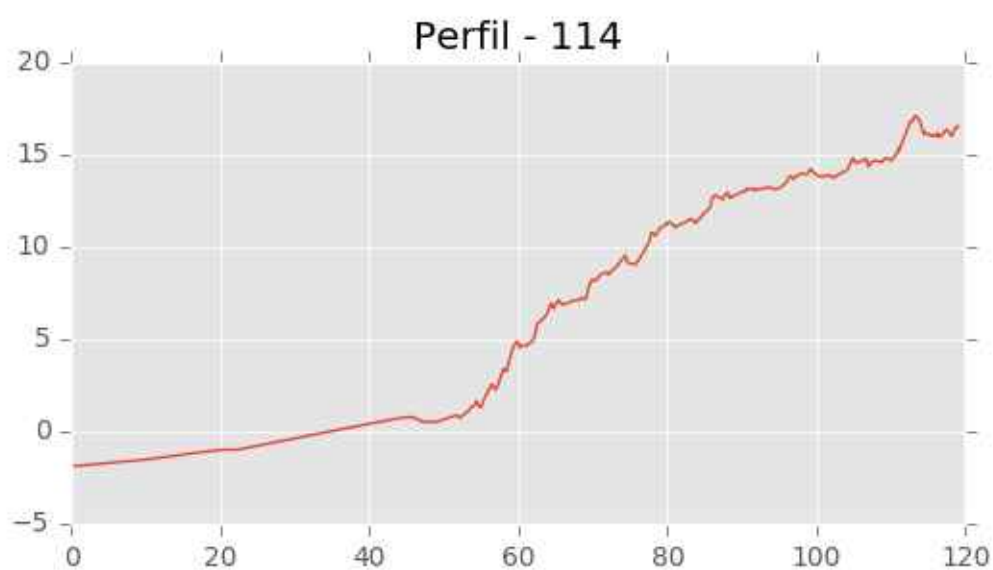
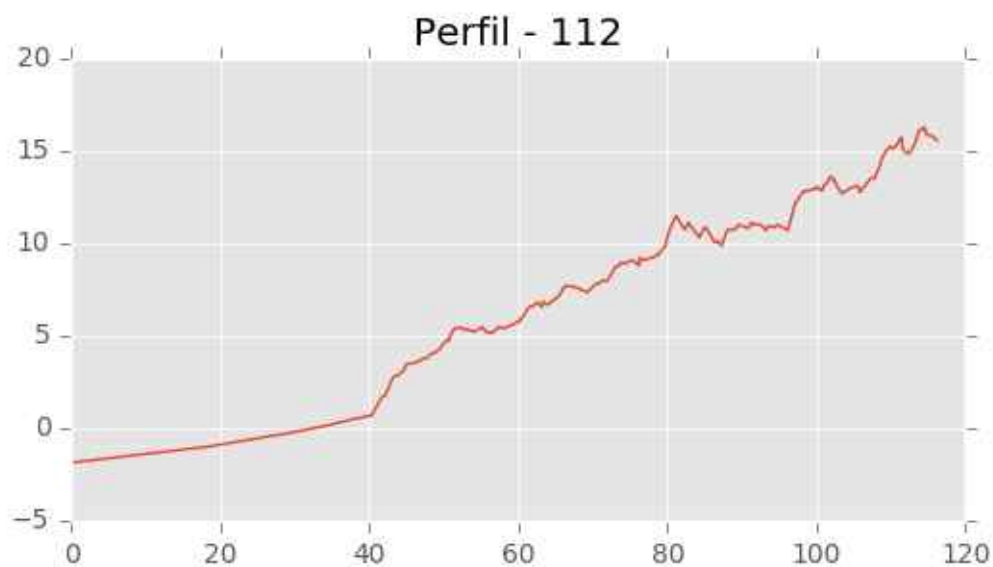


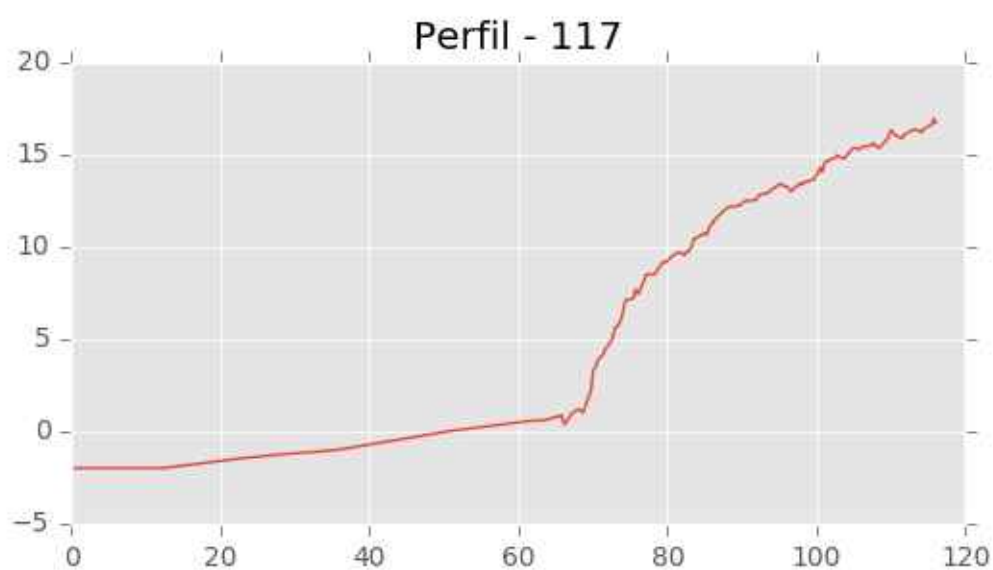
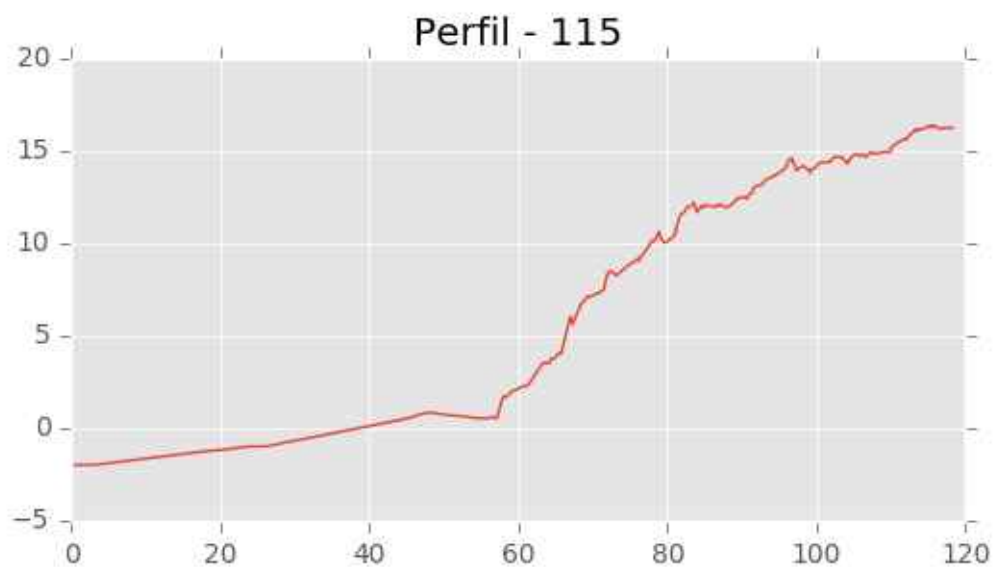


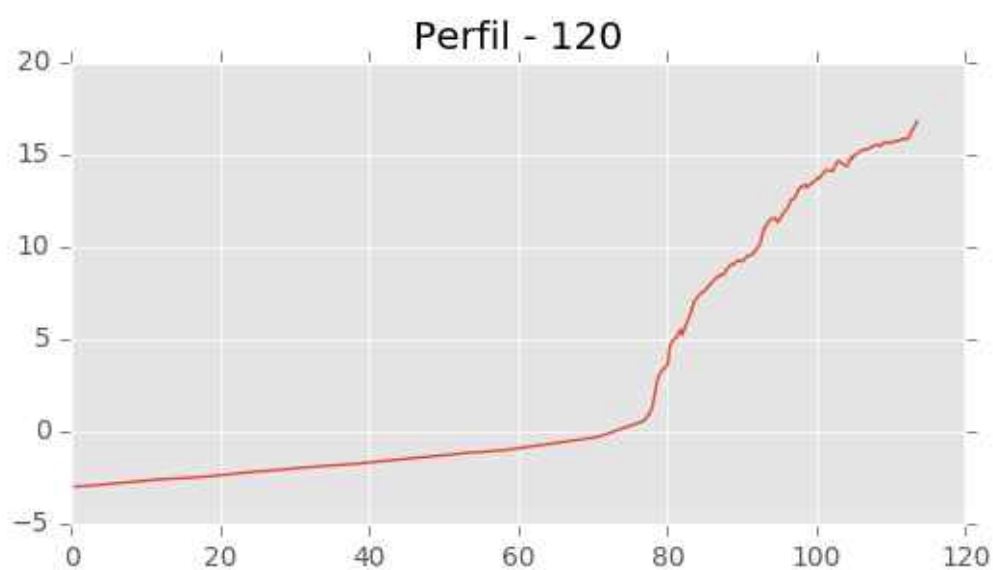
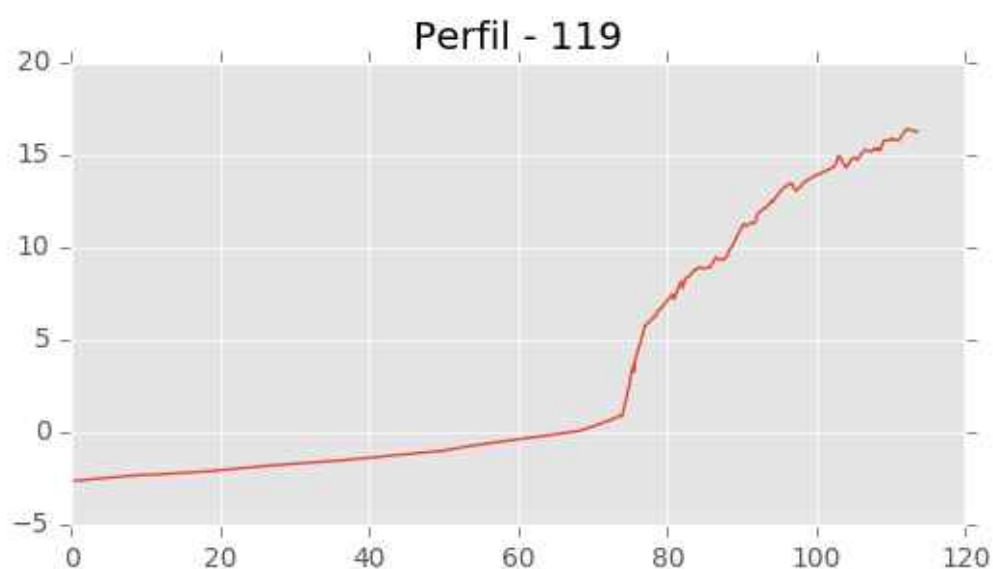
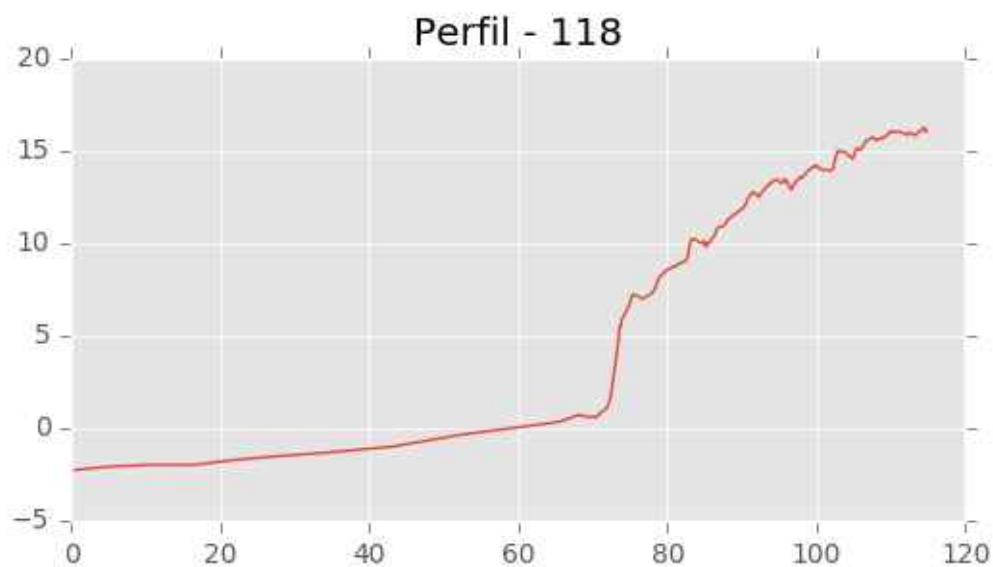


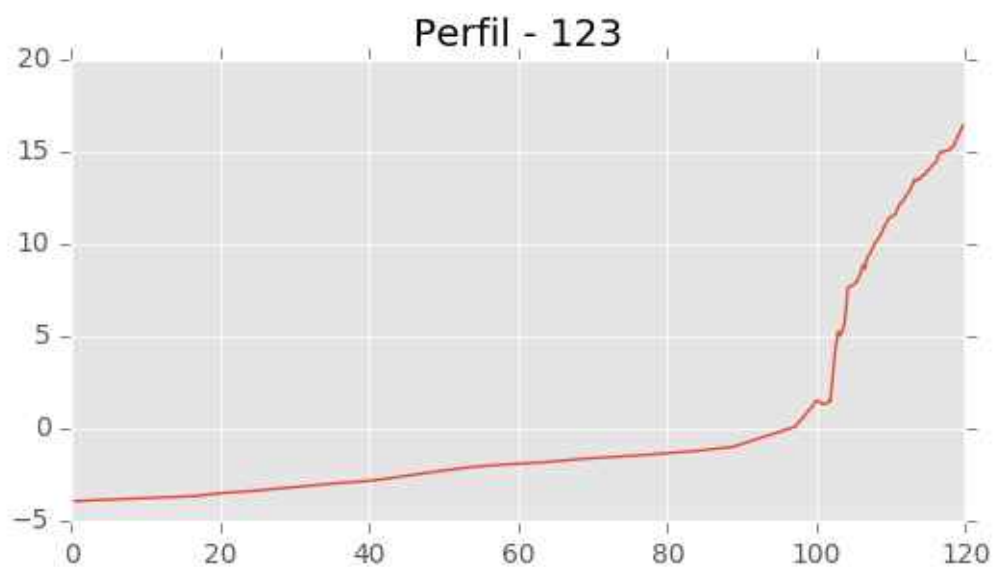
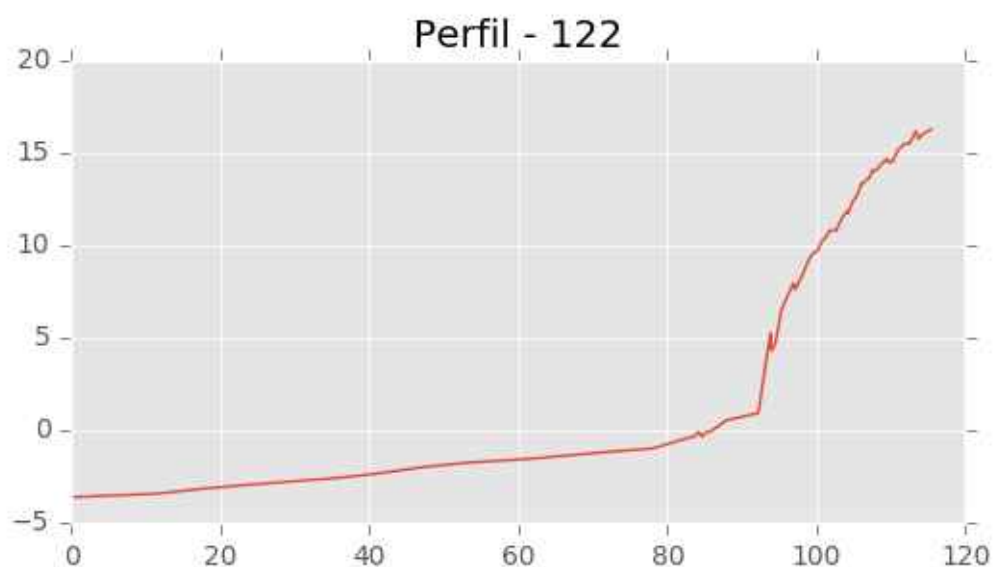
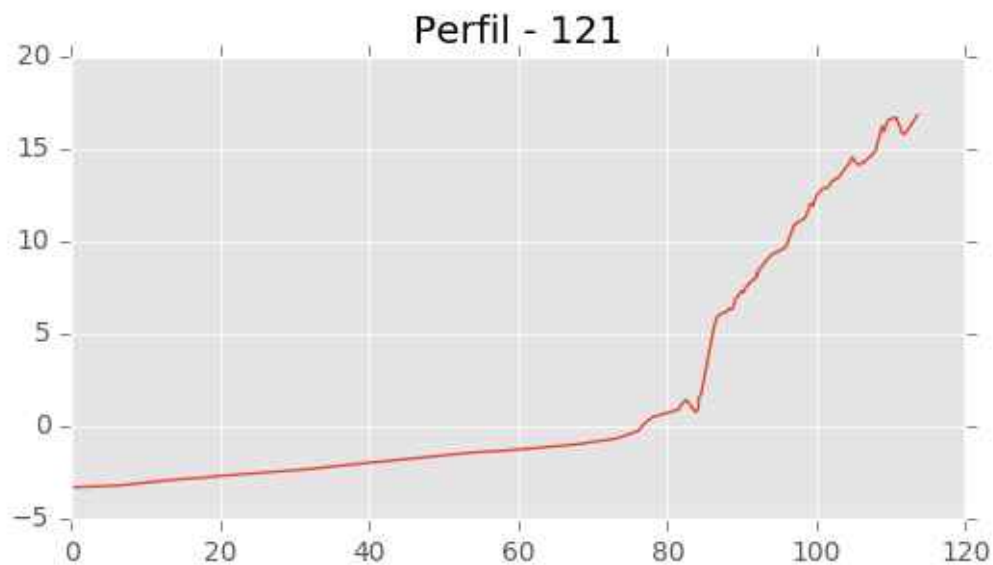


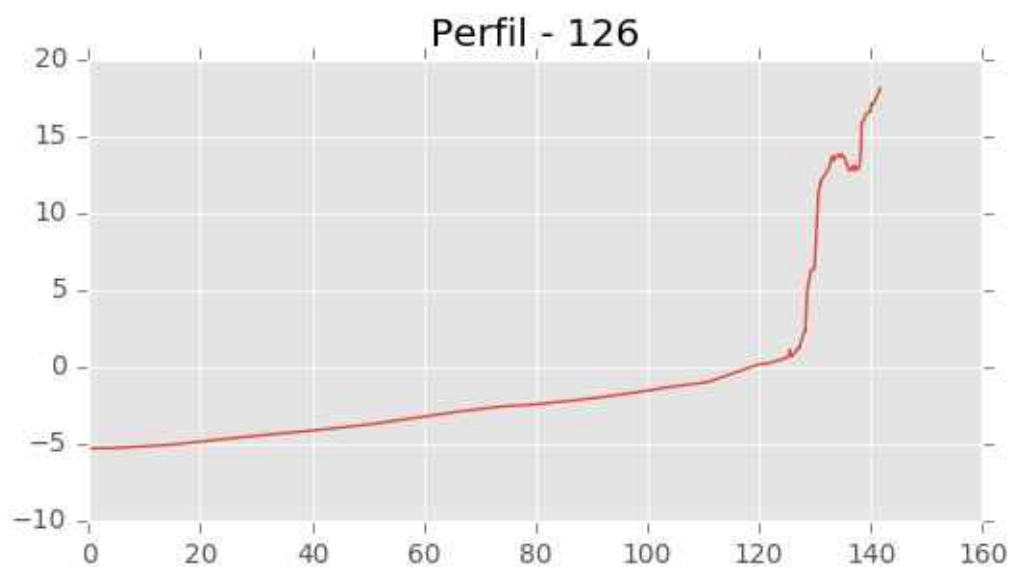
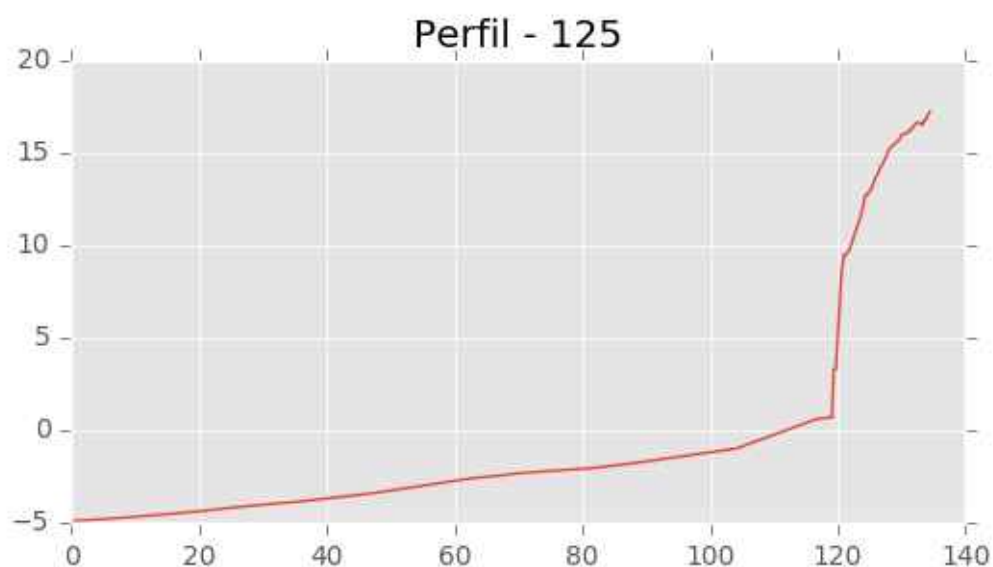
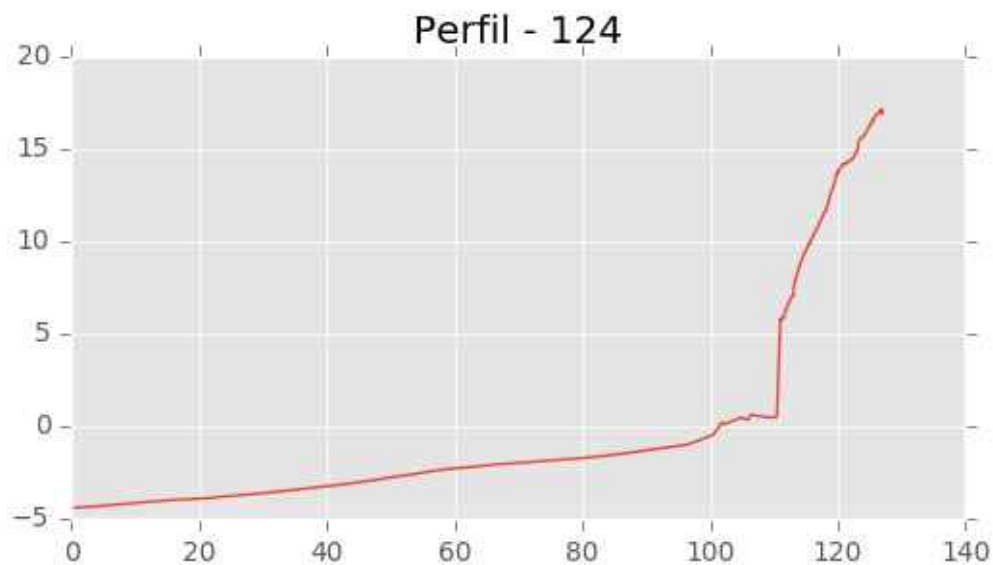


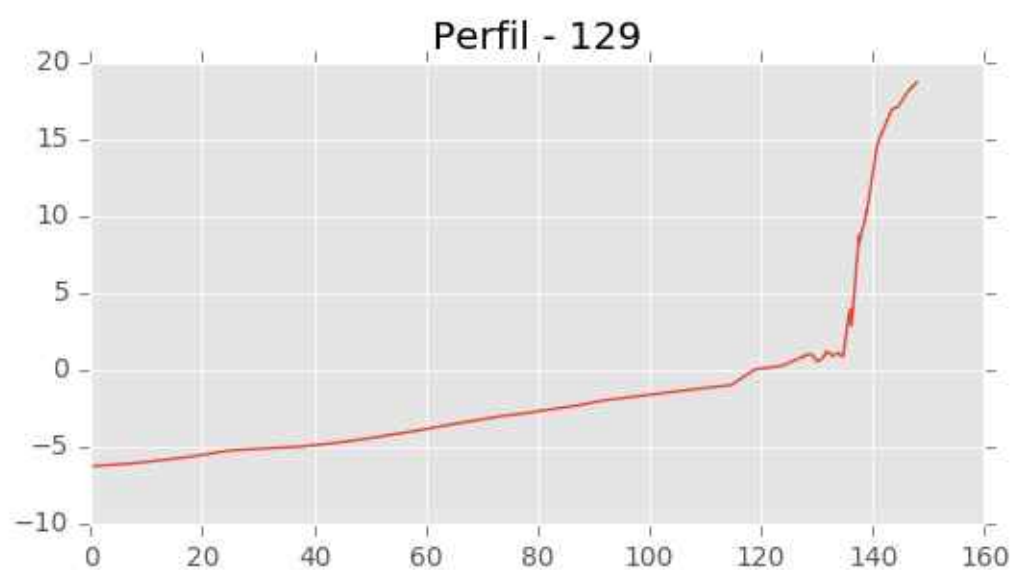
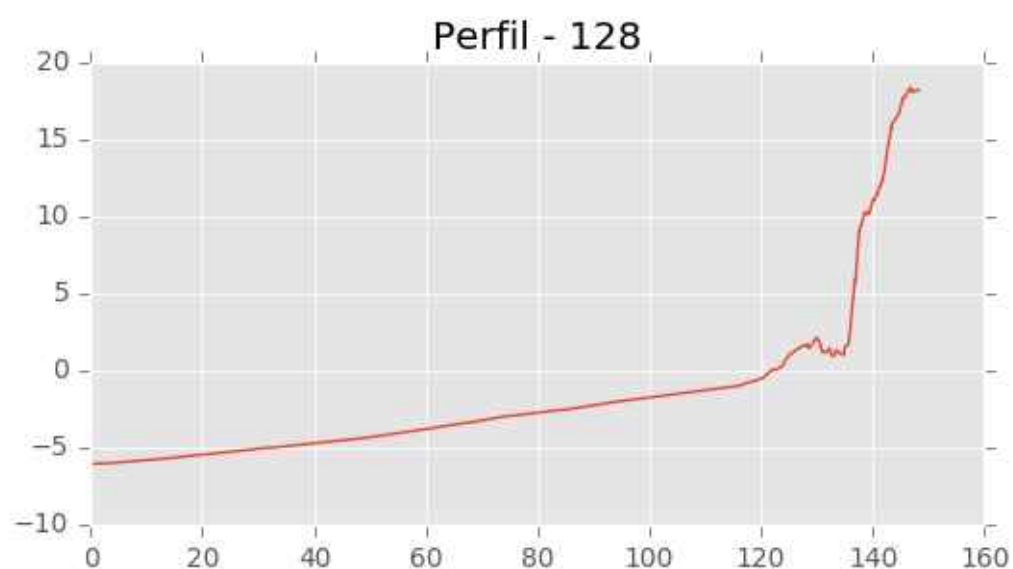
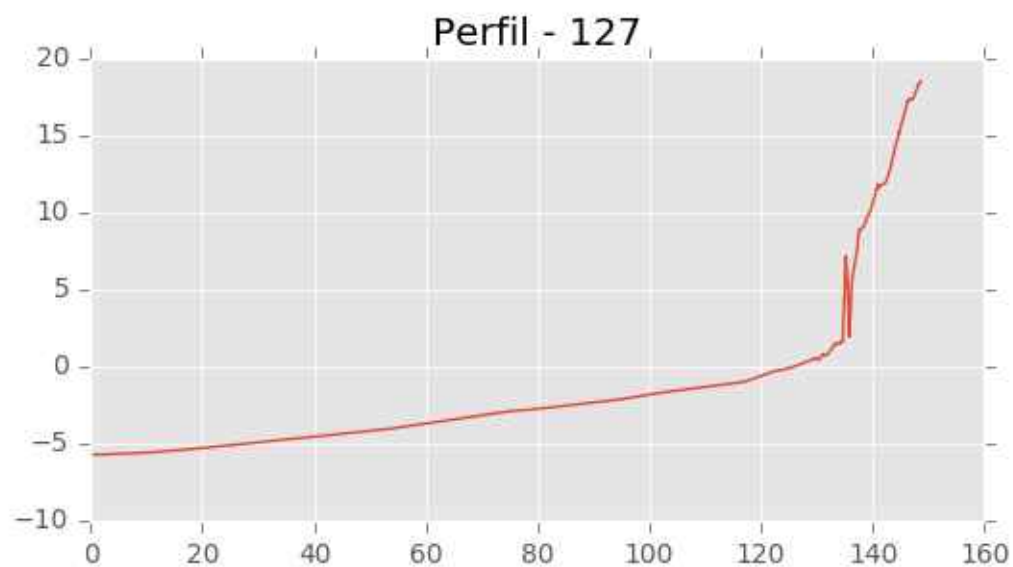


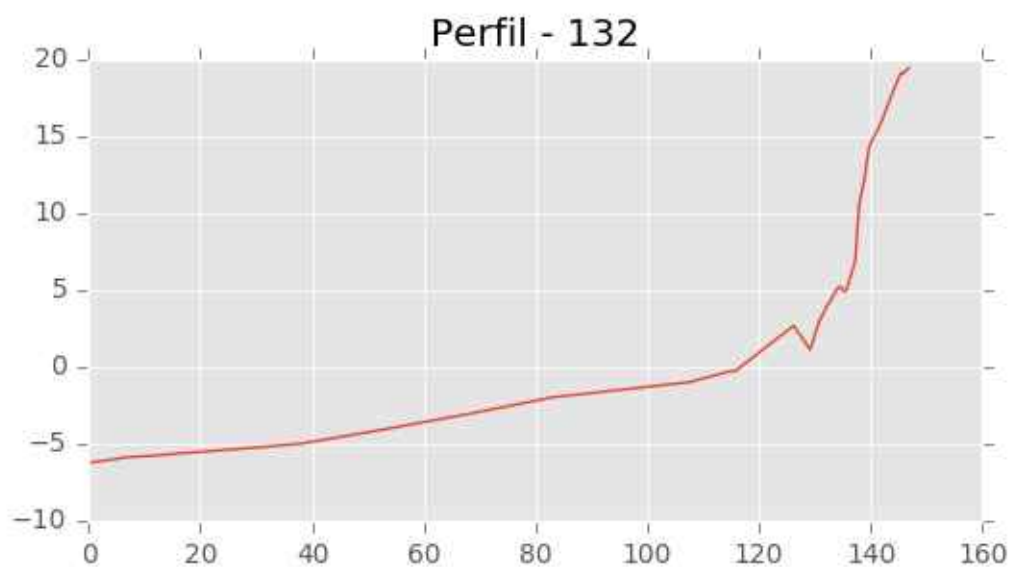
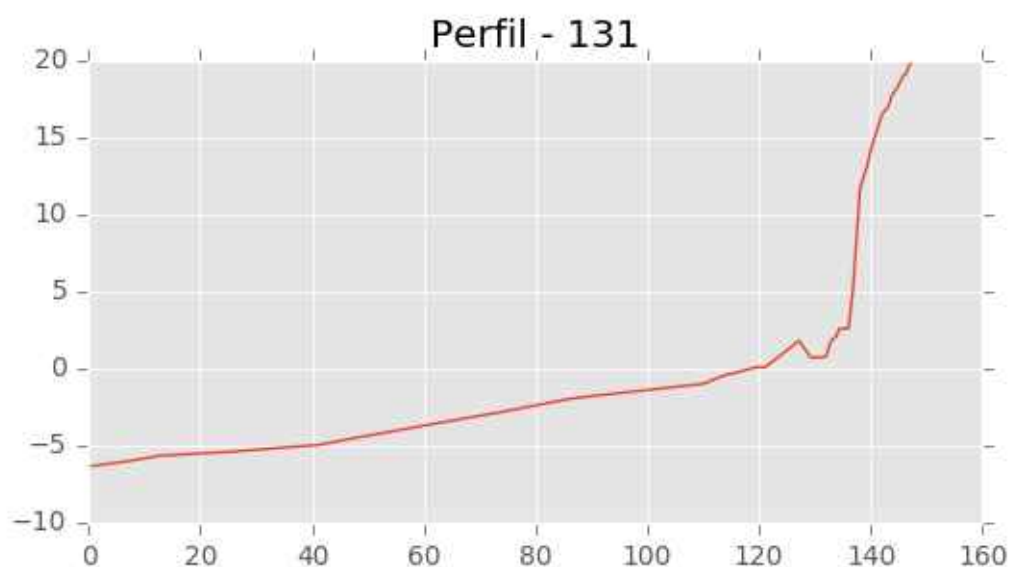
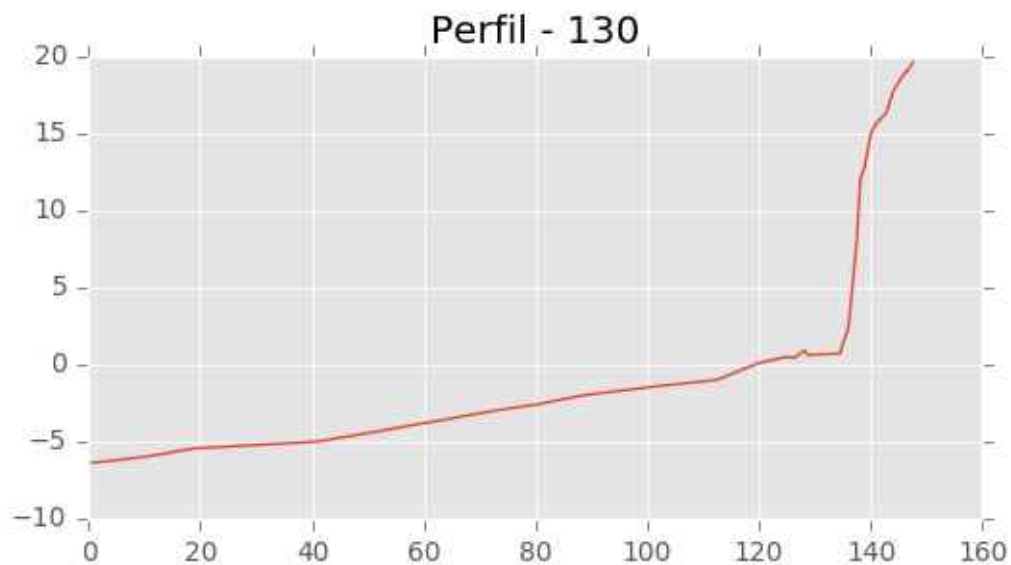


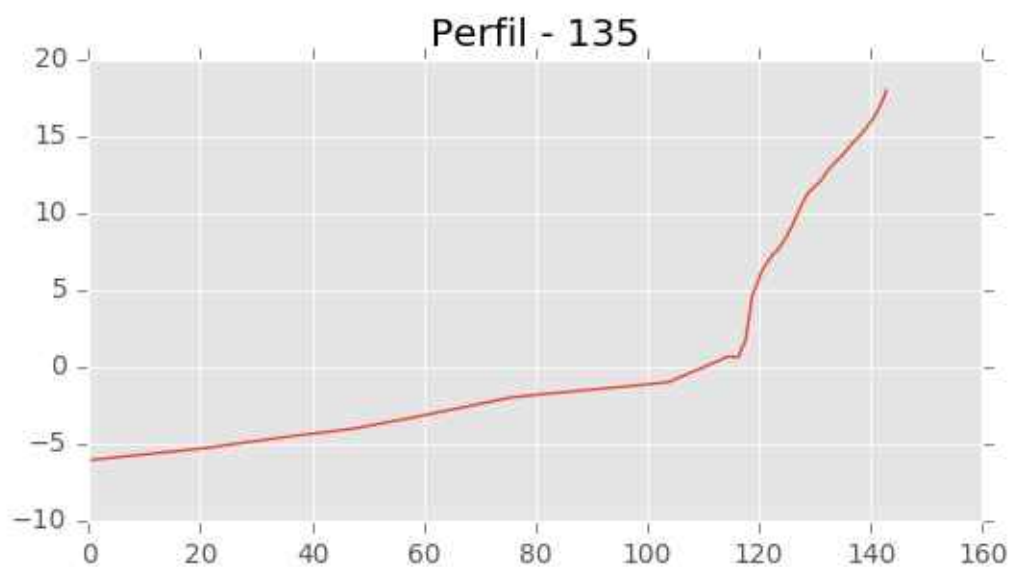
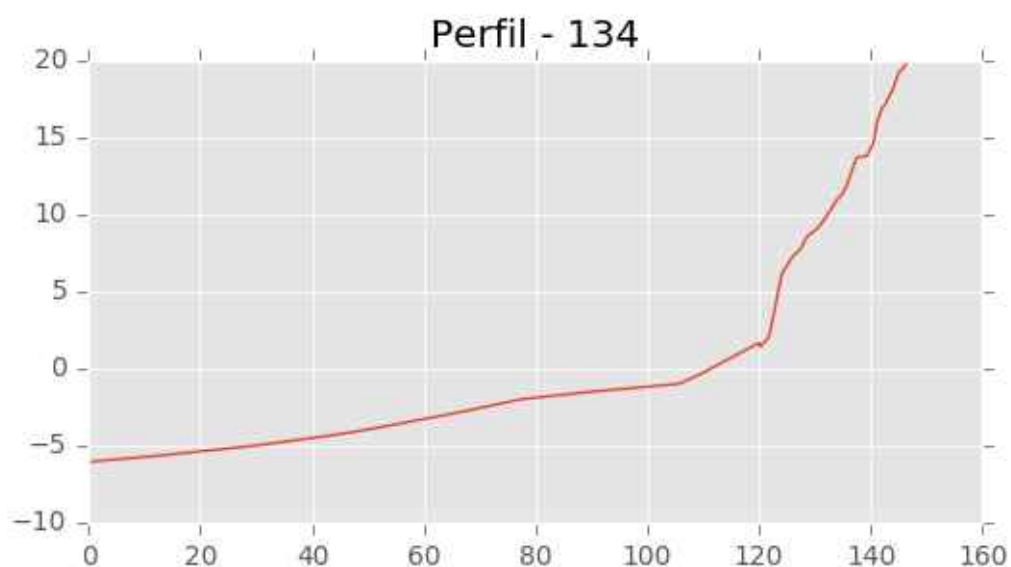
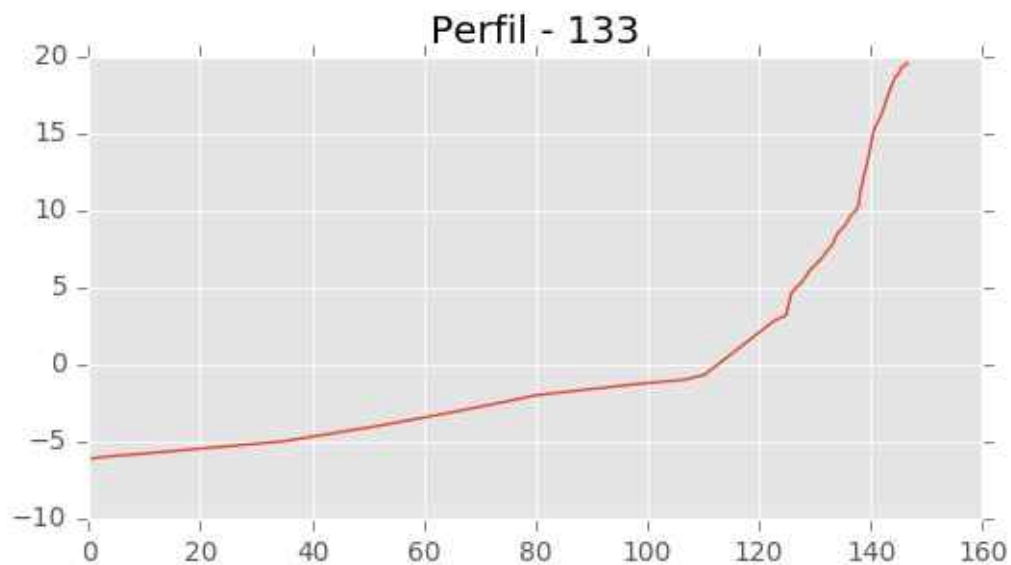




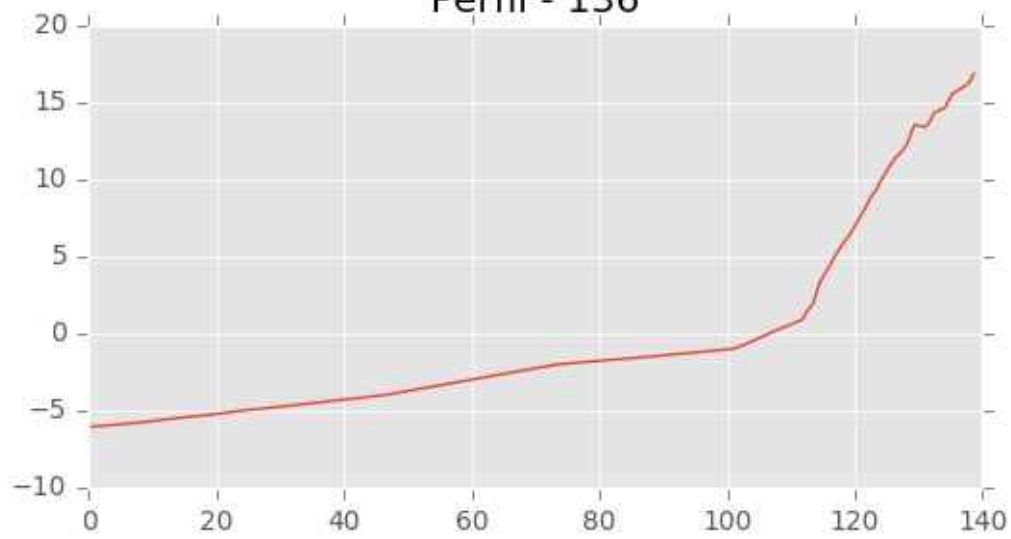




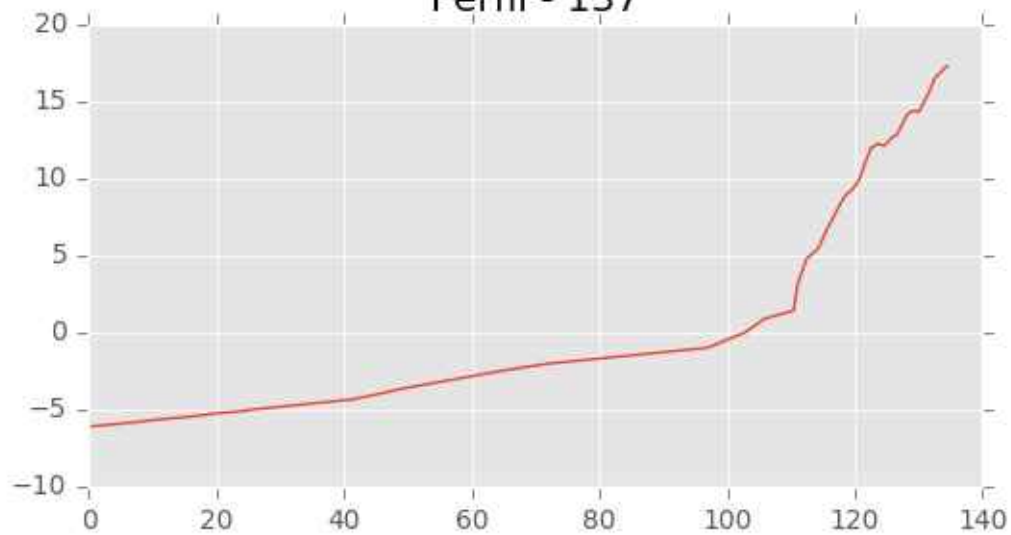




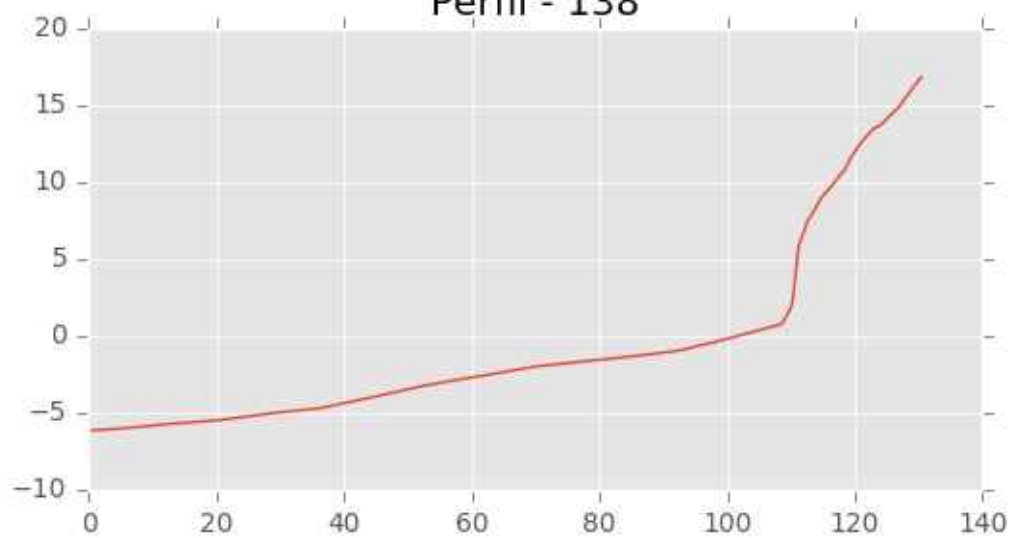
Perfil - 136



Perfil - 137

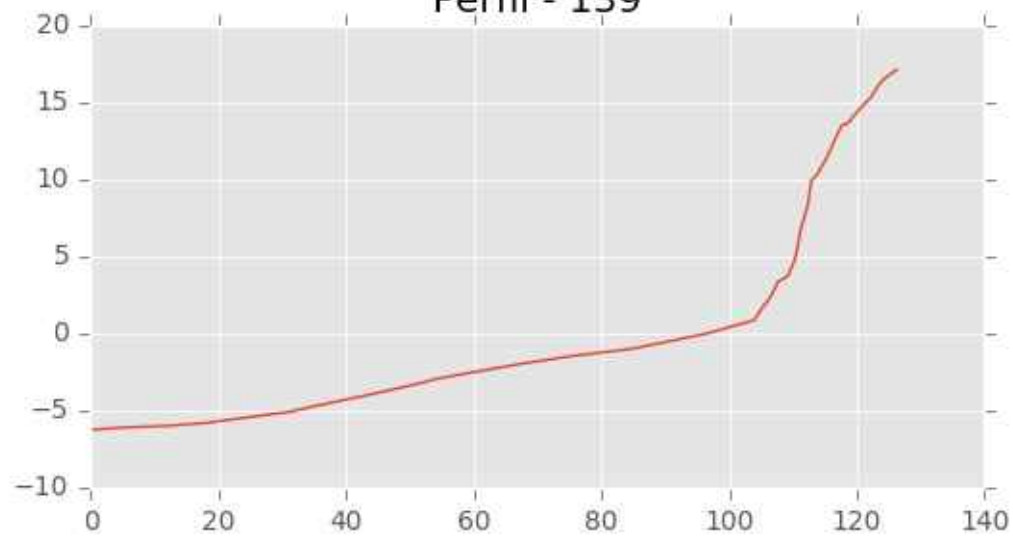


Perfil - 138

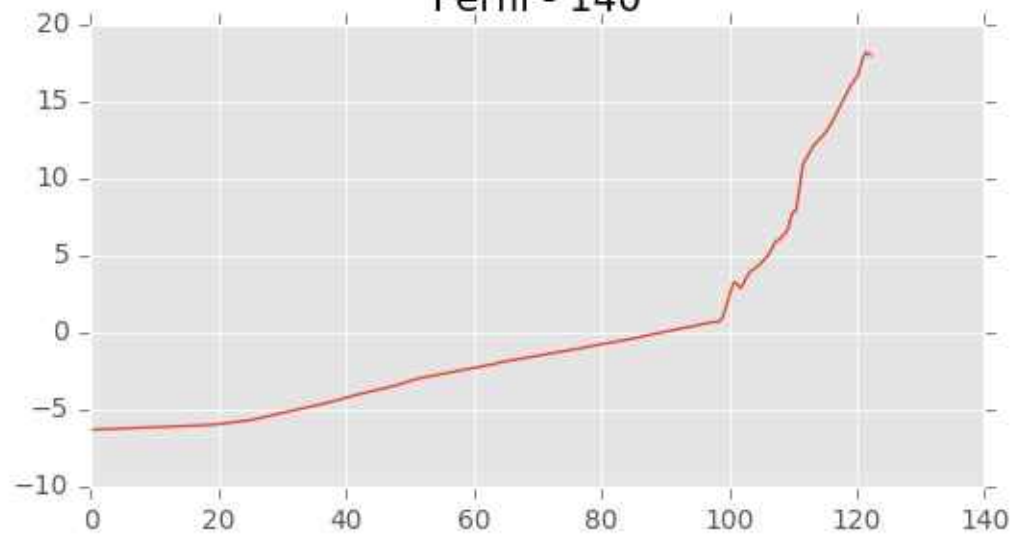




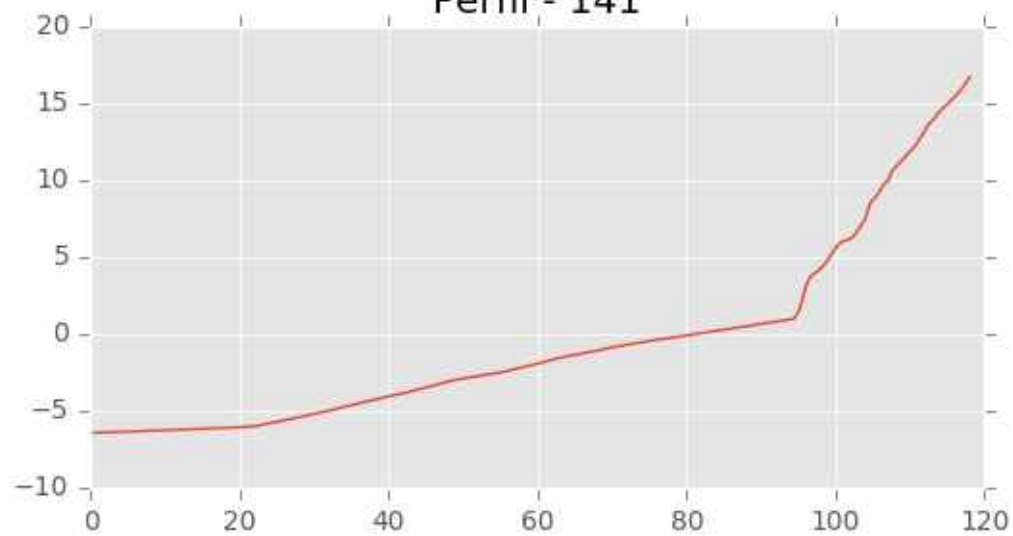
Perfil - 139



Perfil - 140

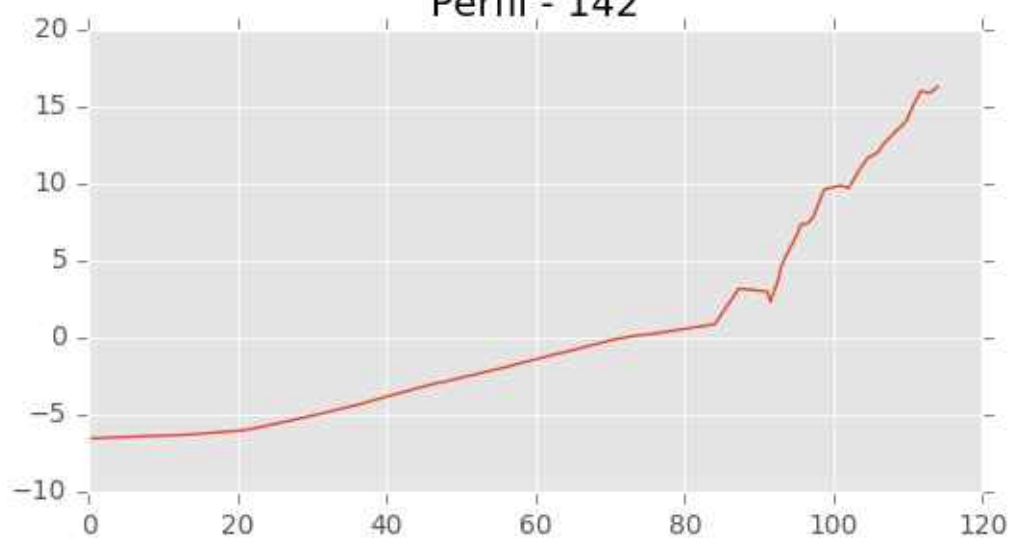


Perfil - 141

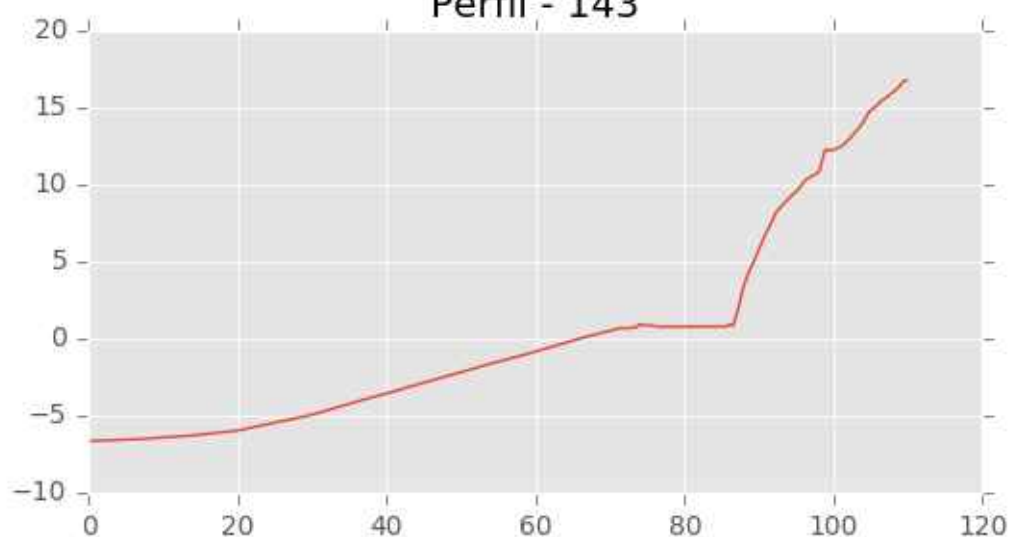




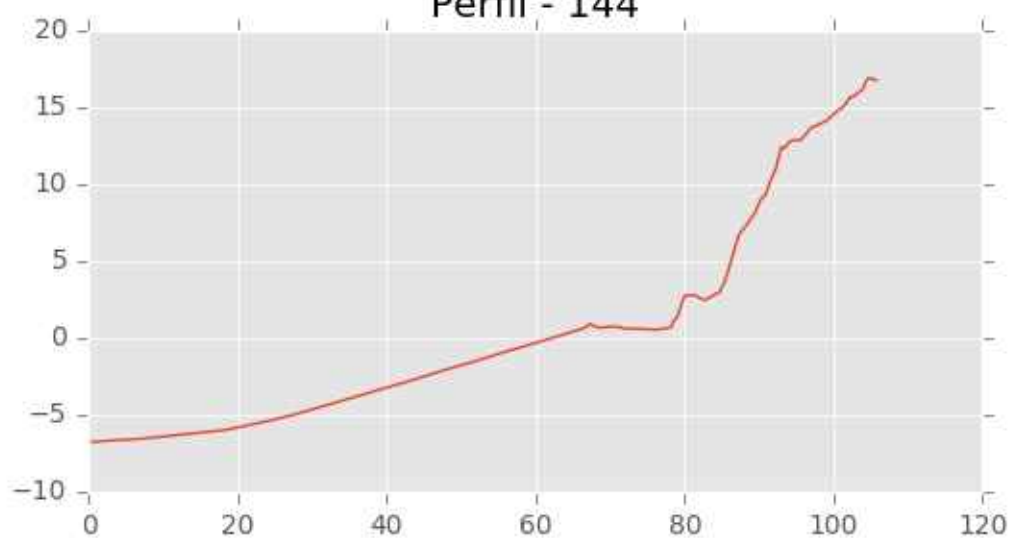
Perfil - 142



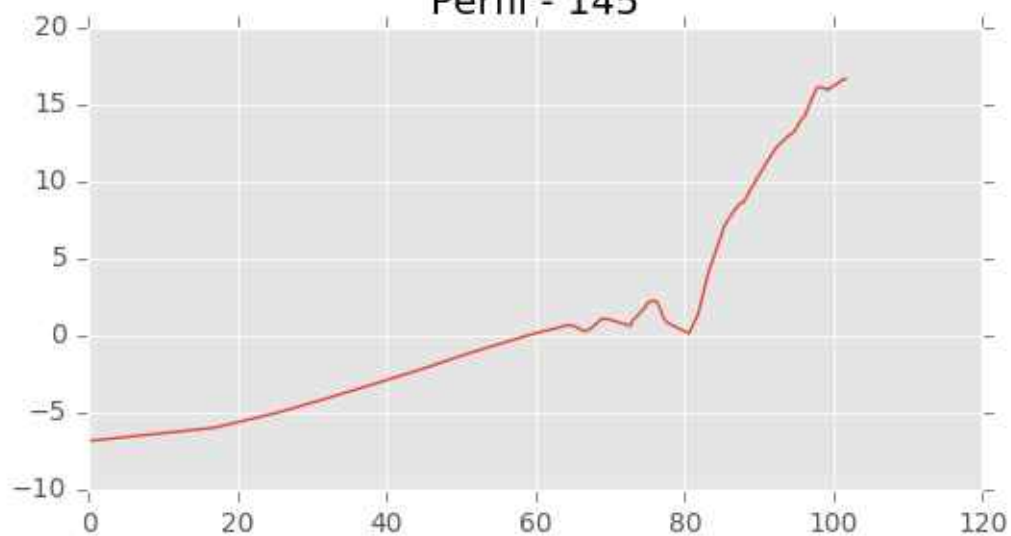
Perfil - 143



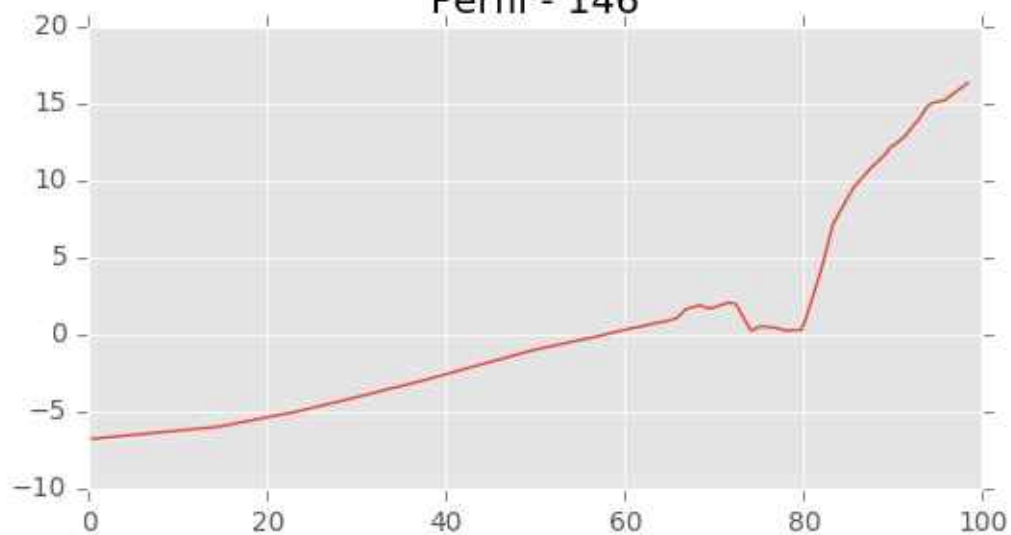
Perfil - 144



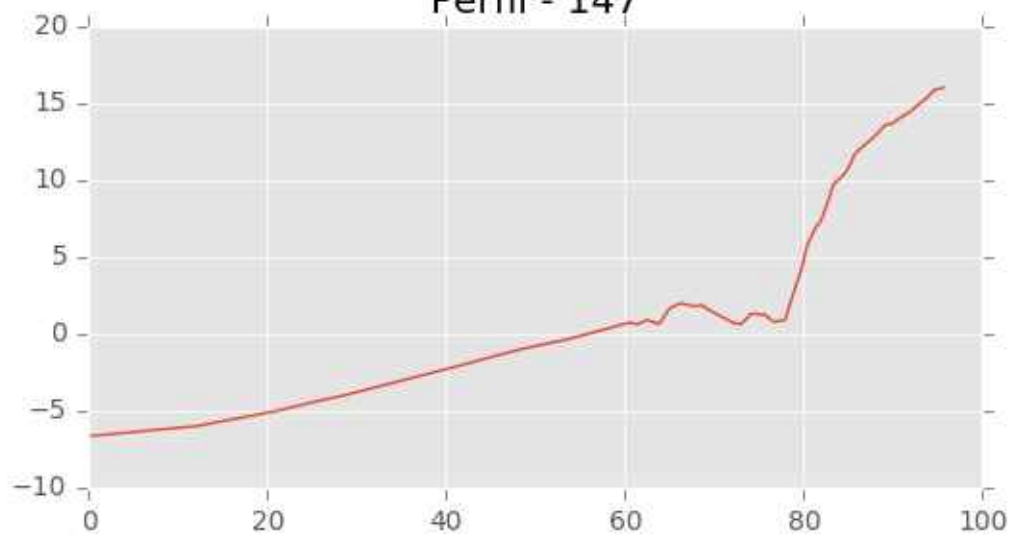
Perfil - 145

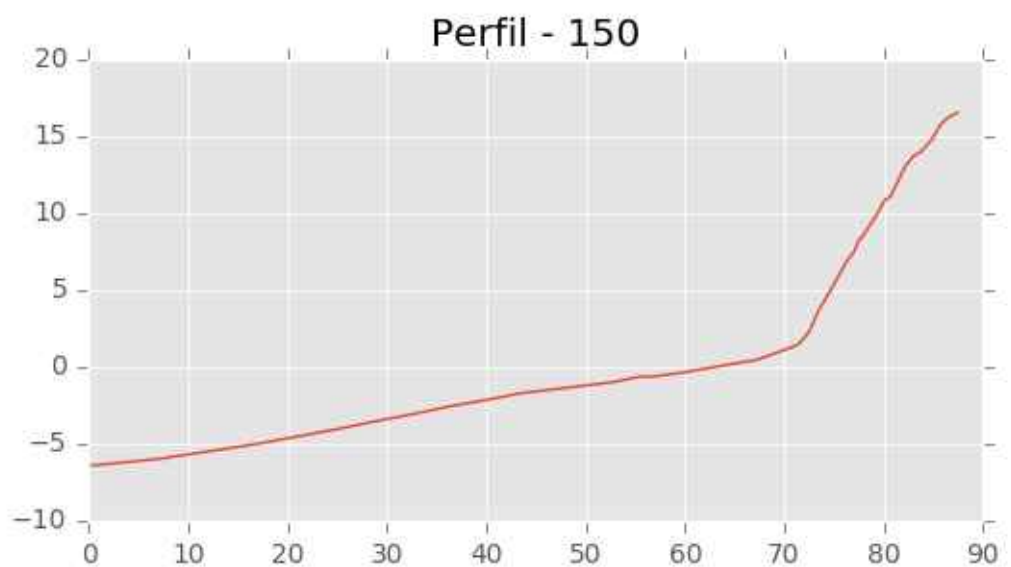
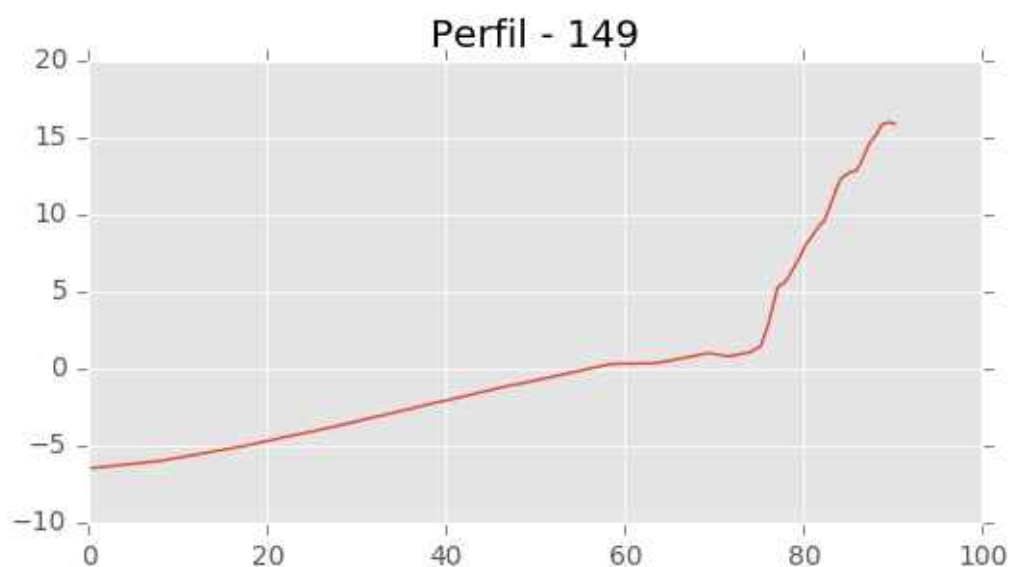
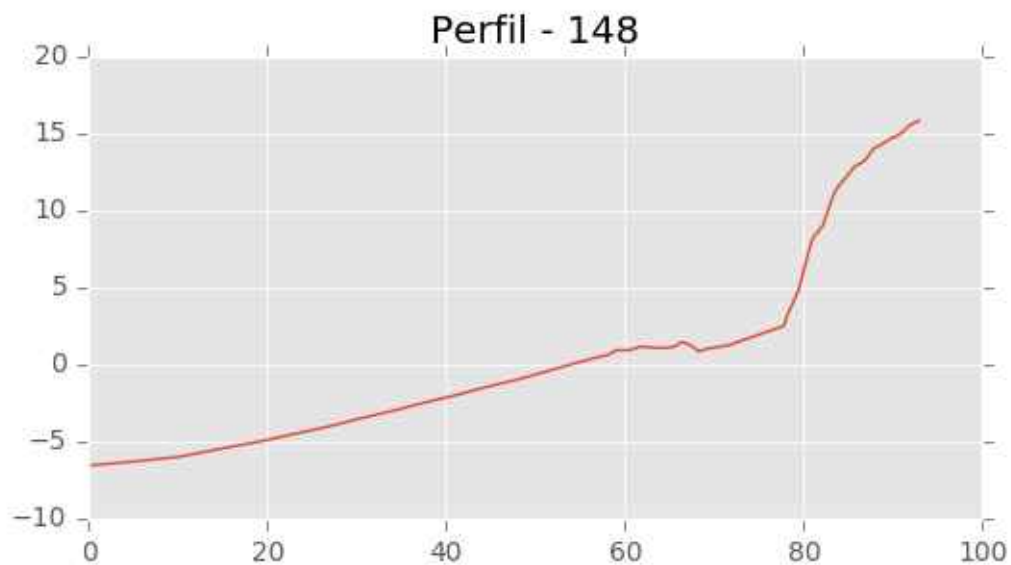


Perfil - 146

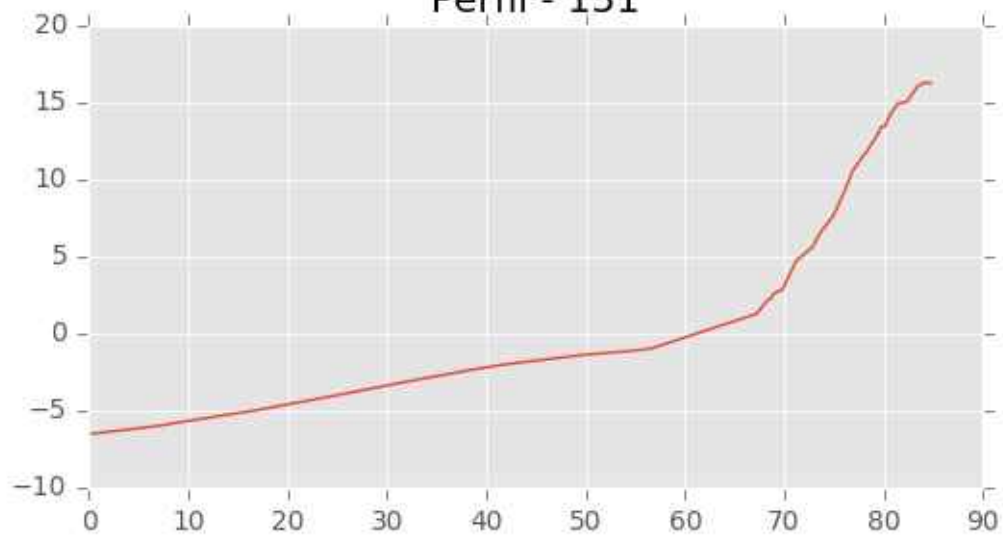


Perfil - 147

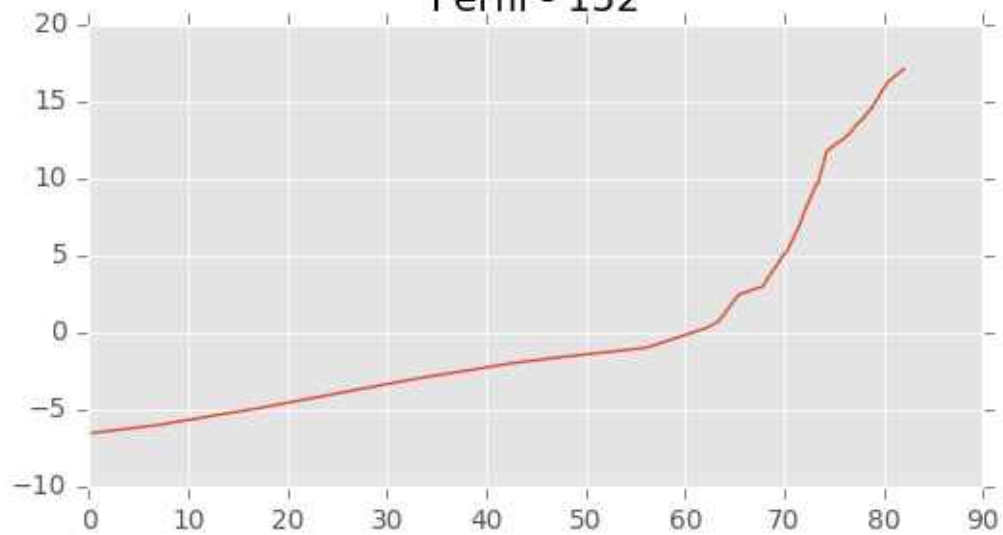




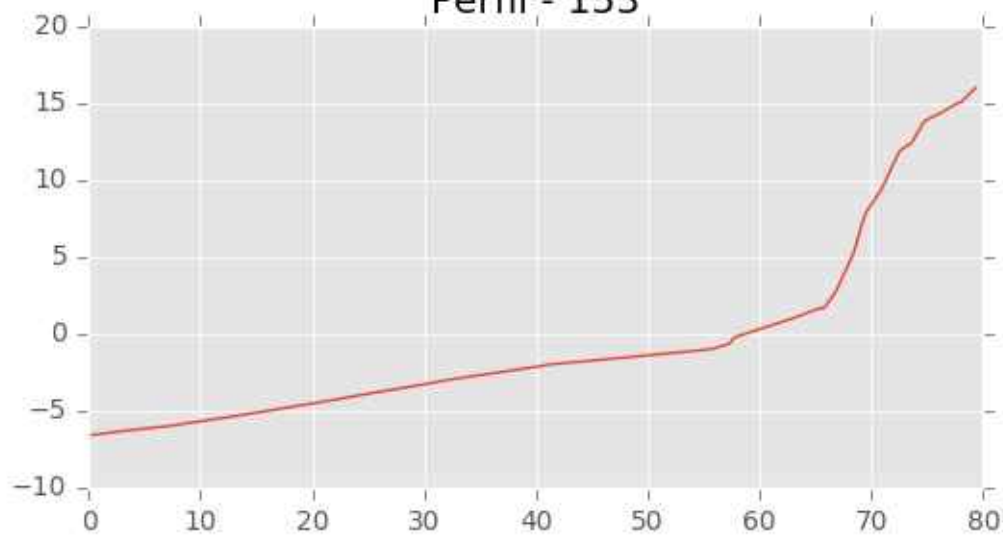
Perfil - 151



Perfil - 152

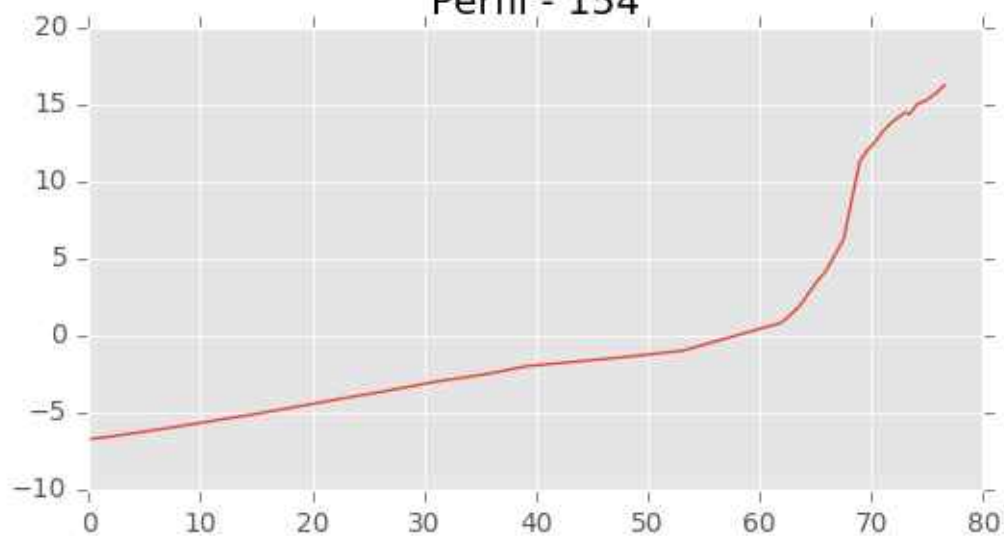


Perfil - 153

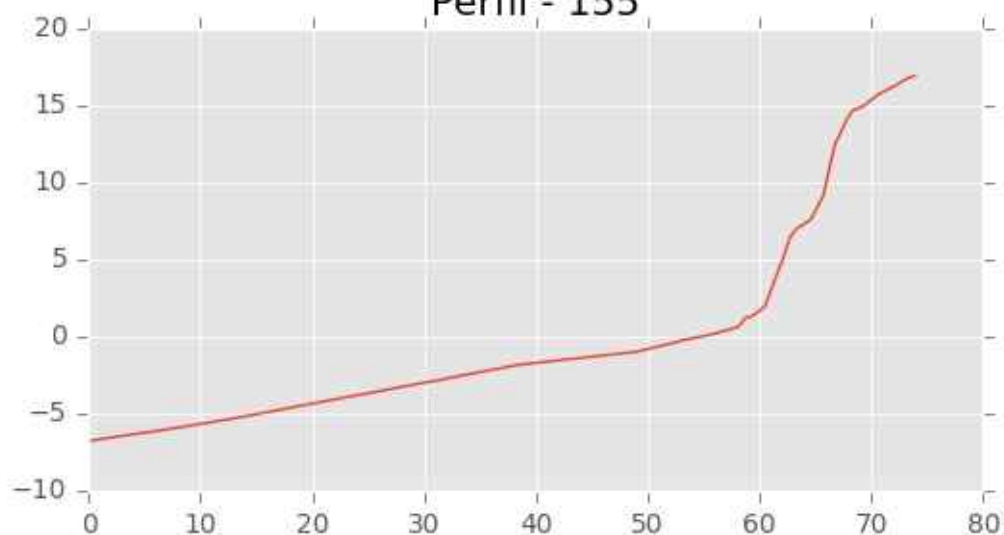




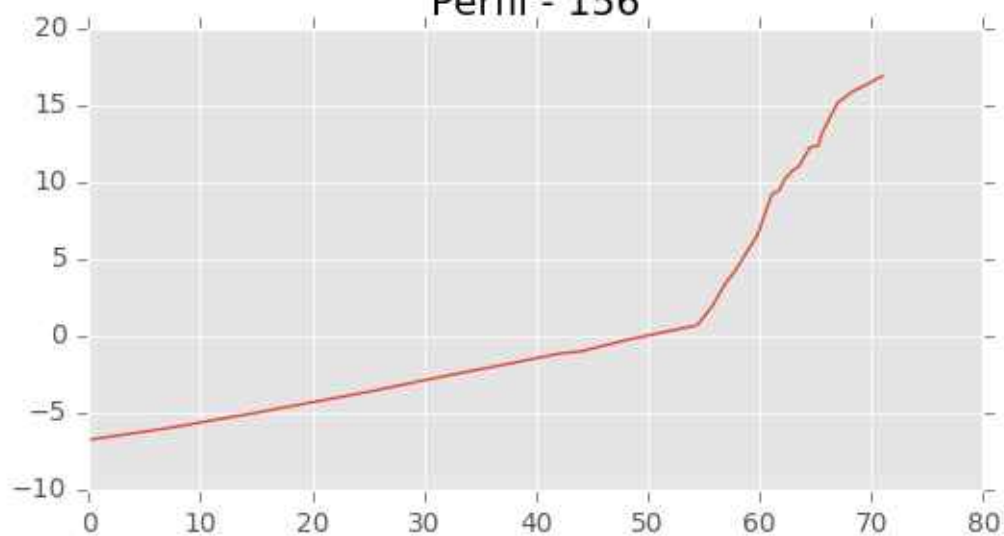
Perfil - 154



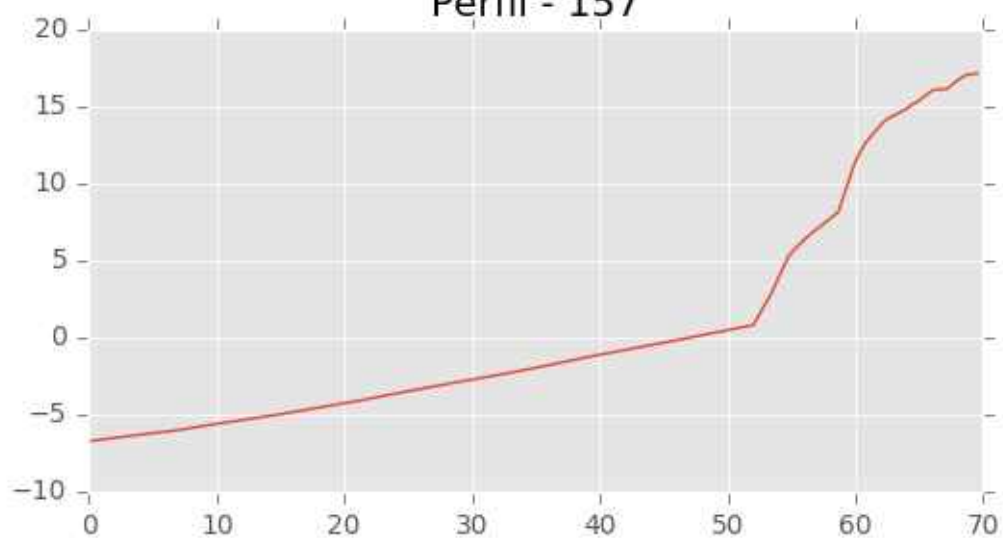
Perfil - 155



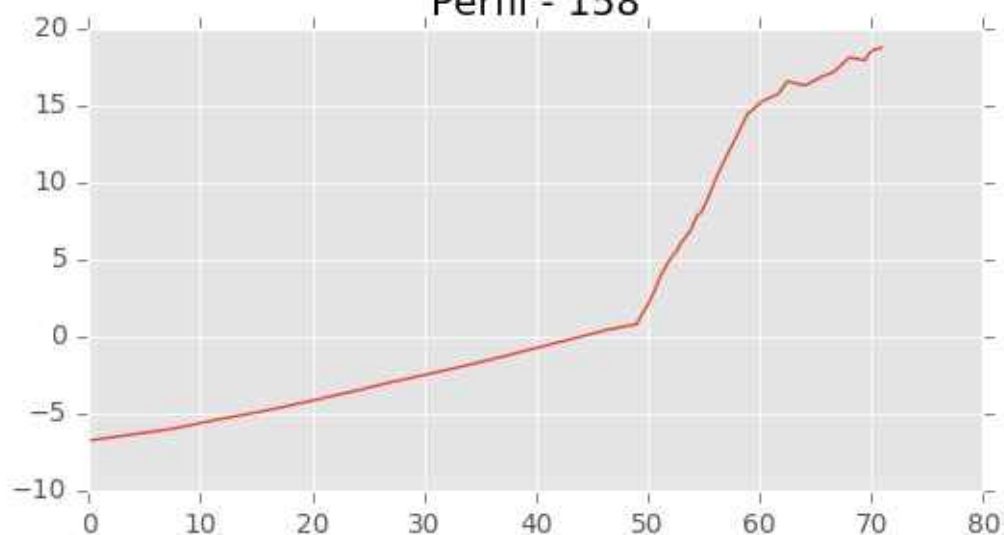
Perfil - 156



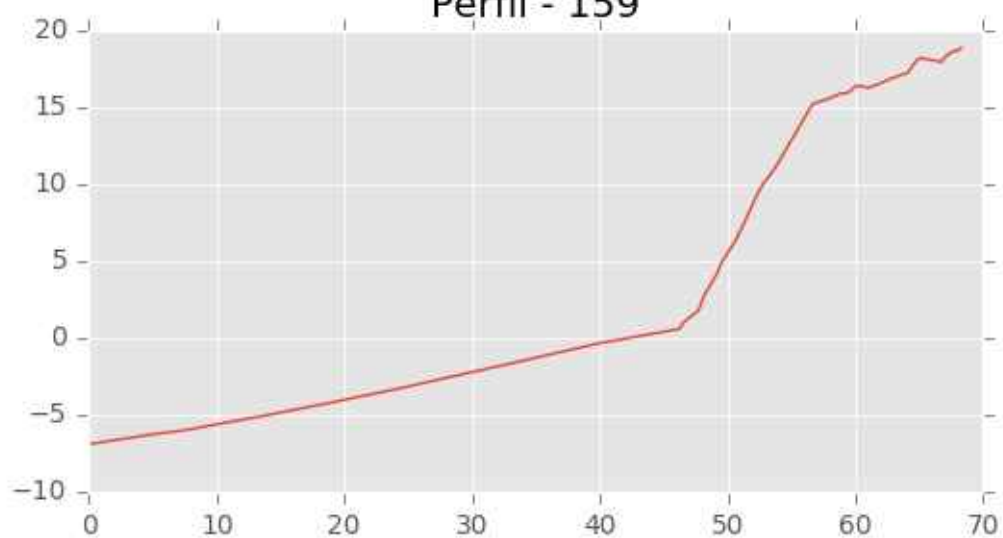
Perfil - 157

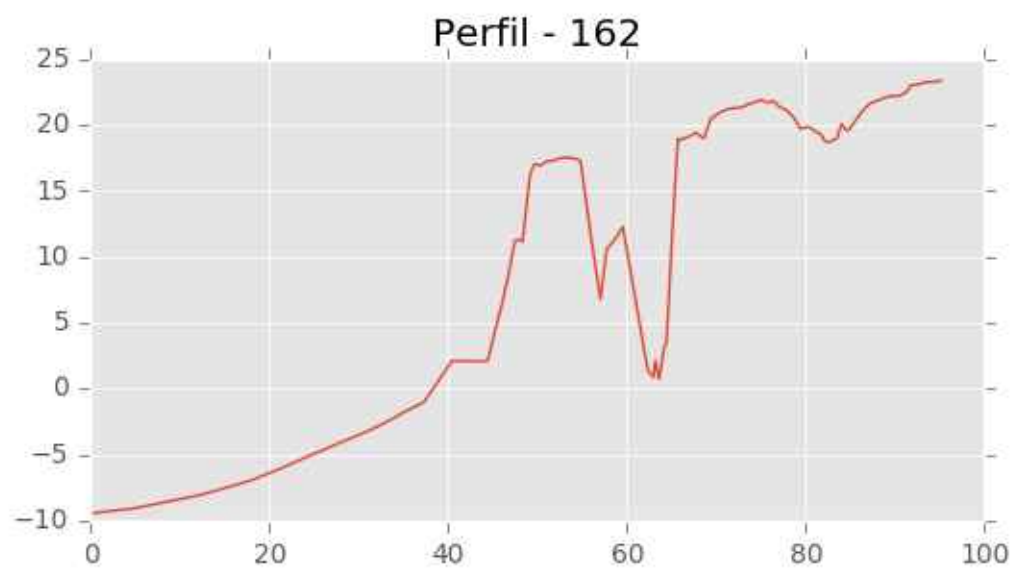
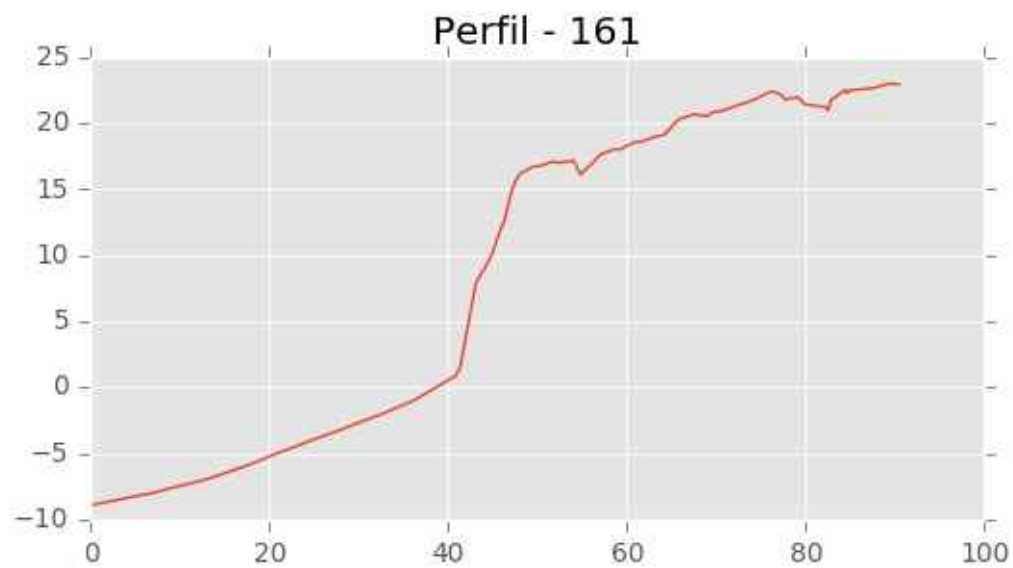
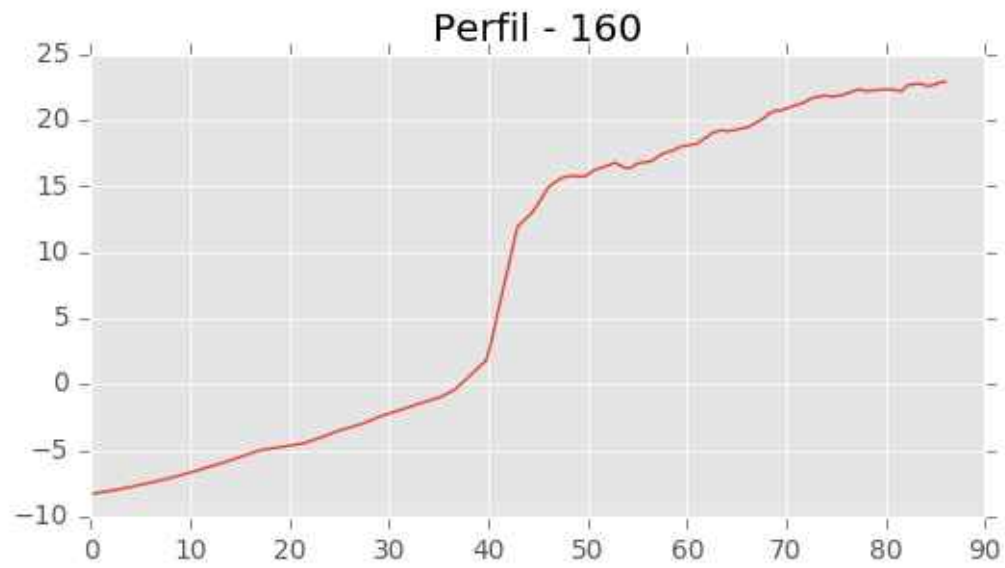


Perfil - 158



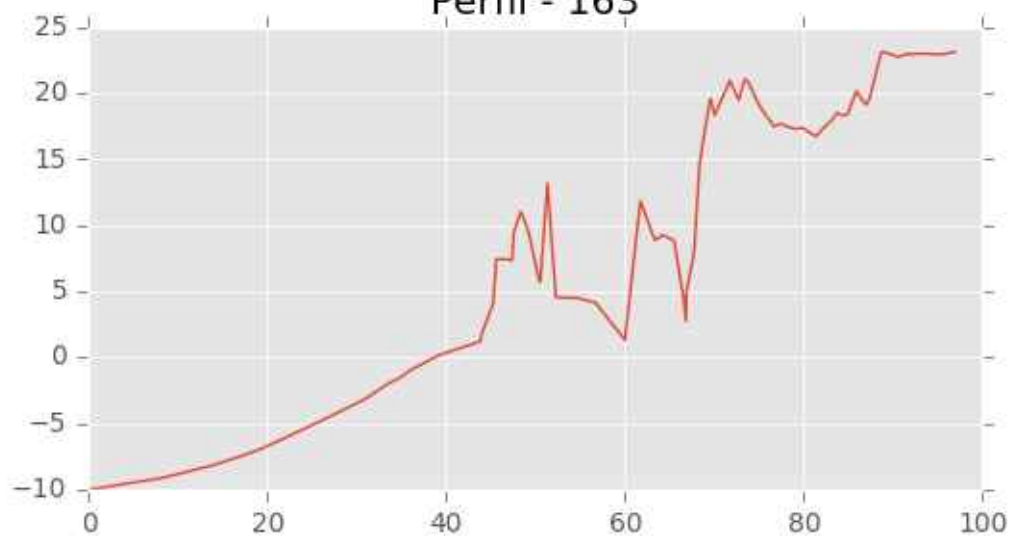
Perfil - 159



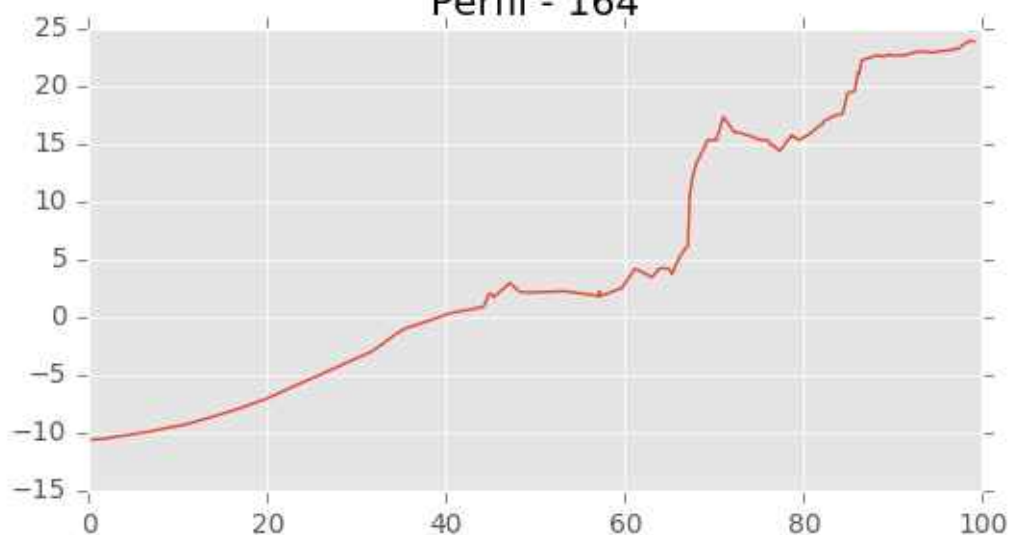




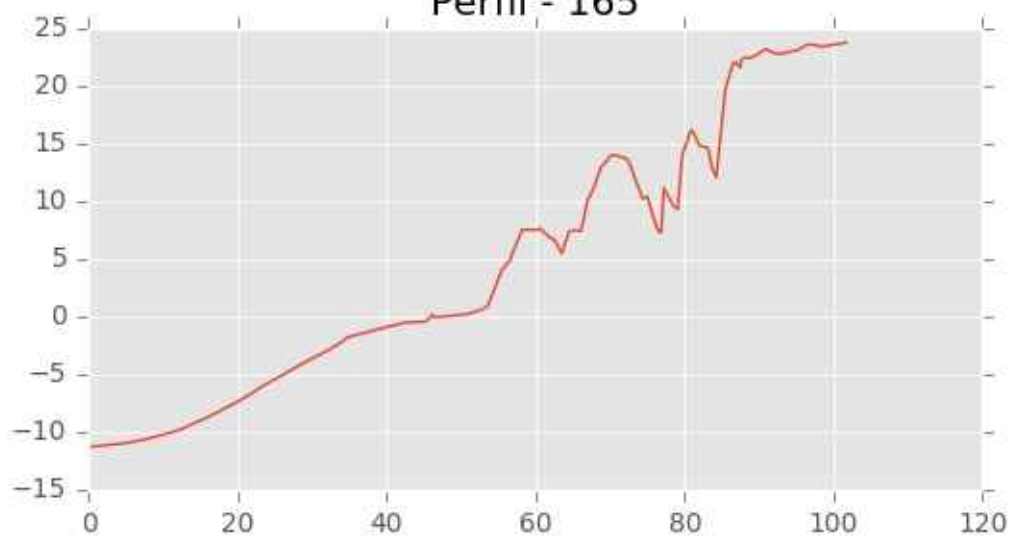
Perfil - 163



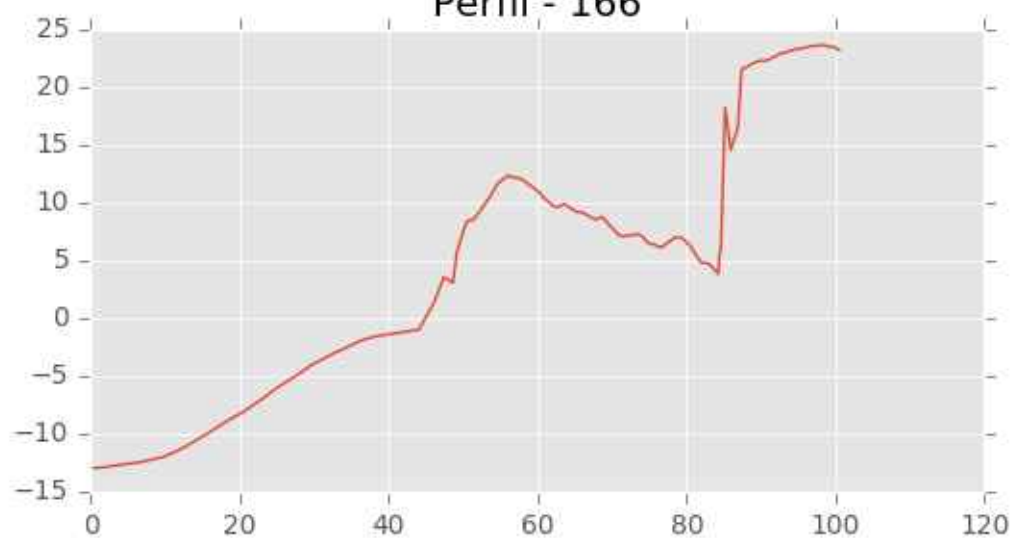
Perfil - 164



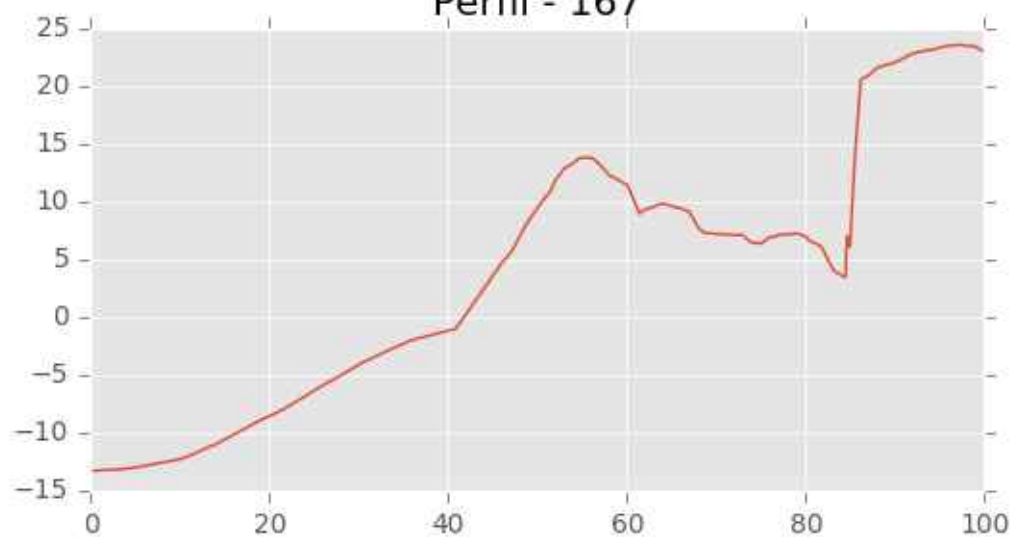
Perfil - 165



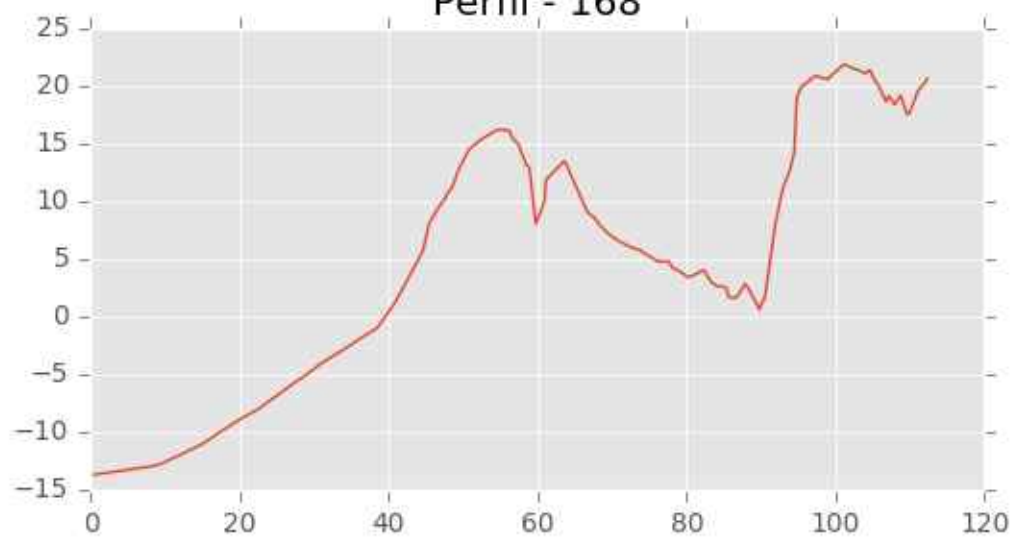
Perfil - 166

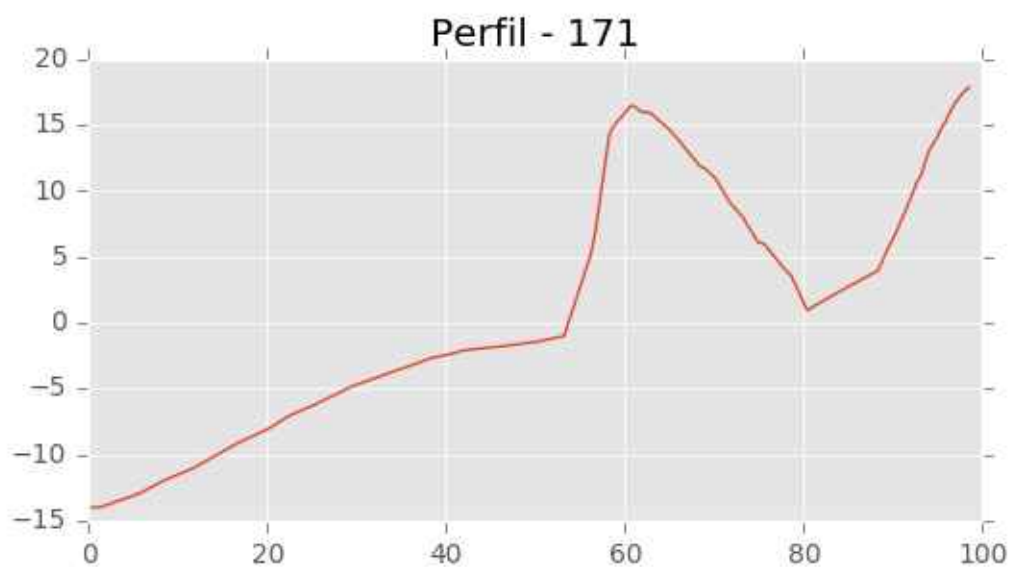
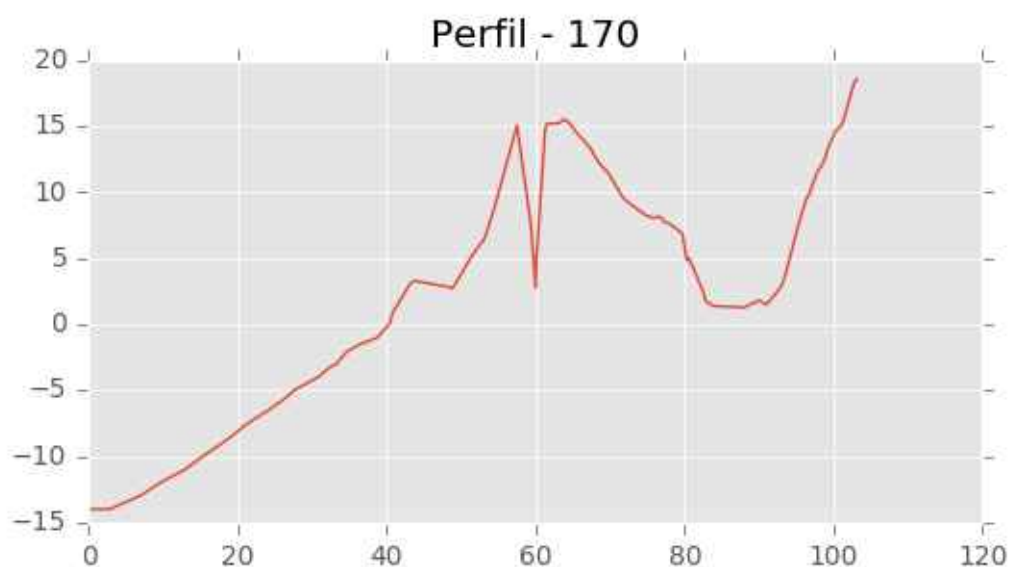


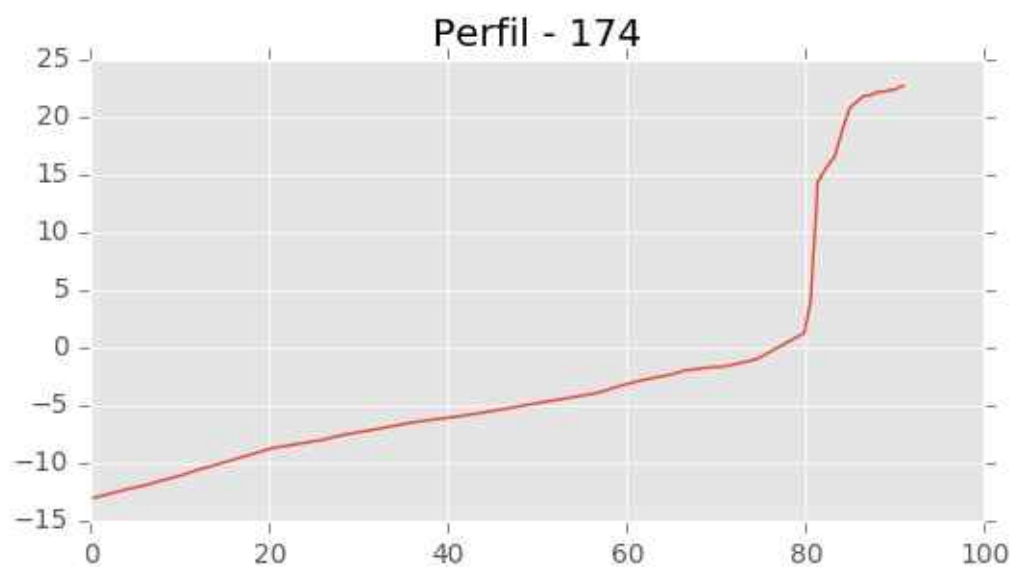
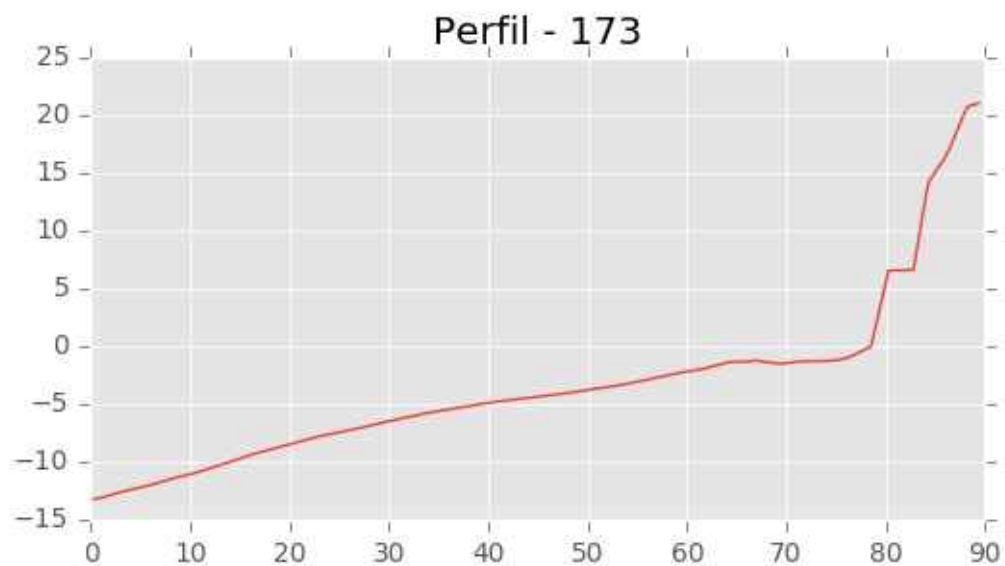
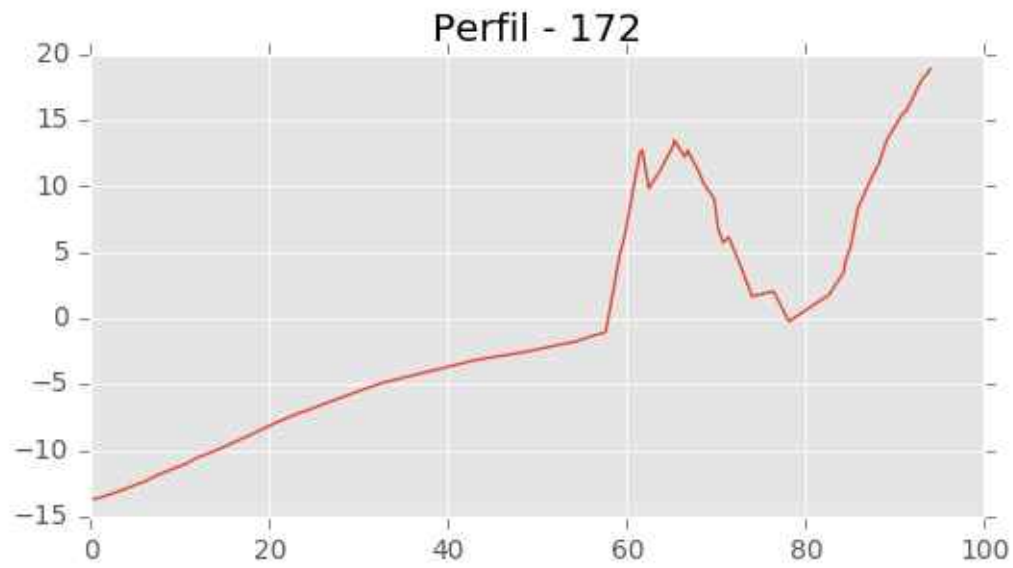
Perfil - 167

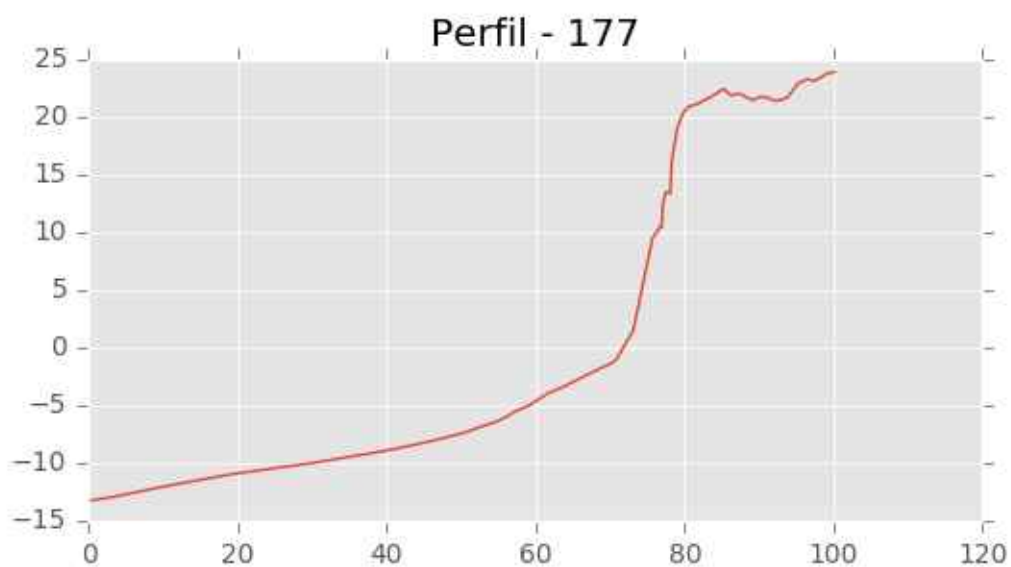
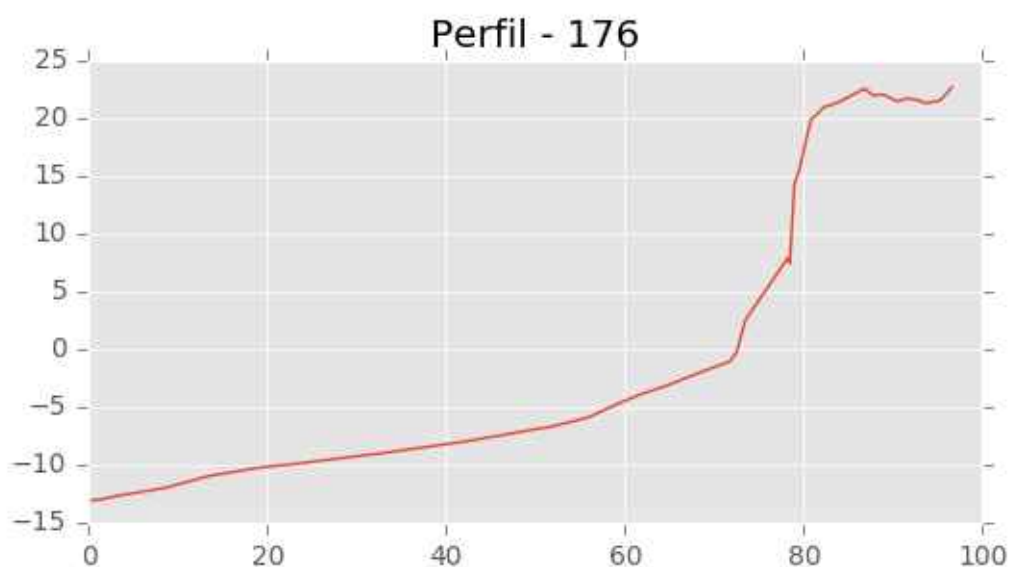
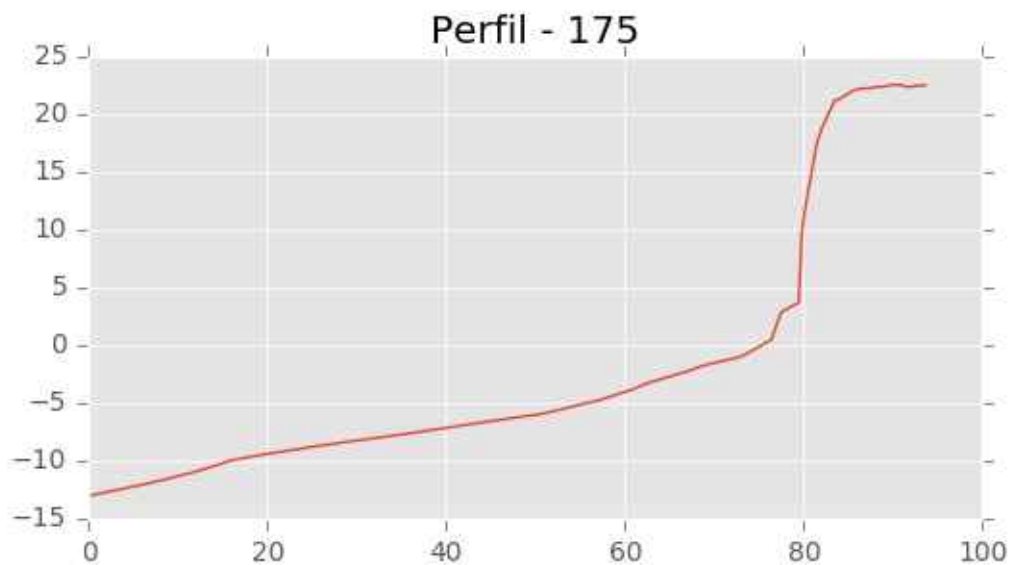


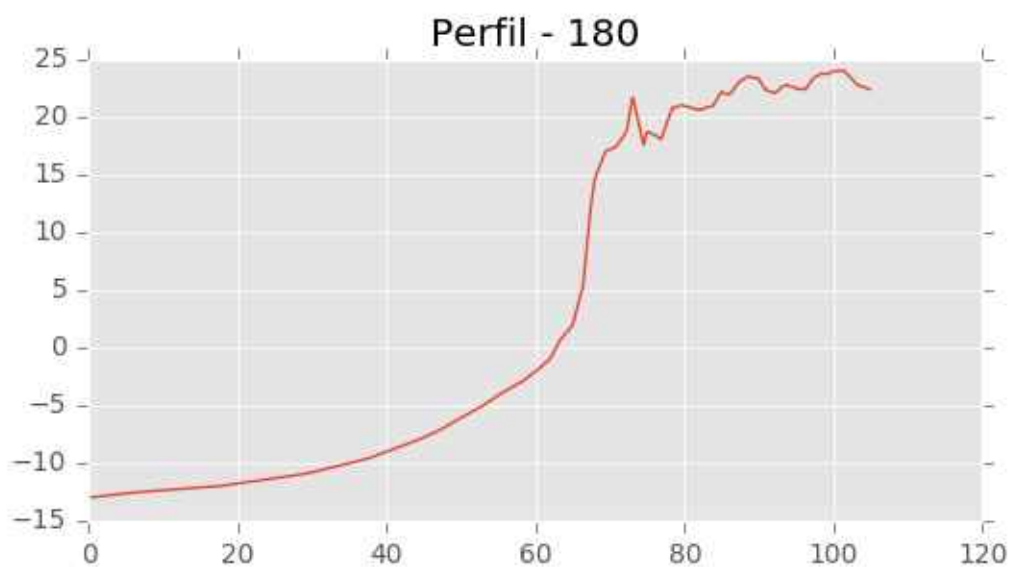
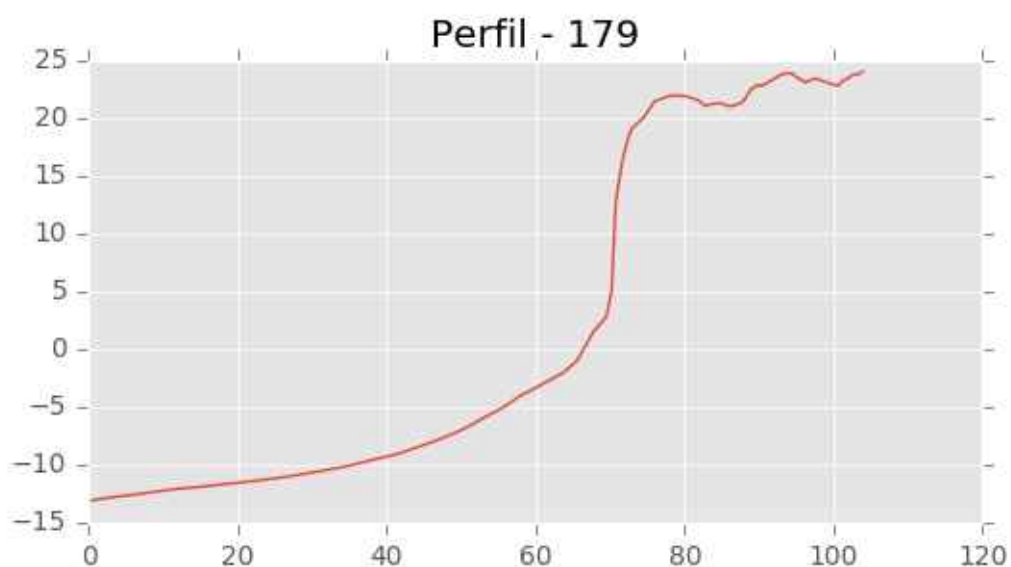
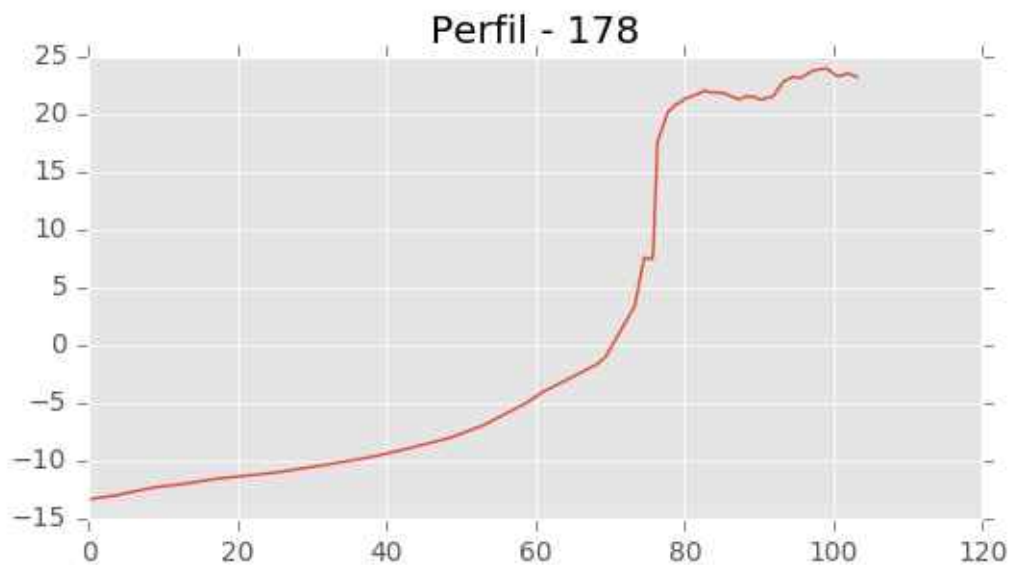
Perfil - 168





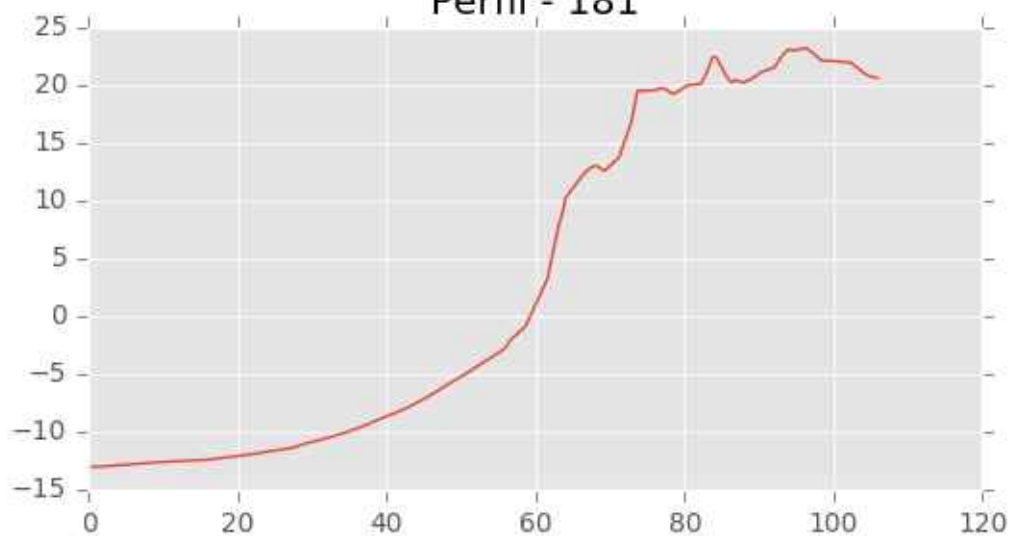




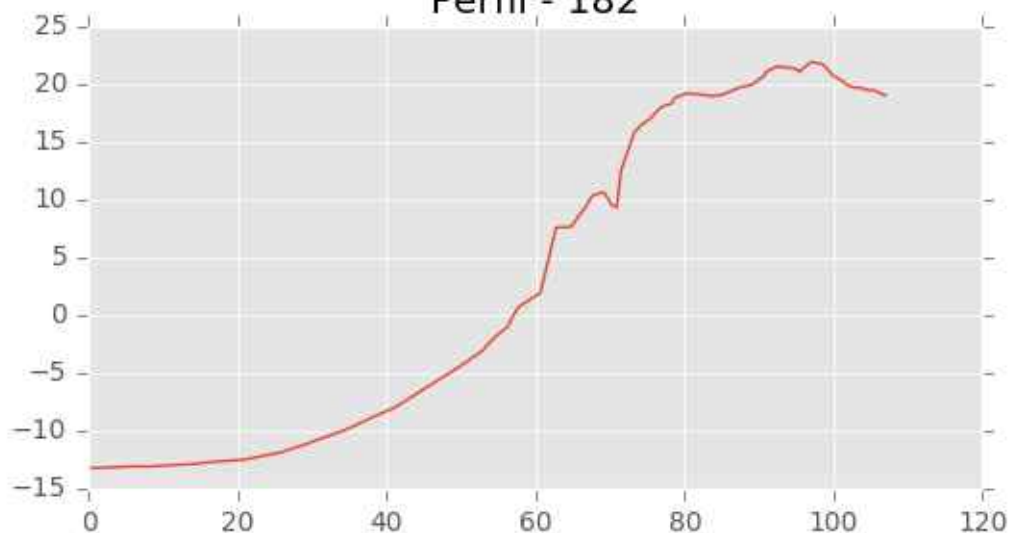




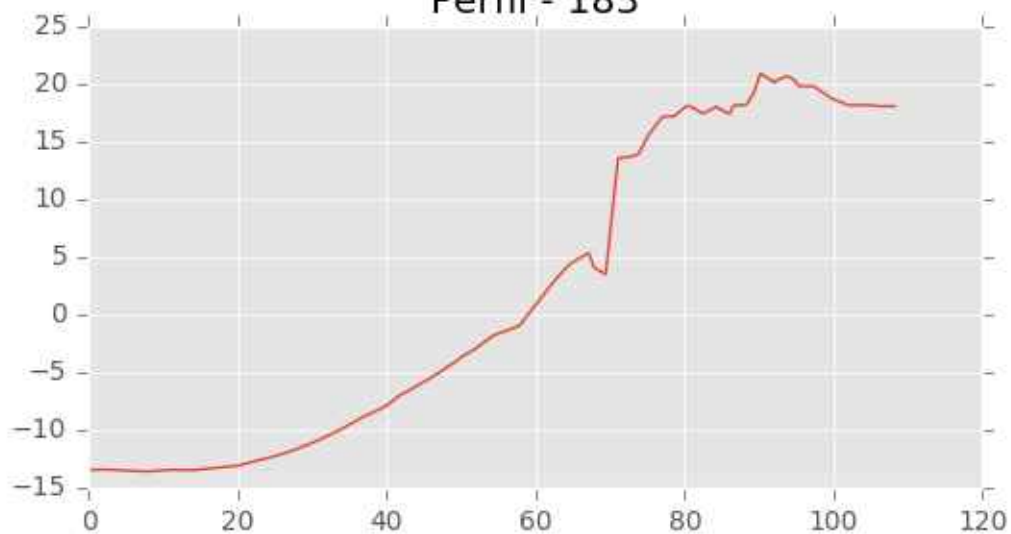
Perfil - 181



Perfil - 182

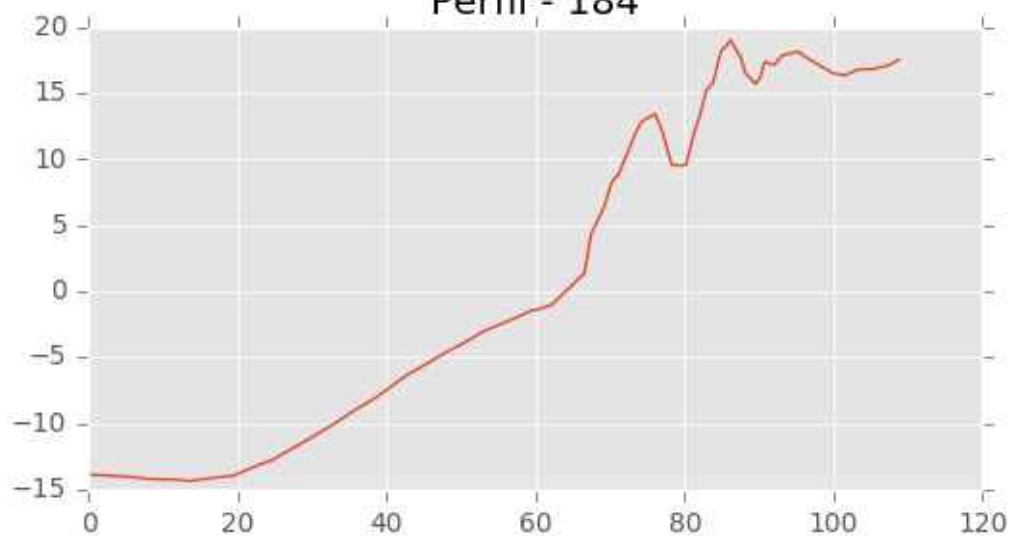


Perfil - 183

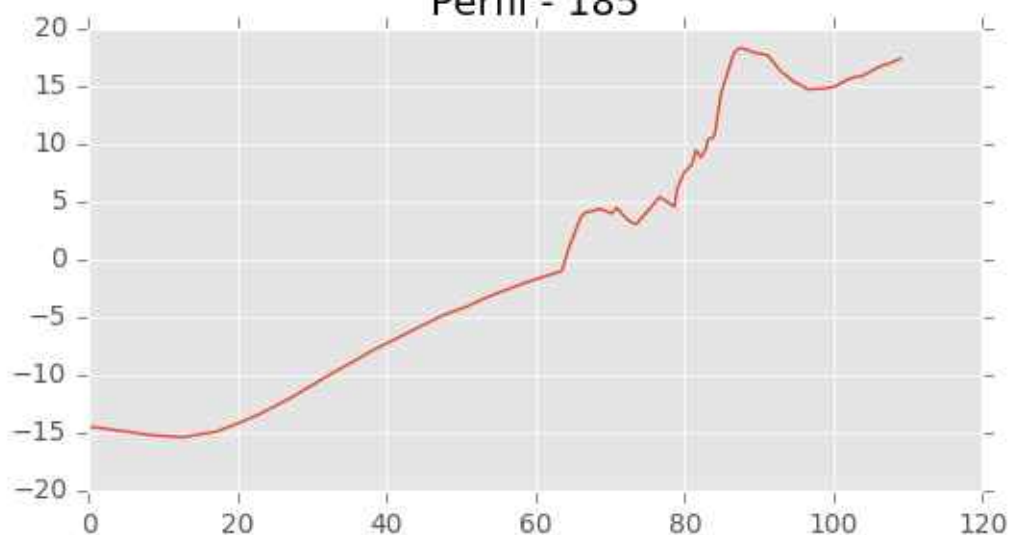




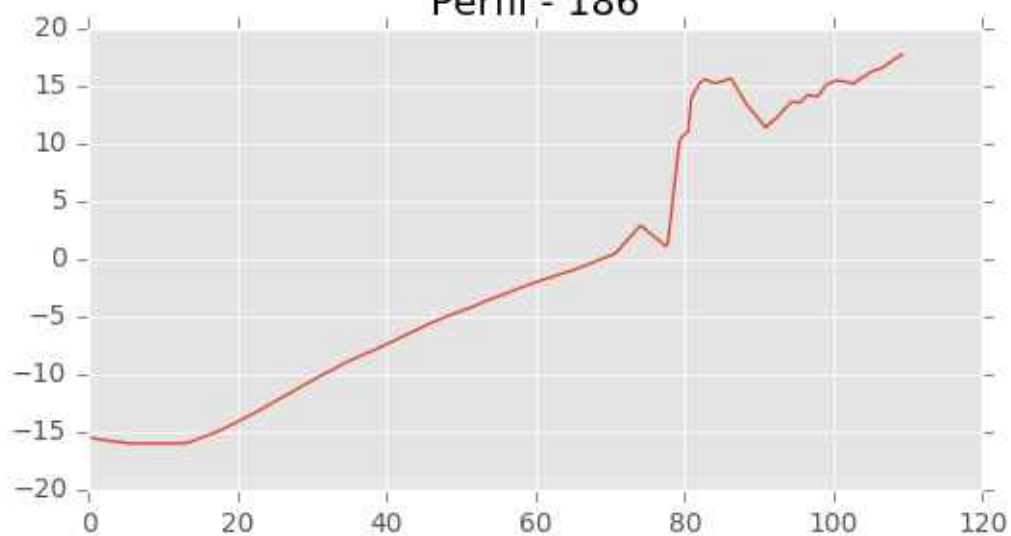
Perfil - 184

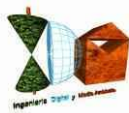


Perfil - 185

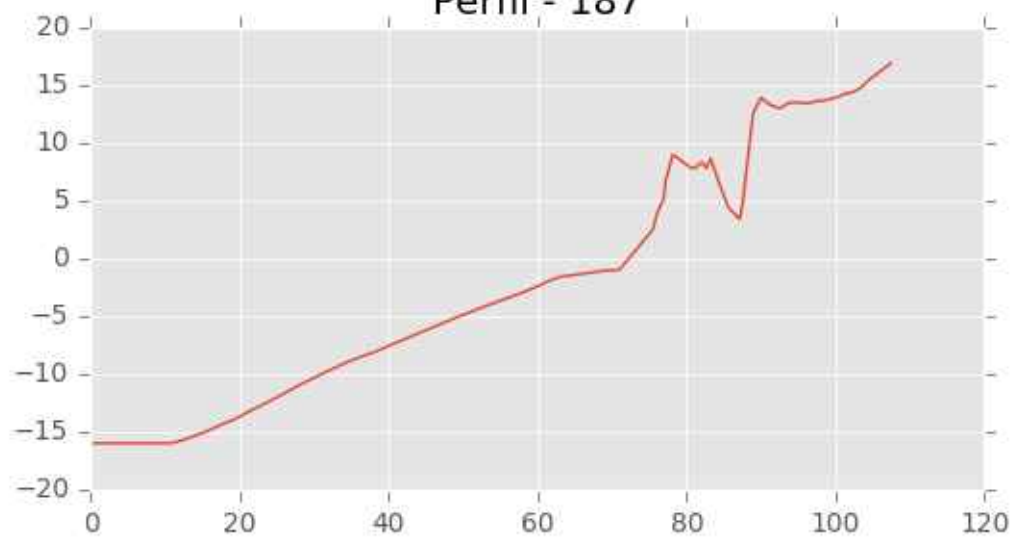


Perfil - 186

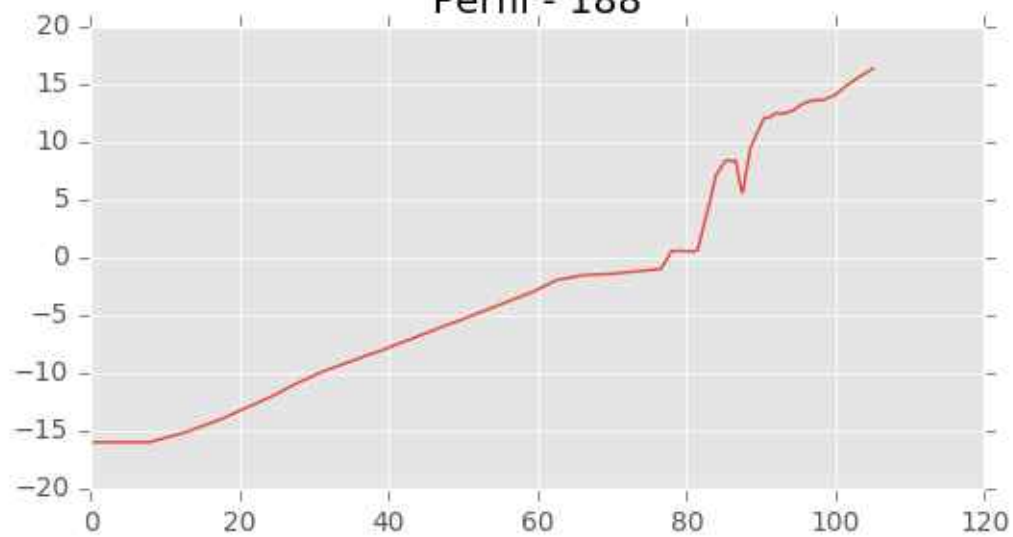




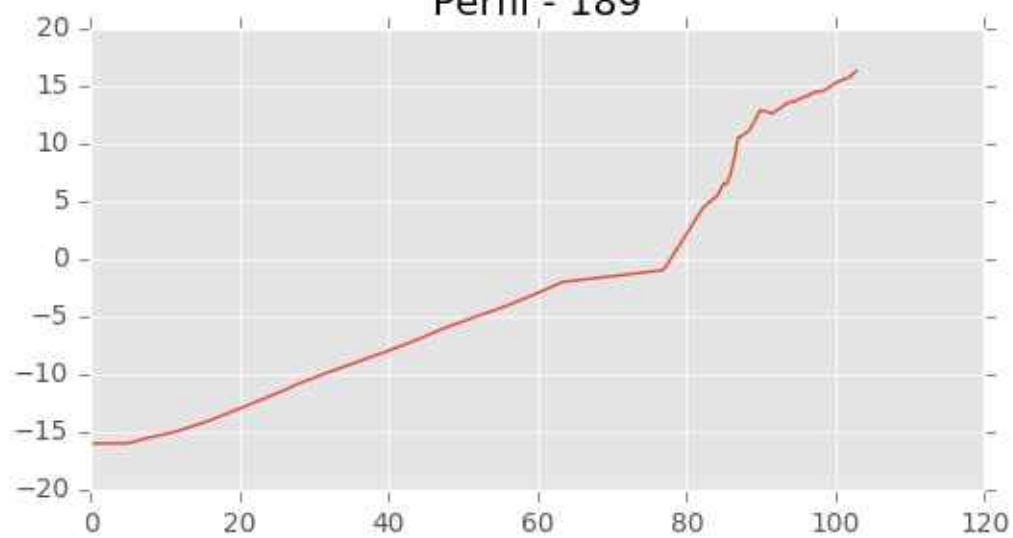
Perfil - 187

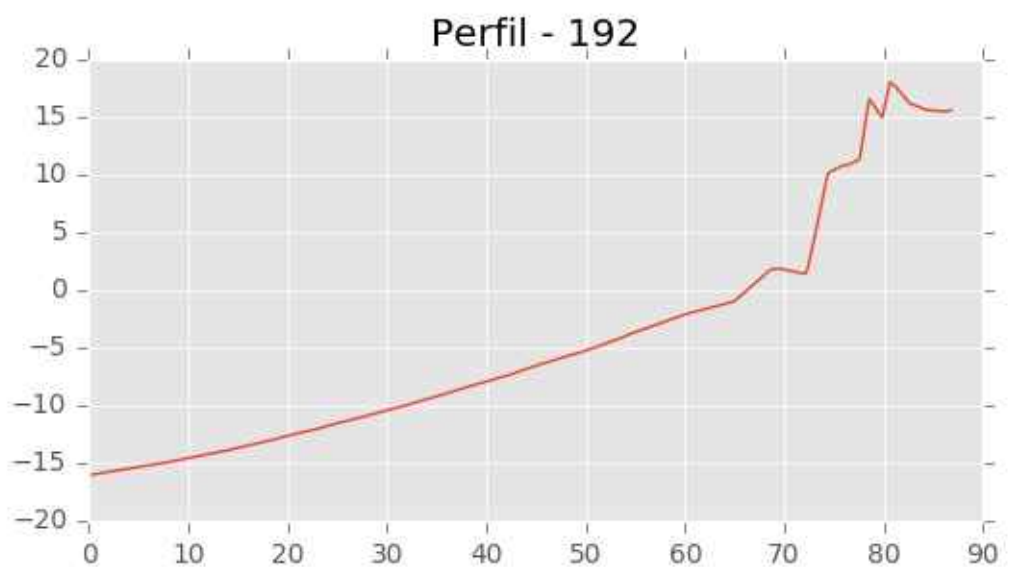
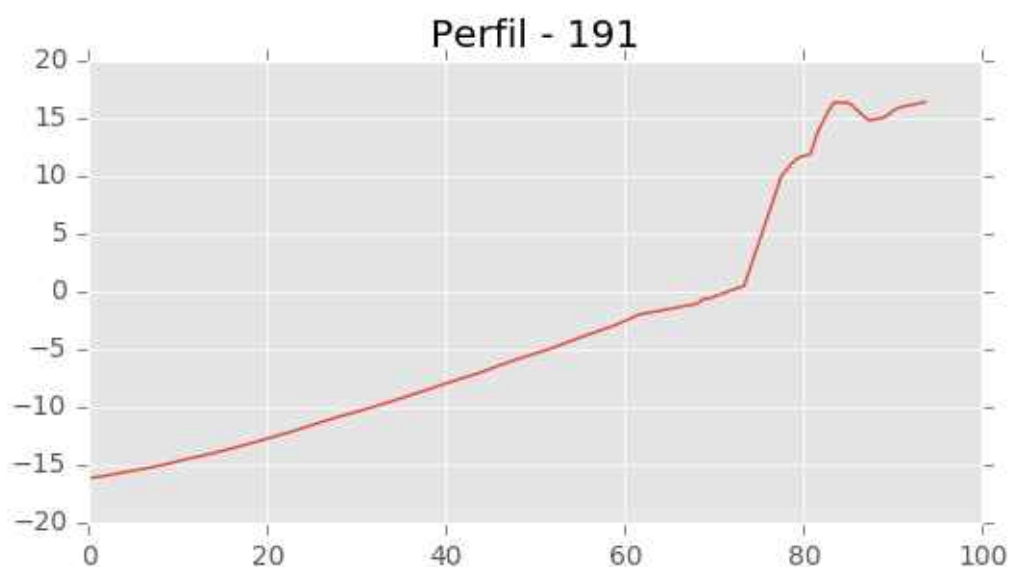


Perfil - 188

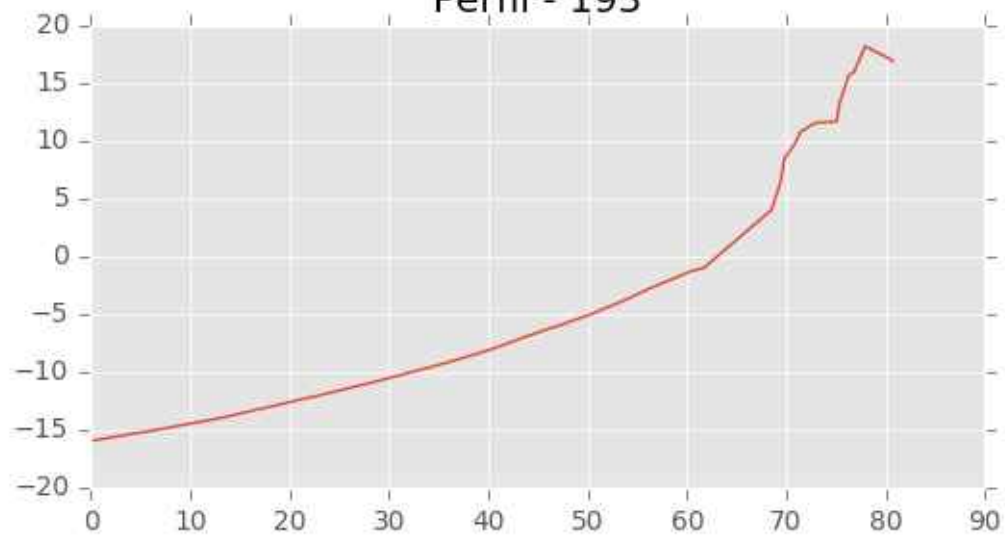


Perfil - 189

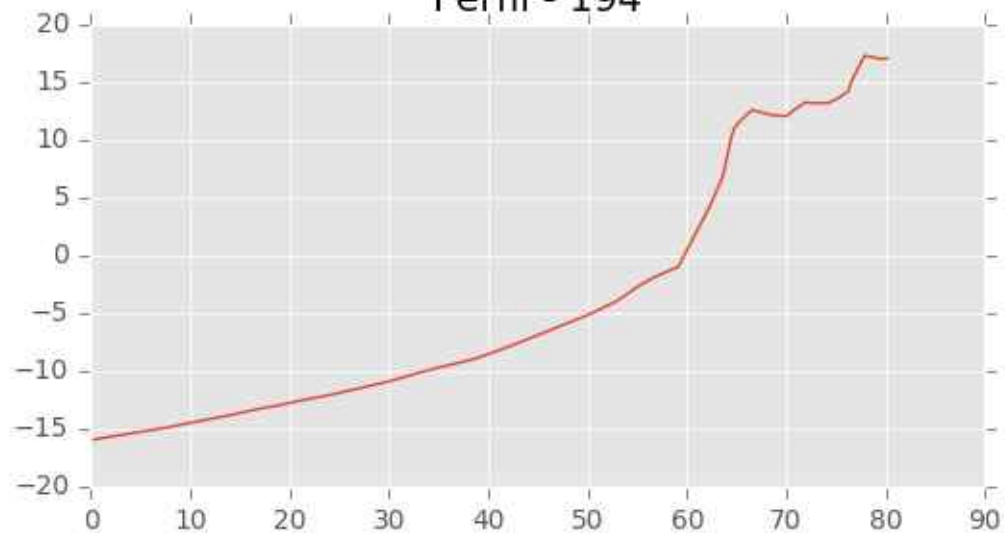




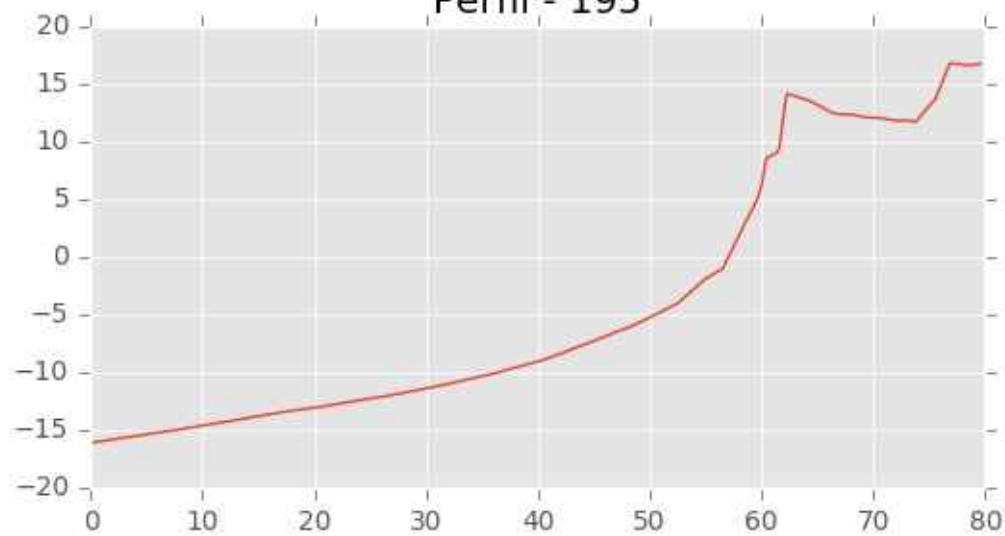
Perfil - 193



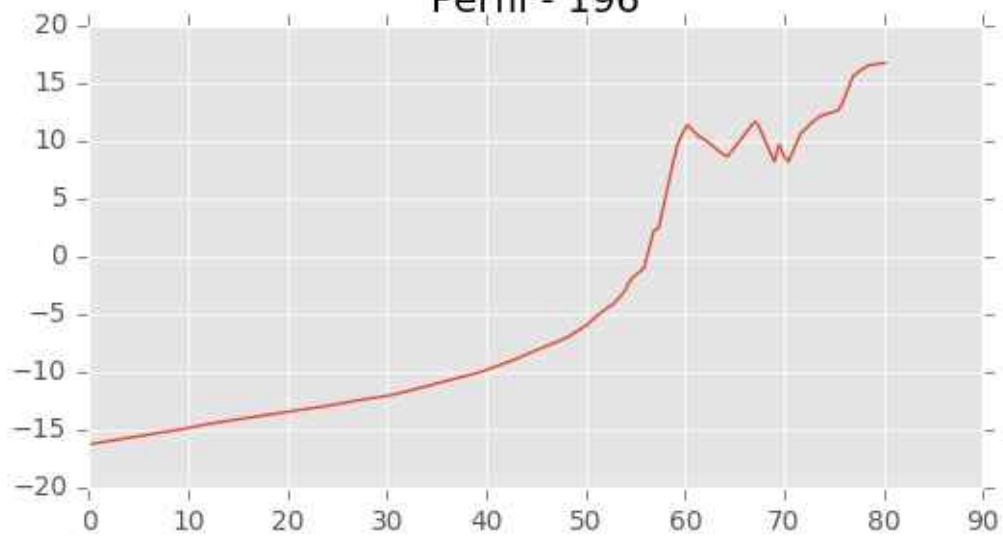
Perfil - 194



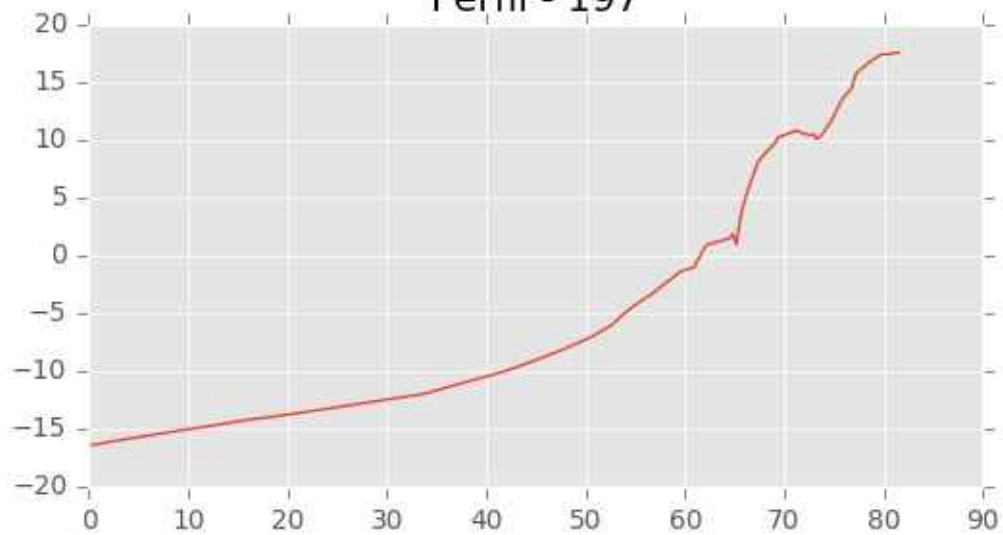
Perfil - 195



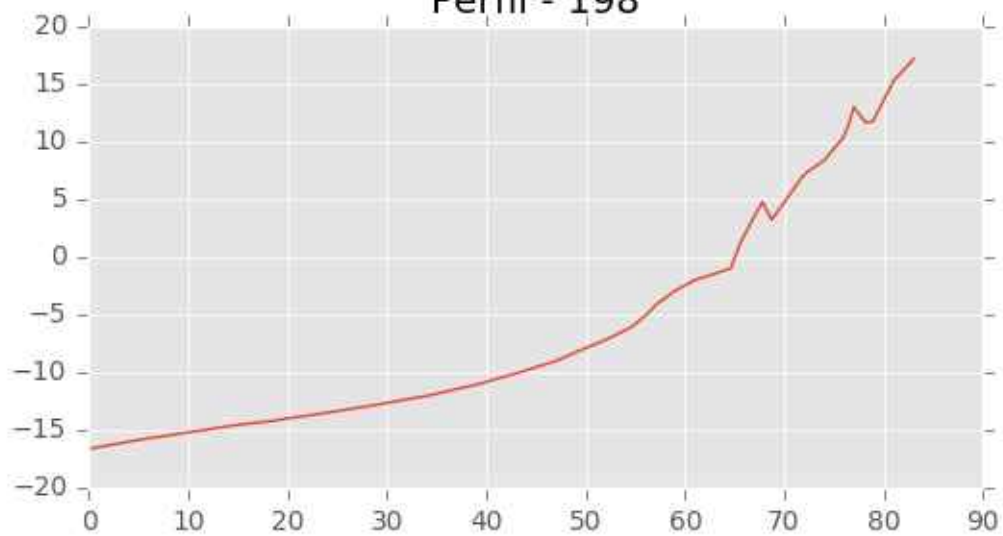
Perfil - 196



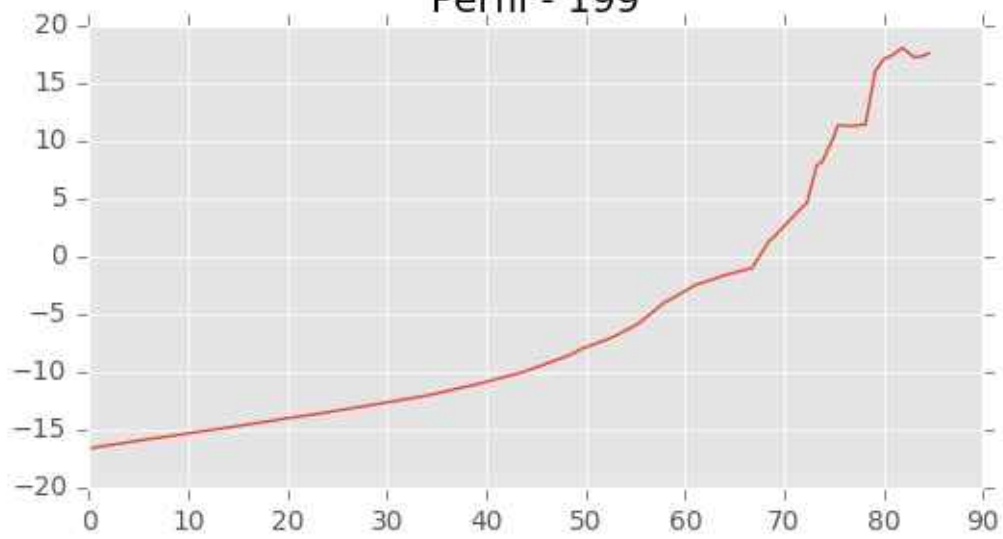
Perfil - 197



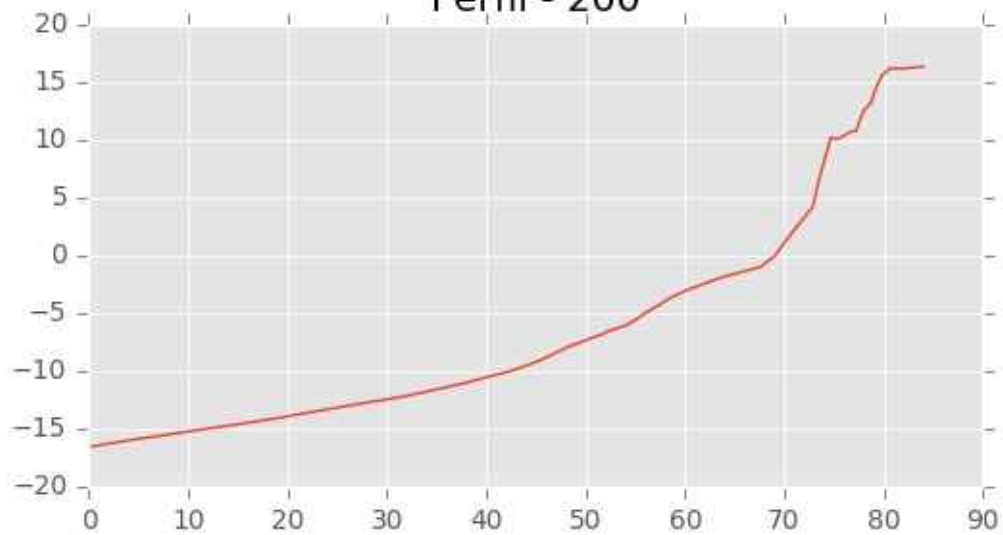
Perfil - 198



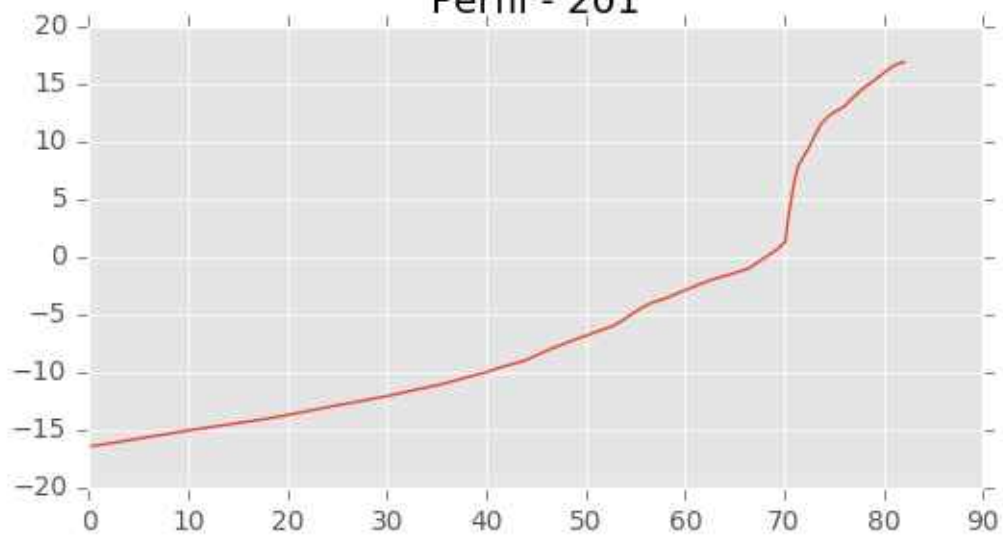
Perfil - 199



Perfil - 200

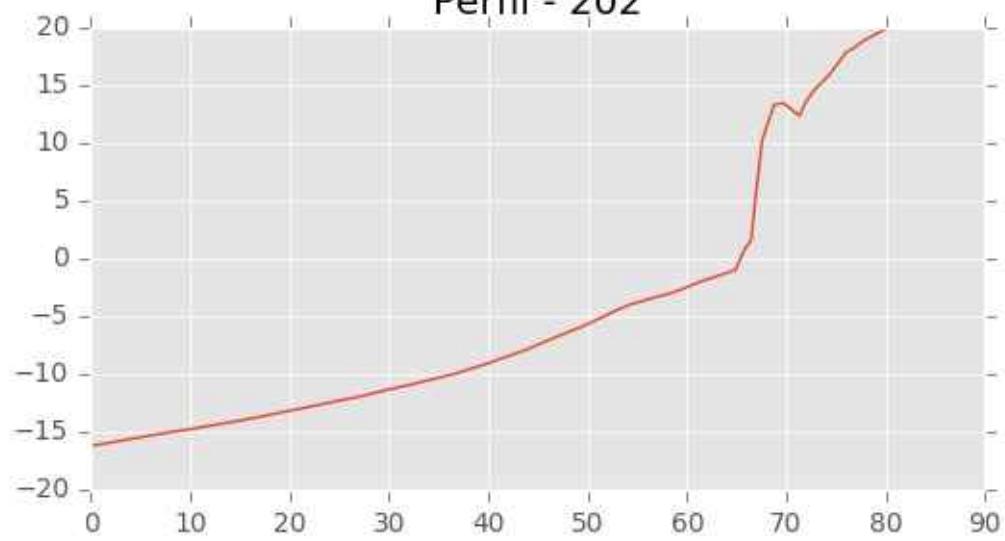


Perfil - 201

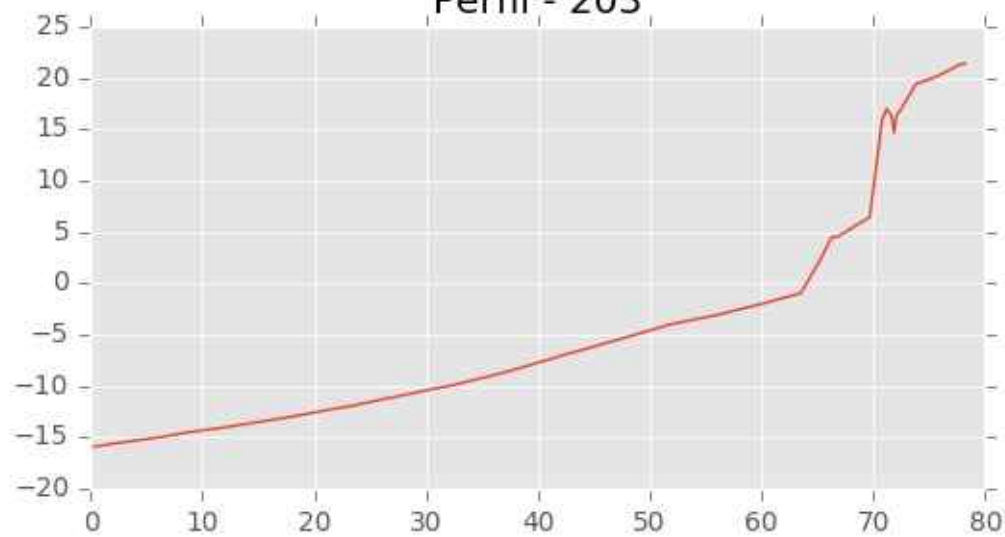




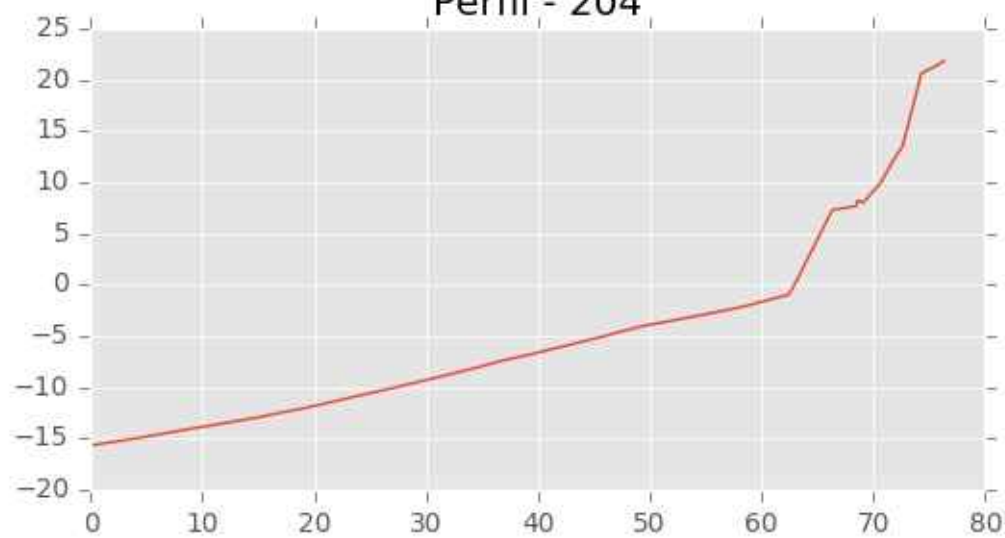
Perfil - 202



Perfil - 203

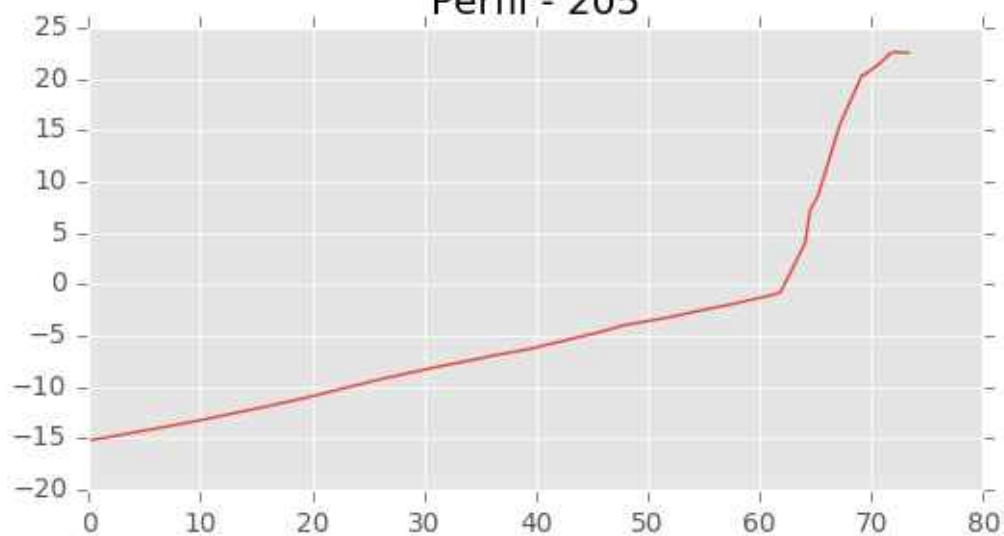


Perfil - 204

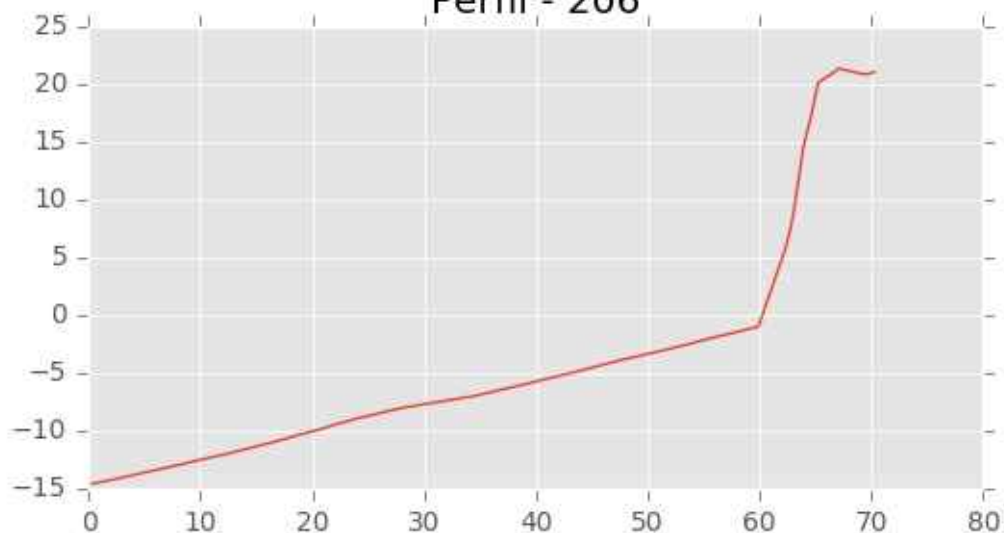




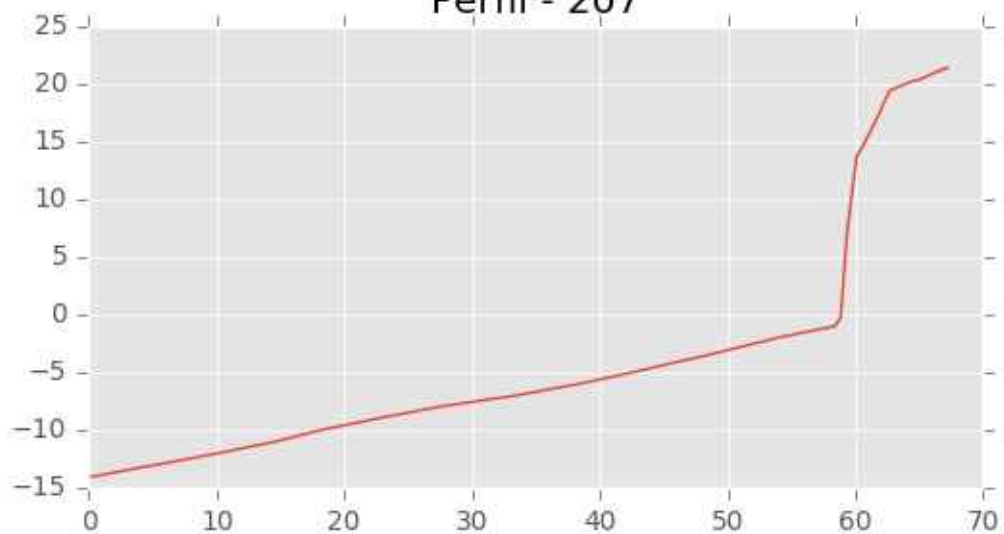
Perfil - 205



Perfil - 206

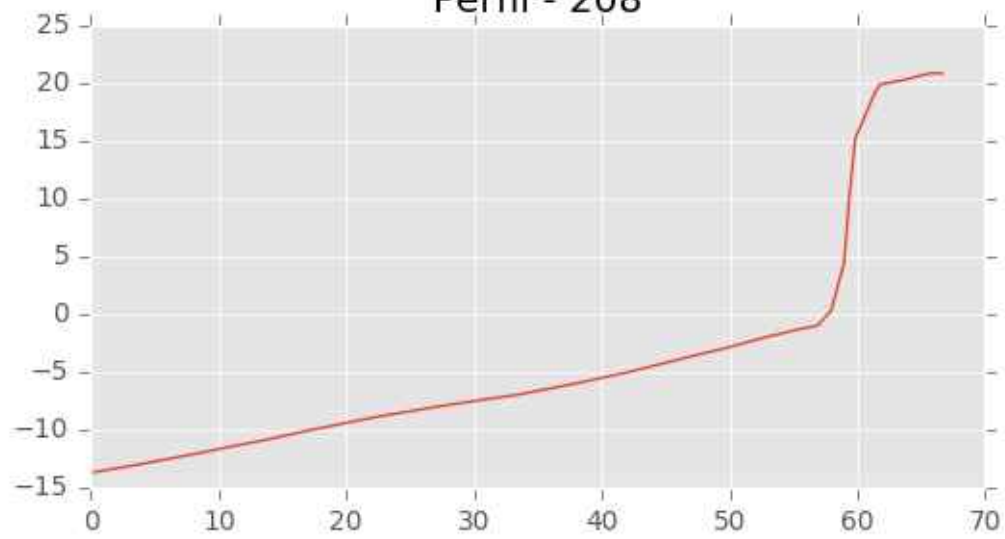


Perfil - 207

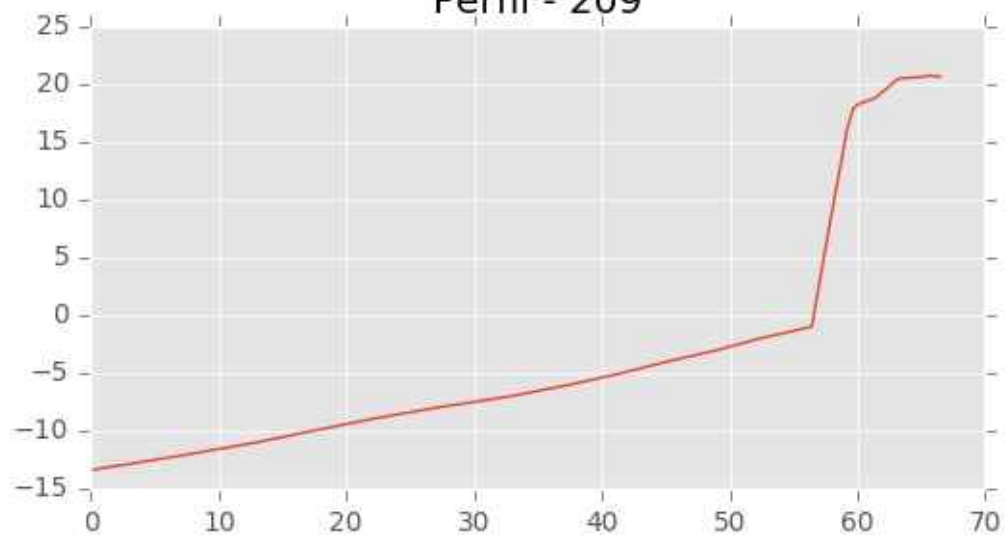




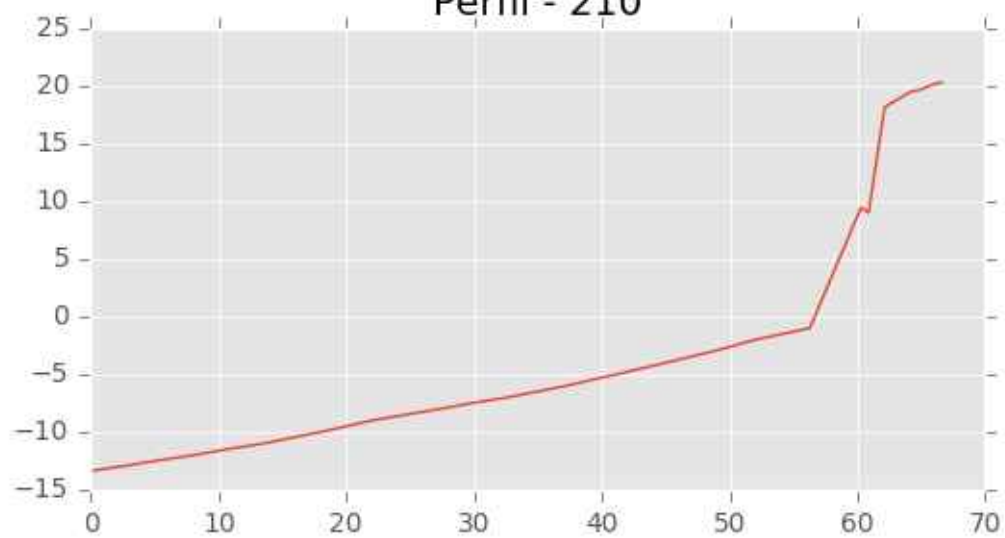
Perfil - 208



Perfil - 209

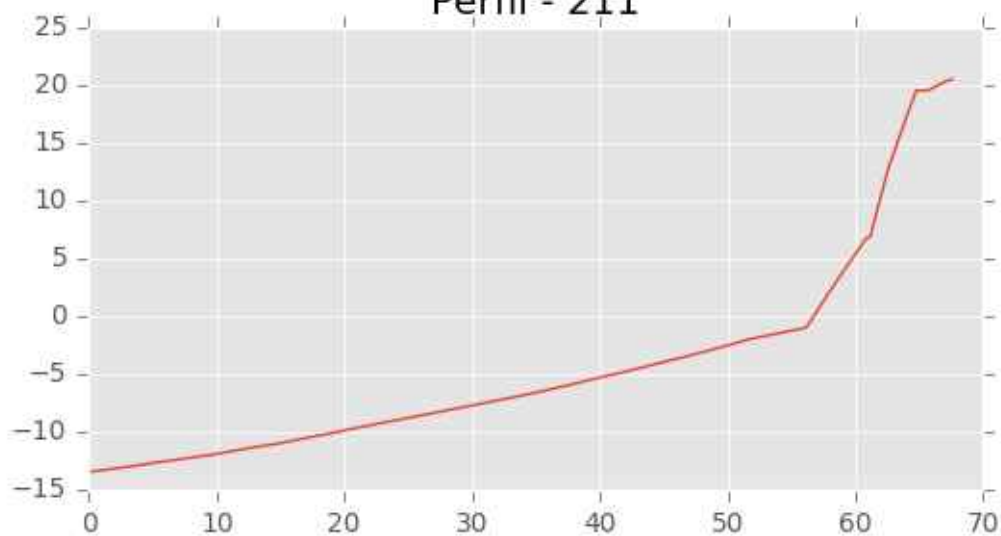


Perfil - 210

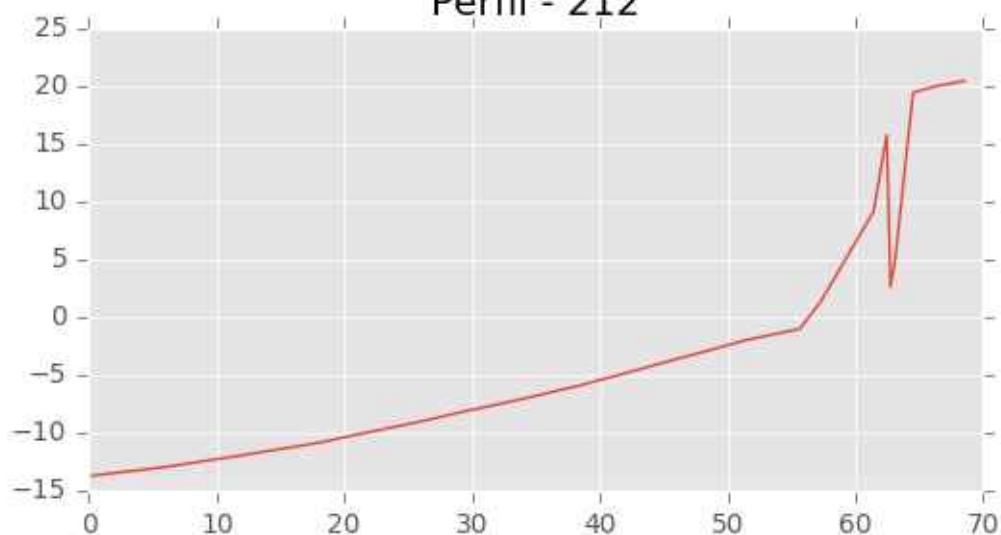




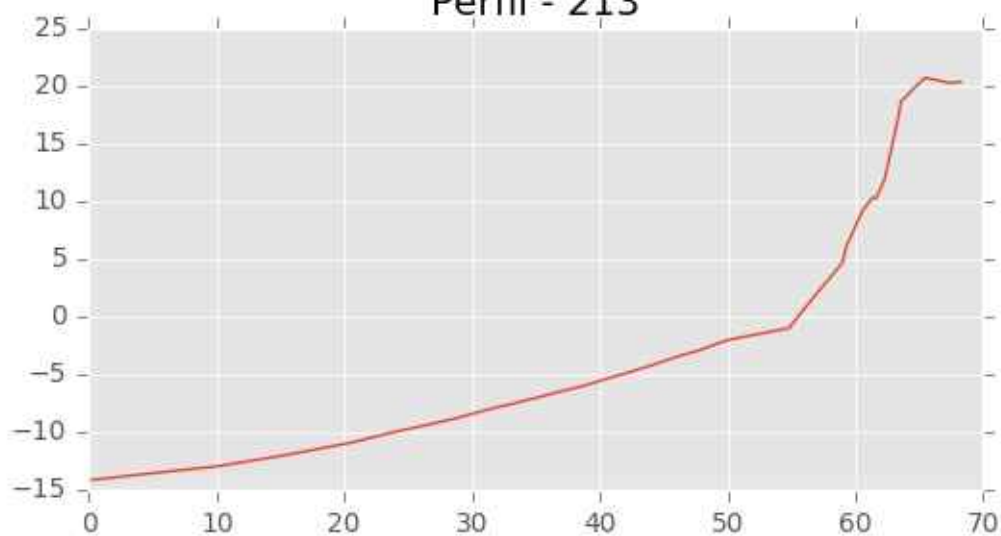
Perfil - 211

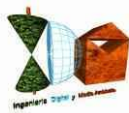


Perfil - 212

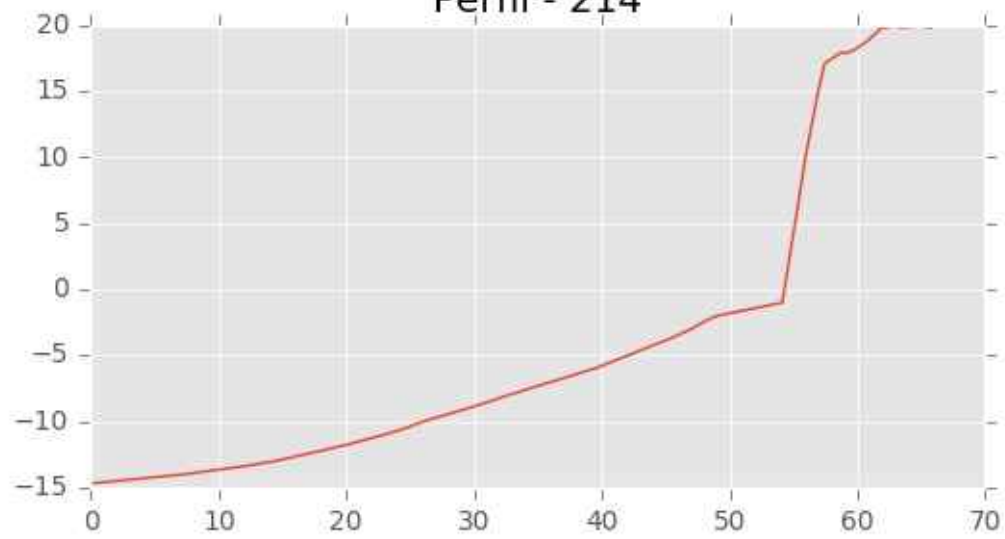


Perfil - 213

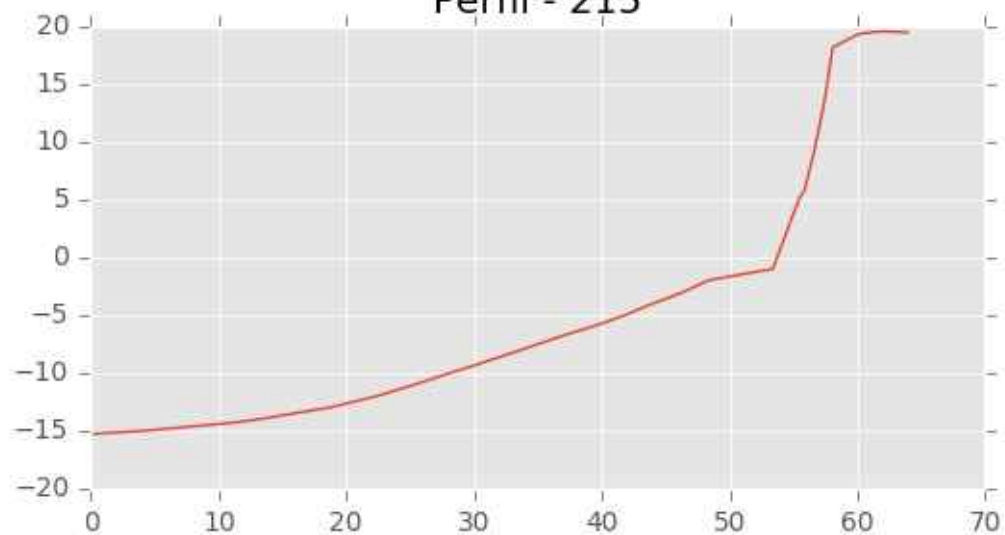




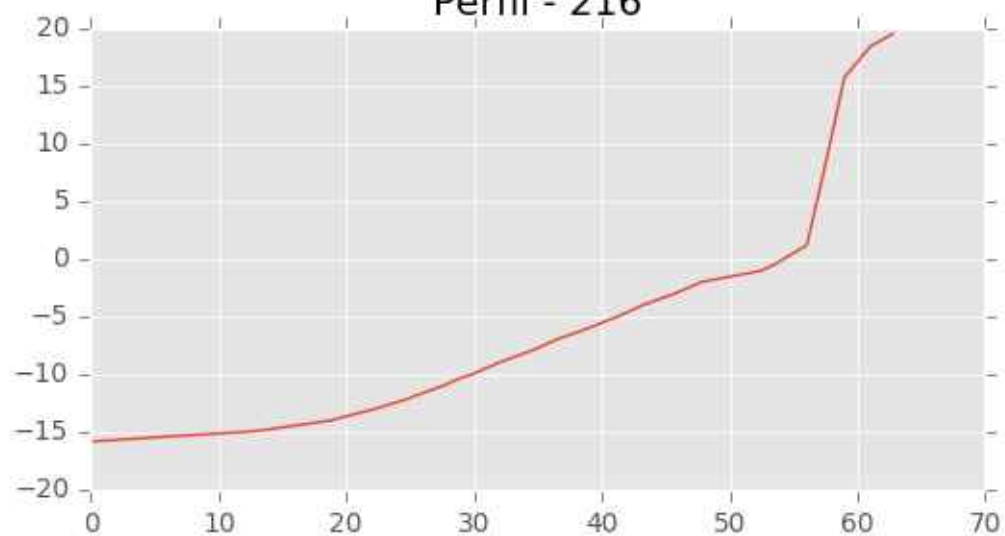
Perfil - 214



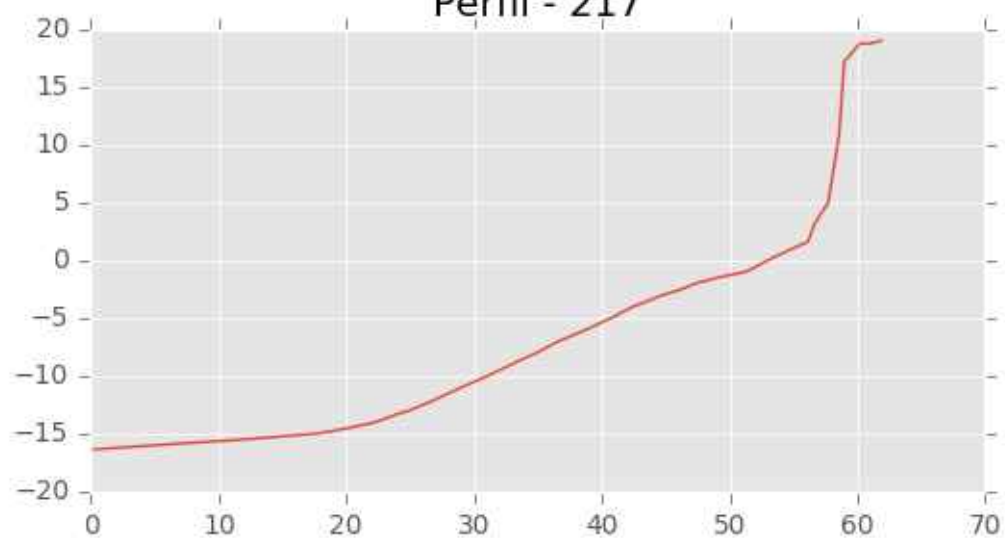
Perfil - 215



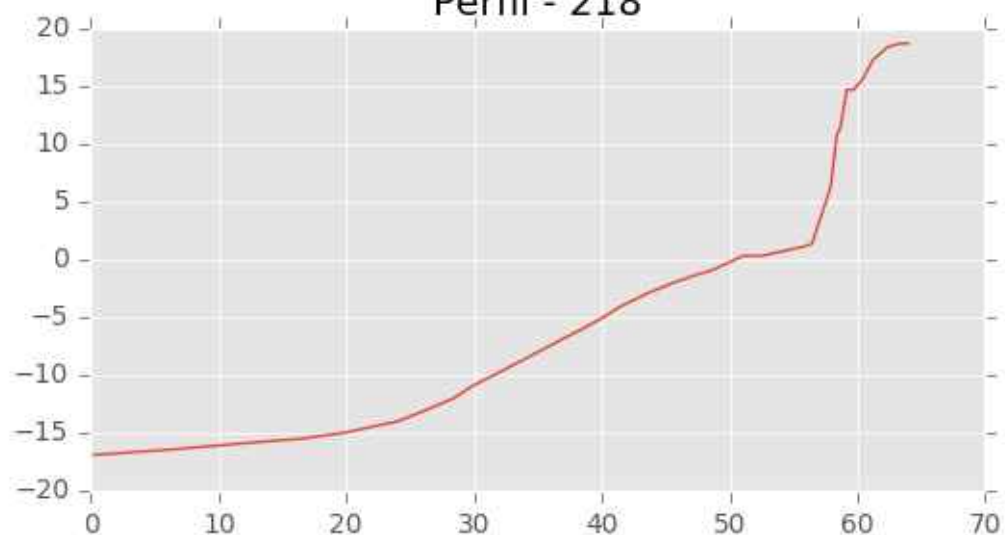
Perfil - 216



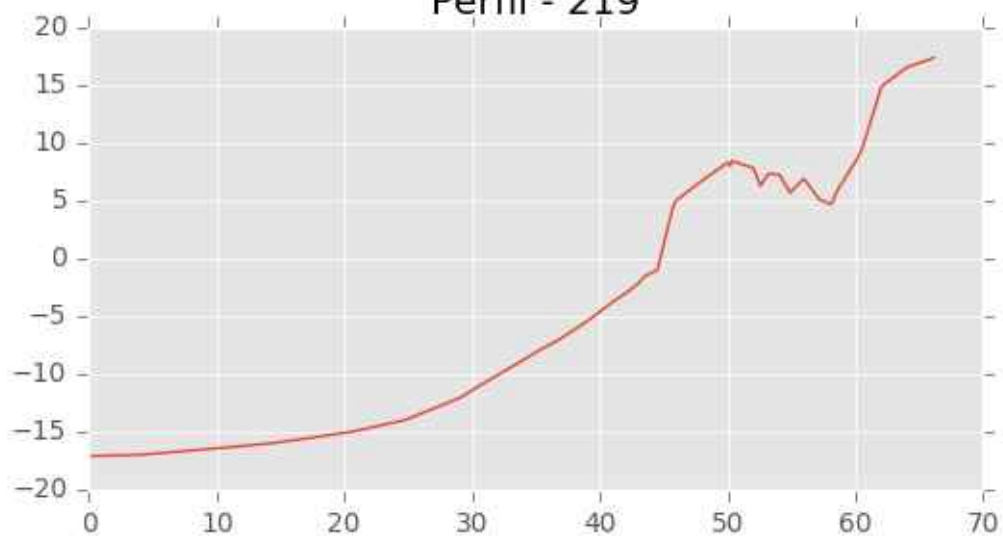
Perfil - 217



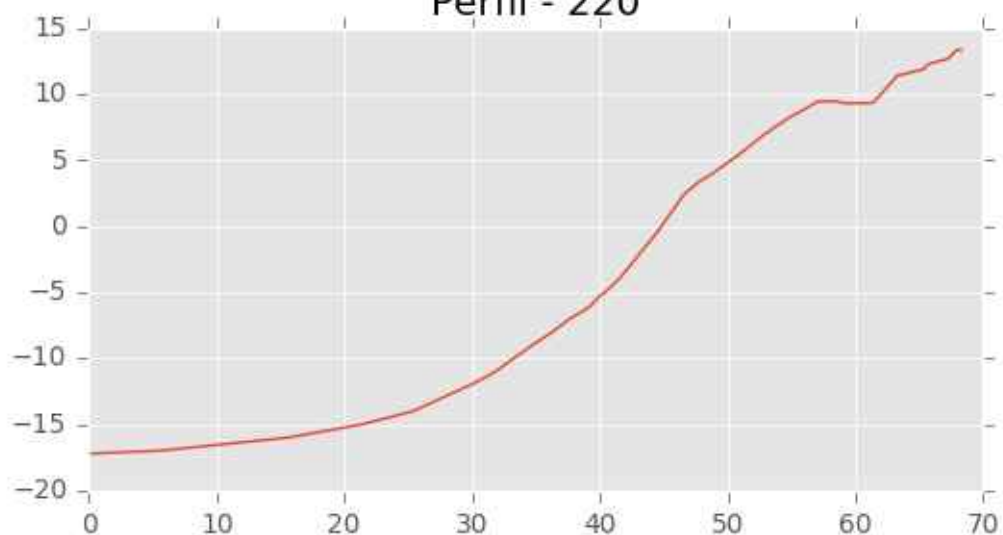
Perfil - 218

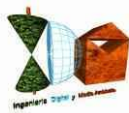


Perfil - 219



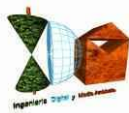
Perfil - 220





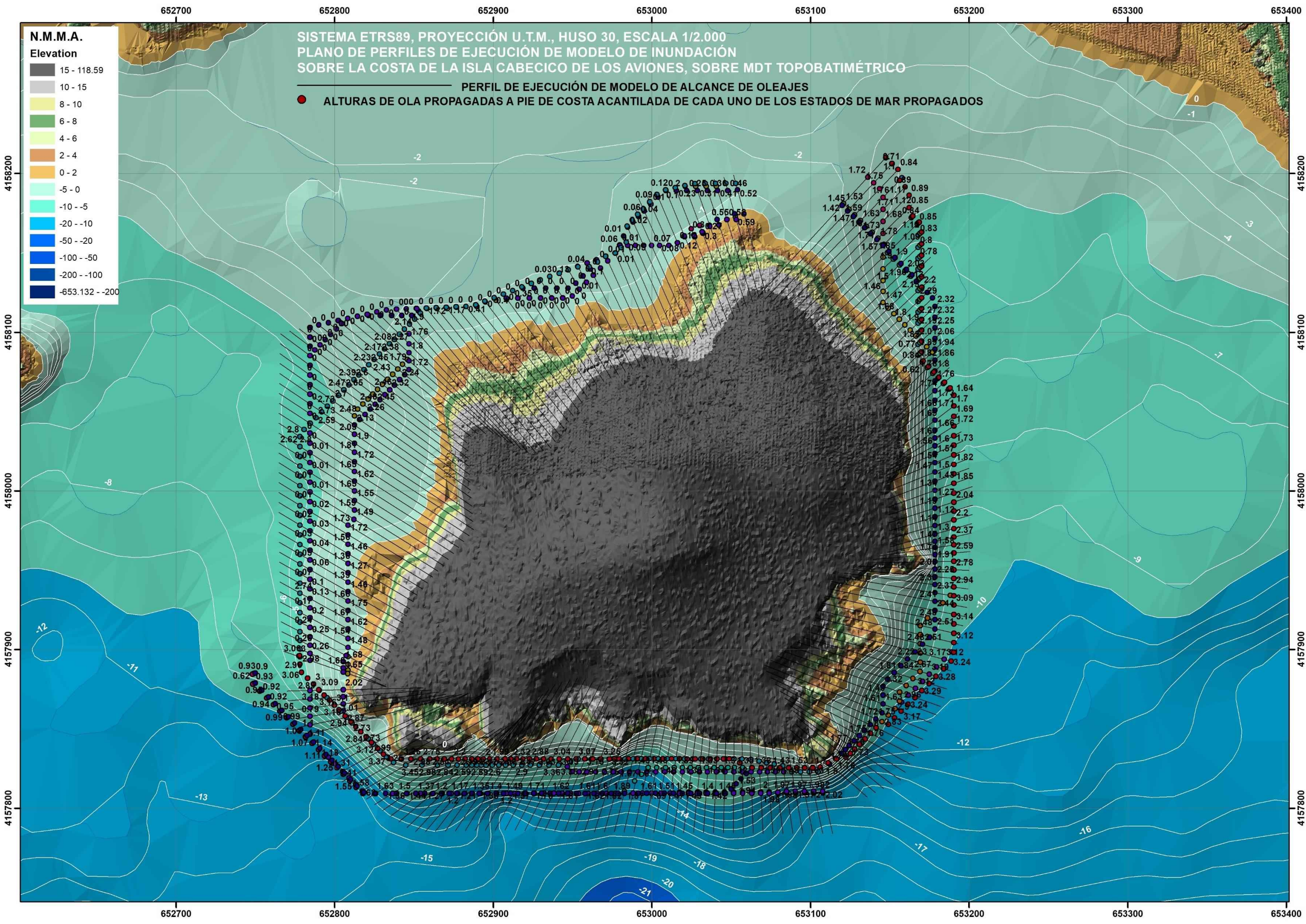
A partir de los resultados de propagación exportados en una malla de detalle de nodos extendida hasta el frente perimetral de costa de la isla Cabecico de los Aviones, término municipal de Mazarrón (en cada uno de los cuales el software Oluca-SP espectral proporcionó los valores de los parámetros del oleaje hasta la posición de cada nodo), se han seleccionado los nodos a pie de frente de costa acantilada emergida con los valores de altura de ola propagada, que serán parte de los imput necesarios en el modelo de Ahrens y Titus (1985) – Ahrens y Burke, para los 220 perfiles-transectos en cada uno de los 11 estados de mar seleccionados, todo ello mediante una aplicación informática diseñada y programada en plataforma GIS que comprende un paquete de herramientas interactivas que aplicarán dicho modelo semiempírico para el cálculo de las líneas de alcance de oleajes sobre el MDT, realizando las siguientes operaciones:

1. Cálculo de las pendientes del frente de costa acantilada emergida de incidencia del oleaje sobre el MDT topobatimétrico de cada uno de los 220 perfiles para las formulaciones de Ahrens-Titus que han sido reflejadas en el plano A-3 a escala 1/2.000 anterior sobre los perfiles-transectos sobre el MDT, del talud definido por la pendiente a lo largo de la costa acantilada de la isla, obtenida como la recta ajustada a los puntos de dicha porción parcial de la línea-transecto x-z (distancia)-z (altura obtenida de su proyección sobre el MDT) por el método de mínimos cuadrados.
2. La aplicación seleccionará los nodos más próximos de la malla de propagación de detalle sobre la franja batimétrica previa a la línea de orilla, con las mayores alturas de ola propagada a pie de costa emergida frente a cada perfil, seleccionando sus valores de Hs propagados por el Oluca-SP espectral, que serán datos imput para la ejecución de los cálculos de run-up.
3. Ejecución de los cálculos de run-up aplicando las formulaciones del modelo de Ahrens y Titus (1985)- Ahrens y Burke, a partir de los distintos datos ya obtenidos (imput) del oleaje y de la morfología de las superficies de incidencia, en cada uno de los 220 perfiles-transectos para cada uno de los 11 temporales.
4. Adición de cada uno de los niveles mareales sincronizados y de los set-up correspondientes a cada estado de mar, al resultado de run-up, obteniendo una cota de alcance de oleajes en cada uno de los 220 perfiles para cada uno de los 11 temporales.



5. Cálculo de la intersección de la cota de alcance de oleaje obtenida sobre cada perfil-transecto con el MDT emergido, generando una cobertura de puntos con sus coordenadas de georreferenciación x, y, z=cota de inundación, en el sistema ETRS89, Huso 30 en cada uno de los 11 estados de mar.
6. Generación de la poligonal solución, como la línea que interseca el MDT en cada perfil de ejecución con los quintos valores en magnitudes de cota de alcance de oleajes.

En el siguiente plano tamaño A-3 escala 1/2.000, se recogen sobre el MDT los puntos de la Hs propagada a pie de morfología emergida que se tomarán para los cálculos de run-up y alcance final de oleaje para cada uno de los 220 perfiles y para cada uno de los 11 estados de mar seleccionados, obtenidos por el modelo numérico de simulación Oluca-SP espectral.





Las siguientes tablas recogen los resultados finales de los quintos valores obtenidos de cota de alcance de oleajes en la zona de estudio sobre cada uno de los 220 perfiles, tras la ejecución de los modelos de propagación y de cálculos de set-up, run-up y cota final de inundación sobre los perfiles en los 11 temporales seleccionados en el período de 5 años 2015-2019.

En relación a la poligonal solución, se ha tomado el criterio de unir los puntos con una continuidad altimétrica en su itinerario en el avance por la topografía del terreno, es decir, dentro de las zonas con una nube de puntos solución (nube de puntos de quinto valor de cota altimétrica obtenida en cada uno de los 19 perfiles en una misma zona), se ha delimitado la poligonal solución atendiendo al itinerario topográfico marcado por la poligonal de entrada y salida en dichas zonas, al objeto de mantener la mayor regularidad topográfica posible en la definición de la misma, de forma que de los 220 puntos solución se han eliminado 2, habiéndose obtenido un total de 218 cotas de alcance de oleaje a lo largo de la costa de la isla Cabecico de los Aviunones.

En estas tablas se han consignado los datos de entrada de los parámetros de los oleajes que han producido los puntos seleccionados correspondientes a las quintas magnitudes de cota de alcance de oleaje calculadas en todos y cada uno de los perfiles tras iteracionar los 11 temporales, que han configurado la poligonal de máximo alcance de oleaje con los criterios definidos anteriormente, junto con los distintos valores de cálculo:


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
20/03/2015	0.0368	0.2027	1	2.99	1.42	9.34	5	1.982	0.42	0.56	2.82	3.80
02/11/2015	0.0399	0.2198	2	3.26	1.67	9.20	5	1.952	0.34	0.60	3.28	4.22
03/12/2019	0.0419	0.2389	3	3.08	1.77	9.10	5	2.043	0.34	0.57	3.67	4.58
03/12/2019	0.0437	0.2247	4	3.08	1.76	9.10	5	1.926	0.34	0.57	3.39	4.31
17/03/2018	0.0449	0.2295	5	3.96	1.34	10.01	5	2.477	0.13	0.73	3.57	4.43
03/12/2019	0.0520	0.2489	6	3.08	1.68	9.10	5	2.179	0.34	0.58	3.84	4.76
03/12/2019	0.0670	0.2500	7	3.08	1.67	9.10	5	2.197	0.34	0.59	3.84	4.77
03/12/2019	0.1248	0.2505	8	3.08	1.66	9.10	5	2.209	0.34	0.59	3.84	4.76
03/12/2019	0.1424	0.2513	9	3.08	1.72	9.10	5	2.180	0.34	0.59	3.89	4.82
01/11/2015	0.1735	0.2697	10	3.16	1.99	8.65	5	2.064	0.32	0.60	4.18	5.10
03/12/2019	0.2038	0.3014	11	3.08	1.82	9.10	5	2.542	0.34	0.60	4.67	5.60
03/12/2019	0.2316	0.3529	12	3.08	1.87	9.10	5	2.933	0.34	0.60	4.90	5.85
03/12/2019	0.2395	0.3518	13	3.08	1.92	9.10	5	2.887	0.34	0.60	5.03	5.97
03/12/2019	0.2459	0.3680	14	3.08	1.95	9.10	5	2.993	0.34	0.60	5.07	6.01
03/12/2019	0.2496	0.3973	15	3.08	2.01	9.10	5	3.187	0.34	0.61	5.00	5.95
03/12/2019	0.2375	0.4370	16	3.08	2.06	9.10	5	3.465	0.34	0.61	4.60	5.55


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
03/12/2019	0.2300	0.4368	17	3.08	2.09	9.10	5	3.433	0.34	0.61	4.74	5.69
18/12/2016	0.2411	0.4204	18	3.13	2.27	10.04	5	3.502	0.14	0.64	5.19	5.97
03/12/2019	0.2417	0.4566	19	3.08	2.14	9.10	5	3.545	0.34	0.61	4.66	5.61
03/12/2019	0.2476	0.5315	20	3.08	2.08	9.10	5	4.188	0.34	0.62	4.22	5.17
03/12/2019	0.2909	0.5442	21	3.08	1.90	9.10	5	4.481	0.34	0.62	3.81	4.76
03/12/2019	0.3530	0.5591	22	3.08	1.80	9.10	5	4.738	0.34	0.62	3.53	4.49
18/12/2016	0.3867	0.6203	23	3.13	1.82	10.04	5	5.772	0.14	0.65	3.41	4.20
18/12/2016	0.3260	0.6678	24	3.13	1.76	10.04	5	6.315	0.14	0.65	3.16	3.95
03/12/2019	0.3434	0.6585	25	3.08	1.64	9.10	5	5.851	0.34	0.62	2.90	3.86
03/12/2019	0.3635	0.8618	26	3.08	1.62	9.10	5	7.696	0.34	0.62	2.52	3.49
11/12/2017	0.3384	0.8804	27	3.90	1.53	8.61	5	7.647	0.39	0.74	2.34	3.48
01/02/2019	0.3251	0.7504	28	4.15	1.61	9.10	5	6.725	0.26	0.80	2.67	3.73
01/11/2015	0.3878	0.7162	29	3.16	1.67	8.65	5	5.987	0.32	0.63	2.84	3.79
20/12/2019	0.3977	0.8378	30	4.03	1.72	8.27	5	6.589	0.20	0.76	2.70	3.66
20/12/2019	0.4351	0.9235	31	4.03	1.72	8.27	5	7.278	0.20	0.76	2.56	3.52
20/12/2019	0.4592	0.8852	32	4.03	1.72	8.27	5	6.979	0.20	0.75	2.61	3.56
02/11/2015	0.4110	0.8743	33	3.26	1.66	9.20	5	7.798	0.34	0.65	2.57	3.56


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
02/11/2015	0.3220	0.4823	34	3.26	1.64	9.20	5	4.322	0.34	0.65	3.38	4.37
02/11/2015	0.3113	0.4613	35	3.26	1.61	9.20	5	4.175	0.34	0.65	3.38	4.37
02/11/2015	0.3100	0.6510	36	3.26	1.55	9.20	5	6.015	0.34	0.65	2.75	3.74
02/11/2015	0.3276	0.7106	37	3.26	1.46	9.20	5	6.749	0.34	0.65	2.49	3.48
10/04/2018	0.3517	0.6553	38	3.37	1.67	7.52	5	4.764	0.12	0.63	2.90	3.65
10/04/2018	0.3609	0.6568	39	3.37	1.74	7.52	5	4.677	0.12	0.63	3.02	3.77
10/04/2018	0.3664	0.6164	40	3.37	1.82	7.52	5	4.295	0.12	0.63	3.26	4.01
10/04/2018	0.3761	0.7400	41	3.37	1.89	7.52	5	5.061	0.12	0.64	3.09	3.85
10/04/2018	0.4638	0.6583	42	3.37	1.95	7.52	5	4.428	0.12	0.64	3.39	4.15
10/04/2018	0.5857	0.7153	43	3.37	2.02	7.52	5	4.730	0.12	0.64	3.37	4.13
10/04/2018	0.7422	0.7983	44	3.37	2.11	7.52	5	5.163	0.12	0.65	3.35	4.11
10/04/2018	1.1624	0.7975	45	3.37	2.18	7.52	5	5.073	0.12	0.65	3.47	4.23
02/11/2015	1.2560	0.7158	46	3.26	2.06	9.20	5	5.733	0.34	0.67	3.54	4.55
02/11/2015	0.4507	0.6495	47	3.26	2.24	9.20	5	4.991	0.34	0.67	4.02	5.03
02/11/2015	0.2552	0.5774	48	3.26	2.42	9.20	5	4.268	0.34	0.66	4.60	5.60
02/11/2015	0.1227	0.5619	49	3.26	2.51	9.20	5	4.079	0.34	0.65	4.83	5.82
10/04/2018	0.1116	0.4666	50	3.37	2.52	7.52	5	2.761	0.12	0.63	6.08	6.82



INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
02/11/2015	0.1309	0.3597	51	3.26	2.59	9.20	5	2.570	0.34	0.65	6.47	7.46
18/12/2016	0.1512	0.2914	52	3.13	2.41	10.04	5	2.353	0.14	0.64	5.84	6.63
18/12/2016	0.2255	0.2822	53	3.13	2.45	10.04	5	2.261	0.14	0.64	5.72	6.51
18/12/2016	0.2780	0.2646	54	3.13	2.48	10.04	5	2.108	0.14	0.65	5.35	6.14
18/12/2016	0.3292	0.3042	55	3.13	2.51	10.04	5	2.409	0.14	0.65	6.17	6.97
17/12/2016	0.3793	0.3269	56	3.22	2.51	10.02	5	2.581	0.13	0.67	6.43	7.23
02/11/2015	0.3723	0.3514	57	3.26	2.57	9.20	5	2.518	0.34	0.66	6.41	7.41
02/11/2015	0.3217	0.3664	58	3.26	2.40	9.20	5	2.720	0.34	0.66	6.14	7.14
10/04/2018	0.2912	0.3914	59	3.37	2.67	7.52	5	2.248	0.12	0.64	6.02	6.78
10/04/2018	0.2771	0.3688	60	3.37	2.58	7.52	5	2.156	0.12	0.64	5.62	6.37
10/04/2018	0.2746	0.3733	61	3.37	2.45	7.52	5	2.239	0.12	0.64	5.52	6.28
10/04/2018	0.2986	0.3659	62	3.37	2.33	7.52	5	2.253	0.12	0.64	5.28	6.04
10/04/2018	0.3526	0.3296	63	3.37	2.35	7.52	5	2.021	0.12	0.64	4.76	5.53
10/04/2018	0.3932	0.3370	64	3.37	2.33	7.52	5	2.074	0.12	0.65	4.88	5.64
10/04/2018	0.2897	0.3608	65	3.37	2.29	7.52	5	2.238	0.12	0.65	5.17	5.94
10/04/2018	0.2238	0.3613	66	3.37	2.28	7.52	5	2.247	0.12	0.64	5.16	5.92
10/04/2018	0.2077	0.3643	67	3.37	2.19	7.52	5	2.311	0.12	0.64	5.08	5.84


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
10/04/2018	0.2225	0.3905	68	3.37	2.11	7.52	5	2.527	0.12	0.64	5.12	5.88
10/04/2018	0.2882	0.4149	69	3.37	2.03	7.52	5	2.733	0.12	0.65	5.02	5.79
10/04/2018	0.4458	0.4462	70	3.37	2.08	7.52	5	2.904	0.12	0.66	5.06	5.84
10/04/2018	0.7239	0.4703	71	3.37	1.88	7.52	5	3.219	0.12	0.67	4.29	5.07
02/11/2015	0.7387	0.5364	72	3.26	1.87	9.20	5	4.507	0.34	0.69	3.85	4.89
02/11/2015	0.8201	0.5678	73	3.26	1.88	9.20	5	4.761	0.34	0.69	3.84	4.87
02/11/2015	1.1918	0.6448	74	3.26	1.90	9.20	5	5.378	0.34	0.70	3.74	4.78
10/04/2018	0.9459	0.6647	75	3.37	2.06	7.52	5	4.352	0.12	0.67	4.07	4.86
20/03/2015	0.0285	0.3061	76	2.99	0.65	9.34	5	4.418	0.42	0.55	3.26	4.23
01/11/2015	0.0398	0.3131	77	3.16	0.61	8.65	5	4.348	0.32	0.57	2.78	3.68
17/12/2016	0.0235	0.3019	78	3.22	0.52	10.02	5	5.233	0.13	0.59	2.95	3.68
17/12/2016	0.0409	0.3059	79	3.22	0.42	10.02	5	5.906	0.13	0.61	2.05	2.79
17/12/2016	0.0484	0.2845	80	3.22	0.36	10.02	5	5.926	0.13	0.62	1.70	2.44
17/12/2016	0.0239	0.2569	81	3.22	0.27	10.02	5	6.198	0.13	0.59	1.11	1.84
17/12/2016	0.0240	0.2392	82	3.22	0.22	10.02	5	6.409	0.13	0.59	0.95	1.67
17/12/2016	0.0406	0.2173	83	3.22	0.18	10.02	5	6.387	0.13	0.61	0.62	1.36
17/03/2018	0.0244	0.2061	84	3.96	0.15	10.01	5	6.680	0.13	0.71	0.46	1.29


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
02/11/2015	0.0286	0.1844	85	3.26	0.08	9.20	5	7.349	0.34	0.59	0.27	1.21
02/11/2015	0.0206	0.1769	86	3.26	0.07	9.20	5	7.560	0.34	0.58	0.24	1.16
17/03/2018	0.0300	0.2001	87	3.96	0.09	10.01	5	8.478	0.13	0.72	0.27	1.11
02/11/2015	0.0356	0.1723	88	3.26	0.05	9.20	5	9.085	0.34	0.60	0.16	1.10
02/11/2015	0.0308	0.1927	89	3.26	0.05	9.20	5	9.786	0.34	0.59	0.16	1.09
03/12/2019	0.0337	0.2505	90	3.08	0.05	9.10	5	12.513	0.34	0.57	0.14	1.05
03/12/2019	0.0370	0.3106	91	3.08	0.05	9.10	5	15.883	0.34	0.57	0.12	1.03
17/03/2018	0.0404	0.3230	92	3.96	0.06	10.01	5	16.270	0.13	0.73	0.15	1.00
02/11/2015	0.0402	0.3195	93	3.26	0.03	9.20	5	23.107	0.34	0.60	0.06	1.00
20/12/2019	0.0431	0.3970	94	4.03	0.04	8.27	5	19.963	0.20	0.70	0.09	0.99
20/03/2015	0.0579	0.3651	95	2.99	0.01	9.34	5	39.840	0.42	0.57	0.03	1.01
20/03/2015	0.0706	0.3593	96	2.99	0.01	9.34	5	49.814	0.42	0.58	0.02	1.01
20/03/2015	0.0505	0.3739	97	2.99	0.01	9.34	5	58.497	0.42	0.57	0.01	1.00
20/03/2015	0.0673	0.3633	98	2.99	0.00	9.34	5	66.027	0.42	0.58	0.01	1.00
20/03/2015	0.0577	0.3863	99	2.99	0.00	9.34	5	75.507	0.42	0.57	0.01	1.00
20/03/2015	0.0495	0.3741	100	2.99	0.00	9.34	5	74.109	0.42	0.57	0.01	0.99
20/03/2015	0.0574	0.3828	101	2.99	0.00	9.34	5	75.206	0.42	0.57	0.01	1.00


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
10/04/2018	0.0395	0.3466	102	3.37	0.13	7.52	5	9.199	0.12	0.58	0.30	1.00
10/04/2018	0.0738	0.3312	103	3.37	0.18	7.52	5	7.354	0.12	0.60	0.43	1.15
10/04/2018	0.0541	0.2833	104	3.37	0.22	7.52	5	5.648	0.12	0.59	0.59	1.30
10/04/2018	0.0756	0.2509	105	3.37	0.21	7.52	5	5.151	0.12	0.60	0.58	1.30
10/04/2018	0.0835	0.2373	106	3.37	0.19	7.52	5	5.146	0.12	0.60	0.54	1.26
10/04/2018	0.0645	0.2308	107	3.37	0.17	7.52	5	5.322	0.12	0.60	0.48	1.20
10/04/2018	0.0727	0.2306	108	3.37	0.26	7.52	5	4.264	0.12	0.60	0.75	1.47
10/04/2018	0.0595	0.2123	109	3.37	0.64	7.52	5	2.492	0.12	0.59	1.74	2.45
10/04/2018	0.0485	0.1929	110	3.37	1.02	7.52	5	1.796	0.12	0.59	1.83	2.54
10/04/2018	0.0576	0.1722	111	3.37	1.40	7.52	5	1.367	0.12	0.59	1.92	2.63
10/04/2018	0.0546	0.1728	112	3.37	1.56	7.52	5	1.299	0.12	0.59	2.03	2.74
10/04/2018	0.0473	0.1832	113	3.37	1.58	7.52	5	1.370	0.12	0.59	2.17	2.87
10/04/2018	0.0429	0.2161	114	3.37	1.63	7.52	5	1.589	0.12	0.58	2.60	3.30
10/04/2018	0.0431	0.2246	115	3.37	1.69	7.52	5	1.623	0.12	0.58	2.75	3.45
10/04/2018	0.0435	0.2313	116	3.37	1.76	7.52	5	1.638	0.12	0.59	2.89	3.59
10/04/2018	0.0311	0.2272	117	3.37	1.72	7.52	5	1.628	0.12	0.57	2.80	3.50
10/04/2018	0.0348	0.2117	118	3.37	1.80	7.52	5	1.480	0.12	0.58	2.67	3.37


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
10/04/2018	0.0354	0.2170	119	3.37	1.79	7.52	5	1.525	0.12	0.58	2.73	3.43
10/04/2018	0.0359	0.2093	120	3.37	1.72	7.52	5	1.498	0.12	0.58	2.58	3.28
10/04/2018	0.0376	0.2133	121	3.37	2.05	7.52	5	1.400	0.12	0.58	2.87	3.57
10/04/2018	0.0421	0.2216	122	3.37	2.24	7.52	5	1.390	0.12	0.58	3.12	3.83
10/04/2018	0.0356	0.2089	123	3.37	2.29	7.52	5	1.297	0.12	0.58	2.97	3.67
10/04/2018	0.0396	0.1988	124	3.37	2.32	7.52	5	1.225	0.12	0.58	2.85	3.55
10/04/2018	0.0400	0.1833	125	3.37	2.37	7.52	5	1.119	0.12	0.58	2.65	3.35
10/04/2018	0.0428	0.1697	126	3.37	2.38	7.52	5	1.034	0.12	0.58	2.46	3.16
10/04/2018	0.0495	0.1644	127	3.37	2.45	7.52	5	0.987	0.12	0.59	2.42	3.12
10/04/2018	0.0555	0.1448	128	3.37	2.36	7.52	5	0.885	0.12	0.59	2.09	2.80
10/04/2018	0.0544	0.1243	129	3.37	2.26	7.52	5	0.777	0.12	0.59	1.76	2.47
10/04/2018	0.0565	0.1502	130	3.37	2.19	7.52	5	0.954	0.12	0.59	2.09	2.80
10/04/2018	0.0600	0.1560	131	3.37	2.13	7.52	5	1.005	0.12	0.59	2.14	2.85
10/04/2018	0.0575	0.1515	132	3.37	2.03	7.52	5	0.998	0.12	0.59	2.03	2.74
10/04/2018	0.0543	0.1568	133	3.37	1.90	7.52	5	1.068	0.12	0.59	2.04	2.75
10/04/2018	0.0563	0.1747	134	3.37	1.81	7.52	5	1.220	0.12	0.59	2.21	2.92
10/04/2018	0.0550	0.1707	135	3.37	1.72	7.52	5	1.221	0.12	0.59	2.11	2.82


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
10/04/2018	0.0562	0.1633	136	3.37	1.65	7.52	5	1.195	0.12	0.59	1.97	2.68
10/04/2018	0.0649	0.1703	137	3.37	1.62	7.52	5	1.256	0.12	0.59	2.04	2.75
10/04/2018	0.0636	0.1800	138	3.37	1.65	7.52	5	1.315	0.12	0.60	2.18	2.89
10/04/2018	0.0755	0.1919	139	3.37	1.55	7.52	5	1.445	0.12	0.60	2.25	2.97
10/04/2018	0.0844	0.1822	140	3.37	1.59	7.52	5	1.357	0.12	0.60	2.16	2.88
10/04/2018	0.1029	0.1918	141	3.37	1.49	7.52	5	1.477	0.12	0.61	2.20	2.93
10/04/2018	0.1215	0.2087	142	3.37	1.73	7.52	5	1.489	0.12	0.61	2.59	3.32
10/04/2018	0.1360	0.2227	143	3.37	1.72	7.52	5	1.593	0.12	0.61	2.75	3.48
10/04/2018	0.1447	0.2255	144	3.37	1.56	7.52	5	1.694	0.12	0.61	2.65	3.39
10/04/2018	0.1514	0.2458	145	3.37	1.46	7.52	5	1.909	0.12	0.61	2.80	3.53
10/04/2018	0.1495	0.2506	146	3.37	1.36	7.52	5	2.021	0.12	0.62	2.78	3.52
10/04/2018	0.1464	0.2438	147	3.37	1.27	7.52	5	2.032	0.12	0.62	2.64	3.38
10/04/2018	0.1419	0.2532	148	3.37	1.39	7.52	5	2.015	0.12	0.62	2.85	3.58
10/04/2018	0.1333	0.2352	149	3.37	1.46	7.52	5	1.825	0.12	0.62	2.68	3.41
10/04/2018	0.1070	0.2364	150	3.37	1.66	7.52	5	1.723	0.12	0.61	2.87	3.60
10/04/2018	0.0951	0.2631	151	3.37	1.75	7.52	5	1.866	0.12	0.61	3.28	4.01
10/04/2018	0.1012	0.2805	152	3.37	1.67	7.52	5	2.041	0.12	0.61	3.46	4.20


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
10/04/2018	0.1043	0.2741	153	3.37	1.62	7.52	5	2.022	0.12	0.61	3.31	4.05
10/04/2018	0.1015	0.2842	154	3.37	1.54	7.52	5	2.154	0.12	0.61	3.50	4.23
10/04/2018	0.1206	0.3289	155	3.37	1.48	7.52	5	2.542	0.12	0.62	4.20	4.94
10/04/2018	0.1423	0.3287	156	3.37	1.55	7.52	5	2.480	0.12	0.62	4.76	5.50
10/04/2018	0.1577	0.3805	157	3.37	1.68	7.52	5	2.761	0.12	0.62	5.84	6.58
10/04/2018	0.1672	0.4389	158	3.37	1.66	7.52	5	3.201	0.12	0.62	7.25	7.99
17/03/2018	0.1755	0.4504	159	3.96	2.87	10.01	5	3.321	0.13	0.78	6.96	7.87
10/04/2018	0.2413	0.4383	160	3.37	2.02	7.52	5	2.897	0.12	0.63	6.83	7.58
10/04/2018	0.2585	0.4259	161	3.37	2.09	7.52	5	2.768	0.12	0.64	6.14	6.90
10/04/2018	0.3195	0.3961	162	3.37	2.18	7.52	5	2.519	0.12	0.64	5.71	6.47
10/04/2018	0.3800	0.3934	163	3.37	2.31	7.52	5	2.433	0.12	0.64	5.68	6.44
10/04/2018	0.2552	0.3513	166	3.37	2.45	7.52	5	2.107	0.12	0.65	5.26	6.03
10/04/2018	0.2981	0.3434	167	3.37	2.57	7.52	5	2.013	0.12	0.65	5.19	5.96
02/11/2015	0.4228	0.2619	168	3.26	1.74	9.20	5	2.284	0.34	0.68	4.11	5.13
02/11/2015	0.4364	0.1777	169	3.26	1.88	9.20	5	1.488	0.34	0.68	2.81	3.83
02/11/2015	0.3888	0.2377	170	3.26	1.98	9.20	5	1.940	0.34	0.67	3.85	4.87
02/11/2015	0.1649	0.2749	171	3.26	2.01	9.20	5	2.230	0.34	0.66	4.61	5.61


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
02/11/2015	0.1169	0.3064	172	3.26	1.92	9.20	5	2.543	0.34	0.65	4.86	5.84
02/11/2015	0.1215	0.3146	173	3.26	1.77	9.20	5	2.717	0.34	0.64	4.62	5.60
10/04/2018	0.1641	0.3939	174	3.37	2.28	7.52	5	2.451	0.12	0.62	5.52	6.26
10/04/2018	0.2457	0.4260	175	3.37	2.18	7.52	5	2.708	0.12	0.62	5.42	6.16
10/04/2018	0.3069	0.4527	176	3.37	2.13	7.52	5	2.914	0.12	0.63	5.20	5.95
10/04/2018	0.3293	0.4858	177	3.37	2.11	7.52	5	3.142	0.12	0.64	4.92	5.67
10/04/2018	0.3570	0.5026	178	3.37	2.10	7.52	5	3.255	0.12	0.64	4.72	5.48
10/04/2018	0.3830	0.4701	179	3.37	2.11	7.52	5	3.038	0.12	0.65	5.08	5.85
10/04/2018	0.4353	0.4916	180	3.37	2.12	7.52	5	3.169	0.12	0.65	4.94	5.71
10/04/2018	0.5277	0.4545	181	3.37	2.14	7.52	5	2.920	0.12	0.65	5.28	6.05
10/04/2018	0.5546	0.4374	182	3.37	2.15	7.52	5	2.798	0.12	0.65	5.40	6.17
10/04/2018	0.3763	0.4213	183	3.37	2.25	7.52	5	2.638	0.12	0.65	5.61	6.38
10/04/2018	0.2601	0.3953	184	3.37	2.36	7.52	5	2.419	0.12	0.65	5.66	6.43
10/04/2018	0.2454	0.3663	185	3.37	2.53	7.52	5	2.163	0.12	0.64	5.56	6.32
10/04/2018	0.2374	0.3651	186	3.37	2.71	7.52	5	2.083	0.12	0.64	5.71	6.47
02/11/2015	0.1955	0.3504	187	3.26	2.06	9.20	5	2.804	0.34	0.66	5.29	6.29
02/11/2015	0.1718	0.3351	188	3.26	2.05	9.20	5	2.691	0.34	0.66	5.25	6.24


INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
02/11/2015	0.1527	0.3386	189	3.26	1.98	9.20	5	2.766	0.34	0.65	5.10	6.10
10/04/2018	0.1935	0.3675	190	3.37	2.74	7.52	5	2.084	0.12	0.64	5.77	6.53
10/04/2018	0.2394	0.3949	191	3.37	2.85	7.52	5	2.196	0.12	0.64	6.30	7.06
10/04/2018	0.2936	0.3985	192	3.37	2.91	7.52	5	2.194	0.12	0.64	6.42	7.18
10/04/2018	0.3618	0.4439	193	3.37	2.91	7.52	5	2.442	0.12	0.65	6.87	7.64
10/04/2018	0.4822	0.4834	194	3.37	2.91	7.52	5	2.660	0.12	0.65	6.98	7.75
10/04/2018	0.7016	0.4817	195	3.37	2.88	7.52	5	2.664	0.12	0.66	6.90	7.68
10/04/2018	0.9086	0.4770	196	3.37	2.82	7.52	5	2.669	0.12	0.66	6.74	7.53
10/04/2018	0.5958	0.4481	197	3.37	2.75	7.52	5	2.536	0.12	0.66	6.56	7.34
10/04/2018	0.4637	0.4299	198	3.37	2.69	7.52	5	2.462	0.12	0.66	6.36	7.14
10/04/2018	0.3917	0.4508	199	3.37	2.65	7.52	5	2.602	0.12	0.66	6.35	7.13
02/11/2015	0.3616	0.4258	200	3.26	2.51	9.20	5	3.087	0.34	0.67	6.04	7.05
02/11/2015	0.3321	0.4121	201	3.26	2.54	9.20	5	2.971	0.34	0.67	6.25	7.26
10/04/2018	0.2948	0.4907	202	3.37	2.64	7.52	5	2.835	0.12	0.65	6.30	7.07
10/04/2018	0.2659	0.4819	203	3.37	2.66	7.52	5	2.777	0.12	0.64	6.39	7.15
10/04/2018	0.2342	0.4328	204	3.37	2.69	7.52	5	2.478	0.12	0.64	6.43	7.19
10/04/2018	0.2359	0.4660	205	3.37	2.72	7.52	5	2.655	0.12	0.64	6.60	7.35



INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

FECHA_ESTADO DE MAR	PENDIENTE SUMERGIDA	PENDIENTE EMERGIDA INCIDENCIA OLEAJE	PERFIL- TRANSECTO Nº	H ₀ (m.)	H _{prop} (m.) (OLUCA- SP)	T _p (seg.)	5º NIVEL Tr	Ir (PARÁMETRO IRIBARREN)	NIVEL MAREAL (m. N.M.M.A.)	SET-UP LONGUET-H. Y STEWART 1963-1964 (m.)	RUN-UP (m.) AHRENS- TITUS, AHRENS BURKE	COTA ALCANCE OLEAJES (m.)
10/04/2018	0.2376	0.4696	206	3.37	2.72	7.52	5	2.675	0.12	0.63	6.62	7.37
10/04/2018	0.2728	0.4916	207	3.37	2.71	7.52	5	2.806	0.12	0.64	6.56	7.32
10/04/2018	0.2752	0.4649	208	3.37	2.68	7.52	5	2.668	0.12	0.64	6.53	7.29
10/04/2018	0.2715	0.4996	209	3.37	2.66	7.52	5	2.879	0.12	0.64	6.41	7.16
10/04/2018	0.2715	0.4764	210	3.37	2.64	7.52	5	2.754	0.12	0.64	6.45	7.20
10/04/2018	0.2780	0.4620	211	3.37	2.55	7.52	5	2.716	0.12	0.64	6.26	7.02
10/04/2018	0.2895	0.4860	212	3.37	2.45	7.52	5	2.917	0.12	0.64	5.91	6.67
11/12/2017	0.3245	0.5116	213	3.90	2.26	8.61	5	3.656	0.39	0.76	5.01	6.16
10/04/2018	0.3350	0.6093	214	3.37	2.28	7.52	5	3.793	0.12	0.65	4.24	5.01
10/04/2018	0.3500	0.5652	215	3.37	2.28	7.52	5	3.514	0.12	0.65	4.41	5.18
10/04/2018	0.3475	0.5626	216	3.37	2.35	7.52	5	3.450	0.12	0.65	4.68	5.46
10/04/2018	0.3670	0.5396	217	3.37	2.38	7.52	5	3.283	0.12	0.66	5.20	5.97
10/04/2018	0.4864	0.5931	218	3.37	2.49	7.52	5	3.528	0.12	0.66	4.80	5.59
10/04/2018	0.8251	0.6348	219	3.37	2.60	7.52	5	3.697	0.12	0.67	4.94	5.73
10/04/2018	1.1238	0.5925	220	3.37	2.59	7.52	5	3.457	0.12	0.68	5.12	5.91



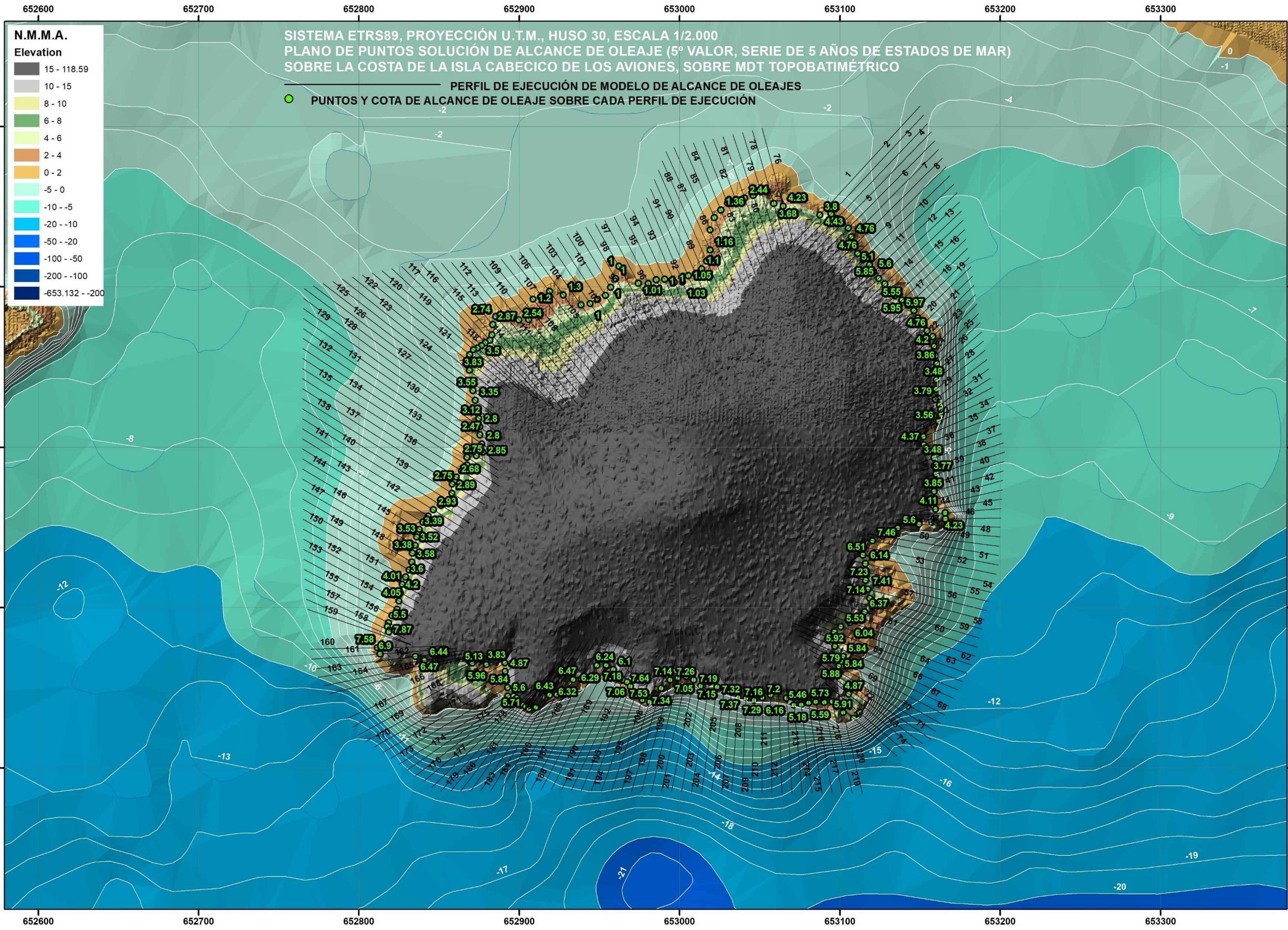
En consecuencia, el resultado final de la línea de máximo alcance de oleajes en el tramo de costa acantilada de unos 1.300' metros del perímetro de la isla Cabecico de los Aviones, término municipal de Mazarrón (Murcia), ha sido obtenido en cumplimiento de lo establecido en la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de Protección y Uso Sostenible del Litoral y de Modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas y con el artículo 4 a del Reglamento General de Costas (Real Decreto 876/2014), con la base metodológica y teórica desarrollada anteriormente, con las formulaciones descritas, así como con los paquetes y herramientas informáticas de SMC versión 2.5 desarrolladas por el GIOC de la Universidad de Cantabria y el anterior Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente para la simulación de la propagación del oleaje mediante modelos numéricos computacionales (MOPLA, Oluca-SP espectral), en combinación con una aplicación informática que opera en plataforma GIS sobre el MDT topobatimétrico, aplicando los modelos descritos (run-up + set-up + incremento mareal) y proporcionando la línea de alcance de oleajes solución, como la que une la quinta cota de alcance de oleaje obtenida para los puntos seleccionados de los 220 perfiles-transectos en los cálculos ejecutados sobre los 11 estados de mar seleccionados.



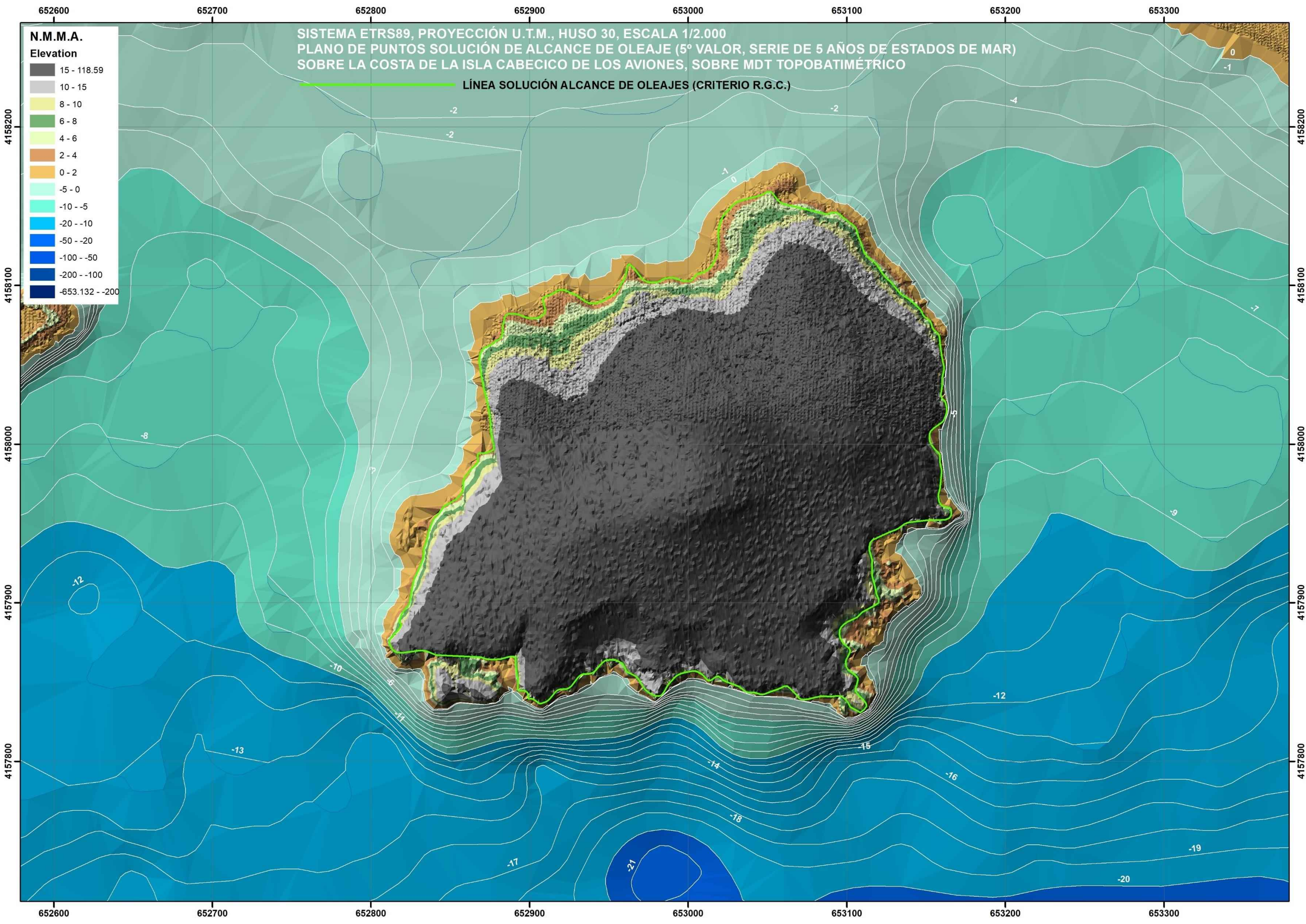
5. PLANOS DE LOS RESULTADOS

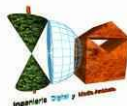
En el primer plano A-3 a escala 1/2.000, en coordenadas del sistema ETRS89, elipsoide GRS80, Proyección U.T.M., Huso 30, referencia altimétrica al N.M.M.A., se reflejan los puntos solución sobre los perfiles-transectos de incidencia prolongados sobre el MDT emergido con su cota de alcance de oleaje asociada, intersección del quinto valor ejecutado por el modelo seleccionados sobre los perfiles transectos seleccionados con el MDT (quinto alcance sobre cada perfil seleccionado del $Tr=5$ de entre los 11 obtenidos para cada perfil).

En el segundo y tercer planos, A-3 a escala 1/2.000, en coordenadas del sistema ETRS89, elipsoide GRS80, Proyección U.T.M., Huso 30, referencia altimétrica al N.M.M.A., se representa la línea de alcance de oleajes solución que cumple con los preceptos reglamentarios, resultante de unir los puntos de cota de alcance de oleaje cuya magnitud es la quinta de los 11 estados de mar en cada perfil seleccionado (punto de intersección del perfil y MDT en el quinto valor de inundación obtenido sobre cada perfil seleccionado), sobre el MDT.









INGENIERIA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

C/ Cañadilla 6, local 68, C. Comercial Coronado, Las Rozas de Madrid 28231, Madrid

Pza. de la Montañeta 4, entresuelo, 03001 Alicante

Tfno.: 918961731; Fax: 918903410; e-mail: idyma@idyma.es

MADRID, NOVIEMBRE DE 2021, LA EMPRESA CONSULTORA



INGENIERÍA DIGITAL Y MEDIO AMBIENTE S.L. (IDYMA)

FDO: CHRISTIAN JESÚS MONTERO LLERANDI

INGENIERO DE MONTES COLEGIADO 2713



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº 4: Estudio de pendientes

ANEJO Nº 4: ESTUDIO DE PENDIENTES

**INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS
ACANTILADOS EN LA ISLA
T.M DE MAZARRÓN
REF: DES01/22/30/0002**



Abril 2025

Índice

Introducción y objetivo	4
Reportaje fotográfico	10
Metodología	14
Resultados	23

Introducción y objetivo

La finalidad del estudio es el cálculo de la pendiente existente en los acantilados de la isla denominada “La Isla o Isla de Adentro”, en el término municipal de Mazarrón.

Para ello, se han de delimitar en primer lugar los acantilados sensiblemente verticales de a los que se refiere el artículo 4.4 de la Ley 22/1988 de Costas, siguiendo los criterios técnicos descritos en el artículo 5.4 del Reglamento General de Costas:

5.4. Los acantilados sensiblemente verticales, que estén en contacto con el mar o con espacios de dominio público marítimo-terrestre, hasta su coronación.

A estos efectos, se consideran acantilados sensiblemente verticales aquellos cuyo paramento, como promedio, pueda ser asimilado a un plano que forme un ángulo con el plano horizontal igual o superior a 60 grados sexagesimales. Se incluirán en su definición las bermas o escalonamientos existentes antes de su coronación.

Por otro lado, el concepto legal de acantilado sensiblemente vertical y el método para su determinación ha sido objeto de numerosos litigios entre particulares y la Administración y, fruto de ellos, los Tribunales han ido fijando en las distintas sentencias¹ los criterios o interpretaciones (doctrina) que la Administración sigue, con la finalidad de garantizar la seguridad jurídica y el principio de igualdad en los procedimientos de deslinde del dominio público. A continuación, se presenta una síntesis de los criterios fijados hasta la fecha, que han sido recogidos en una de las últimas sentencia firme de la Audiencia Nacional ([SAN 4755/2015](#)) donde se ha tratado este asunto:

- 1. Debe tomarse un plano horizontal con el que formar el ángulo, plano que será el que esté en contacto con el mar o con el dominio público marítimo-terrestre, es decir, o bien con la playa o bien con la zona marítimo-terrestre que forman parte de la ribera del mar, art 3.1 de la Ley de Costas, o bien, en su caso, con alguno de los demás espacios que, a tenor de los artículos 4 o 5 de la Ley de Costas, forman parte de dicho dominio público estatal.*
- 2. La verticalidad debe determinarse como promedio, es decir, no tomando un punto o puntos concretos del terreno, sino el promedio de todos ellos.*
- 3. La inclusión de tales acantilados con el dominio público solo es procedente cuando el ángulo que se forme sea igual o superior a 60 grados sexagesimales, ya que, si es inferior*

¹Sentencias del Tribunal Supremo de 13 de julio de 2001 -recurso nº. 6.963/1994-, de 29 de octubre de 2003 -recurso nº. 4.208/1999-, de 13 de noviembre de 2003 -recurso nº. 6.741/1991-, de 20 de enero de 2004 -recurso nº. 6.495/2000-, de 28 de abril de 2004 -recurso nº. 6.994/2001-, de 25 de marzo de 2011 -recurso nº. 1.796/2007- y 15 de junio de 2011 -recurso nº. 2.2239/2007-
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

a dicha media, la línea de deslinde no se trazará por la coronación del acantilado, sino por la parte baja o base del talud del mismo.

En el Fundamento de Derecho QUINTO, la sentencia SAN 4755/2015 recoge, además, los siguientes criterios, que han sido tenidos en cuenta para la práctica del estudio de pendientes:

- *Cuando el acantilado está en contacto directo con el mar, la medición debe partir de la cota cero, el nivel del mar, y no desde el punto donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos (...). Solo cuando los acantilados no estén en contacto directo con el mar, sino que entre estos y el mar existen playas, arenales o zonas que pueden calificarse de dominio público es cuando la medición del acantilado ha de tomar como cota cero el contacto del acantilado con el dominio público.*
- *Respecto de la verticalidad del acantilado, debe determinarse como promedio, es decir, no tomando un punto o puntos concretos del terreno sino el promedio de todos los que constituyen una mínima unidad geomorfológica.*
- *La verticalidad de un acantilado no se mide por tramos, sino que ha de hacerse en su conjunto partiendo de la cota cero hasta el punto más alto del mismo (Sentencia de esta Sala de 22 de diciembre de 2011 -recurso nº. 251/2010-).*

Junto a los criterios anteriores, se ha tenido en cuenta en el presente deslinde el criterio establecido por los Tribunales² para la fijación del límite interior de la ribera del mar en tramos de costa con acantilados sensiblemente verticales en contacto directo con el mar u otros bienes de dominio público: <<la línea exterior de la ribera del mar es el punto de contacto tierra-agua y la línea interior se extiende hasta la altura de coronación, siendo en ese caso coincidente ese límite interior con el del dominio público>>³.

Asimismo, se ha tenido en cuenta el deslinde de Zona Marítimo-Terrestre vigente MU-3/D.19(910) C-DL-8-Murcia (O.M. 19/04/1975).

A partir de este análisis se procede a realizar el siguiente estudio para la estimación de la pendiente promedio de los acantilados de la isla y localizar el punto de coronación en los que cumplan el criterio el valor mínimo de pendiente (60° sexagesimales).

El presente estudio se elabora en el marco de la propuesta de delimitación provisional del dominio público marítimo-terrestre de La Isla de Adentro, elaborada por el Servicio Periférico de Costas en Murcia (Expediente DES01/22/30/0002).

² Sentencias de 13 de julio de 2001 (RC 6963/1994), de 29 de octubre de 2003 (RC 4208/1999), de 13 de noviembre de 2003 (RC 6741/1991) de 20 de enero de 2004 (RC 6495/2000) de 28 de abril de 2004 (RC 6994/2001), de 25 de marzo de 2011 (RC 1796/2007), y de 15 de junio de 2011 (RC 2239/2007)

³ Sentencia del Tribunal Supremo de 20 de enero de 2004

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL



Ilustración 1: Planta general Isla de Adentro, línea propuesta de deslinde (verde) y deslinde de ZMT vigente (negro).

Zona de estudio

La Isla de Adentro es una isla de menos de 10 ha de superficie, situada frente a la también denominada playa de La Isla, en el término municipal de Mazarrón (Murcia). La isla se ubica en el Golfo de Mazarrón, un tramo de costa donde alternan promontorios rocosos con calas y playas asociadas a desembocaduras de ramblas.

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

Una manera de hacer Europa

INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF: DES01/22/30/0002

En conjunto se trata de un tramo de costa de baja energía, expuesta solo a los vientos y temporales del segundo y tercer cuadrante, con un *fetch* muy limitado por la protección que el Cabo Tiñoso da a todo este tramo de costa.



Ilustración 2: Encuadre de la Isla de Adentro en el golfo de Mazarrón. Fuente: Google Maps

La Isla de Adentro se ubica a apenas 300 m de la línea de costa, tiene una altura máxima de 50,83 msnm, una superficie de 8,42 ha y un perímetro de aproximadamente 1,421 km. En su cara norte hay dos pequeñas calas, mientras que el resto de su costa está formada por acantilados de altura comprendida entre los 10 y 20 metros en su mayor parte.

**INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002**



Ilustración 3: Cara sur y oeste de la isla. En segundo plano la Isla de Adentro y la playa de La Isla. Fuente. Vuelo oblicuo de la costa Dirección General de Costas. Noviembre de 1992.

La isla no dispone de embarcadero para acceder a ella, siendo las dos pequeñas calas situadas en su cara norte; casi las únicas zonas accesibles de su franja costera; en la actualidad la isla está despoblada, pero a principios del pasado siglo XX se construyó una edificación como residencia de una familia relacionada con la fábrica de fundición Santa Elisa.

*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA.T.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*



Ilustración 4: Cara norte de la isla. Tramo de costa baja y rocosa con dos pequeñas calas. Se conservan los restos de antiguas edificaciones construidas (Casa de Los Alemanes).

Reportaje fotográfico

La inaccesibilidad de gran parte de la franja litoral de la isla complica mucho la toma de datos sobre el terreno. El reportaje fotográfico de la franja costera se limita a las zonas menos abruptas (calas y zonas de costa baja de la cara norte de la isla) o donde había senderos que permitían acercarse al borde del acantilado (cara oeste y sureste).



Ilustración 5: Cara norte de la isla: calas de arena y grava.

*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA T.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*



Ilustración 6: Cara norte de la Isla: Franja de costa baja y rocosa



Ilustración 7: Cara oeste de la isla: costa con acantilados bajos y medios; bloque, islotes y arco.

**INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA.T.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002**

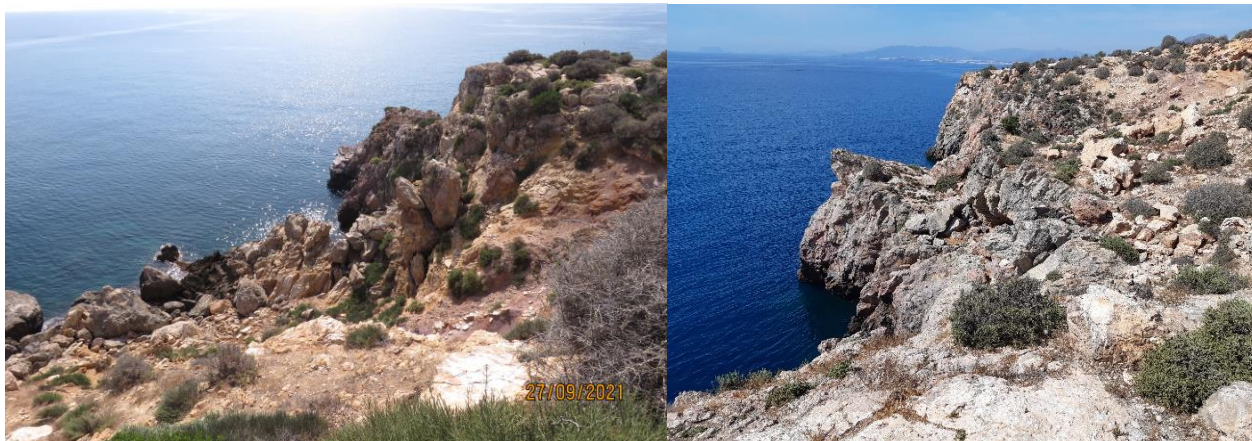


Ilustración 8: Cara sureste de la isla. Tramo de bloques caídos al pie de acantilados.

*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA T.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*

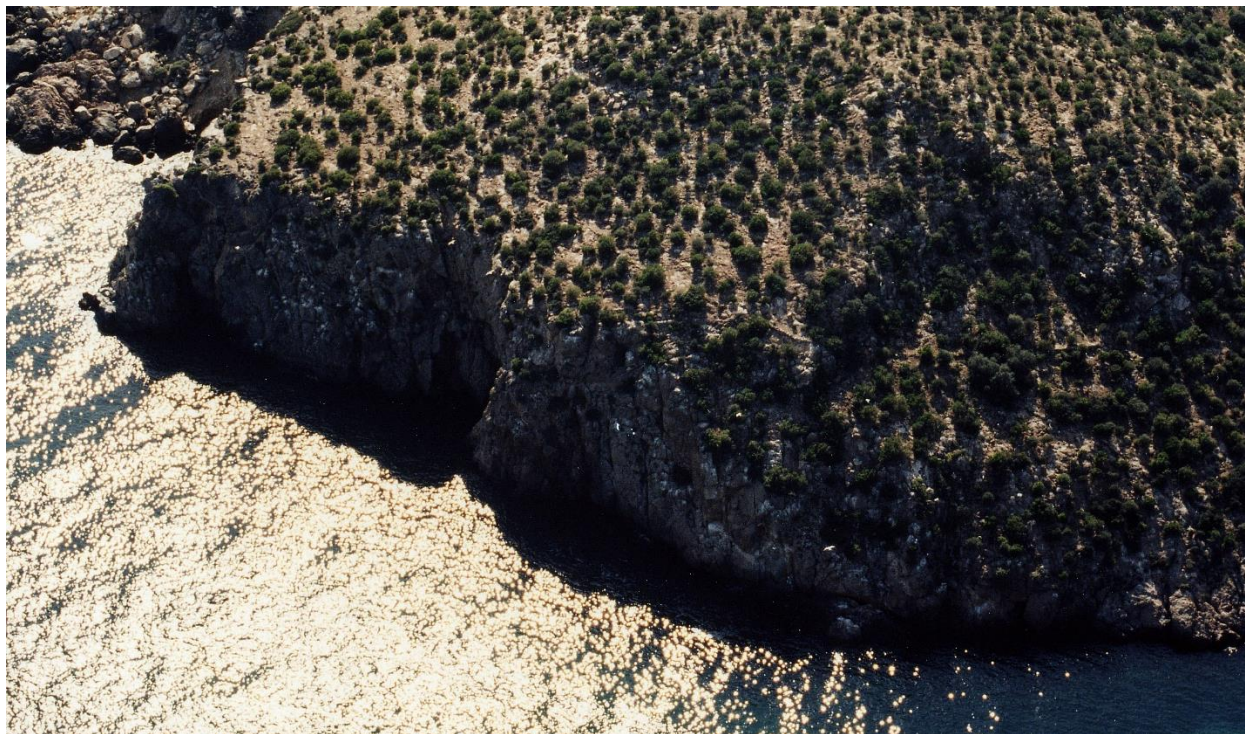


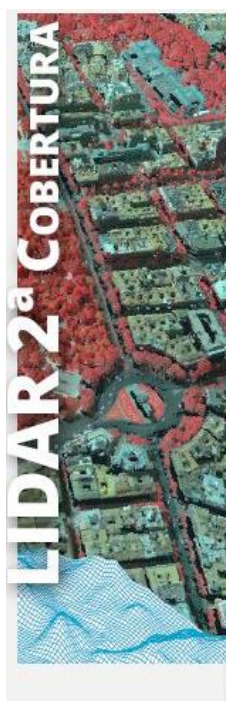
Ilustración 9: Acantilados de 20 metros de altura en la cara este de la Isla.

Metodología

La inaccesibilidad del tramo de costa impide la toma de datos en campo por lo que el cálculo la pendiente promedio se ha realizado de forma exclusiva a partir de datos cartográficos.

Para llevar a cabo los trabajos, se ha realizado un curvado de 0,5x0,5 metros a partir del modelo de elevaciones disponible en el vuelo PNOA 2015-2021. A partir del mismo, se ha generado un mallado del terreno mediante el uso del software MDT v9 sobre ZWCAD 2022.

Para generar el modelo digital de elevaciones se ha partido de la información elaborada por el Centro Nacional de Información Geográfica, organismo competente para la producción, actualización y explotación de las bases de datos de los aspectos topográficos de la Información Geográfica de Referencia considerada en el Anexo I de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España, sobre modelos digitales de elevaciones, siendo el producto de mayor precisión y fiabilidad del que dispone dicho organismo hasta la fecha el correspondiente al LIDAR 2ª Cobertura (2015-Actualidad)⁴, que puede ser descargado en el portal habilitado para ello (Centro de Descargas del Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica).



LIDAR 2ª Cobertura (2015-2021)

Descripción: ficheros digitales de nubes de puntos 3D obtenidos con LIDAR y de ámbito Nacional coloreados con color verdadero (RGB) o con infrarrojo (IRC).

SGR: ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. Alturas ortométricas.

Ud. descarga: superficies de 2x2 km de extensión con excepciones de 1x1 km.

Formato: fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

Ver +

Metadatos

Información auxiliar



Por listado



Por mapa

Las hojas usadas han sido las siguientes:

Nombre archivo	Formato	Fecha	Resolución	MB
PNOA-2016-MUR-VAL-CLM-652-4158-ORT-CLA-RGB.LAZ	LAZ	2016 - 2017	Densidad 0,5 pto/m2	5.72
PNOA-2016-MUR-VAL-CLM-652-4160-ORT-CLA-RGB.LAZ	LAZ	2016 - 2017	Densidad 0,5 pto/m2	19.10

Tabla. Cartografía del vuelo Lidar disponible en el Instituto Geográfico Nacional.

⁴ Enlace a metadatos: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/linkUnMD>
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA T.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*

Estas hojas proporcionan nubes de puntos clasificadas en función de la naturaleza del punto en el terreno. Para la realización del modelo se usan únicamente los puntos clasificados como terreno. Así mismo, se han eliminado los puntos de cota situados hacia el mar desde la línea de costa digitalizada a partir de la ortofoto del vuelo realizado en 2021 (9 cm de pixel).

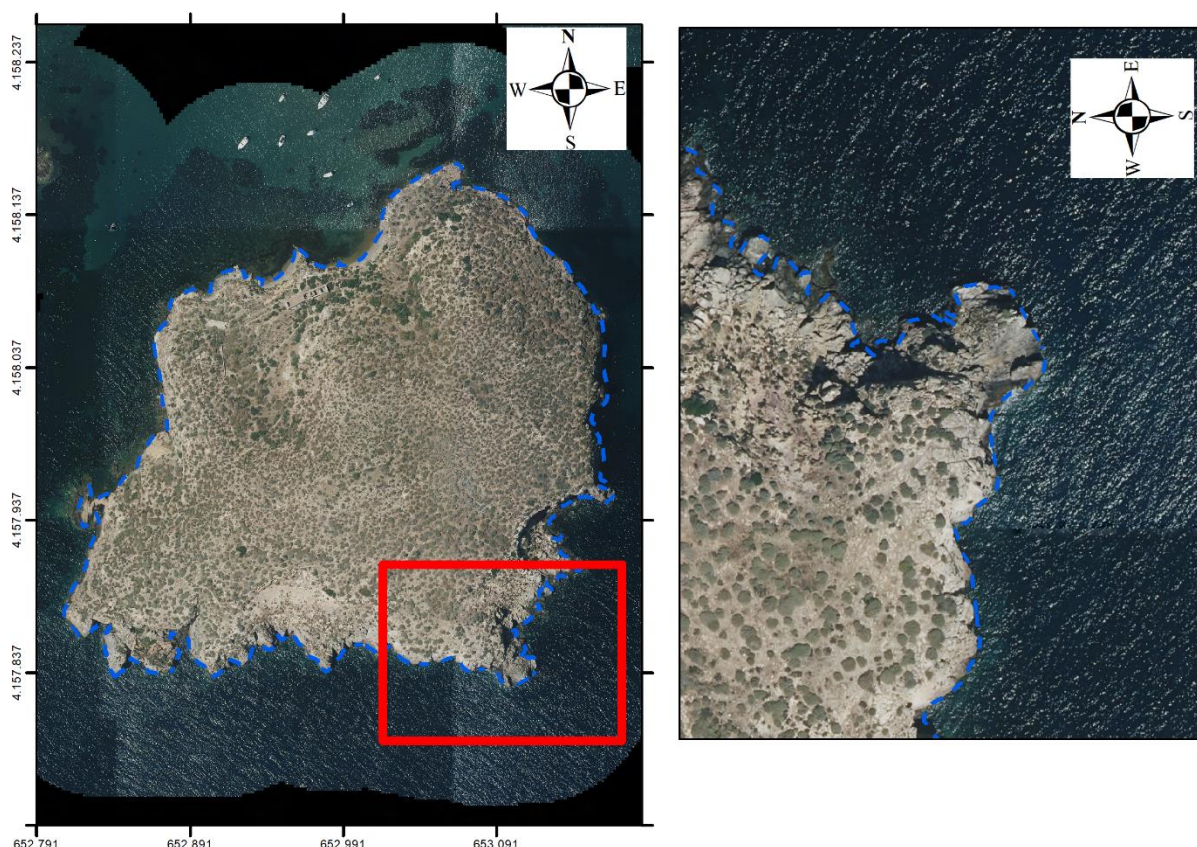


Ilustración 10: Imagen de línea de cota 0 digitalizada sobre ortofoto 2021.

Una vez disponemos del mallado y curvado, se llevan a cabo la obtención de 10 perfiles longitudinales que han servido de base topográfica para la aplicación de los criterios referidos en las páginas 4, 5 y 6 del presente documento. Los perfiles longitudinales se obtienen perpendiculares a la línea de cota cero (magenta) definida en las curvas de nivel.

INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA.T.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002



Ilustración 11: Mallado y curvas de nivel obtenido de resolución 0,5 x 0,5 metros (MDT 9, ZWCAD).

*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA.T.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*



Ilustración 12: Perfiles longitudinales. (MDT 9, ZWCAD).

INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF: DES01/22/30/0002

Para ubicar el punto de coronación en los acantilados sensiblemente verticales ($> 60^\circ$), además del resultado del modelo digital de elevaciones construido, se ha utilizado como apoyo la ortoimagen generada a partir del vuelo fotogramétrico realizado por SPASA por encargo de TRAGSATEC, con una resolución de 9 cm, cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas por PNOA 2021 con Especificaciones de Costas. Del mismo modo se ha tomado como referencia esta imagen para digitalizar la línea de costa.

El vuelo se realizó durante el verano del año 2021. En el apéndice nº 1 del presente estudio se incluye el Informe del vuelo.



Ilustración 13: Zonas objeto del vuelo realizado por encargo de TRAGSATEC.

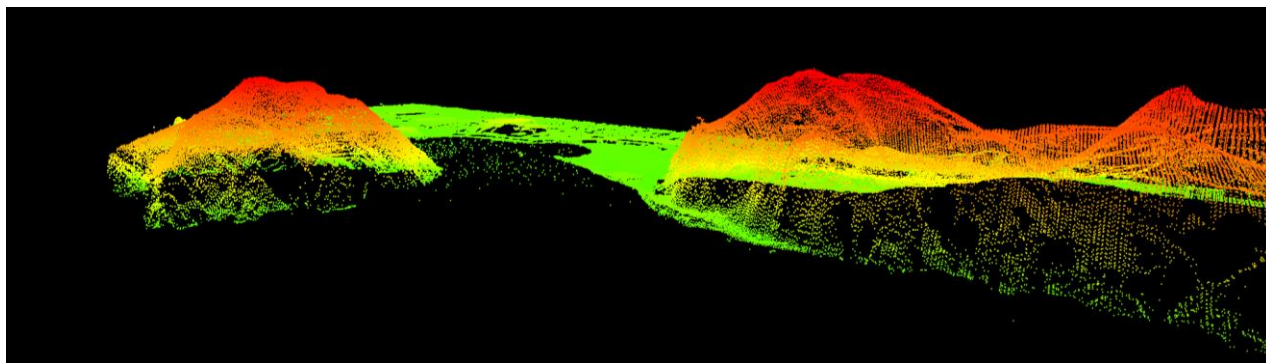


Ilustración 14: Nube de puntos LAS descargados para la zona de estudio.

La representación de la superficie del terreno se ha realizado mediante el software ArcMap 10.3, con el módulo Arcgis 3D y Arcgis Analyst, siguiendo la siguiente secuencia:

- Crear Dataset LAS a partir de los archivos descargados del IGN
- Edición del Dataset para la eliminación de puntos con cota superior a 0 por fuera de la línea de costa digitalizada.
- Generar un TIN (red irregular triangular) a partir del Dataset LAS con la extensión 3D Analyst

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

Una manera de hacer Europa

*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*

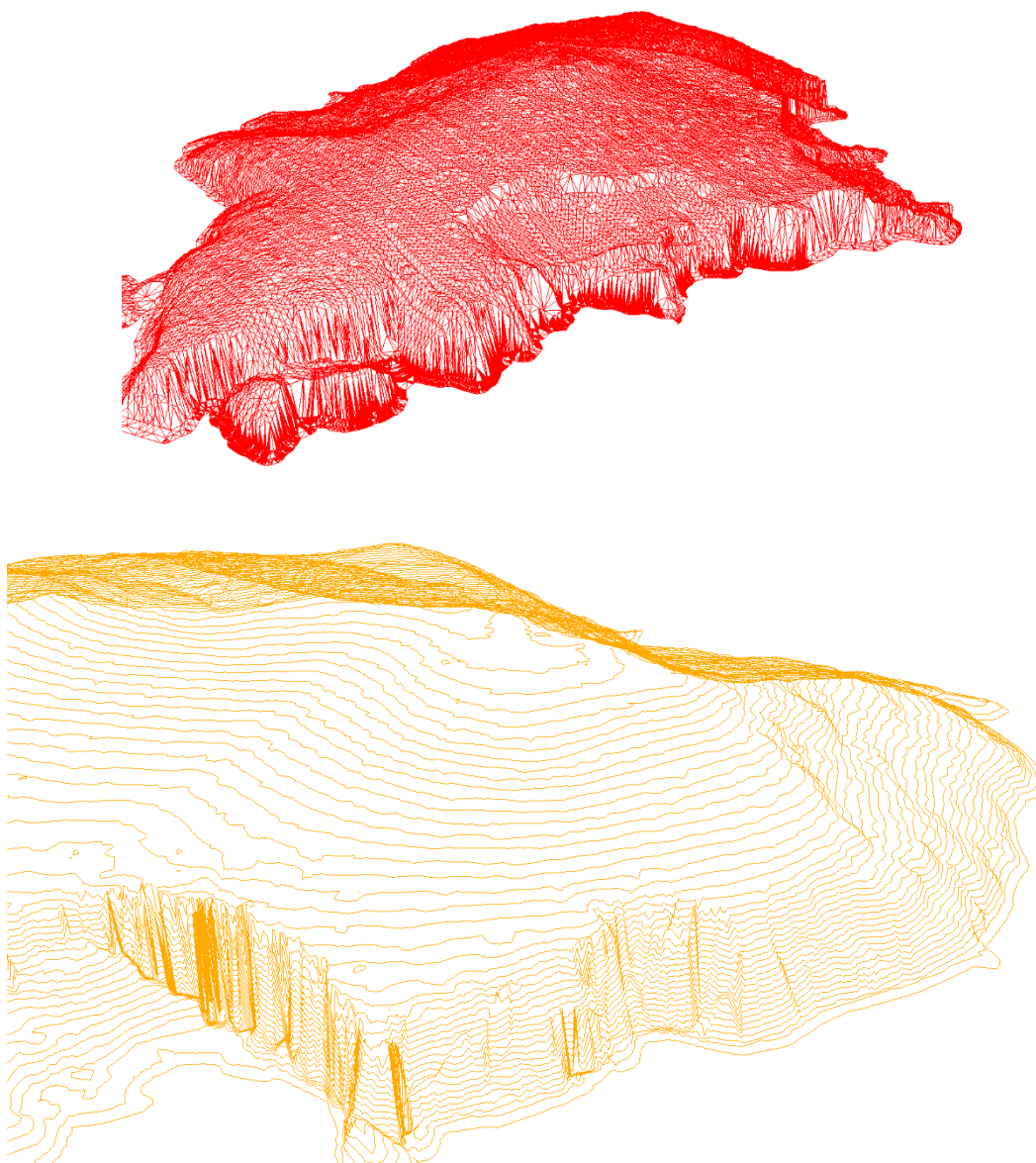
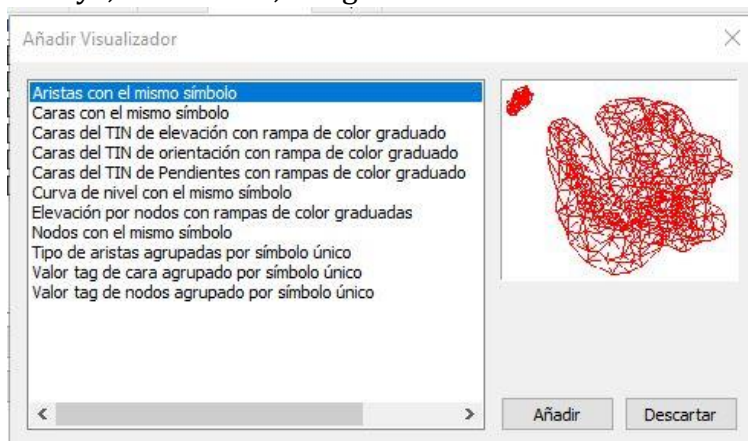


Ilustración 15: TIN y curvado de 1 m elaborado a partir de datos LIDAR del IGN

**INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002**

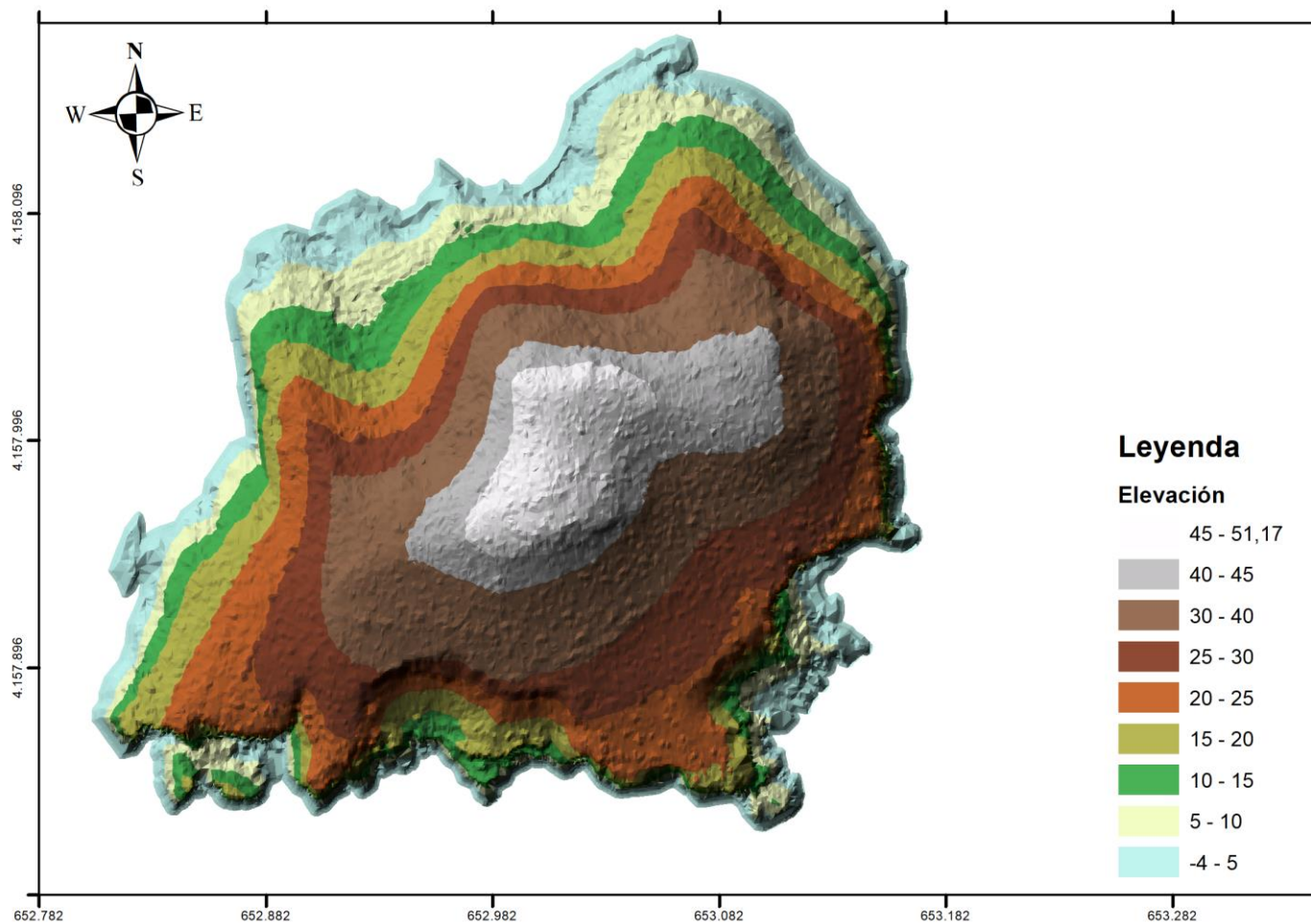
La red de triángulos irregulares (TIN) incluye, entre otros, la siguiente información:

- Caras del TIN de elevación
- Caras del TIN de orientación
- Caras del TIN de Pendientes
- Curvas de nivel



En las siguientes figuras se representa el modelo de elevaciones y pendientes de la Isla de Adentro obtenido siguiendo los pasos indicados.

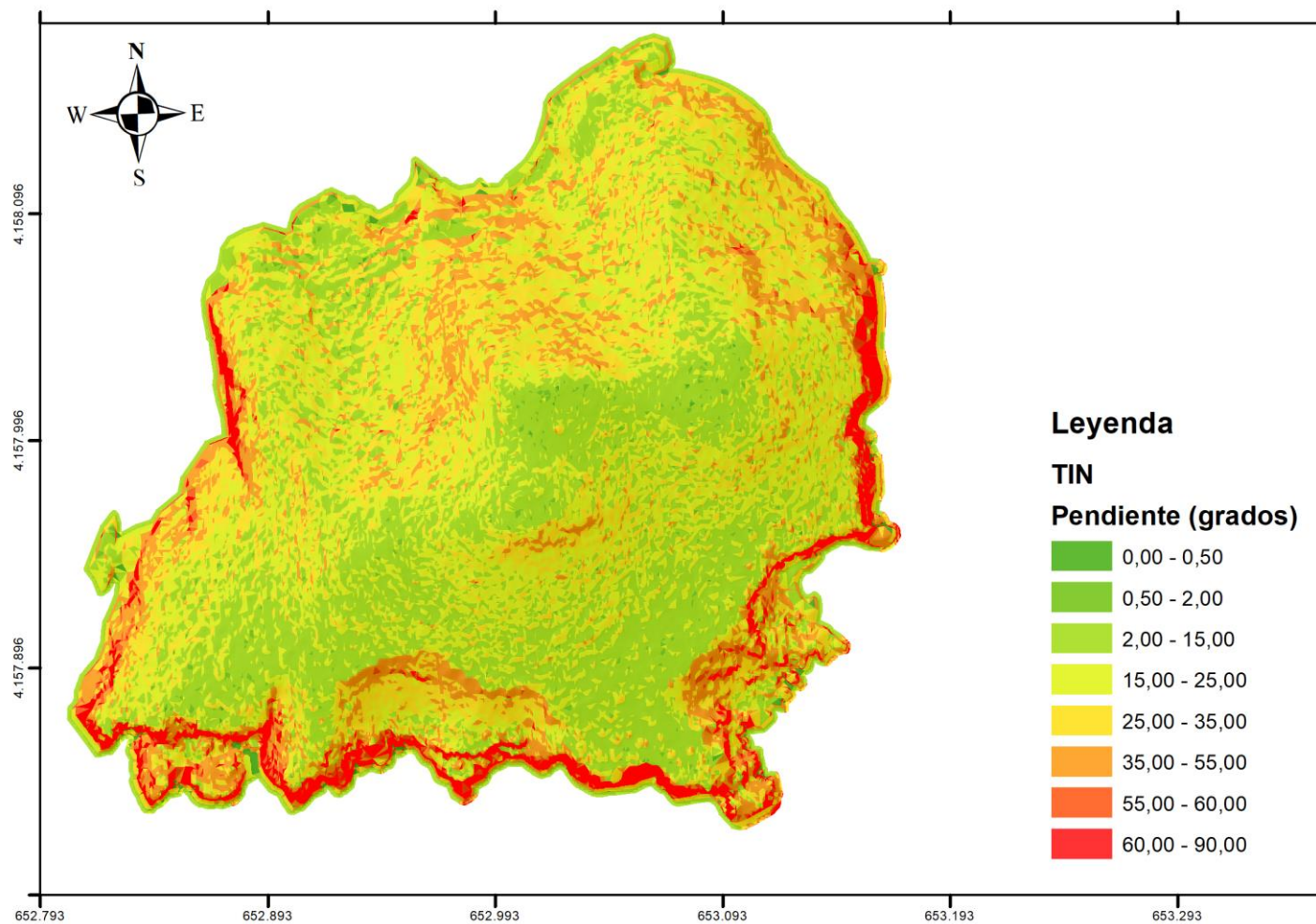
INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA.T.M DE MAZARRÓN REF: DES01/22/30/0002



FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

Una manera de hacer Europa

INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF: DES01/22/30/0002



FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

Una manera de hacer Europa

Resultados

A partir de los datos anteriores, se puede identificar y seleccionar aquellos tramos de costa donde se cumple el criterio de verticalidad exigido en el Reglamento de Costas ($\geq 60^\circ$). El resultado obtenido es el siguiente:

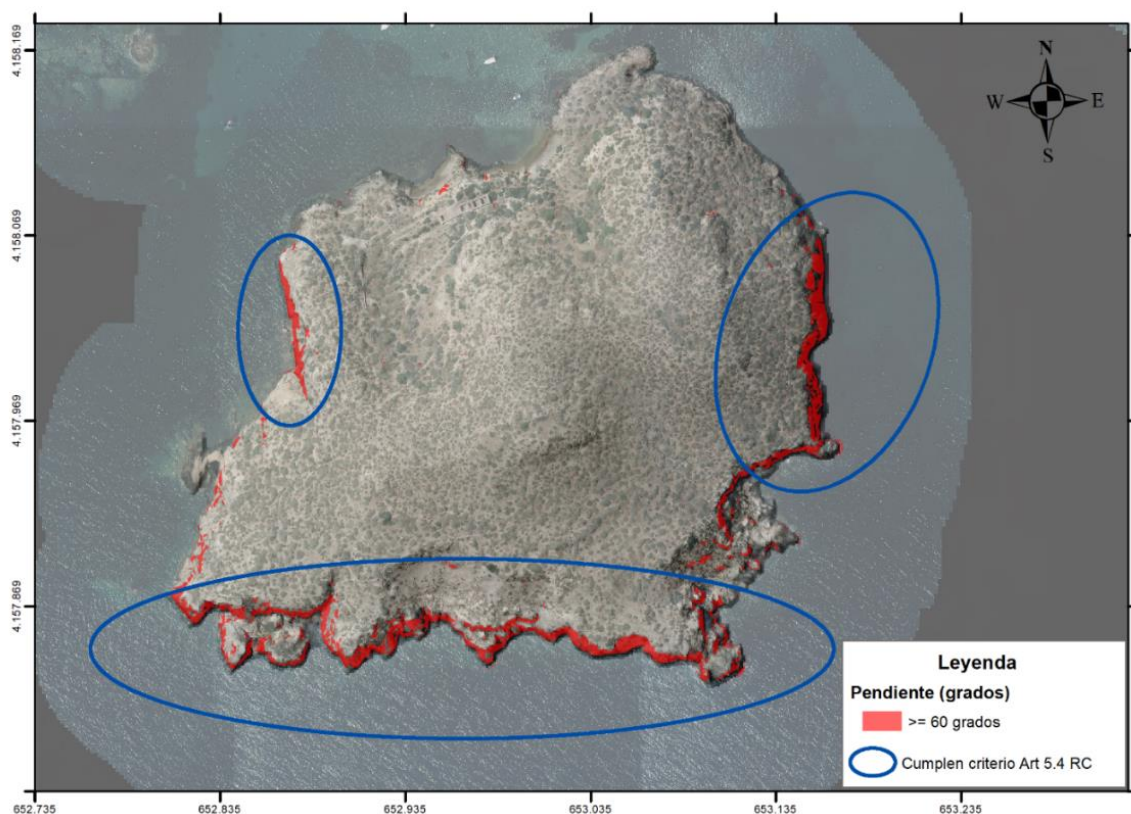


Ilustración 16: Zonas con acantilados sensiblemente verticales

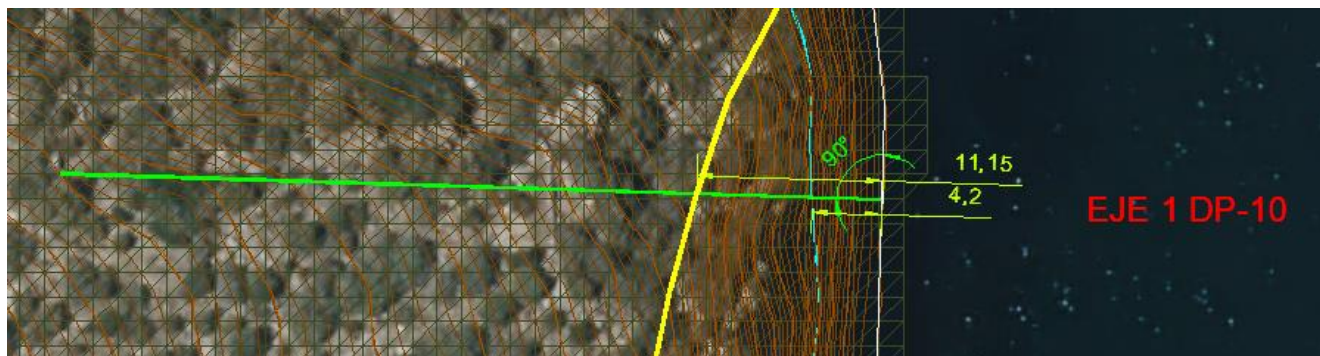
*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLA DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*

La siguiente imagen muestra la planta general de los perfiles longitudinales realizados.

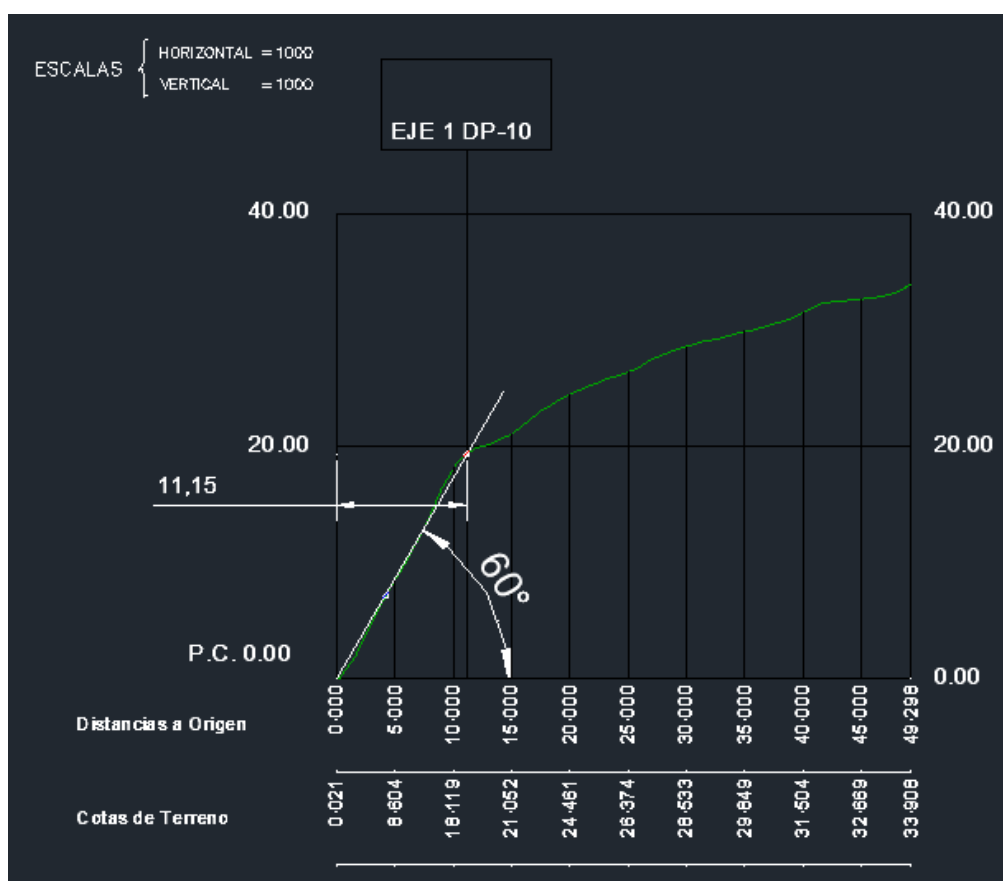


Ilustración 17: Planta general perfiles transversales realizados.

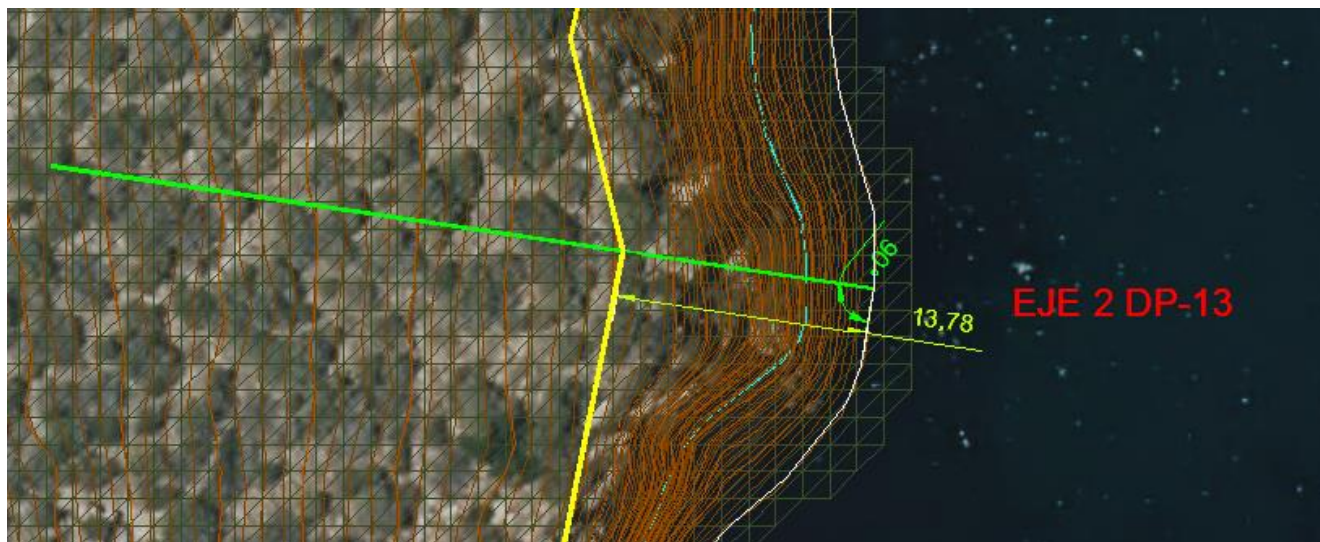
*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*



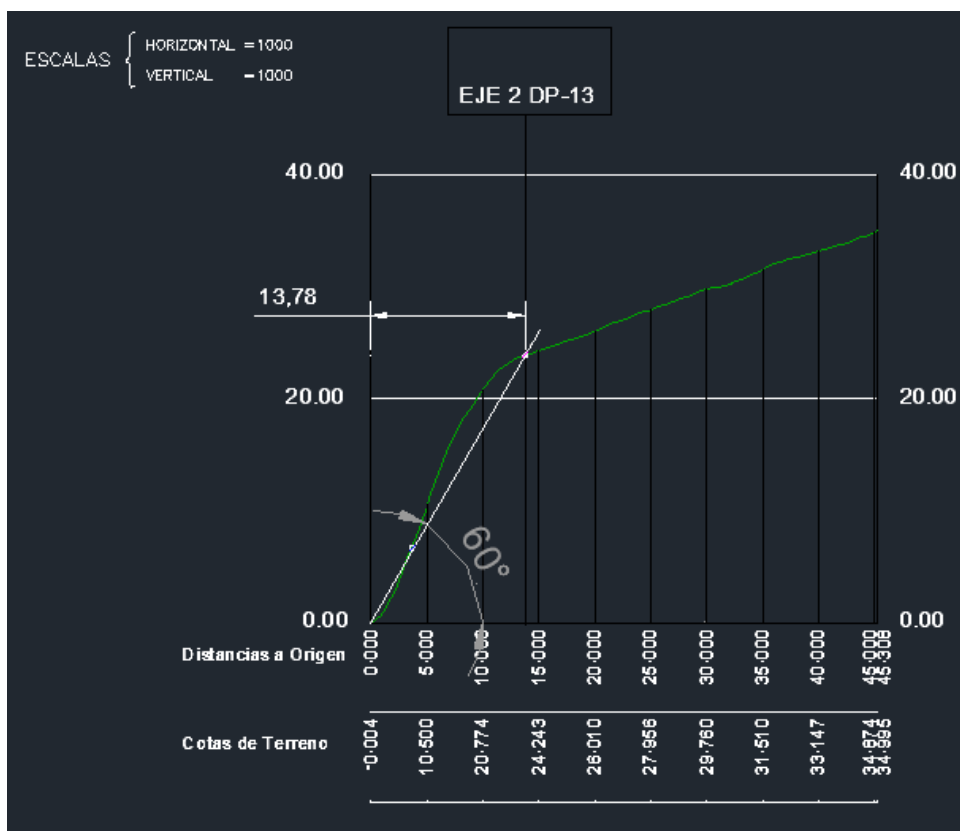
Planta General Perfil Longitudinal N°1.



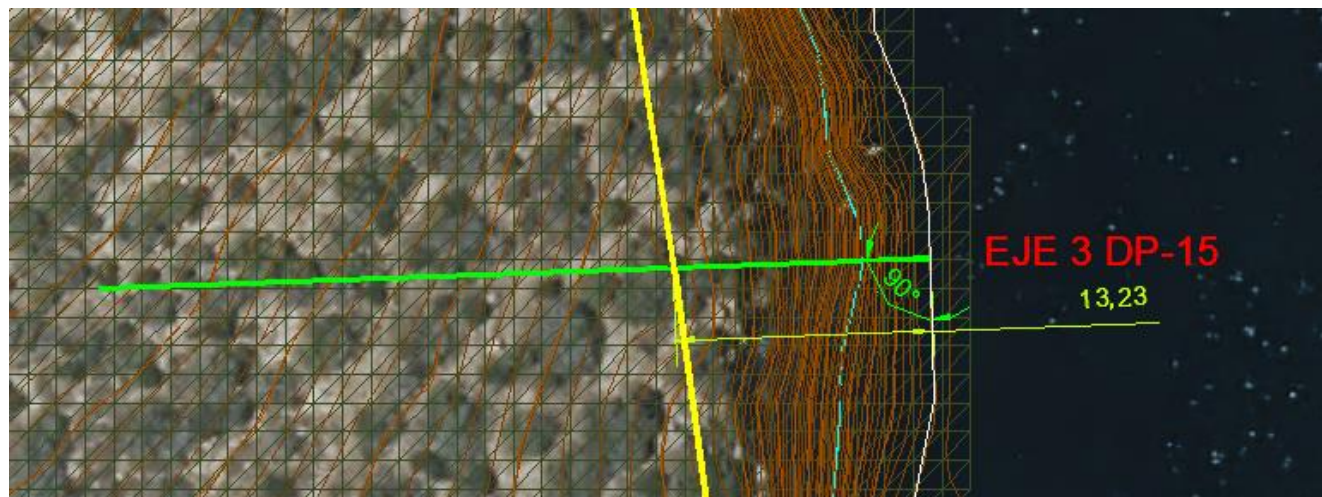
**INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002**



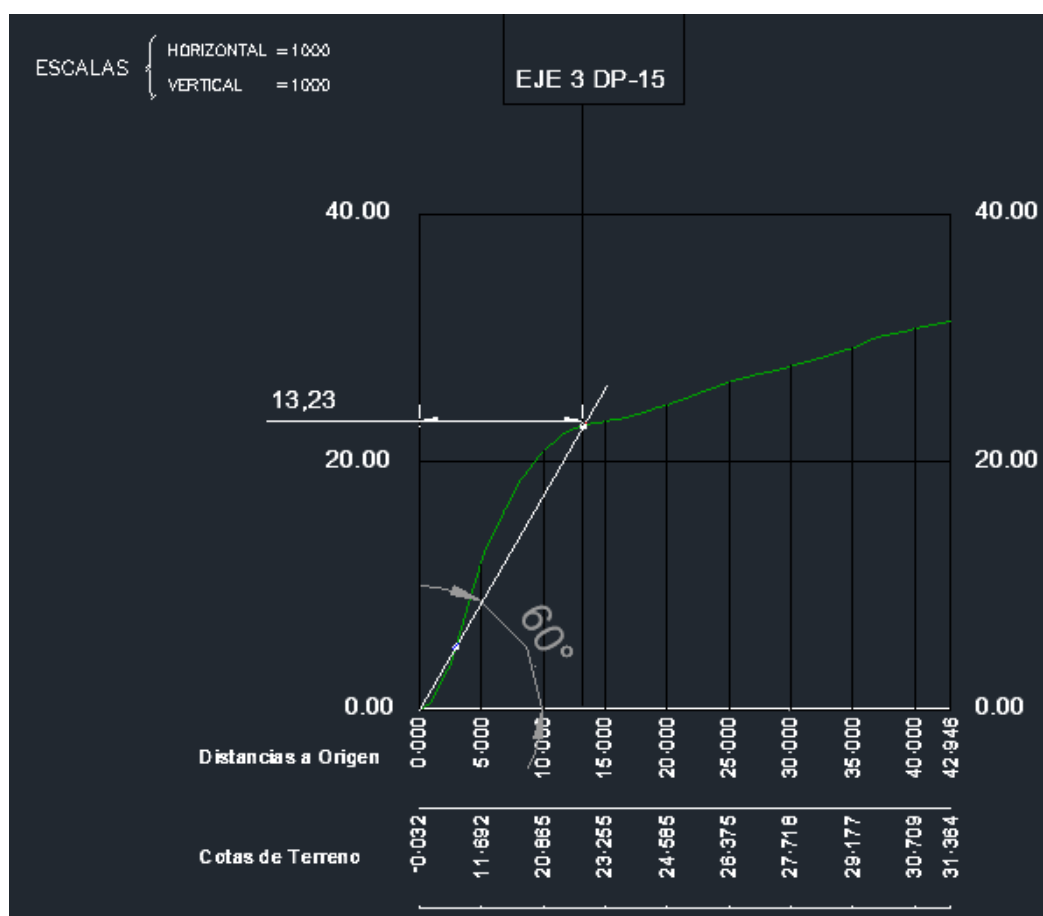
Planta General Perfil Longitudinal N°2.



INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002



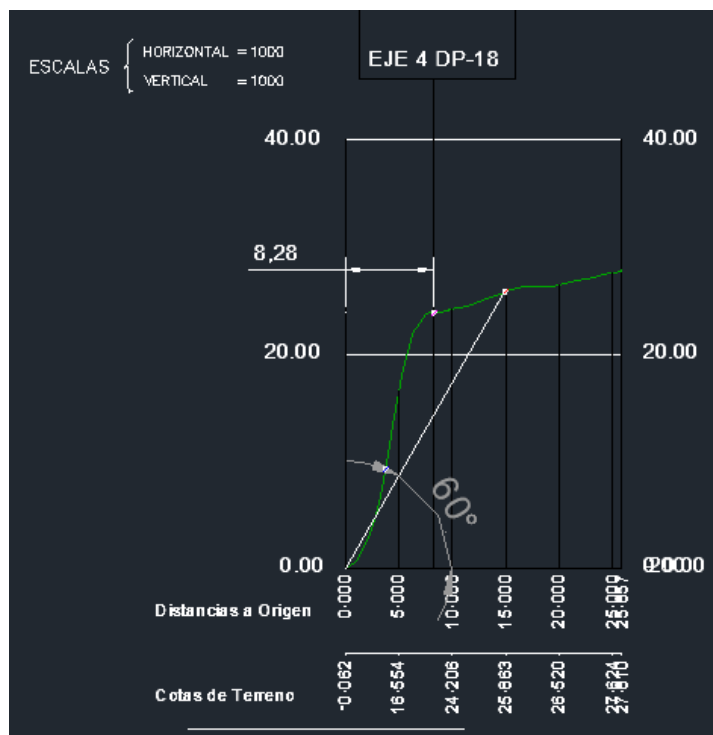
Planta General Perfil Longitudinal N°3.



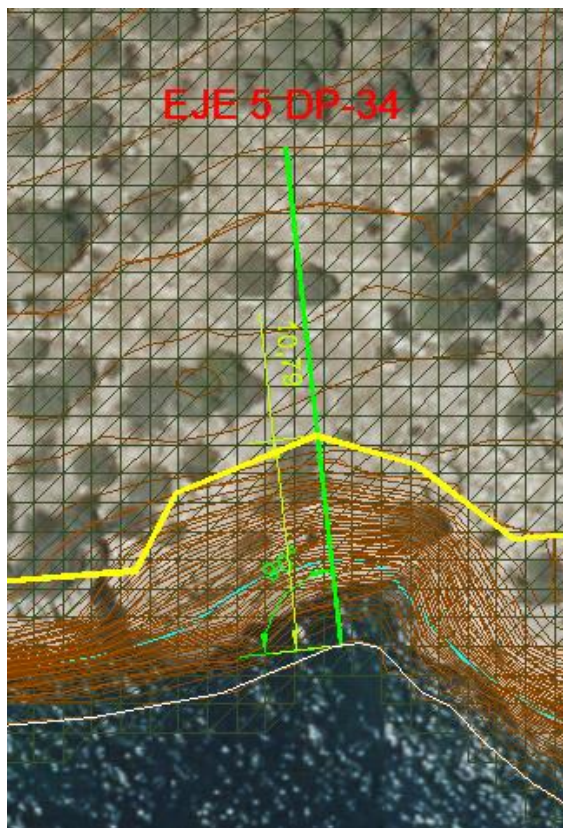
**INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002**



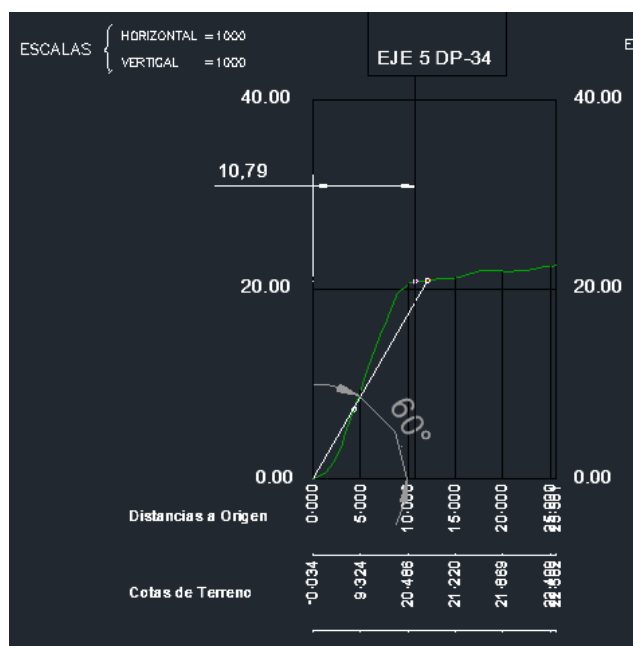
Planta General Perfil Longitudinal N°4.



*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*



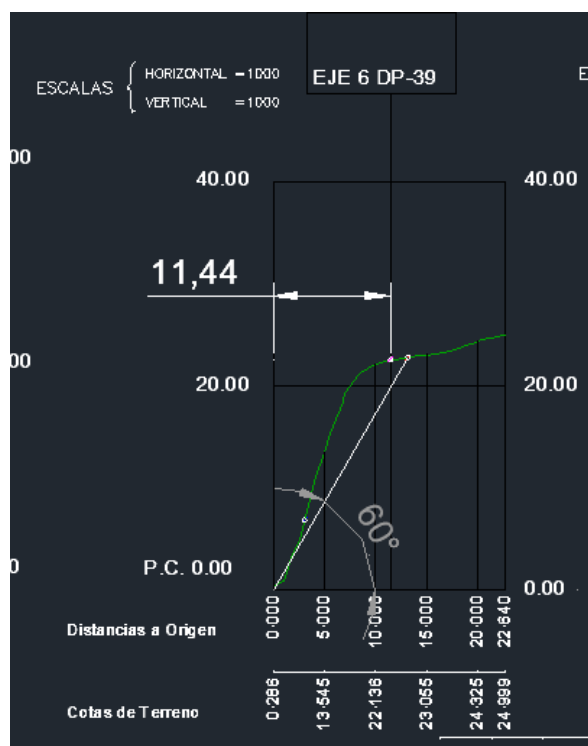
Planta General Perfil Longitudinal Nº5.



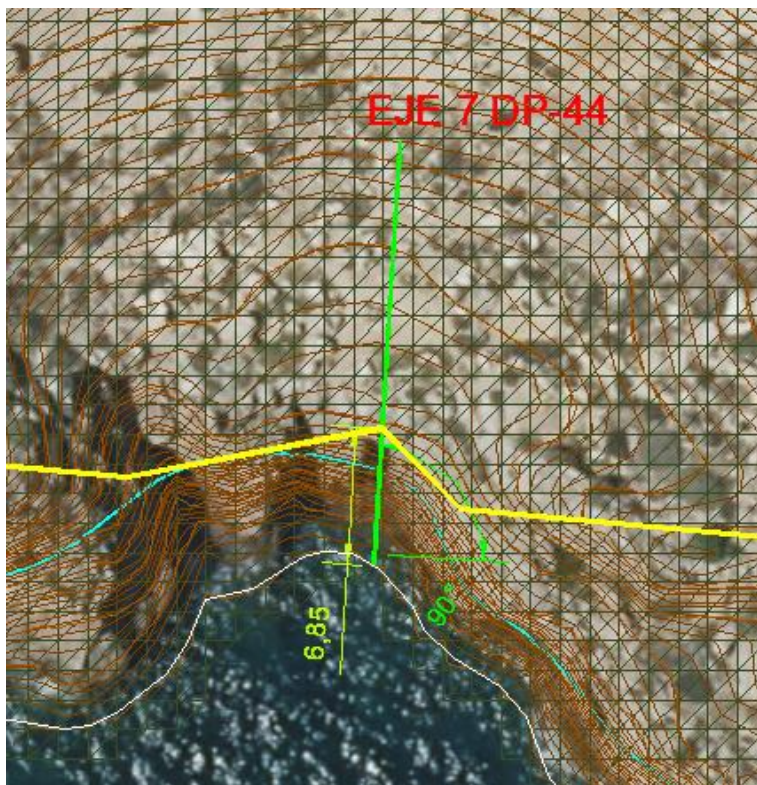
**INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002**



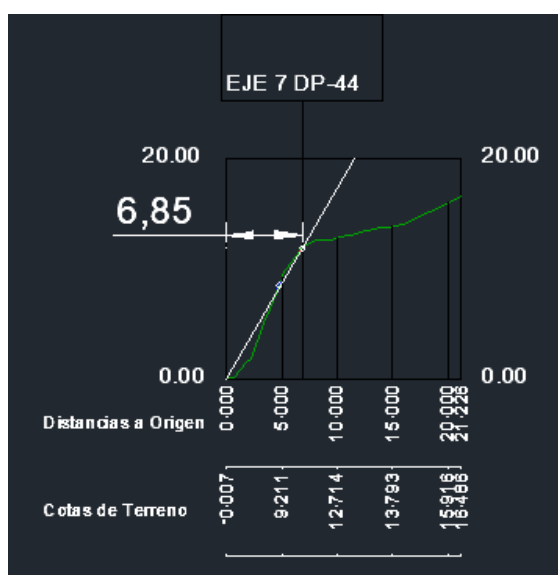
Planta General Perfil Longitudinal N°6.



INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002



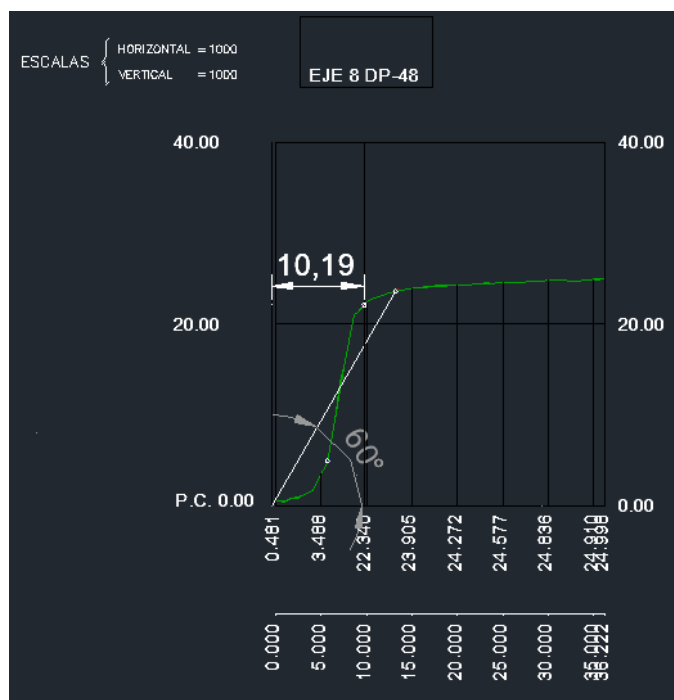
Planta General Perfil Longitudinal N°7.



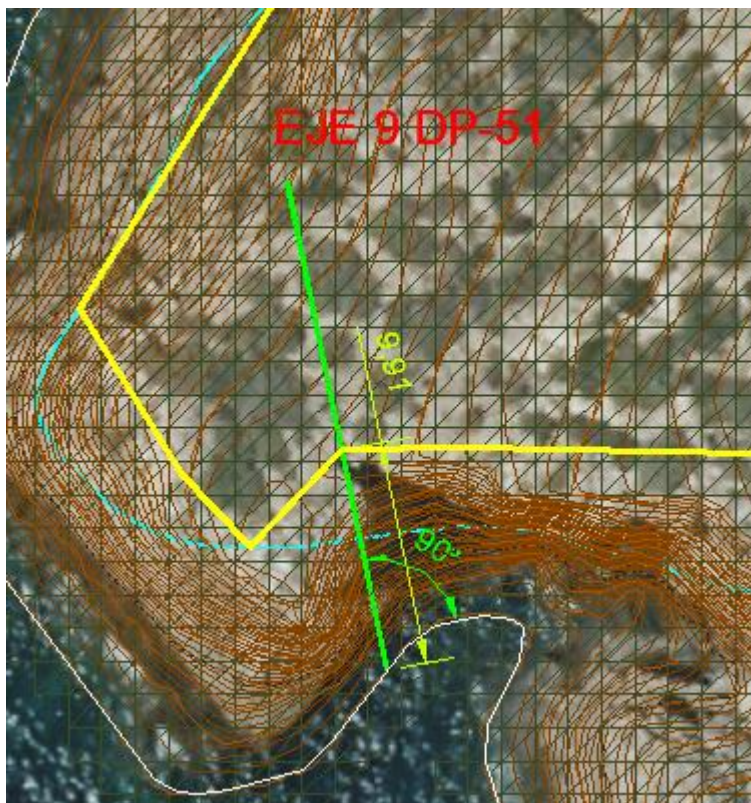
INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002



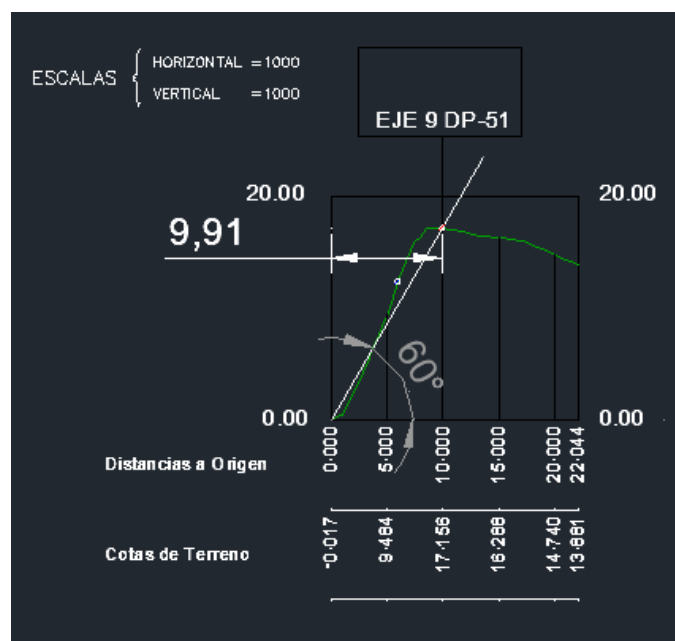
Planta General Perfil Longitudinal N°8.



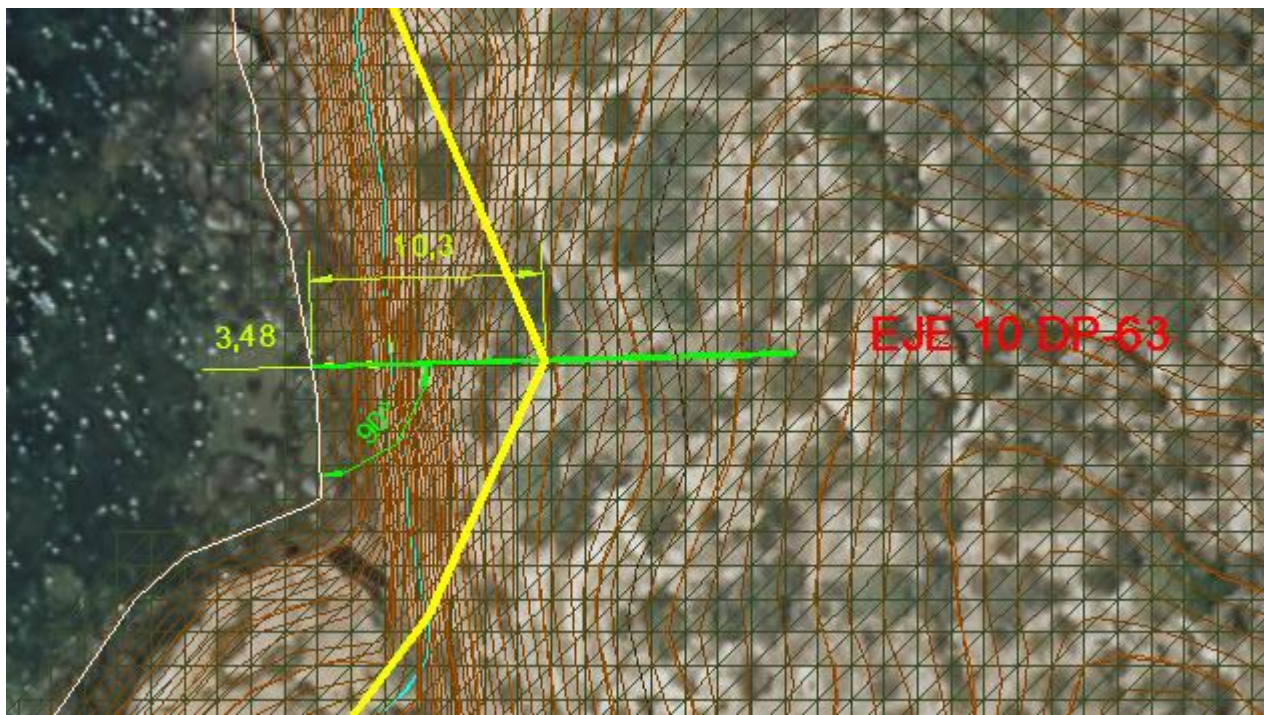
*INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002*



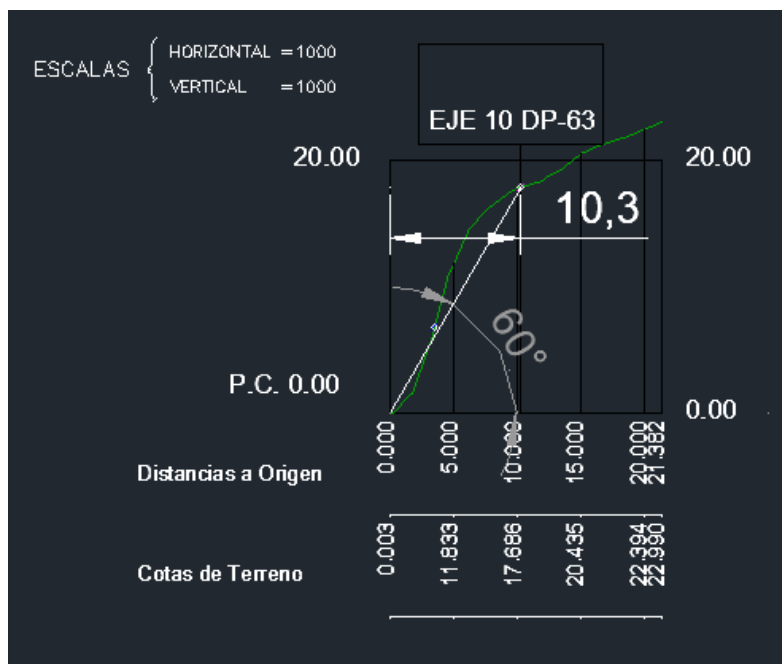
Planta General Perfil Longitudinal N°9.



**INFORME JUSTIFICATIVO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ACANTILADOS EN LA ISLAT.M DE MAZARRÓN REF:
DES01/22/30/0002**



Planta General Perfil Longitudinal Nº10.





ANEJO Nº 5: REPORTAJE FOTOGRÁFICO Y ORTOFOTOMAPAS



ANEJO Nº 5.1: REPORTAJE FOTOGRAFICO DE DETALLE Y
VUELO OBLICUO 1992



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

SECRETARIA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCION GENERAL
DE LA COSTA Y EL MAR

DEMARCACIÓN DE COSTAS EN
MURCIA

FOTOS DE DETALLE DEL TRAMO



Foto 1. Tramo DP-96 a DP-94. Playa de gravas y arenas en la cara norte de la isla. Al fondo restos de edificación abandonada



Foto 2. Cala de grava y arena entre DP-95 y DP-97. Superior: Foto hacia el oeste. Inferior: foto hacia el este



Foto 3. Tramo de costa de acantilado bajo con pendientes de menos de 60 grados. Superior: Vista general de la cara norte de la Isla, al fondo el puerto deportivo. Inferior: Vista desde el extremo norte de la isla; al fondo la playa de La Isla y Cabezo del Puerto

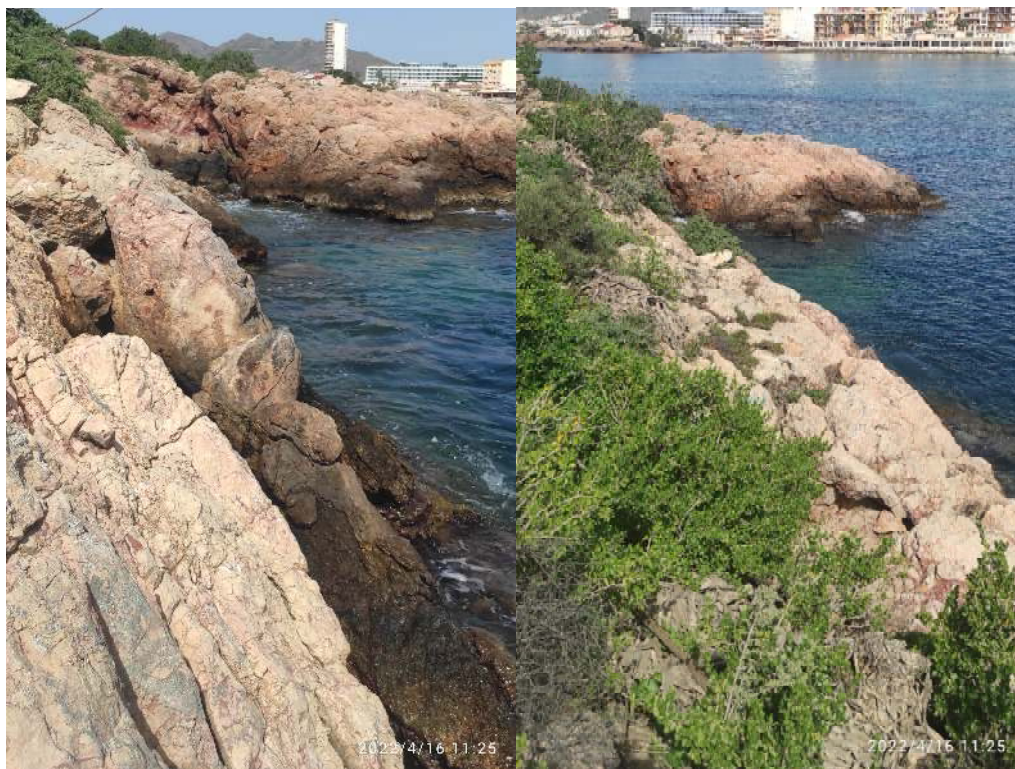


Foto 4. Vista extremo norte de la isla (DP-01 a DP-02). Al fondo, el cabezo de La Ermita.

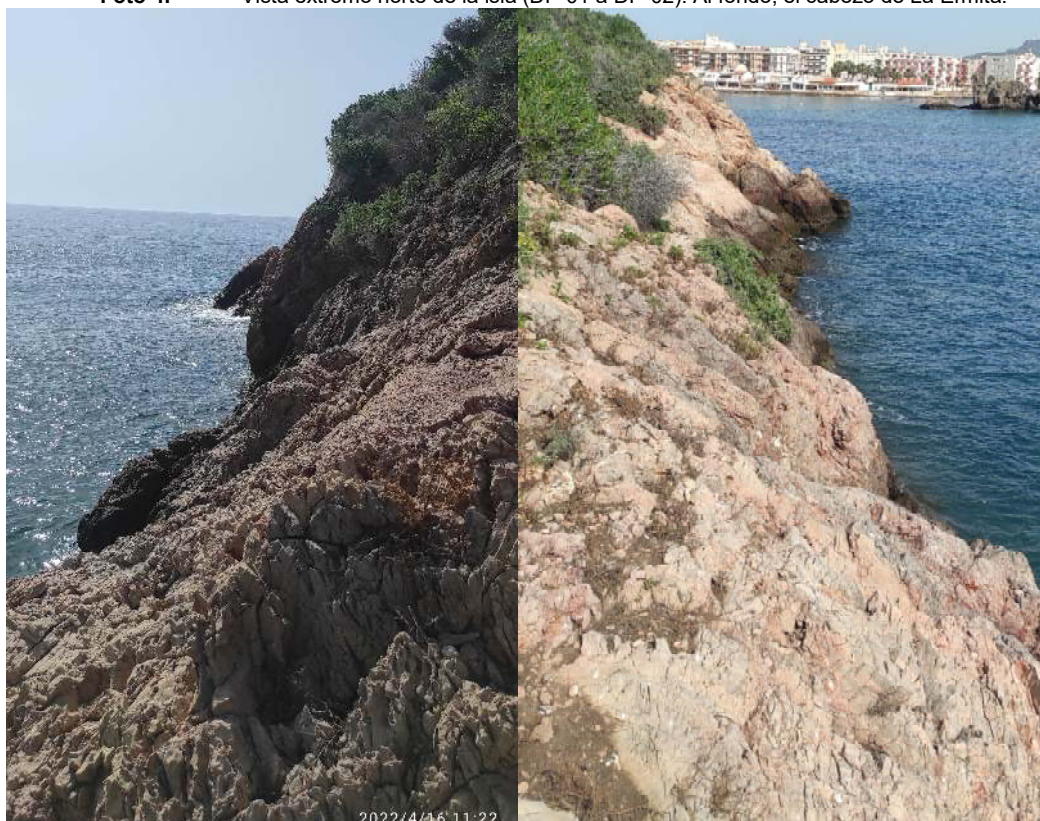


Foto 5. Izquierda: Vista de la cara este de la isla. Tramo DP-07 a DP-08.
Foto 6. Derecha: Vista de la cara este de la isla. Tramo DP-06 a DP-04

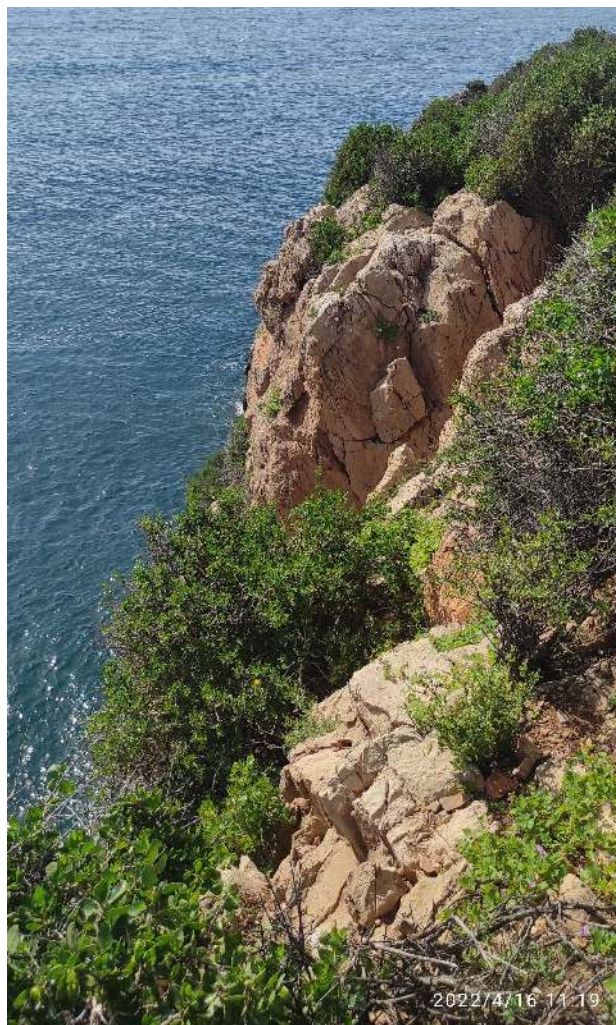


Foto 7. Acantilado sensiblemente vertical en la cara este de la isla. Tramo DP-13 a DP-14

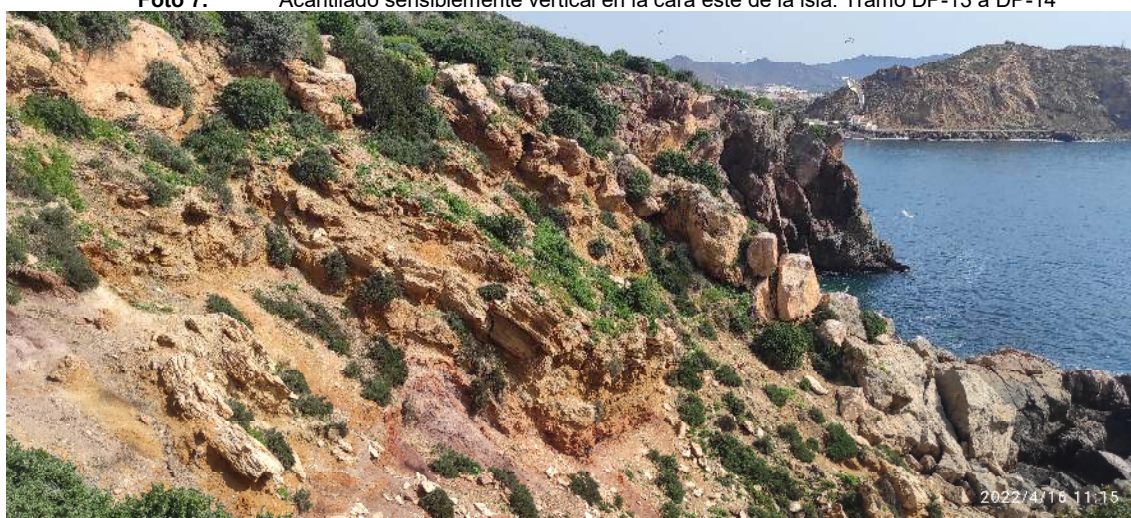


Foto 8. Vista cara este de la isla. Bloques de rocas desprendidos en tramo DP-22 a DP-29. Al fondo, zona de acantilados altos y el Cabezo del Puerto.

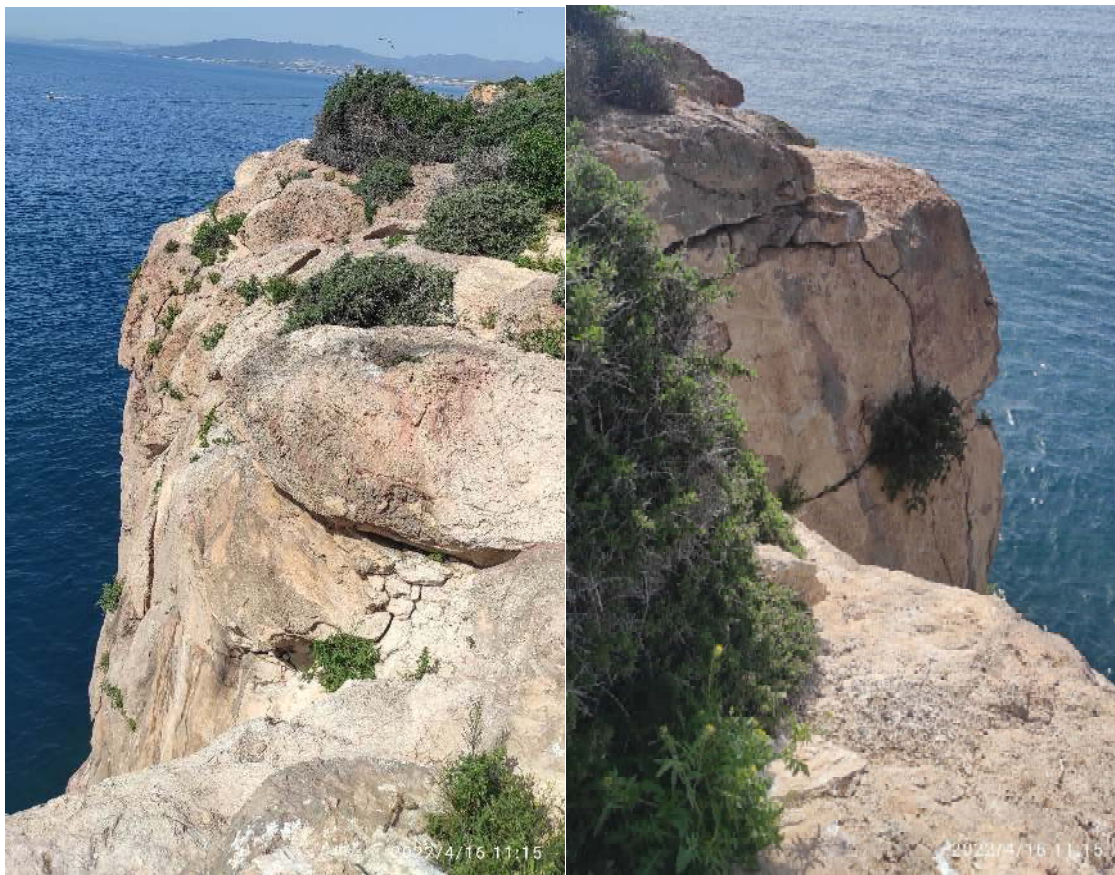


Foto 9. Fotos de detalle de acantilados sensiblemente verticales en la cara sur de la isla. Tramo DP-40 a DP-42



Foto 10. Izquierda: Cara sur de la isla: acantilados sensiblemente verticales entre DP-64 y DP-66.

Foto 11. Derecha: Vista detalle entrante en DP-65.



Foto 12. Vista cara oeste de la isla. Tramo DP-80 a DP-74. Al fondo se observan los bloques caídos al pie de los acantilados y el arco.



Foto 13. Izquierda: Tramo DP-85 a DP-87. Zona de desprendimientos de rocas

Foto 14. Derecha: Tramo DP-85 a DP-87. Vista de detalle



Foto 15. Vista de la cara norte de la isla. Tramo DP-88 a DP-90. Al fondo, cabezo y playa de La Ermita



Foto 16. Izquierda: pequeña cala situada entre los vértices DP-90 a DP-92.
Foto 17. Derecha: cala de grava y arena entre vértices DP-93 y DP-94



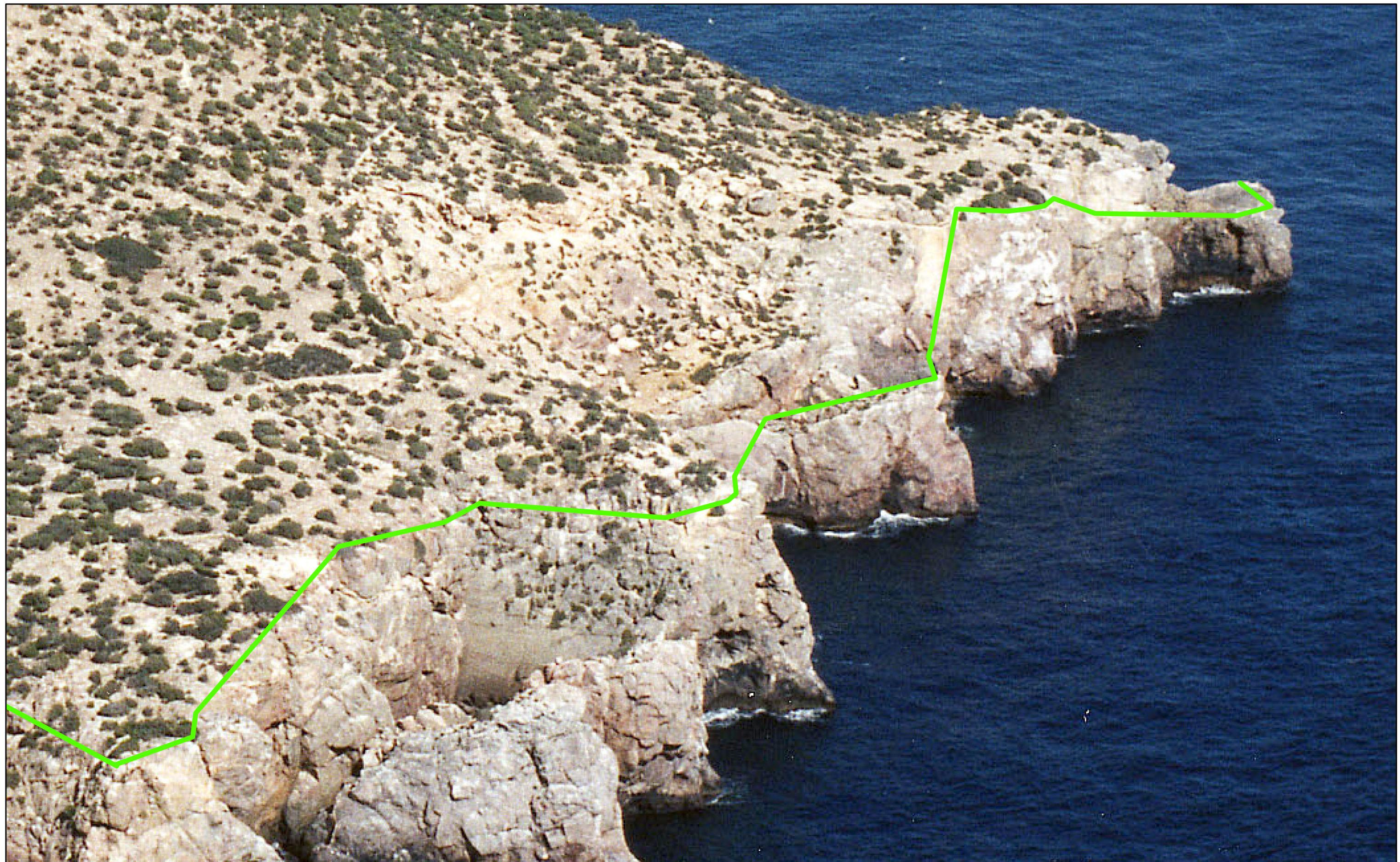
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

SECRETARIA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCION GENERAL
DE LA COSTA Y EL MAR

DEMARCACIÓN DE COSTAS EN
MURCIA

FOTOS OBLICUAS



**MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO**

Dirección General de la Costa y el Mar
SERVICIO DE GESTIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO
Demarcación de Costas en Murcia

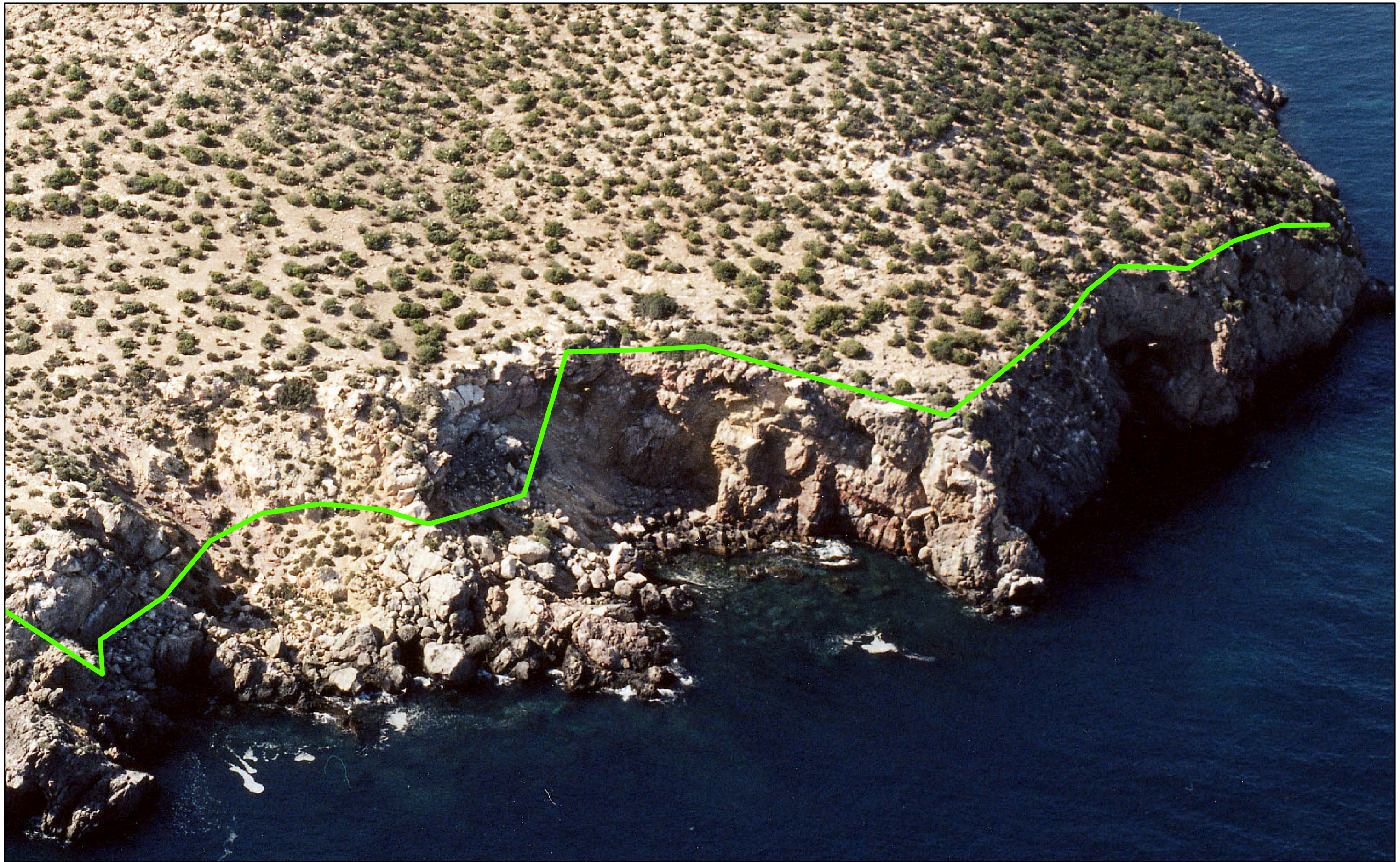
Leyenda

- Dominio público marítimo-terrestre
- - - Ribera del mar

VUELO OBLICUO AÑO 2001
DIRECCION GENERAL DE COSTAS
VISTA CARA NORTE DE LA ISLA

FOTOGRAFÍA OBLICUA N°:

124



**MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO**

Dirección General de la Costa y el Mar
SERVICIO DE GESTIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO
Demarcación de Costas en Murcia

Leyenda

- Dominio público marítimo-terrestre
- - - Ribera del mar

VUELO OBLICUO AÑO 2001
DIRECCION GENERAL DE COSTAS
VISTA CARA ESTE DE LA ISLA

FOTOGRAFÍA OBLICUA N°:

125



**MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO**

Dirección General de la Costa y el Mar
SERVICIO DE GESTIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO
Demarcación de Costas en Murcia

Leyenda

- Dominio público marítimo-terrestre
- - - Ribera del mar

VUELO OBLICUO AÑO 2001
DIRECCION GENERAL DE COSTAS
VISTA CARA NORESTE DE LA ISLA

FOTOGRAFÍA OBLICUA N°:

126



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº5.2: Ortofotos y fotogramas


ANEJO Nº 5.2: ORTOFOTOS Y FOTOGRAMAS



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº5.2: Ortofotos y fotogramas

VUELO AMERICANO USAF 1956





**MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN
ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO**

Dirección General de la Costa y el Mar
SERVICIO DE GESTIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO
Demarcación de Costas en Murcia


PROPUESTA DE DELIMITACIÓN PROVISIONAL
DE LOS BIENES DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

PLANO DE SITUACIÓN ESCALA 1:1.500

TRAMO:
ISLA DE ADENTRO

TÉRMINO MUNICIPAL DE:
MAZARRÓN





Anejo nº 5.- Reportaje fotográfico y ortofotomapas
5.2. Ortofotos y fotogramas
USAF 1956

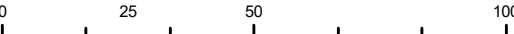



Plano Guía

LEYENDA

SIGNOS CONVENCIONALES PARTICULARES

	LÍNEA DE COTA CERO
	LÍNEA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
	LÍNEA INTERIOR SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	LÍNEA INTERIOR SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO



0 25 50 100
Metros

Escala: 1:1.500

Base Cartográfica USAF 1956
Coordenadas UTM Huso 30N
ETRS89

PLANO 1 de 1



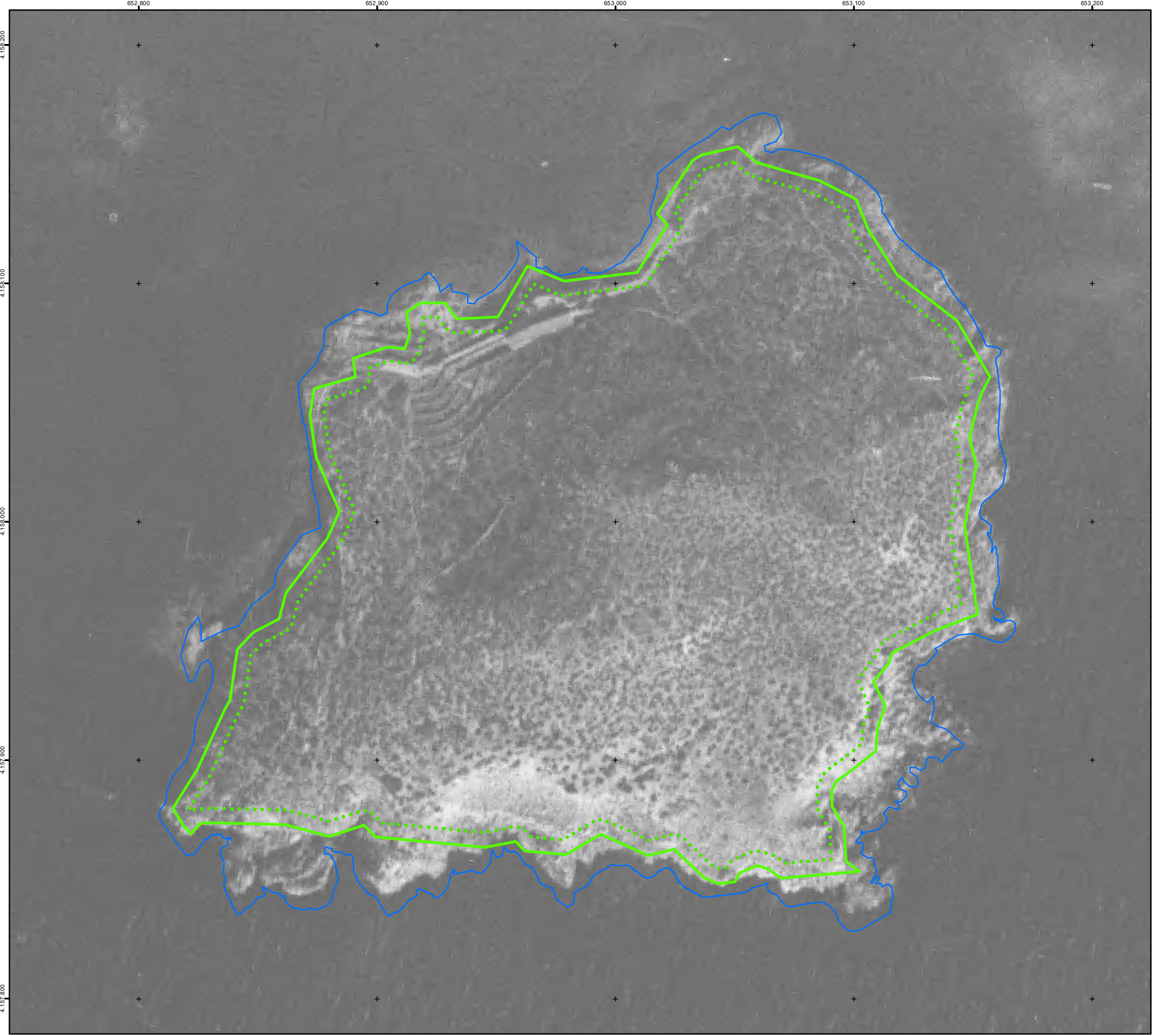
ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº5.2: Ortofotos y fotogramas

VUELO INTERMINISTERIAL. AÑO 1977



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº5.2: Ortofotos y fotogramas

VUELO NACIONAL 1980-1986



Dirección General de la Costa y el Mar
SERVICIO DE GESTIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO
Demarcación de Costas en Murcia
PROPUESTA DE DELIMITACIÓN PROVISIONAL
DE LOS BIENES DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

PLANO DE SITUACIÓN ESCALA 1:1.500

TRAMO:
ISLA DE ADENTRO

TÉRMINO MUNICIPAL DE:
MAZARRÓN





Anejo nº 5.- Reportaje fotográfico y ortofotomapas
5.2. Ortofotos y fotogramas
Vuelo Nacional 1980-1986

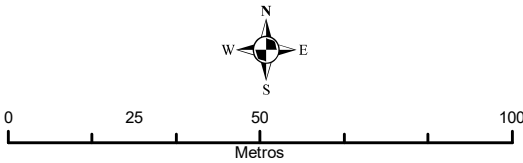


Plano Guía

LEYENDA

SIGNOS CONVENCIONALES PARTICULARES

-  LÍNEA DE COTA CERO
-  LÍNEA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
-  LÍNEA INTERIOR SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
-  LÍNEA INTERIOR SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO



Escala: 1:1.500



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº5.2: Ortofotos y fotogramas





VUELO PROPIO. AÑO 2021





Plano Guía

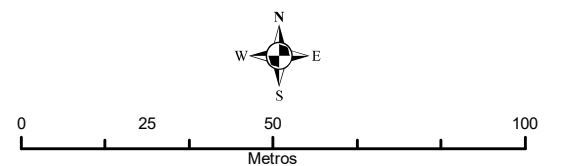
LEYENDA

LEYENDA LÍNEAS DESLINDE DPMT

-  LÍNEA DE COTA CERO
-  LÍNEA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
-  LÍNEA INTERIOR SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
-  LÍNEA INTERIOR SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO

TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

-  Calicatas
-  Fotografías



Escala: 1:1.200



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº 6: Información urbanística

ANEJO Nº 6: INFORMACIÓN URBANÍSTICA DE LOS TERRENOS COLINDANTES



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº 6: Información urbanística

PLANO ZONIFICACIÓN DEL PGOU DE MAZARRÓN DE 1975



PLAN GENERAL DE ORDENACION URBANA
DEL MUNICIPIO DE MAZARRON (MURCIA)

II PUERTO DE MAZARRON (MURCIA)
PLANO DE ZONIFICACION

ESCALA GRAFICA



AYUNTAMIENTO
DE MAZARRON



MURCIA ENERO DE 1971
-EL ARQUITECTO-

Manuel...



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº 6: Información urbanística

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN DE MAZARRÓN. AÑO 1992
PLANO DE ESTRUCTURA GENERAL Y ORGÁNICA E/6



DENOMINACION		PLANO NO.
ESTRUCTURA GENERAL Y ORGANICA		E/C
ARQUITECTO MUNICIPAL	FECHA	ESCALA
F. ANTONIO MARTINEZ GIMENEZ	ABRIL - 92	1:10.000

M.I. AYUNTAMIENTO DE MAZARRON



ANEJO Nº 7: RELACION DE TITULARES CATASTRALES



ANEJOS A LA MEMORIA.
Anejo nº 7: Certificaciones catastrales

Nº parcela	Referencia catastral	Dirección	NIF	Titular
1	30026A01600084	Polígono 16 Parcela 84 LA ISLA. MAZARRON (MURCIA)	***3857**	MBB Y ESPOSA; HEREDEROS DE
