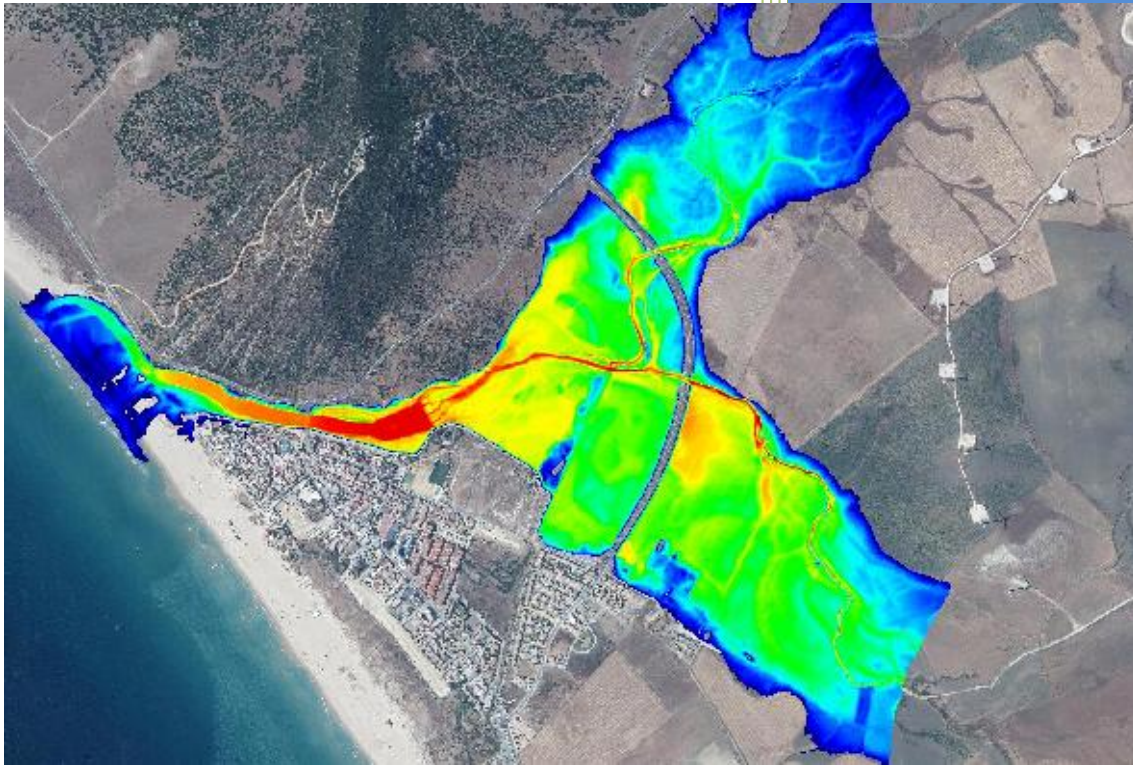


ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO



PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL
3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES,
TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

PROMOTOR:

ZAHARATUNA, S.L.

AUTOR DEL ESTUDIO:



Antonio Silva Santos
I.C.C.P. Colegiado N° 25.071

ENERO DE 2020

antonio.silvasantos@gmail.com



TABLA DE CONTENIDO

I.	MEMORIA.....	3
1	MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
1.1	ANTECEDENTES.....	3
1.2	OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO.....	4
1.3	SITUACIÓN.....	4
1.4	SITUACIÓN URBANÍSTICA DE LA PARCELA.....	6
1.5	ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO EXISTENTE.....	7
1.6	ANÁLISIS DEL ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA JANDA.....	9
1.7	NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	18
1.8	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DE CAUCE ESTUDIADO Y ZONAS ANEXAS.....	18
2	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	24
3	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	34
3.1	OBJETO.....	34
3.2	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.....	34
3.3	SOFTWARE DE CÁLCULO UTILIZADO.....	34
3.4	DETERMINACIÓN DE LA CUENCA VERTIENTE.....	35
3.5	ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO.....	37
3.5.1	<i>Cálculo de hietogramas.....</i>	<i>39</i>
3.6	ESTUDIO DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.....	42
3.6.1	<i>Metodología.....</i>	<i>42</i>
3.6.2	<i>Cálculo.....</i>	<i>43</i>
3.7	TRANSFORMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN ESCORRENTÍA.....	44
3.8	CÁLCULO DE CAUDALES.....	46
3.9	CAUDALES ADOPTADOS PARA EL CÁLCULO HIDRÁULICO.....	49
4	ESTUDIO HIDRÁULICO.....	50
4.1	OBJETO.....	50
4.2	SOFTWARE DE CÁLCULO.....	50
4.3	COMPORTAMIENTO AVENIDAS ESTADO ACTUAL.....	51
4.3.1	<i>Modelización del terreno.....</i>	<i>51</i>
4.3.2	<i>Hidrograma de entrada.....</i>	<i>55</i>
4.3.3	<i>Condiciones iniciales.....</i>	<i>57</i>
4.3.4	<i>Infraestructuras situadas en el cauce.....</i>	<i>57</i>
4.3.5	<i>Condición de contorno aguas abajo.....</i>	<i>66</i>
4.3.6	<i>Coefficientes de rugosidad.....</i>	<i>70</i>
4.3.7	<i>Resultados obtenidos.....</i>	<i>75</i>
4.3.8	<i>Vía de intenso desagüe y Flujo preferente.....</i>	<i>81</i>
4.4	PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PARCELA.....	82
4.5	OTRAS SOLUCIONES FUERA DEL ÁMBITO DE LA PARCELA.....	82
5	CONCLUSIÓN.....	84
II.	PLANOS.....	86
1	SITUACIÓN.....	86
2	EMPLAZAMIENTO SOBRE ORTOFOTOGRAFÍA.....	86
3	INUNDABILIDAD T=500 AÑOS GENERAL (ESTUDIO DE LA JANDA).....	86



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

4	INUNDABILIDAD T=500 AÑOS DETALLE (ESTUDIO DE LA JANDA)	86
5	COTAS LÁMINA AGUA T=500 AÑOS (ESTUDIO DETALLE)	86
6	CALADOS LÁMINA AGUA T=500 AÑOS (ESTUDIO DETALLE)	86
7	PERFILES DE ESTADO ACTUAL	86
8	SOLUCIÓN PROPUESTA	86



I. MEMORIA

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 ANTECEDENTES

La parcela con referencia catastral 3531410TF4033S0000RP se sitúa en el término municipal de Barbate, en la provincia de Cádiz, concretamente en el núcleo urbano de Zahara de los Atunes.

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

INFORMACIÓN GRÁFICA E: 1:1000

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
3531410TF4033S0000RP

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN:
CL BULLÓN EL (ZAHAT), Suilo
31893 BARBATE (CÁDIZ)

USO: Parcela Suilo sin ed.f. (Uso de Urbanización)

CONTENIDO DE PARTICIÓN: 100,000000 SUPERFICIE REGISTRADA: 0

PARCELA CATASTRAL

ESTACIÓN:
CL BULLÓN EL (ZAHAT)
BARBATE (CÁDIZ)

CONTENIDO DE PARTICIÓN: 0 324 Suilo sin edificar

Este documento es una copia de la información catastral, por lo que sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SGC.

24/07/2010 Catastro de F. y R. de Cádiz 30/07/2010
Módulo de Urbanización
Módulo de Parcelas
Módulo de Parcelas
Módulo de Parcelas
Módulo de Parcelas

Martes, 21 de Enero de 2020

Según el planeamiento vigente de *Adaptación Parcial del PGOU de Barbate a la LOUA*, aprobado mediante acuerdo plenario de 10 de febrero de 2009 y publicado en el BOP de Cádiz nº 238 de 15 de diciembre de 2009, la parcela objeto de estudio es considerada "parcela urbana sin edificar" situada en "suelo urbano consolidado".

Actualmente se ha iniciado la tramitación de la *Innovación por modificación del PGOU de Barbate de las determinaciones urbanísticas aplicables a la parcela* que nos ocupa. Para ello, con fecha de 8 de febrero de 2019, se ha solicitado al Excmo. Ayuntamiento de Barbate la evaluación ambiental estratégica relativa a dicha innovación del planeamiento general. Siendo admitida a



trámite de "evaluación ambiental estratégica simplificada" por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Anteriormente, en 2008, la extinta Agencia Andaluza del Agua, integrada en la Consejería de Medio Ambiente, elaboró el "*Estudio hidráulico para la prevención de inundaciones y la ordenación de las cuencas de la Janda (Cádiz)*", el cual recoge en los Planos del *Apéndice nº 2* de su *Anejo nº 4 "Estudio Hidráulico"* que el emplazamiento es "Zona Inundable con probabilidad baja o excepcional para un periodo de retorno de 500 años".

En base a lo anterior, para la tramitación de la innovación por modificación del planeamiento general vigente se hace necesario analizar es estudio hidráulico de la Janda y en caso necesario estudiar con mejor detalle la inundabilidad del ámbito de la parcela.

1.2 OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO

El objeto del presente documento es realizar un análisis técnico del "*Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda (Cádiz)*", analizando particularmente el ámbito de la parcela en estudio para determinar su grado de inundabilidad. En caso necesario, se propondrán y justificarán las medidas correctoras oportunas para evitar la inundabilidad de la parcela.

1.3 SITUACIÓN

La zona de estudio se centra en el ámbito de la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP, situada al noroeste del núcleo urbano de Zahara de los Atunes, en el término municipal de Barbate (Cádiz), cuyas coordenadas ETRS 89 Huso 30 del emplazamiento son: X = 243.641; Y = 4.002.974.

No obstante, se analizará un ámbito mayor, ya que el efecto de la inundabilidad se desarrolla en un ámbito mucho más amplio que el frente de la parcela de interés.



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.



Situación de la parcela sobre mapa 1:25.000 IGN

La parcela se localiza en la Calle El Bullón del "Casco Tradicional" de Zahara de los Atunes, frente al paseo marítimo-fluvial construido sobre la mota de protección de avenidas de la margen izquierda del río Cachón.



Parcela de referencia, a la izquierda, y muro de tierras, a la derecha. (Fuente: Google Earth)

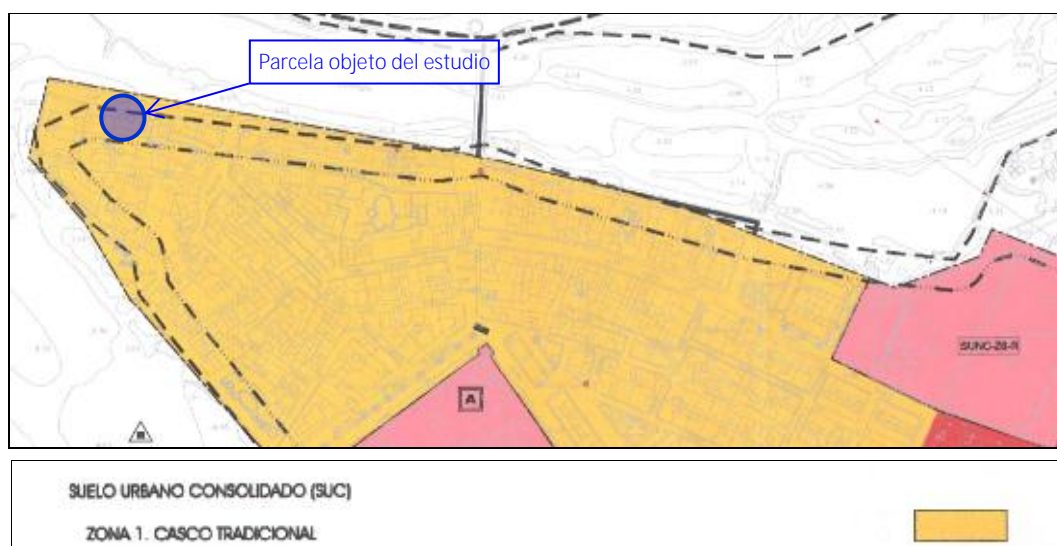


Situación de la parcela y alineación del muro de tierras de protección frente a las crecidas del río

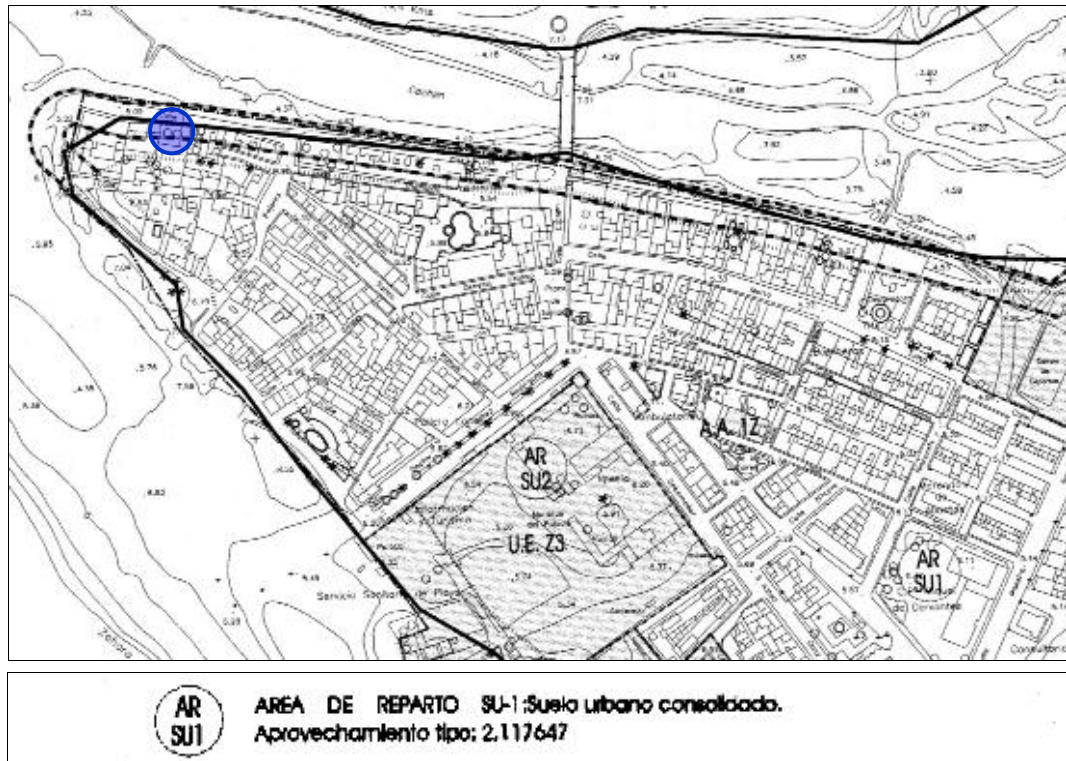
Para mayor definición de la situación de la parcela, se recomienda consultar los planos del presente documento.

1.4 SITUACIÓN URBANÍSTICA DE LA PARCELA

Tal como se recoge en los planos de *Ordenación Estructural* y de *Clasificación, gestión y áreas de reparto* de la *Adaptación Parcial del PGOU de Barbate a la LOUA*, la parcela se sitúa en "suelo urbano consolidado", dentro de la "Zona 1 - Casco Tradicional" de Zahara de los Atunes.



Emplazamiento de la parcela en el Plano OE.02.02 "Ordenación estructural"

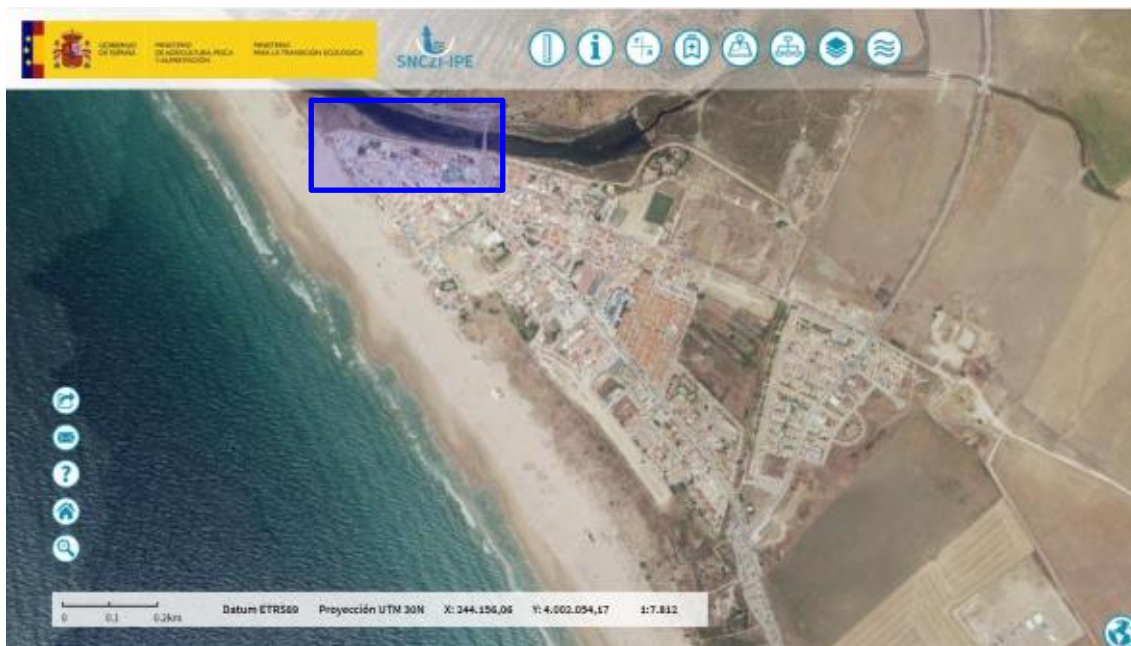


Emplazamiento de la parcela en el Plano de "Clasificación, gestión y áreas de reparto"

1.5 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO EXISTENTE

De la consulta en el Servicio de mapas web (WMS) del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) se extrae que del ámbito general de la parcela se ha realizado un " *Estudio hidráulico para la prevención de inundaciones y la ordenación de las cuencas de la Janda (Cádiz)*", en adelante "Estudio de la Janda", llevado a cabo por la extinta Agencia Andaluza del Agua, en base al cual se ha elaborado la cartografía del servicio para dicho ámbito.

Por otro lado, también se ha podido comprobar que existen los "Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de litoral de la demarcación hidrográfica Atlántica Andaluza – Sector Guadalete y Barbate", realizados por el propio SNCZI.



Situación de la parcela en el visor de la aplicación cartográfica del SNCZI

De la cartografía procedente del estudio de la Janda, relativa a inundaciones de origen fluvial, obtenemos que las *Zonas Inundables con probabilidad baja o excepcional (T=500 años)* en el ámbito de la parcela son las que se indican en la figura siguiente con un sombreado de color amarillo, afectando a la parcela objeto de estudio.



Visor del SNCZI: Zonas Inundables de origen fluvial con probabilidad baja o excepcional (T=500 años)

Tal como se observa en la figura anterior, existen zonas en el propio cauce del río que no serían inundables, señaladas algunas de ellas en la figura, y hay otras en la zona urbana tras el muro de protección que sí lo serían, lo cual nos advierte de algunas incoherencias y motiva el análisis pormenorizado de los resultados del *Estudio de la Janda* en el epígrafe siguiente.



De la cartografía del servicio, que contiene las *Zonas Inundables con probabilidad baja o excepcional (T=500 años) de origen marino*, se concluye que la parcela no está situada en zona inundable, sombreada en color amarillo.



Visor del SNCZI: Zonas Inundables de origen marino con probabilidad baja o excepcional (T=500 años)

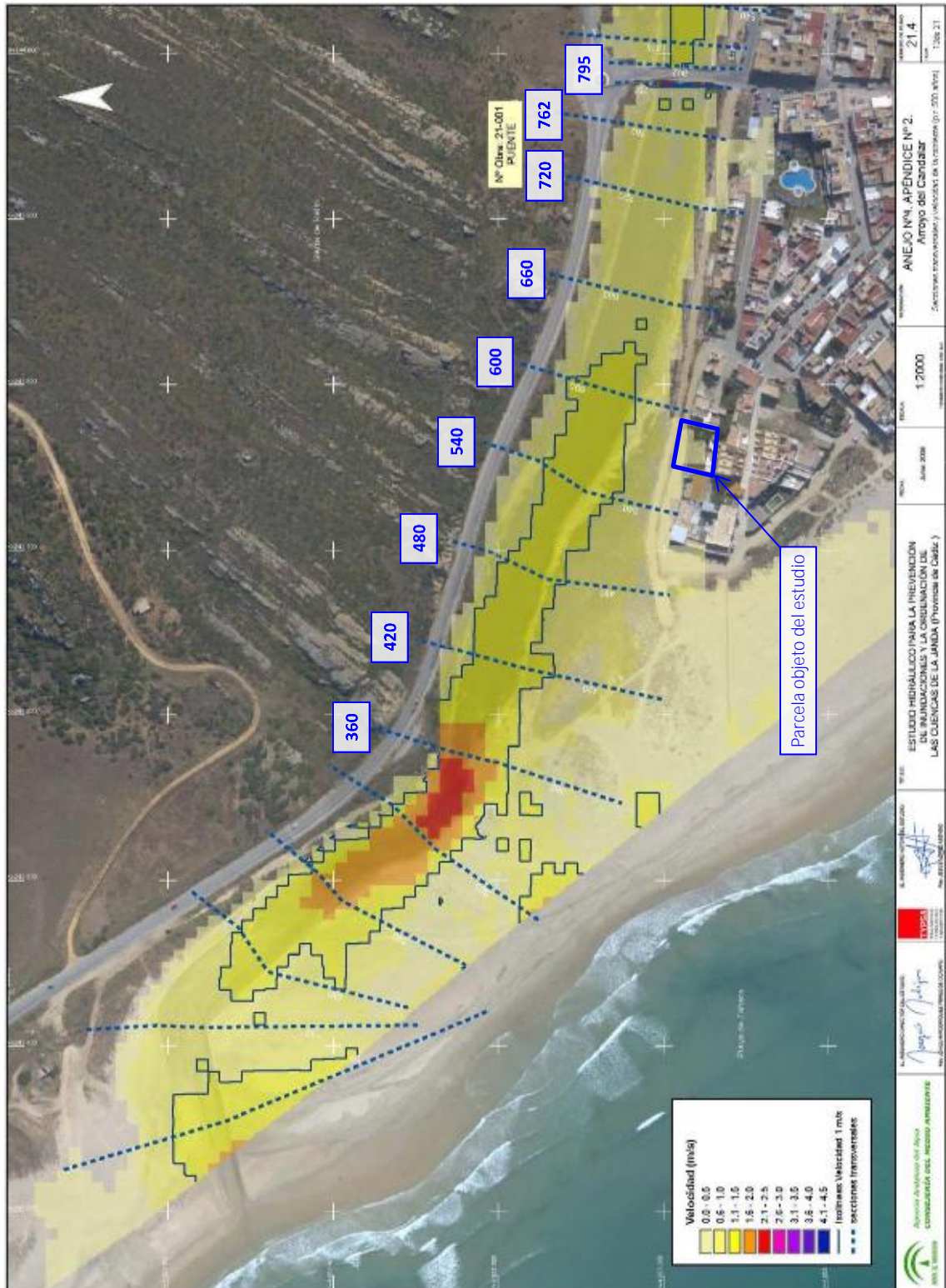
1.6 ANÁLISIS DEL ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA JANDA

En el Apéndice nº 3 - 21 "Arroyo del Candalar (Zona nº 21)" del Anejo nº 4 "Estudio Hidráulico" del Estudio de la Janda se recogen el perfil longitudinal, las secciones transversales y los resultados del cálculo hidráulico llevado a cabo con el modelo matemático HEC-RAS del río Cachón, identificado en el estudio como arroyo del Candalar, que se corresponde con la Zona nº 21 de las estudiadas en el citado documento.

El ámbito de la parcela objeto de estudio se encuentra en el denominado "Tramo Bajo" del arroyo del Candalar, concretamente entre las secciones transversales 795 a 360, donde la sección 795, situada en la zona de aguas arriba, se corresponde con el puente de acceso a Zahara de los Atunes y la sección 360, situada aguas abajo, se corresponde de manera aproximada con la desembocadura del río en la playa.



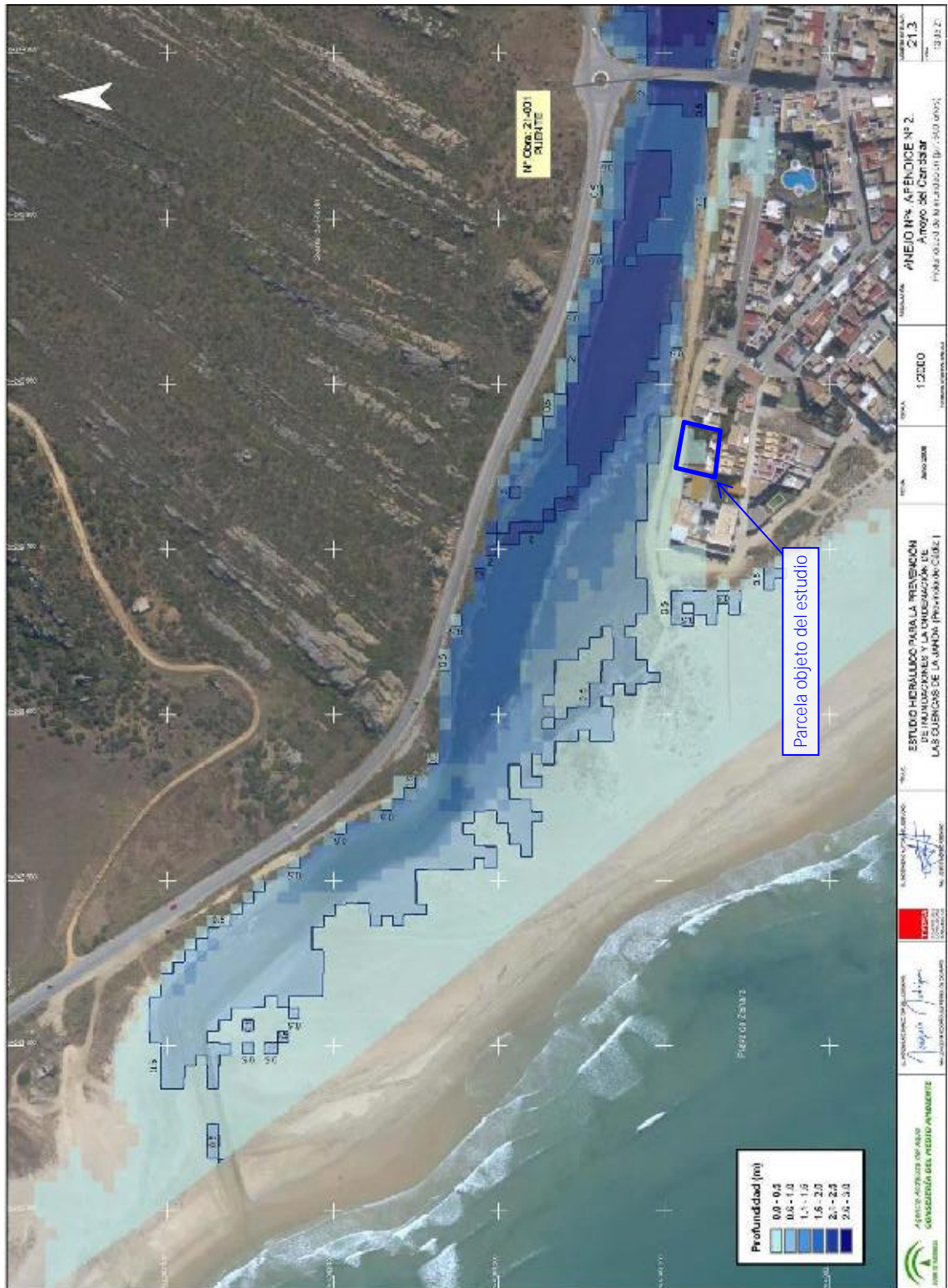
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.



Plano 21.4 "Arroyo del Candalar. Secciones transversales y velocidad de la corriente (P.R. 500 años)" del Estudio de la Janda



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

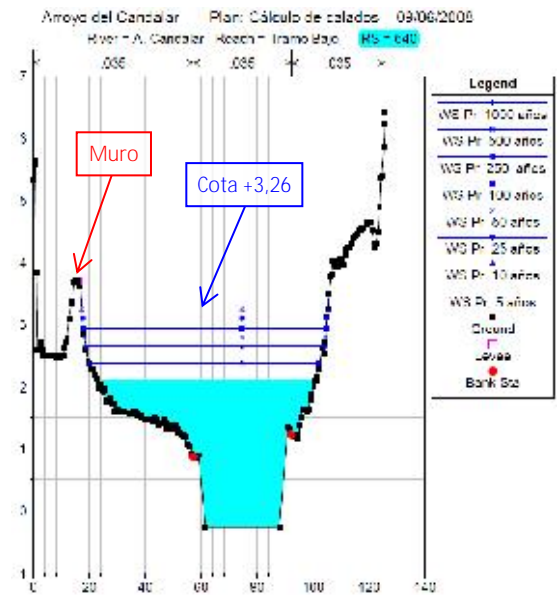
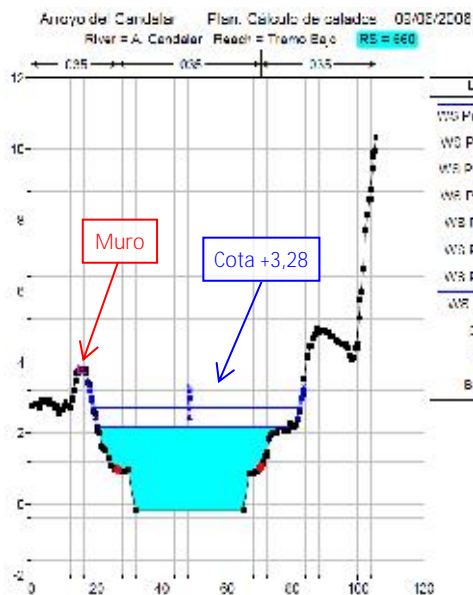


Plano 21.3 "Arroyo del Candalar. Profundidad de la inundación (P.R. 500 años)" del Estudio de la Janda



Atendiendo a que entre la parcela y el arroyo existe un muro de protección, parece incongruente que las avenidas sobrepasen este muro, tal como se recoge en los planos anteriores de "Secciones transversales y velocidad de la corriente para P.R. de 500 años", o en el Plano 21.3 de "Profundidad de la inundación para P.R. de 500 años", no apareciendo reflejado el paseo fluvial por encima de la lámina de inundación, sobre todo cuando se comprueba que en las secciones transversales de cálculo del estudio, en el tramo comprendido entre el puente de acceso a Zahara y el final del muro, en ningún caso el nivel de avenida supera la coronación del muro. Tanto es así que ni siquiera la avenida de 1.000 años de periodo de retorno supera dicha defensa.

Por ello, prestando atención a los resultados tabulados y secciones transversales del *Estudio de la Janda* en el ámbito más próximo a la parcela, entre las secciones 600 y 540, donde se produciría *a priori* el rebase del agua por encima del paseo fluvial, las cotas de la lámina de agua para la avenida de 500 años de periodo de retorno son de +3,28 y +3,26, para la sección 600 y 540 respectivamente. Por tanto, si tenemos en cuenta que la cota de coronación del paseo se sitúa en torno a la cota +3,80, sensiblemente constante a lo largo del muro, obtendríamos un resguardo de unos 0,50 m, lo que evidencia que el agua circulante por el río no sobrepasará el muro de defensa hacia el núcleo urbano.

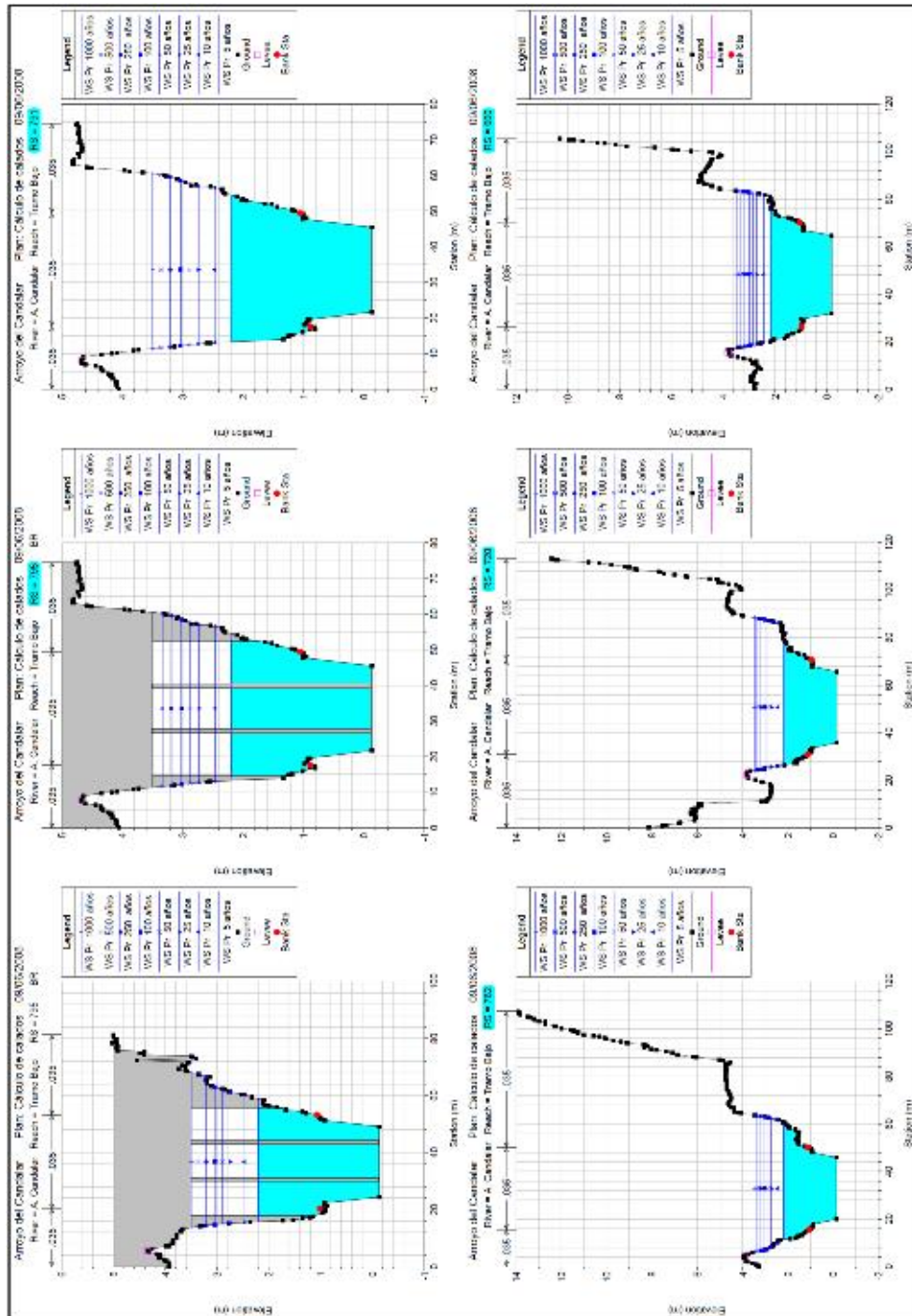


Es más, analizando las siguientes secciones transversales y las tablas de resultado del cálculo hidráulico, realizado en condiciones de flujo uniforme unidimensional, en el ámbito general del tramo comprendido entre las secciones 795 y 480, esta última coincidente con el punto final del paseo, la cota máxima alcanzada por la lámina de agua en avenidas de T=500 años es de +3,36,



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

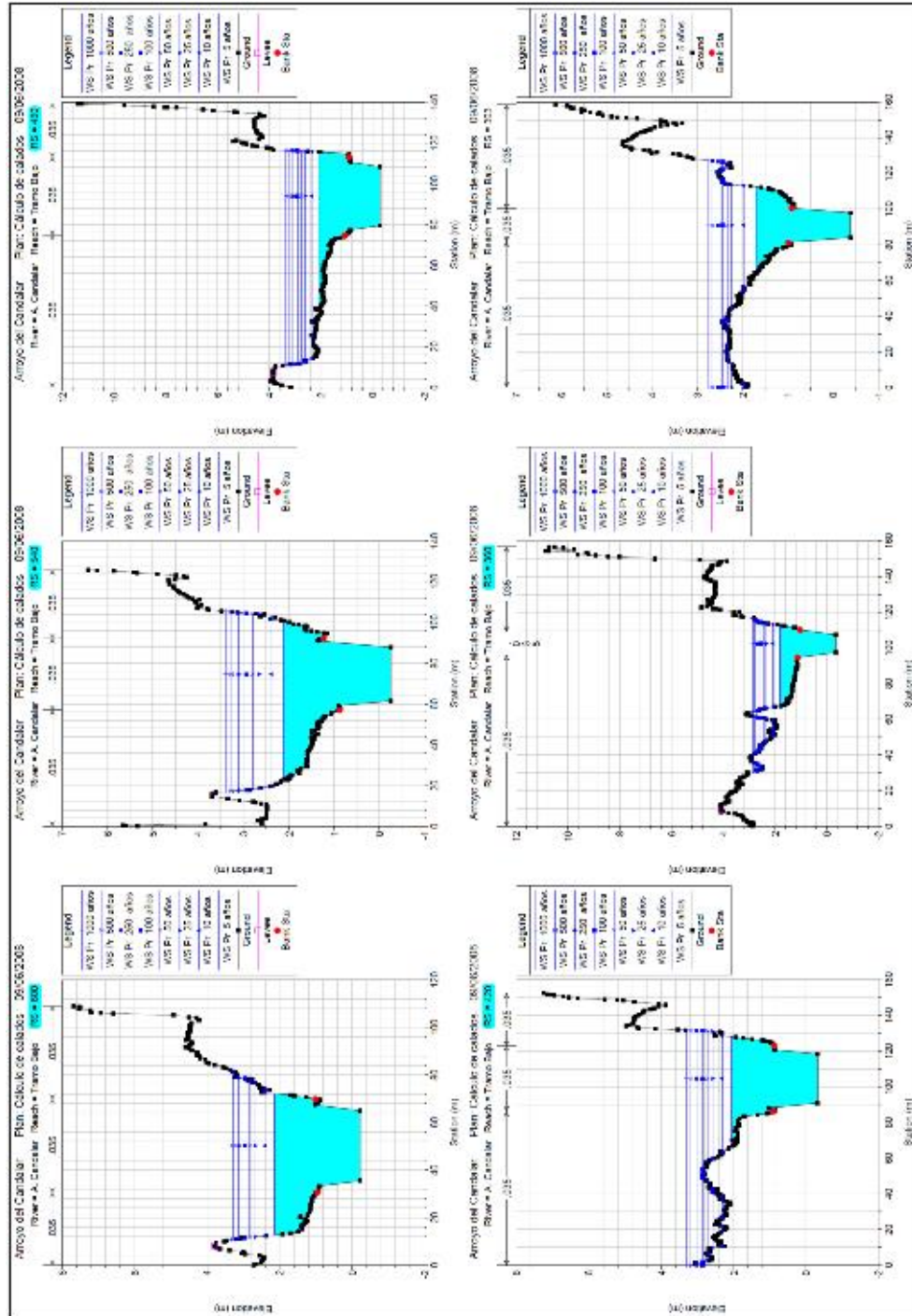
por lo que nuevamente, atendiendo a la cota +3,80 de la rasante del paseo que ejerce de muro, indica que en ningún punto de este tramo la avenida pasaría hacia la zona urbana, lo que contradice la información recogida en los planos de planta del propio estudio, con desbordamientos en al menos dos puntos de dicho tramo.



Secciones de la 795 a la 660. Apéndice nº 3-21 del Anejo nº 4 "Estudio Hidráulico".



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.



Secciones de la 600 a la 303. Apéndice nº3-21 del Anejo nº 4 "Estudio Hidráulico"



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch F (m)	W S Elev (m)	Crit W S (m)	F G Elev (m)	
A. Candalari	Tramo Bajo	840	Pr 1000 años	282.44	0.11	3.81	2.08	3.90	
A. Candalari	Tramo Bajo	816	Pr 5 años	81.73	-0.12	2.24	0.90	2.25	
A. Candalari	Tramo Bajo	816	Pr 10 años	106.71	-0.12	2.53	1.10	2.55	
A. Candalari	Tramo Bajo	816	Pr 25 años	136.29	-0.12	2.89	1.30	2.90	
A. Candalari	Tramo Bajo	816	Pr 50 años	162.01	-0.12	3.00	1.44	3.09	
A. Candalari	Tramo Bajo	816	Pr 100 años	186.00	-0.12	3.17	1.58	3.26	
A. Candalari	Tramo Bajo	816	Pr 250 años	217.51	-0.12	3.38	1.78	3.48	
A. Candalari	Tramo Bajo	816	Pr 500 años	251.41	-0.12	3.58	1.95	3.70	
A. Candalari	Tramo Bajo	816	Pr 1000 años	282.44	0.12	3.75	2.08	3.88	
A. Candalari	Tramo Bajo	802	Pr 5 años	81.73	0.13	2.22	0.88	2.28	
A. Candalari	Tramo Bajo	802	Pr 10 años	106.71	-0.13	2.50	1.10	2.58	
A. Candalari	Tramo Bajo	802	Pr 25 años	136.29	-0.13	2.78	1.30	2.88	
A. Candalari	Tramo Bajo	802	Pr 50 años	162.01	-0.13	2.95	1.41	3.07	
A. Candalari	Tramo Bajo	802	Pr 100 años	186.00	-0.13	3.10	1.57	3.24	
A. Candalari	Tramo Bajo	802	Pr 250 años	217.51	-0.13	3.29	1.73	3.45	
A. Candalari	Tramo Bajo	802	Pr 500 años	251.41	-0.13	3.47	1.89	3.66	
A. Candalari	Tramo Bajo	802	Pr 1000 años	282.44	-0.13	3.53	2.03	3.84	
A. Candalari	Tramo Bajo	796		Bridge					
A. Candalari	Tramo Bajo	791	Pr 5 años	81.73	-0.13	2.20	0.91	2.26	
A. Candalari	Tramo Bajo	791	Pr 10 años	106.71	-0.13	2.47	1.13	2.55	
A. Candalari	Tramo Bajo	791	Pr 25 años	136.29	-0.13	2.71	1.31	2.85	
A. Candalari	Tramo Bajo	791	Pr 50 años	162.01	-0.13	2.89	1.47	3.02	
A. Candalari	Tramo Bajo	791	Pr 100 años	186.00	-0.13	3.03	1.61	3.19	
A. Candalari	Tramo Bajo	791	Pr 250 años	217.51	-0.13	3.20	1.77	3.39	
A. Candalari	Tramo Bajo	791	Pr 500 años	251.41	-0.13	3.36	1.92	3.58	
A. Candalari	Tramo Bajo	791	Pr 1000 años	282.44	-0.13	3.49	2.05	3.74	
A. Candalari	Tramo Bajo	762	Pr 5 años	81.73	-0.15	2.19	0.83	2.24	
A. Candalari	Tramo Bajo	762	Pr 10 años	106.71	-0.15	2.46	1.04	2.52	
A. Candalari	Tramo Bajo	762	Pr 25 años	136.29	-0.15	2.73	1.24	2.82	
A. Candalari	Tramo Bajo	762	Pr 50 años	162.01	-0.15	2.88	1.37	2.95	
A. Candalari	Tramo Bajo	762	Pr 100 años	186.00	-0.15	3.02	1.51	3.15	
A. Candalari	Tramo Bajo	762	Pr 250 años	217.51	-0.15	3.20	1.71	3.34	
A. Candalari	Tramo Bajo	762	Pr 500 años	251.41	0.15	3.36	1.87	3.53	
A. Candalari	Tramo Bajo	762	Pr 1000 años	282.44	0.15	3.49	2.00	3.68	
A. Candalari	Tramo Bajo	720	Pr 5 años	81.73	-0.17	2.10	0.73	2.22	
A. Candalari	Tramo Bajo	720	Pr 10 años	106.71	-0.17	2.44	0.91	2.50	
A. Candalari	Tramo Bajo	720	Pr 25 años	136.29	-0.17	2.72	1.12	2.79	
A. Candalari	Tramo Bajo	720	Pr 50 años	162.01	-0.17	2.87	1.24	2.95	
A. Candalari	Tramo Bajo	720	Pr 100 años	186.00	-0.17	3.01	1.37	3.11	
A. Candalari	Tramo Bajo	720	Pr 250 años	217.51	-0.17	3.19	1.51	3.30	
A. Candalari	Tramo Bajo	720	Pr 500 años	251.41	-0.17	3.35	1.66	3.48	

Tablas de resultados del modelo HEC-RAS del "Tramo Bajo". Secciones de la 840 a la 720



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.C. Elev (m)
A. Candalari	Tramo Bajo	720	Pr 1000 años	282.44	-0.17	3.48	1.80	3.63
A. Candalari	Tramo Bajo	680	Pr 5 años	81.73	0.20	2.16	0.64	2.20
A. Candalari	Tramo Bajo	680	Pr 10 años	106.71	-0.20	2.43	0.01	2.47
A. Candalari	Tramo Bajo	680	Pr 25 años	138.29	-0.20	2.70	1.03	2.76
A. Candalari	Tramo Bajo	680	Pr 50 años	162.01	-0.20	2.85	1.15	2.92
A. Candalari	Tramo Bajo	680	Pr 100 años	186.00	-0.20	2.99	1.26	3.07
A. Candalari	Tramo Bajo	680	Pr 250 años	217.51	-0.20	3.16	1.40	3.26
A. Candalari	Tramo Bajo	680	Pr 500 años	251.41	-0.20	3.32	1.54	3.44
A. Candalari	Tramo Bajo	680	Pr 1000 años	282.44	0.20	3.48	1.67	3.68
A. Candalari	Tramo Bajo	600	Pr 5 años	81.73	-0.23	2.14	0.67	2.18
A. Candalari	Tramo Bajo	600	Pr 10 años	106.71	-0.23	2.41	0.85	2.45
A. Candalari	Tramo Bajo	600	Pr 25 años	138.29	-0.23	2.67	1.08	2.73
A. Candalari	Tramo Bajo	600	Pr 50 años	162.01	-0.23	2.82	1.23	2.89
A. Candalari	Tramo Bajo	600	Pr 100 años	186.00	-0.23	2.96	1.36	3.04
A. Candalari	Tramo Bajo	600	Pr 250 años	217.51	-0.23	3.13	1.53	3.23
A. Candalari	Tramo Bajo	600	Pr 500 años	251.41	0.23	3.28	1.66	3.40
A. Candalari	Tramo Bajo	600	Pr 1000 años	282.44	0.23	3.41	1.78	3.64
A. Candalari	Tramo Bajo	540	Pr 5 años	81.73	-0.26	2.11	0.71	2.15
A. Candalari	Tramo Bajo	540	Pr 10 años	106.71	-0.26	2.38	0.91	2.43
A. Candalari	Tramo Bajo	540	Pr 25 años	138.29	-0.26	2.65	1.12	2.70
A. Candalari	Tramo Bajo	540	Pr 50 años	162.01	-0.26	2.80	1.29	2.86
A. Candalari	Tramo Bajo	540	Pr 100 años	186.00	-0.26	2.94	1.46	3.01
A. Candalari	Tramo Bajo	540	Pr 250 años	217.51	0.26	3.11	1.71	3.19
A. Candalari	Tramo Bajo	540	Pr 500 años	251.41	0.26	3.26	1.86	3.34
A. Candalari	Tramo Bajo	540	Pr 1000 años	282.44	0.26	3.39	1.96	3.49
A. Candalari	Tramo Bajo	480	Pr 5 años	81.73	-0.29	2.09	0.63	2.13
A. Candalari	Tramo Bajo	480	Pr 10 años	106.71	-0.29	2.35	0.80	2.40
A. Candalari	Tramo Bajo	480	Pr 25 años	138.29	-0.29	2.62	1.04	2.68
A. Candalari	Tramo Bajo	480	Pr 50 años	162.01	-0.29	2.77	1.17	2.83
A. Candalari	Tramo Bajo	480	Pr 100 años	186.00	0.29	2.91	1.29	2.98
A. Candalari	Tramo Bajo	480	Pr 250 años	217.51	0.29	3.07	1.43	3.14
A. Candalari	Tramo Bajo	480	Pr 500 años	251.41	0.29	3.23	1.66	3.30
A. Candalari	Tramo Bajo	480	Pr 1000 años	282.44	-0.29	3.36	1.73	3.46
A. Candalari	Tramo Bajo	420	Pr 5 años	81.73	-0.32	2.06		2.10
A. Candalari	Tramo Bajo	420	Pr 10 años	106.71	-0.32	2.31		2.37
A. Candalari	Tramo Bajo	420	Pr 25 años	138.29	-0.32	2.57		2.65
A. Candalari	Tramo Bajo	420	Pr 50 años	162.01	-0.32	2.72		2.80
A. Candalari	Tramo Bajo	420	Pr 100 años	186.00	0.32	2.86		2.94
A. Candalari	Tramo Bajo	420	Pr 250 años	217.51	0.32	3.02		3.10
A. Candalari	Tramo Bajo	420	Pr 500 años	251.41	-0.32	3.17		3.26
A. Candalari	Tramo Bajo	420	Pr 1000 años	282.44	-0.32	3.30		3.42

Tablas de resultados del modelo HEC-RAS del "Tramo Bajo". Secciones de la 660 a la 420



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)
A. Candalari	Tramo Bajo	360	Pr 5 años	81.73	-0.35	1.80	1.52	2.03
A. Candalari	Tramo Bajo	360	Pr 10 años	106.71	-0.35	2.03	1.73	2.30
A. Candalari	Tramo Bajo	360	Pr 25 años	133.29	-0.35	2.33	1.92	2.57
A. Candalari	Tramo Bajo	360	Pr 50 años	162.01	-0.35	2.44	2.06	2.72
A. Candalari	Tramo Bajo	360	Pr 100 años	186.00	-0.35	2.55	2.16	2.85
A. Candalari	Tramo Bajo	360	Pr 250 años	217.51	-0.35	2.67	2.33	3.02
A. Candalari	Tramo Bajo	360	Pr 500 años	251.41	-0.35	2.78	2.45	3.17
A. Candalari	Tramo Bajo	360	Pr 1000 años	282.44	-0.35	2.85	2.56	3.30
A. Candalari	Tramo Bajo	303	Pr 5 años	81.73	-0.36	1.70		1.88
A. Candalari	Tramo Bajo	303	Pr 10 años	106.71	-0.36	1.98		2.18
A. Candalari	Tramo Bajo	303	Pr 25 años	133.29	-0.36	2.21		2.41
A. Candalari	Tramo Bajo	303	Pr 50 años	162.01	-0.36	2.34		2.57
A. Candalari	Tramo Bajo	303	Pr 100 años	186.00	-0.36	2.44		2.69
A. Candalari	Tramo Bajo	303	Pr 250 años	217.51	-0.36	2.54		2.84
A. Candalari	Tramo Bajo	303	Pr 500 años	251.41	-0.36	2.67		2.97
A. Candalari	Tramo Bajo	303	Pr 1000 años	282.44	-0.36	2.78		3.08
A. Candalari	Tramo Bajo	240	Pr 5 años	81.73	-0.41	1.55		1.74
A. Candalari	Tramo Bajo	240	Pr 10 años	106.71	-0.41	1.81		2.03
A. Candalari	Tramo Bajo	240	Pr 25 años	133.29	-0.41	2.05		2.30
A. Candalari	Tramo Bajo	240	Pr 50 años	162.01	-0.41	2.09		2.40
A. Candalari	Tramo Bajo	240	Pr 100 años	186.00	-0.41	2.15		2.51
A. Candalari	Tramo Bajo	240	Pr 250 años	217.51	-0.41	2.28		2.64
A. Candalari	Tramo Bajo	240	Pr 500 años	251.41	-0.41	2.37		2.76
A. Candalari	Tramo Bajo	240	Pr 1000 años	282.44	-0.41	2.45		2.87
A. Candalari	Tramo Bajo	180	Pr 5 años	81.73	-0.44	1.60		1.61
A. Candalari	Tramo Bajo	180	Pr 10 años	106.71	-0.44	1.78		1.90
A. Candalari	Tramo Bajo	180	Pr 25 años	133.29	-0.44	2.05		2.17
A. Candalari	Tramo Bajo	180	Pr 50 años	162.01	-0.44	2.07		2.23
A. Candalari	Tramo Bajo	180	Pr 100 años	186.00	-0.44	2.13		2.32
A. Candalari	Tramo Bajo	180	Pr 250 años	217.51	-0.44	2.20		2.44
A. Candalari	Tramo Bajo	180	Pr 500 años	251.41	-0.44	2.28		2.55
A. Candalari	Tramo Bajo	180	Pr 1000 años	282.44	-0.44	2.33		2.64
A. Candalari	Tramo Bajo	120	Pr 5 años	81.73	-0.47	1.35		1.51
A. Candalari	Tramo Bajo	120	Pr 10 años	106.71	-0.47	1.64		1.80
A. Candalari	Tramo Bajo	120	Pr 25 años	133.29	-0.47	1.99		2.10
A. Candalari	Tramo Bajo	120	Pr 50 años	162.01	-0.47	1.98		2.14
A. Candalari	Tramo Bajo	120	Pr 100 años	186.00	-0.47	2.03		2.21
A. Candalari	Tramo Bajo	120	Pr 250 años	217.51	-0.47	2.10		2.31
A. Candalari	Tramo Bajo	120	Pr 500 años	251.41	-0.47	2.17		2.40
A. Candalari	Tramo Bajo	120	Pr 1000 años	282.44	-0.47	2.21		2.47

Tablas de resultados del modelo HEC-RAS del "Tramo Bajo". Secciones de la 360 a la 120

Atendiendo a todo lo expuesto anteriormente, podemos decir que según el Estudio de la Janda, la parcela realmente no sería inundable, aunque si bien es cierto, el muro de protección frente avenidas finaliza unos 110 m aguas abajo, por lo que podrían producirse retornos por detrás de la mota de protección y afección a la parcela. De este modo, se entiende conveniente estudiar este posible efecto de retornos, para lo cuál es necesario realizar un estudio hidráulico bidimensional que permita analizarlo.



1.7 NORMATIVA DE APLICACIÓN

Al tratarse de un estudio de zonas inundables por escorrentía de lluvia se considera de interés la exposición esquemática de la normativa legal vigente en materia de Dominio Público Hidráulico y zonas asociadas.

Dejando aparte la legislación más generalista, las disposiciones legales que regulan las materias referidas son fundamentalmente tres a nivel estatal y otras dos de ámbito autonómico:

- Ley de Aguas de 2 de Agosto de 1985 y sus posteriores modificaciones, recogidas en el texto refundido, aprobado mediante Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de julio.
- Reglamento del Dominio Público Hidráulico (en adelante RDPH), aprobado mediante Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, modificado por el Real Decreto 606/2003 del 23 de mayo; el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero y el Real Decreto 1290/2012, de 7 de septiembre.
- Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.
- Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas de Andalucía.
- Decreto 189/2002, de 2 de julio, por el que se aprueba el Plan de Prevención de avenidas e inundaciones en cauces urbanos andaluces.

1.8 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DE CAUCE ESTUDIADO Y ZONAS ANEXAS

El estudio se inicia en la zona aguas arriba de la carretera CA-6203, conocida como la “*Variante de Zahara*”, la cual salva mediante dos obras de paso el arroyo de la Zarzuela y el río del Cachón permitiendo que las aguas discurran hasta su desembocadura en el mar, en la playa de Zahara de los Atunes.

El cauce en estudio se divide en 2 tramos diferenciados, siendo:

El arroyo de la Zarzuela.

El cauce del arroyo de la Zarzuela se encuentra en estado natural, con una sección aproximadamente trapezoidal de ancho base variable siendo más estrecha en la zona de aguas arriba y algo más ancha en la zona de aguas abajo. Este arroyo discurre por amplias planicies de inundación, formada por zonas de pastizal y/o cultivos a ambos márgenes del mismo.

En torno a unos 500 metros aguas arriba de su confluencia con el río del Cachón, se encuentra con la carretera CA-6203 en la cual se encuentra un puente de un solo vano, apoyado sobre estribos verticales. La geometría de estas estructuras se describe con mayor detalle en los apartados de modelización hidráulica.



El río del Cachón.

El cauce del río del Cachón nace tras la confluencia de los arroyos del Candalar y del Acebuchal. Las características de este cauce son similares al arroyo la Zarzuela, en cuanto a sección, zonas anexas y vegetación.

Asimismo, en torno a unos 175 metros aguas arriba de la confluencia con el arroyo de la Zarzuela, se encuentra con la carretera CA-6203 en la cual se encuentra un puente de características muy similares al del arroyo Zarzuela.

A continuación, se indica sobre la ortofotografía del PNOA, los diferentes cauces objeto del estudio así como elementos singulares presentes como el muro de protección existente en al norte del núcleo urbano, las obras de drenaje transversal y la carretera CA-6203.



Tramo de cauce estudiado

Es importante señalar que a partir de la unión de ambos cauces, el río del Cachón tiene la influencia mareal del océano Atlántico, por lo que el nivel de la lámina de agua así como la vegetación existente se ve claramente influenciada por este particular. Asimismo, la sección del cauce se ve aumentada significativamente en comparación con la existente aguas arriba.

Previamente a la desembocadura del río del Cachón se encuentra una obra de paso que da acceso al núcleo urbano de Zahara de los Atunes. Esta obra de paso consiste en un puente de hormigón con un ancho de 7,50 m, y de una longitud de 37 m, con 4 pilas circulares de hormigón



armado de en torno 75 cm de diámetro, formando así tres vanos de luz aproximadamente similar.



Puente de acceso a Zahara de los Atunes

El municipio de Zahara de los Atunes cuenta con una mota o muro de defensa que actúa como protección frente a las avenidas del río del Cachón, de 1.250 metros de longitud aproximadamente. La mota tiene una forma trapezoidal, encachada con escollera en el lado adyacente al río para evitar la erosión.



Mota de defensa de Zahara de los Atunes



Finalización de la mota de protección hasta la carretera

Asimismo, a lo largo de la mota de defensa se encuentran diferentes obras de drenaje, descritas a continuación:



Tramo de cauce estudiado



Compuerta

La compuerta se localiza en la mota de defensa y sirve para drenar las aguas pluviales del núcleo urbano hacia el río Cachón, evitando la entrada en sentido inverso mediante accionamiento manual.



Compuerta en la mota de defensa

Bombeo con clapetas antirretorno

A lo largo de la parte urbanizada de la mota, se encuentran varias obras de drenaje consistente en un bombeo con unas clapetas antirretorno, bombeando las aguas pluviales del municipio hacia el cauce del río del Cachón e impidiendo la entrada de las avenidas a la red de saneamiento del municipio.

La primera de ellas, está compuesta por 3 clapetas antirretorno y se ubica aguas arriba del puente de entrada al municipio; la otra está compuesta por 2 clapetas antirretorno ubicándose aguas abajo del puente anteriormente citado.



Bombeo con clapetas antirretorno en la mota de defensa



Bombeo con clapetas antirretorno en la mota de defensa



2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Como se explica en el estudio hidráulico llevado a cabo, para el desarrollo del presente estudio se han utilizado los modelos digitales del terreno utilizados por la propia administración hidráulica para el desarrollo de los estudios de inundabilidad de la Janda, no obstante, se ha estimado conveniente llevar a cabo un levantamiento topográfico específico de la mota de protección, pudiendo determinar de primera mano la cota a la que se ubica la misma. Asimismo se aprovecha la ocasión para tomar los datos de interés de las obras de drenaje de la "Variante de Zahara", necesarios para el cálculo hidráulico posterior.

El levantamiento se ha realizado mediante una estación total Leica modelo TC 407 cuyas características principales son las que se exponen a continuación. El trabajo se ha realizado en coordenadas relativas y posteriormente, en gabinete, y tras tomar en campo las suficientes referencias planas y altimétricas, coincidentes con el levantamiento topográfico llevado a cabo para el desarrollo del proyecto de urbanización, se ha convertido al sistema de coordenadas ETRS 89, Huso 30, ya que es el sistema de referencia geodésico oficial en España para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península Ibérica y Baleares tal como se recoge en el Real Decreto 107/2007.

Las especificaciones técnicas de esta estación total son las que se adjuntan a continuación.

Anteojo

- Totalmente basculable
- Aumentos: 30x
- Imagen: derecha
- Diámetro libre del objetivo: 40 mm
- Distancia mínima de enfoque: 1.7 m (5.6 ft)
- Enfoque: fino
- Campo visual: 1°36' (1.6gon)
- Campo visual del anteojo a 100m 2.6 m

Medición de ángulos

- absoluta, continua
- Tiempo de repetición 0.3 segundos
- Unidades elegibles
360° (sexag.), 400gon,
360° decimal, 6400 mil, V%, ±V
- Precisión Desviación típica Hz, V
(según ISO 17123-3)
TC(R)403 3" (1 mgon)
TC(R)405 5" (1.5 mgon)
TC(R)407 7" (2 mgon)

Resolución en pantalla

gon	0.0005
360d	0.0005
360s	1"
mil	0.01

Sensibilidad de los niveles

- Nivel esférico: 6/2 mm

Compensador:

- Compensador de dos ejes
- Amplitud de oscilación libre ±4" (0.07 gon)
- Precisión de estabilización.....
TC(R)407 2" (0.7 mgon)
TC(R)405 1.5" (0.5 mgon)
TC(R)403 1" (0.3 mgon)



Plomada láser

- Situación: en el eje principal del producto
- Precisión: Desviación de la línea de la plomada 1.5 mm (2 sigma) a 1.5 m de altura del producto
- ø del punto láser 2.5 mm / 1.5 m

Teclado:

- Ángulo de inclinación: 70°
- segundo teclado opcional

Pantalla:

- retroiluminada
- Calefacción (Temp. < -5°C)
- pantalla LCD: 280 x 160 Pixel
- 8 líneas de 31 caracteres cada una

Tipo de base nivelante:

- Tipo de base nivelante amovible GDF111ø rosca:5/8" (DIN 18720 / BS 84)

- Alimentación externa (vía interfaz serie) Al usar un cable externo para la alimentación, la tensión ha de estar comprendida entre 11.5V y 14V (CC)

Número de mediciones (ángulos + distancia):

- GEB111: aprox. 4000
- GEB121: aprox. 9000

Rango de temperaturas:

Tipo	Temperatura de funcionamiento	Temperatura de almacenamiento
TPS400	-20°C a +50°C / -4°F a +122°F	-40°C a +70°C / -40°F a +158°F
Batería interna	-20°C a +50°C / -4°F a +131°F	-40°C a +55°C / -40°F a +131°F

Correcciones automáticas:

- Error de colimación sí
- Error de índice vertical sí
- Curvatura terrestre sí
- Refracción sí
- Corrección de inclinaciones sí

Dimensiones:

- Producto:
Altura (incl. base nivelante y asa):
- con base GDF111
..... 360 mm ± 5 mm
Ancho: 203 mm
Longitud: 151 mm
- Maletín: 468x254x355 mm
..... (largo x ancho x alto)

Peso:

(incl. batería y base nivelante):

- con base GDF111 5,2 kg

Altura del eje de muñones:

- sin base nivelante 196 mm
- con base GDF111 240 mm ± 5 mm

Alimentación eléctrica:

- Batería GEB111: NiMh
Tensión: 6V
Capacidad: 2100 mAh
- Batería GEB121: NiMh
Tensión: 6V
Capacidad: 4200 mAh

Grabación:

- Interfaz RS232 sí
- Memoria interna Sí
Capacidad total 576 KB
..... ≈ 10000 bloques de datos o
..... ≈ 16000 puntos fijos



Medición de distancias (IR: modo reflector):



Principio: Medición de fase
 Tipo: Coaxial, láser infrarrojo
 Clase 1

Longitud de la onda 780 nm
 portadora:

Sistema de medición: Sistema de frecuencia especial Base 100 MHz \pm 1.5 m



Principio: Medición de fase
 Tipo: Coaxial, láser rojo visible
 Clase 1

Longitud de la onda 660 nm
 portadora:

Sistema de medición: Sistema analizador Base 100 MHz - 150 MHz

- Disposición del EDM..... coaxial
- Unidad mínima en pantalla 1 mm

Programas de medición	Precisión * (Desviación típica según ISO 17123-4)	Tiempo de medición
IR-prec	2 mm + 2 ppm	<1 seg.
IR-rapid	5 mm + 2 ppm	<0.5 seg.
Tracking	5 mm + 2 ppm	<0.3 seg.
IR Diana	5 mm + 2 ppm	<0.5 seg

* La interrupción del rayo, un fuerte centelleo por el calor u objetos moviéndose en la trayectoria del rayo pueden afectar negativamente a la precisión especificada.

Alcance: (Medición normal y rápida)						
	Prisma estándar	3 prismas (GPH3)	Reflector 360°	Diana reflectante 60x60	Mini-prisma	Mini-prisma 360°
1	1800 m (6000 ft)	2300 m (7500 ft)	800 m (2600 ft)	150 m (500 ft)	800 m (2600 ft)	450 m (1500 ft)
2	3000 m (10000 ft)	4500 m (14700 ft)	1500 m (5000 ft)	250 m (800 ft)	1200 m (4000 ft)	800 m (2600 ft)
3	3500 m (12000 ft)	5400 m (17700 ft)	2000 m (7000 ft)	250 m (800 ft)	2000 m (7000 ft)	1000 m (3500 ft)

- 1) Muy brumoso, visibilidad 5km; o mucho sol con fuerte centelleo por el calor
- 2) Poco brumoso, visibilidad aprox. 20km; o parcialmente soleado y poco centelleo por el calor
- 3) Cubierto, sin bruma, visibilidad aprox. 40km; sin centelleo del aire

A continuación se adjunta el certificado de calibración del equipo.



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

Nº de Certificado : 2014 / GE / 2737
Expedido a :
ANTONIO SILVA SANTOS

Fecha de Verificación: 13/11/2014
Recomendación próxima Verificación: 13/11/2015

DATOS DEL EQUIPO

Marca	LEICA	Modelo	TC407	Nº de serie	834342
Tipo	Estación Total				
Precisión Angular Horizontal	+/- 0,002 gones				
Precisión Angular Vertical	+/- 0,002 gones				
Precisión en distancia Infrarojo	2 mm + 2 ppm				
Precisión en distancia Láser					

PATRONES UTILIZADOS

Colimador Leica Universal triposicional con compensador N° Serie 0010368, certificado por el C.E.M. con el Número : CEM- 132154001 cuya incertidumbre asociada es de 0,0004 gones con un nivel de confianza del 95% (K=2)

Línea base con centrado forzoso y 3 reflectores a las distancias conocidas y certificadas por el CEM. N°CEM: 132154004 Distancia 1: 3.520 0 (m), Distancia 2: 17.404 1 (m), Distancia 3: 53.131 3 (m)

Procedimiento de ajuste conforme a lo establecido por el fabricante en el manual del instrumento en cuestión.

Condiciones Ambientales 23 +/- 1 Cº Temperatura 65 +/- 10 % Humedad

Incertidumbres calculadas con un nivel de confianza del 95% (k=2)

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.


LABORATORIO DE VERIFICACIÓN
Acre Soluciones Topográficas S.L.
Servicio Técnico
set@grupoacre.com
502 490 839



ACRE

SURVEYING SOLUTIONS

Todos los valores están expresados en gon

ENTRADA DEL ANGULO HORIZONTAL

SIN 834342

	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LECTURA	0.0000	200.0014	0.0000	200.0018	0.0000	200.0016	0.0000	200.0014	0.0000	200.0014
ERROR	0.0007		0.0008		0.0008		0.0007		0.0007	

ERROR MEDIO O DIFERENCIA 0.0007

SALIDA DEL ANGULO HORIZONTAL

	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LECTURA	0.0000	200.0000	0.0000	200.0002	0.0000	200.0000	0.0000	200.0000	0.0000	200.0002
ERROR	0.0000		0.0001		0.0000		0.0000		0.0001	

ERROR MEDIO O DIFERENCIA 0.0000 INCERTIDUMBRE 0.0005

ENTRADA DEL ANGULO VERTICAL

	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LECTURA	100.0018	200.0016	100.0016	300.0016	100.0018	300.0018	100.0016	300.0018	100.0016	300.0016
ERROR	0.0017		0.0016		0.0018		0.0017		0.0016	

ERROR MEDIO O DIFERENCIA 0.0017

SALIDA DEL ANGULO VERTICAL

	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LECTURA	100.0000	300.0002	100.0000	300.0000	100.0000	300.0000	100.0000	300.0000	100.0002	300.0000
ERROR	0.0001		0.0000		0.0000		0.0000		0.0001	

ERROR MEDIO O DIFERENCIA 0.0000 INCERTIDUMBRE 0.0005

ERROR DE MUÑONES

(Para una inclinación de +/- 30 gon)

	1	2	3	4	5	ERROR MEDIO O DIFERENCIA	INCERTIDUMBRE
ENTRADA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
SALIDA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005

Entrada EDM Láser/Infrarojo: 2mm

Salida EDM Láser/Infrarojo: 2mm

Entrada EDM Láser:

Salida EDM Láser:

COMPROBACION DE PLOMADA O K

COMPROBACION DE DISTANCIAS CEM O K



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

Tras la toma de puntos en campo se ha procedido a la descarga de los mismos desde los instrumentos de toma de datos al ordenador, para lo cual se ha utilizado el programa LEICA Geo Office.

A continuación se adjunta el listado de puntos tomados en campo:

<i>Nº</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>CÓDIGO</i>
1000	244263.742	4002978.611	3.802	M
1001	244255.804	4002977.625	3.865	M
1002	244245.394	4002974.101	3.921	M
1003	244231.986	4002968.882	3.954	M
1004	244220.19	4002962.978	3.902	M
1005	244210.653	4002955.172	3.901	M
1006	244202.689	4002944.705	3.918	M
1007	244196.122	4002933.511	3.944	M
1008	244190.035	4002923.386	3.859	M
1009	244181.937	4002911.425	3.881	M
1010	244177.706	4002905.362	3.894	M
1011	244171.995	4002900.091	3.862	M
1012	244166.719	4002897.545	3.872	M
1013	244161.544	4002896.621	3.931	M
1014	244148.068	4002897.874	3.935	M
1015	244133.382	4002899.367	3.89	M
1016	244119.027	4002900.666	3.861	M
1017	244106.632	4002901.701	3.829	M
1018	244100.1	4002902.856	3.8	M
1019	244090.676	4002905.008	3.893	M
1020	244076.104	4002909.224	3.881	M
1021	244062.513	4002913.372	3.865	M
1022	244050.106	4002917.255	3.914	M
1023	244036.202	4002921.008	3.87	M
1024	244021.622	4002924.935	3.882	M
1025	244007.947	4002928.534	3.864	M
1026	243993.253	4002932.408	3.856	M
1027	243979.268	4002936.068	3.883	M
1028	243963.94	4002940.03	3.856	M
1029	243948.821	4002943.943	3.862	M
1030	243934.591	4002947.553	3.825	M
1031	243919.298	4002951.363	3.85	M
1032	243905.127	4002954.735	3.892	M
1033	243896.451	4002957.449	3.868	M



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

1034	243891.827	4002959.492	3.823	M
1035	243885.348	4002960.895	3.924	M
1036	243876.603	4002962.363	4.161	M
1037	243867.961	4002962.85	4.883	M
1038	243857.828	4002964.169	3.845	M
1039	243846.295	4002964.713	3.762	M
1040	243836.309	4002964.727	3.825	M
1041	243830.522	4002964.226	3.835	M
1042	243818.004	4002966.209	3.814	M
1043	243804.785	4002968.417	3.839	M
1044	243792.167	4002970.463	3.814	M
1045	243778.746	4002972.645	3.791	M
1046	243763.317	4002975.068	3.813	M
1047	243749.257	4002977.364	3.826	M
1048	243733.96	4002979.85	3.808	M
1049	243717.814	4002982.129	3.866	M
1050	243702.419	4002984.338	3.82	M
1051	243687.573	4002986.585	3.829	M
1052	243673.607	4002989.652	3.8	M
1053	243651.43	4002994.46	3.834	M
1054	243637.183	4002998.247	3.812	M
1055	243624.206	4003001.379	3.821	M
1056	243611.194	4003004.253	3.827	M
1057	243602.358	4003005.843	3.878	M
1058	243591.801	4003007.025	3.803	M
1059	243583.085	4003006.889	3.823	M
1060	243578.248	4003006.511	3.857	M
1061	243542.098	4002998.65	3.914	M
1062	243868.588	4002966.559	4.775	P
1063	243868.63	4002966.544	5.301	P
1064	243869.353	4002966.505	5.272	P
1065	243869.399	4002966.502	5.105	P
1066	243876.139	4002966.134	4.811	P
1067	243876.814	4002978.312	4.739	P
1068	243877.448	4002990.974	4.748	P
1069	243878.081	4003003.086	4.807	P
1070	243878.088	4003003.083	4.805	P
1071	244101.118	4002903.487	3.581	T
1072	244105.57	4002902.364	3.589	T
1500	244128.018	4002842.048	2.625	PZ
1501	244156.124	4002867.135	2.524	ESQ



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

2000	244275.235	4002977.518	3.834	M
2001	244288.211	4002973.693	3.774	M
2002	244300.816	4002968.412	3.764	M
2003	244310.593	4002963.453	3.795	M
2004	244322.055	4002956.979	3.89	M
2005	244325.238	4002962.978	2.154	M24
2006	244333.485	4002949.923	3.927	M
2007	244346.656	4002941.798	3.977	M
2008	244358.532	4002934.433	3.904	M
2009	244369.816	4002927.422	3.983	M
2010	244381.161	4002920.577	3.957	M
2011	244393.318	4002913.152	3.909	M
2012	244406.446	4002904.887	3.957	M
2013	244420.77	4002896.006	3.863	M
2014	244432.788	4002888.449	3.853	M
2015	244445.493	4002880.567	3.856	M
2016	244459.842	4002871.758	3.85	M
2017	244472.671	4002863.659	3.964	M
2018	244485.664	4002855.488	3.845	M
2500	244307.129	4002959.107	2.69	T
2501	244306.034	4002959.725	2.699	T
2502	244306.595	4002959.372	1.552	T
2503	244310.747	4002965.792	2.729	T
2504	244309.868	4002966.196	2.715	T
3000	244534.021	4002780.235	3.691	M
3001	244533.091	4002785.374	3.674	M
3002	244514.827	4002809.711	2.992	M
3003	244511.78	4002809.719	3.21	M
3004	244509.206	4002811.595	3.304	M
3005	244504.137	4002826.773	3.57	M
3006	244499.227	4002838.878	3.695	M
3007	244492.584	4002849.512	3.768	M
4000	244500.133	4002828.42	3.55	G
4001	244496.043	4002822.572	3.548	G
4002	244502.938	4002809.481	3.5	G
4003	244507.357	4002802.781	3.284	G
4004	244513.688	4002801.342	3.178	G
4005	244525.66	4002791.037	3.504	G
4006	244530.546	4002782.4	3.626	G
4007	244530.061	4002778.432	3.687	V
4008	244519.831	4002809.849	2.909	M



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

4009	244518.298	4002805.825	2.931	M
4010	244520.26	4002800.383	3.366	M
4011	244529.92	4002791.292	3.57	M
4012	244533.897	4002783.957	3.652	M
4013	244534.004	4002776.72	3.717	M
4014	244529.445	4002765.152	3.704	M
4015	244520.885	4002747.245	3.603	M
4016	244513.158	4002730.583	3.709	M
4017	244506.315	4002713.533	3.698	M
4018	244500.758	4002696.831	3.553	M
4019	244494.567	4002678.49	3.513	M
4020	244488.785	4002664.194	3.522	M
4021	244487.517	4002660.285	3.456	A
4022	244485.869	4002655.686	3.583	A
4023	244479.1	4002666.057	3.461	V
4024	244420.181	4002689.198	2.952	A
4025	244329.741	4002715.405	2.72	PZ
4026	244322.587	4002721.816	2.758	PZ
5000	244715.703	4002661.416	1.715	T
5001	244715.265	4002660.645	3.228	T
5002	244716.218	4002662.197	3.209	T
5003	244718.542	4002659.602	4.59	C
5004	244887.045	4003032.15	6.574	C
5005	244878.663	4003034.02	1.551	T
5006	244878.695	4003034.056	3.015	T
5007	244896.361	4003090.091	2.336	P
5008	244899.425	4003097.763	7.083	C
5009	244897.526	4003098.071	7.099	V
5010	244899.35	4003108.809	2.758	P
5011	244842.027	4003404.016	6.469	C
5012	244838.526	4003403.396	5.703	MA
5013	244840.193	4003400.901	5.7	MA
5014	244814.922	4003442.6	6.792	C
5015	244813.397	4003440.741	6.848	V
5016	244817.278	4003435.797	2.355	P
5017	244806.145	4003450.853	2.194	P
5018	244763.111	4003507.026	5.929	C
5019	244757.566	4003502.346	1.468	T
5020	244757.571	4003502.369	2.949	T



Para llevar a cabo el levantamiento topográfico se ha utilizado diversas estaciones, de modo que se podrá utilizar también para llevar a cabo el replanteo o comprobaciones de obra. A continuación se adjunta el listado de coordenadas de las estaciones tomadas en campo:

<u>Nº</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>Z</u>	<u>CÓDIGO</u>
1	244214.080	4002957.875	3.927	EPO
2	244191.782	4002922.232	3.962	EPO
3	244263.852	4002978.192	3.846	EPO
4	244172.702	4002894.412	4.003	EPO
6	244487.254	4002855.066	3.855	EPO
7	244538.861	4002783.976	3.359	EPO



3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

3.1 OBJETO

El objeto del presente documento es determinar el caudal de avenida del río del Cachón y de aquellos que confluyan en el mismo. Se estudiará particularmente el caudal asociado a la avenida de 500 años de periodo de retorno.

Teniendo en cuenta que la Administración Hidráulica Andaluza redactó el "*Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*", se utilizarán los mismos parámetros para la estimación de los caudales de cálculo, ya que estos han sido aprobados por la mencionada administración.

3.2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Para el estudio de caudales y dado que en la cuenca no se dispone de series de datos foronómicos adecuados para determinar directamente el caudal, se han calculado las precipitaciones de la zona y posteriormente se ha procedido a la transformación de precipitación en escorrentía mediante un modelo de simulación de cuencas.

El procedimiento que se ha seguido ha sido el siguiente:

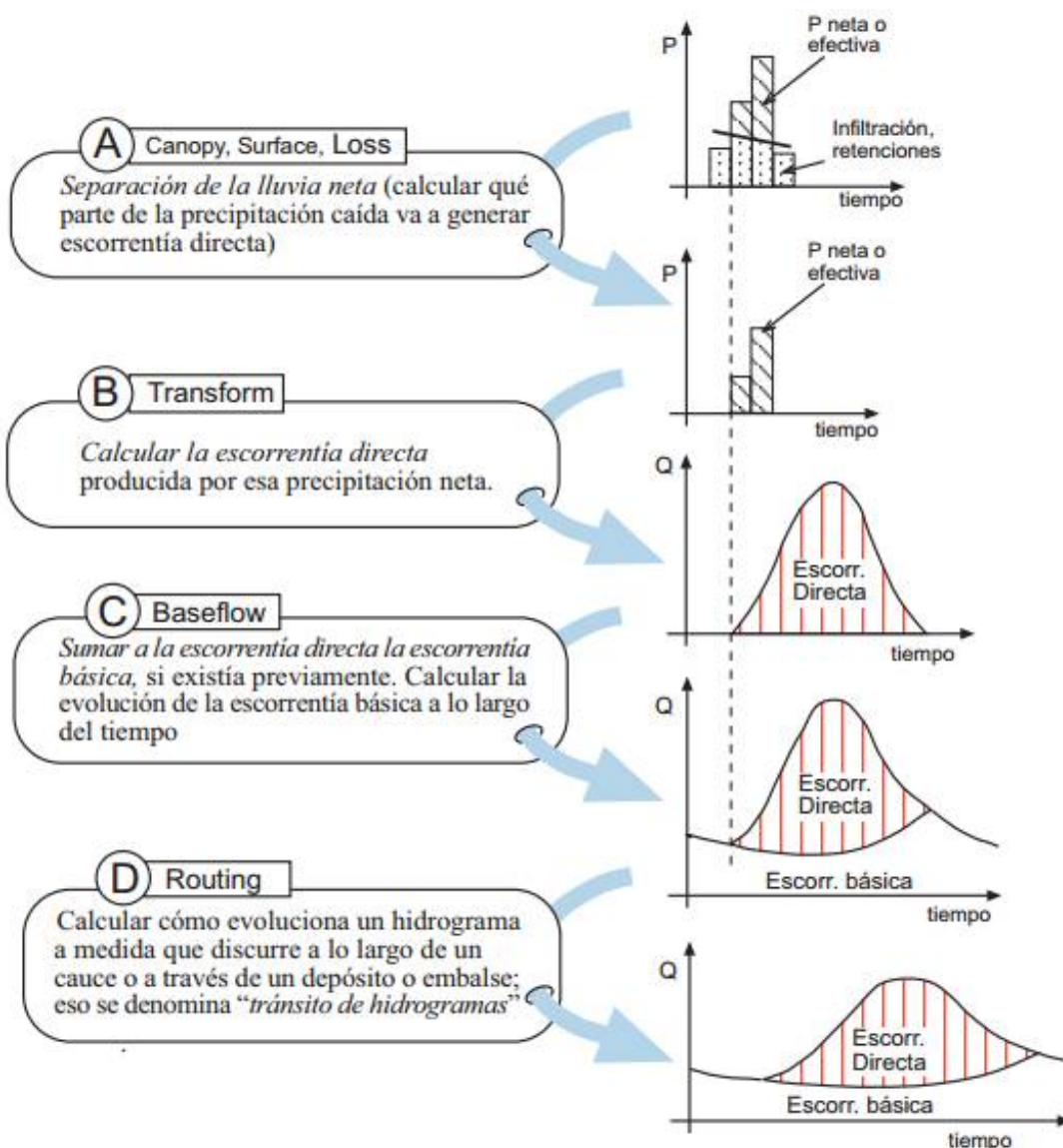
- Determinación de la cuenca y subcuencas vertientes.
- Estudio pluviométrico de la cuenca de aportación.
- Estudio de la escorrentía superficial.
- Transformación de la precipitación en escorrentía.
- Cálculo de hidrogramas de avenida.

En los siguientes epígrafes se desarrollan cada uno de los puntos anteriores.

3.3 SOFTWARE DE CÁLCULO UTILIZADO

Para la realización de los cálculos hidrológicos se ha empleado el modelo Hec-Hms: Hydrologic Engineering Center (HEC), Hydrologic Modeling System (HMS), que es un modelo hidrológico de eventos desarrollado por el US Army Corp of Enginners de los Estados Unidos. Las fases de trabajo de este modelo pueden esquematizarse como se muestra a continuación.

HMS permite establecer varias subcuencas, y realiza el trabajo de las tres primeras fases (A, B y C) para cada subcuenca, calculando la última fase (D) para cada tránsito a lo largo de un cauce (la evolución del hidrograma que, generado en una subcuenca, circula por otra distinta). En el punto final suma todos los caudales generados y transitados a lo largo del recorrido y nos proporciona de forma analítica y gráfica el hidrograma en varios puntos de la cuenca.



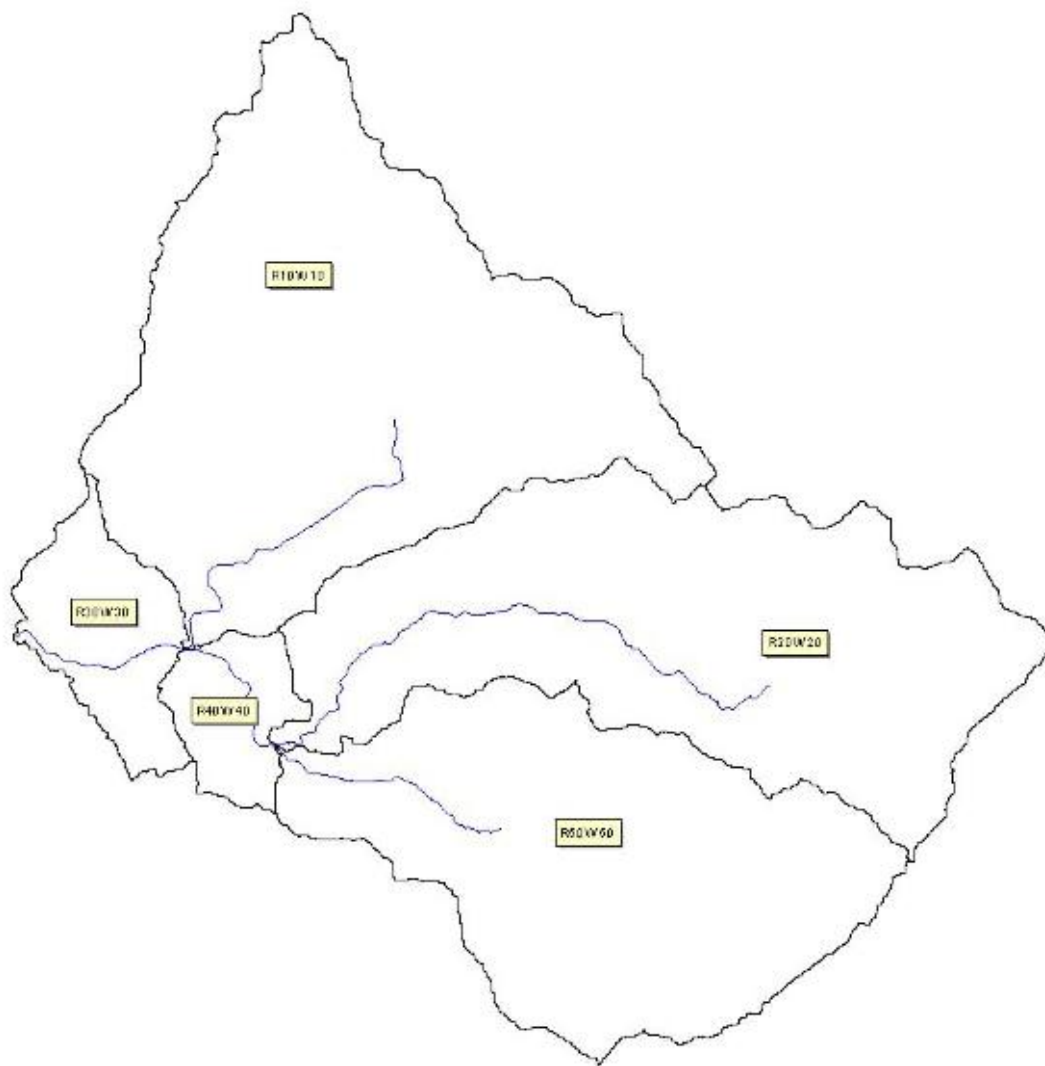
3.4 DETERMINACIÓN DE LA CUENCA VERTIENTE

Para la determinación de la cuenca vertiente del río del Cachón hasta el punto de estudio se ha empleado el Modelo Digital del Terreno del IGN, con paso de malla de 5m, cuya distribución de hojas es la misma que el MTN50. En esta zona el MDT se ha obtenido por estereocorrelación automática de vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con resolución de 25 a 50 cm/pixel, revisada e interpolada con líneas de ruptura donde fuera viable.

A partir de este MDT, se ha realizado el trazado del perímetro de las cuencas y subcuencas objeto de análisis, haciendo uso del software HEC-GeoHMS, aplicación SIG del HEC-HMS.



Tal como se muestra en la figura siguiente se han diferenciado cinco subcuencas vertientes, designadas como R10W10, R20W20, R30W30, R40W40 y R50W50, cuyo trazado se muestra a continuación:



Subcuencas vertientes

(Fuente: Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz)



Una vez conocidas las subcuencas vertientes se han determinado los parámetros geométricos necesarios para realizar el cálculo hidrológico posterior, tales como superficies, longitudes de cauces, desniveles,... calculando además el tiempo de concentración de cada subcuenca mediante la fórmula de Témez para zonas rurales o urbanas, tal como se expone a continuación.

$$T_c = 0,3 \frac{L^{0,76}}{J^{1/4}}$$

donde:

T_c: Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

L: Longitud del cauce principal en Km.

J: Pendiente media del curso principal (m/m).

Por ello, se ha extraído del " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*", los parámetros fisiográficos de cada una de las subcuencas que componen la cuenca principal y el tiempo de concentración de cada una de ellas, según la formulación de Témez:

CUENCA	SUPERF. Km ²	CAUCE	LONG (km)	COTAS (m)		PEND.
				ORIGEN	FINAL	MEDIA (%)
R30W30	2.22	R30	3.10	142	0	4.60
R10W10	15.10	R10	8.28	267	1	3.21
R50W50	10.76	R50	7.45	437	3	5.82
R40W40	1.38	R40	2.27	45	2	1.87
R20W20	12.80	R20	10.04	248	3	2.44

Parámetros fisiográficos y tiempos de concentración en las subcuencas

(Fuente: Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz)

3.5 ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

El objeto del estudio pluviométrico es determinar el valor de las precipitaciones máximas diarias correspondientes a diferentes periodos de retorno.

En este estudio, se han tomado los datos de precipitaciones del " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*", resultando:



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

Indicador	Estación	Período de retorno								
	Nombre	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	250 años	500 años	1000 años
5-948	ALGAR 'C.DE A.'	82	86	101	125	144	164	192	215	239
5-951	JEREZ DE LA FRA 'SAN JOSE VALL'	79	111	132	159	179	199	221	246	272
5-952	JEREZ DE LA FRA 'BERLANGUILLA'	53	74	88	105	118	131	141	161	173
5-954	MEDINA SIDONIA	83	84	99	120	137	154	179	198	219
5-955	PATERNA DE RIVERA	57	75	89	108	123	139	161	179	197
5-968	JEREZ DE LA FRA 'LAS PACHECHAS'	54	80	97	119	135	150	171	191	213
5-971	PUERTO REAL	85	108	133	167	192	228	273	312	353
5-973	CADIZ 'CORTADURA'	53	75	90	108	125	142	167	188	209
5-974	MEDINA SIDONIA 'PRADO SANTO'	66	88	104	126	143	162	187	208	230
5-975	CHICLANA DE LA FRA	57	84	103	128	143	160	188	211	238
5-976	CHICLANA DE LA FRA 'CAMPAÑO'	62	89	108	135	157	180	213	240	268
5-978	CONIL DE LA FRA	57	81	97	121	141	163	193	217	242
5-979	BARBATE 'TRAFALGAR'	53	85	106	133	153	173	207	238	268
5-980	ALCALA DE LOS GAZULES	71	99	118	145	168	192	226	253	282
5-982	ALCALA DE LOS GAZULES 'HERNAN'	87	124	149	181	209	240	284	319	356
5-984	MEDINA SIDONIA 'LOS ALBUREJOS'	67	102	125	154	176	198	221	248	277
5-985	ALCALA DE LOS GAZULES 'AHIJONE'	67	93	110	132	148	164	183	203	225
5-987	MEDINA SIDONIA 'VALLE HERMOSO'	85	93	111	137	157	178	208	232	257
5-988	VEJER DE LA FRA 'LAS LOMAS'	64	95	115	141	160	179	202	226	252
5-988I	PANTANO DE ALMODOVAR	67	92	108	131	150	171	200	223	247
5-990	TARIFA 'FACINAS'	79	105	122	144	160	177	191	214	230
5-991	LOS BARRIOS 'DEHESA ZANONA'	86	117	138	165	189	215	250	279	309
5-995	VEJER DE LA FRA	67	98	118	145	169	195	232	262	293
5-996	BARBATE	68	95	114	137	154	172	241	211	228
5-997	BARBATE 'ZAHARA LOS ATUNES'	61	90	109	134	151	169	198	222	248
6-001	TARIFA	53	77	93	118	138	159	190	215	241
6-006	ALGECIRAS	98	141	172	219	258	299	358	405	455
6-011	LOS BARRIOS 'MOJEA CONEJO'	95	125	147	178	202	228	264	294	324
6-053	JEREZ DE LA FRA 'EL MARRUFO'	90	120	144	178	204	232	272	304	337
6-054	JIMENA DE LA FRA 'DIEGO DURO'	98	140	169	205	231	258	283	319	345

Precipitaciones resultantes de cada estación pluviométrica

(Fuente: Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz)

Para tener en cuenta que una precipitación con probabilidad de ocurrencia determinada no tiene por qué producirse al mismo tiempo en toda la cuenca, sobre todo cuando se trata de cuencas de gran extensión, es usual emplear un coeficiente minorador denominado "factor de simultaneidad de tormentas". Este factor puede estimarse a partir de un análisis de aguaceros históricos de elevada intensidad, o bien empleando la formulación de Témez recogida en la publicación "Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas" del CEDEX.

$$K_A = 1 - \frac{\text{Log}A}{15}$$

Siendo K_A el coeficiente de simultaneidad de tormentas, y A el área total de la cuenca de aportación en Km^2 .

Finalmente, a continuación se adjuntan los valores resultantes de la precipitación en 24 horas correspondientes a los distintos periodos de retorno para cada una de las subcuencas, extraídos del "Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz".



CUENCA	Tormenta de diseño -24 h- minorada (mm)								
	2 a	5 a	10 a	25 a	50 a	100 a	250 a	500 a	1000 a
R30W30	64	92	112	136	154	172	200	224	249
R10W10	72	101	120	144	162	180	204	227	249
R50W50	70	99	118	142	159	176	198	224	247
R40W40	64	93	113	137	155	173	201	226	252
R20W20	75	104	124	147	164	181	201	226	247

*Precipitaciones adoptadas para el periodo de retorno de 500 años
(Fuente: Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz)*

3.5.1 Cálculo de hietogramas

Para poder obtener los hidrogramas asociados a cada subcuenca es necesario realizar previamente una distribución temporal de la lluvia, y para ello se han realizado los hietogramas de cada subcuenca. Para realizar estos hietogramas es necesario establecer una duración total de lluvia, los intervalos de tiempo de igual intensidad, y un método para la distribución de las intensidades a lo largo de la tormenta.

Estableceremos un patrón temporal de lluvia mediante hietograma sintético desarrollado a partir de las curvas IDF de Témez, distribuyendo los valores de lluvia mediante el método de los bloques alternos.

Para fijar la duración de la tormenta se tendrán en cuenta las recomendaciones que en todo caso instan a tomar tiempos de duración de tormenta superiores al T_c , de forma que toda la cuenca aporte en un instante dado caudal al punto de drenaje. Por otro lado, tal como se expone en el documento *“Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas”* del CEDEX, en ausencia de datos específicos de duración de chubascos, es recomendable el empleo de tormentas con duración del orden de 24 horas dado el carácter diario de la mayor parte de los registros pluviométricos. De este modo, se ha considerado para los cálculos una lluvia de 24 horas de duración.

Para componer las ordenadas del hietograma de diseño que expresa la distribución temporal de las intensidades de lluvia en el transcurso de la tormenta, es necesario conocer previamente las características de las lluvias en la región, pero a falta de información pluviográfica fiable se ha optado por trabajar con intensidades de lluvia calculadas según el procedimiento expuesto en el apartado 2.3. de la *Instrucción 5.2-IC, Drenaje Superficial*.

La relación $I1/I_d$ se obtiene del mapa de la figura 2.2. de dicha Instrucción. En nuestro caso, esta relación es de 8 tal como se deduce de la figura.



Relación 11/Id (Instrucción 5.2 I.C)

El incremento de tiempo a considerar en la discretización de las lluvias está relacionado con el tiempo de respuesta de la cuenca y según las "Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas" del CEDEX, son suficientes valores inferiores a $0,2 \cdot T_c$ en el caso de emplear el método de hidrograma unitario.

Una vez conocida la duración de la tormenta y el intervalo de tiempo para el cálculo se procede al diseño del hietograma asociado a cada subcuenca, empleando para ello el método de los bloques alternos y determinando la intensidad de precipitación mediante la fórmula de intensidad de lluvia propuesta en la instrucción de drenaje 5.2 IC.

$$\frac{I_t}{I_d} = \frac{I_1}{I_d} \frac{28^{0,1} t^{0,1}}{28^{0,1} 1}, \text{ siendo:}$$

I_t , la intensidad del aguacero a considerar

I_d , la intensidad de precipitación diaria

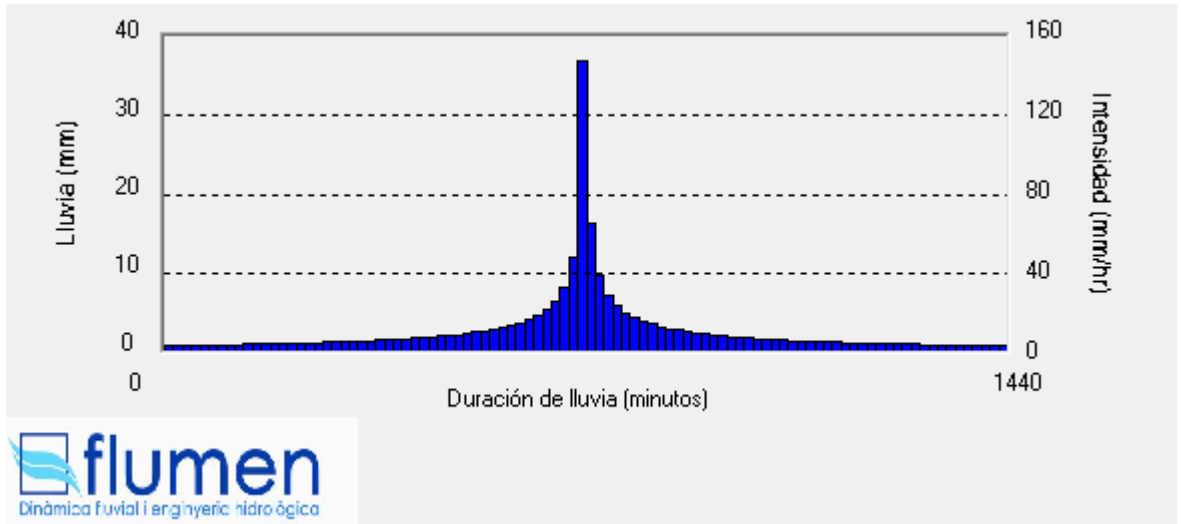
t , la duración del aguacero.

Teniendo en cuenta que en el "Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz", se ha tomado 15 minutos para el incremento

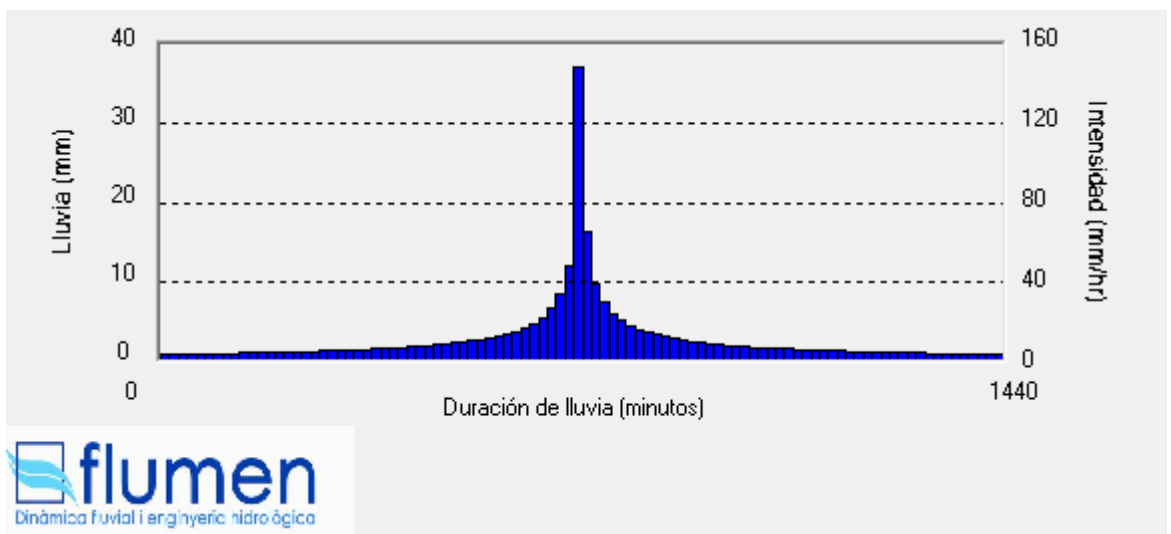


de tiempo en la discretización de las lluvias, será ese mismo el que se utilizará en el software "Bloques SWMM".

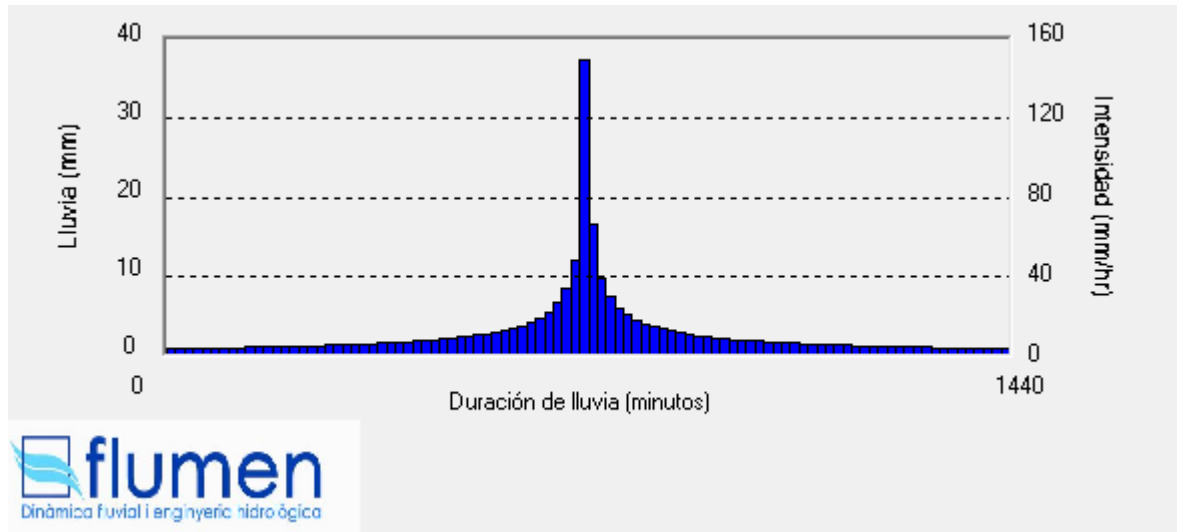
Para realizar el cálculo se ha utilizado el software "Bloques SWMM" del FLUMEN, exponiéndose los resultados a continuación:



Hietograma T 500 años, P= 224 mm/día



Hietograma T 500 años, P= 226 mm/día



Hietograma T 500 años, P= 227 mm/día

3.6 ESTUDIO DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

No toda la lluvia que genera una tormenta contribuye a la formación del caudal que se pretende obtener en un estudio hidrológico, parte es retenida en superficie, almacenada en depresiones o reinfiltrada; es lo que se denominan abstracciones hidrológicas. El funcionamiento de modelos de generación de escorrentía está caracterizado por la existencia de zonas de generación y zonas de reinfiltración.

3.6.1 Metodología

Para simular las pérdidas hídricas y convertir la tormenta bruta en tormenta neta o efectiva se ha seleccionado el modelo de infiltración del Soil Conservation Service (SCS) por su mayor operatividad. El modelo del SCS es el más extendido y experimentado de los modelos empíricos y su principal ventaja radica en su gran adaptabilidad a la modelación distribuida y simplicidad al dar un procedimiento estandarizado para la asignación de los parámetros a partir de las características del terreno.

Este método propone una clasificación de los llamados complejos hidrológicos suelo-vegetación, a los que se asigna una capacidad de infiltración o mejor dicho un comportamiento ante la precipitación. Esta característica condicionada además tanto por los antecedentes de humedad como por la capacidad de infiltración viene representada por un valor numérico denominado número de curva (CN). Los antecedentes de humedad varían entre condición I (suelo seco) a condición III (suelo húmedo), siendo la condición II la representativa de un grado de humedad normal o intermedio del suelo.



El SCS asume la existencia de un umbral de escorrentía (P_0), por debajo del cual las precipitaciones no provocan escorrentía. Este valor actúa como una interceptación inicial antes de evaluar que parte de ésta escurre superficialmente y que parte es retenida. La relación descrita queda en función de un único parámetro (P_0), que debe ser estimado correctamente pues la escorrentía depende en exclusiva de él. Para conocer el valor de P_0 en función del número de curva (CN), el SCS propuso la relación empírica siguiente.

$$P_0 = \frac{5000}{CN} - 50$$

En este modelo la capacidad de abstracción de un suelo y por lo tanto de generación de escorrentía depende de los mismos factores que afectan a la infiltración. Entre estos factores el método del SCS distingue cuatro (FERRER POLO, 1993):

1. Tipo de suelo: Según su potencial de generación de escorrentía o lo que es lo mismo su capacidad de infiltración. Distinguiendo 4 tipos de sustrato litológico de mayor a menor permeabilidad (A, B, C y D).

2. Tipo de uso del terreno: Dependiendo de que introduzcan modificaciones a la capacidad de infiltración intrínseca del terreno por sellado o impermeabilización, como el caso de las zonas pavimentadas, o la mejoren como los suelos forestales y agrarios.

3. Pendiente del terreno y características topográficas: Distingue entre terrenos llanos, por debajo del 3% de desnivel, y terrenos en pendiente por encima del 3%.

4. Contenido inicial de humedad: Normalmente el umbral de escorrentía (P_0 y el CN equivalente) obtenido siguiendo la metodología anterior es ponderado por un coeficiente corrector (TÉMEZ, 1978).

El método del S.C.S. (Soil Conservation Service) es ampliamente utilizado por su facilidad para estimar sus parámetros a partir de datos edafológicos y de vegetación. En el caso español, es especialmente interesante puesto que en él está basada la actual norma de drenaje de carreteras (Instrucción 5.2-I.C.).

3.6.2 Cálculo

A continuación se adjunta, un cuadro con el número de curva (NC) para cada subcuenca con antecedentes de humedad AMC II y AMC III, extraído del " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*".



CUENCA	Núm. Curva	
	AMC II	AMC III
R30W30	69	86
R10W10	66	84
R50W50	63	81
R40W40	70	87
R20W20	67	85

Número de curva de cada subcuenca

(Fuente: Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz)

En el HEC-HMS, se van a emplear los datos resultantes de los antecedentes de humedad AMC III para dejar el cálculo del lado de la seguridad.

3.7 TRANSFORMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN ESCORRENTÍA

Una vez conocidas las precipitaciones y el poder de infiltración que tiene la cuenca vertiente se han de definir los parámetros necesarios para la transformación de la lluvia en escorrentía.

Para la simulación hidrológica de la cuenca se aplicará el modelo HEC-HMS, el cual requiere la elección previa de los métodos de cálculo para los procesos de generación de escorrentía, hidrograma de avenida y propagación de caudales.

En el caso concreto que estamos tratando se han escogido las siguientes opciones de cálculo en la construcción del modelo:

Generación de escorrentía mediante el modelo del U.S. Soil Conservation Service

Se aplicará la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4P_0}, \text{ donde:}$$

Q = Escorrentía en mm

P = Precipitación acumulada en mm

P₀ = Umbral de escorrentía en mm

La aplicación del método del S.C.S. requiere la determinación previa del umbral de escorrentía P₀ en mm o en su caso, el número de curva definido por el U.S. Soil Conservation Service (SCS), valores ya calculados.



Distribución de la escorrentía según el hidrograma unitario instantáneo de Clark.

Existen diversas maneras de estimar el hidrograma de descarga de un determinado aguacero sobre una cuenca, como los métodos empíricos, modelos del hidrograma unitario o el modelo conceptual de la onda cinemática que representan con base física el proceso y los mecanismos que gobiernan el movimiento del exceso de precipitación en una cuenca.

En este estudio se empleará el método del hidrograma unitario instantáneo de Clark, puesto que tal como se ha expresado anteriormente, se van a tomar los datos y métodos empleados en el " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*".

El método de Clark utiliza el concepto de hidrograma unitario instantáneo para definir un hidrograma unitario de cuenca que no esté ligado a una determinada duración de lluvia neta.

A continuación se adjunta, un cuadro donde se resumen los parámetros de las subcuencas estudiadas tras la aplicación del método de Clark, extraídos del " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*".

CAUCE	Tiempo concent. To (h)	Tiempo viaje Tv (h)	Factor de almacenamiento (h)									
			Clark			Linsley			Sabot	Rango recomen.		Valor adopt.
			Min.	Máx.	Med.	Min.	Máx.	Med.		Min.	Máx.	
R30	1.27	0.81	7.23	20.24	13.74	0.22	0.65	0.43	1.17	0.64	2.54	1.17
R10	2.87	1.84	23.11	64.70	43.91	1.80	5.39	3.59	2.70	1.44	6.75	2.70
R50	2.37	1.52	15.43	43.20	29.32	1.01	3.04	2.02	2.34	1.18	4.74	2.34
R40	1.19	0.76	8.30	23.23	15.76	0.19	0.58	0.39	1.05	0.60	2.38	1.05
R20	3.51	2.24	32.12	89.92	61.02	2.30	6.90	4.60	4.51	1.75	7.01	4.51

(Fuente: *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*)

Propagación de caudales por el método de Muskingum.

El modelo del HEC-HMS incluye tramos de cauces que atraviesan cuencas intermedias. Para representar en el modelo el efecto de retraso y laminación de puntas que estos tramos de transporte tienen en los hidrogramas de avenida se ha aplicado el método de Muskingum Cunge.

En el método de Muskingum Cunge, el cauce se caracteriza mediante parámetros geométricos como longitud del tramo de laminación, pendiente, sección transversal y rugosidad. A continuación se adjunta, un cuadro con dichos parámetros extraídos del " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*".



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

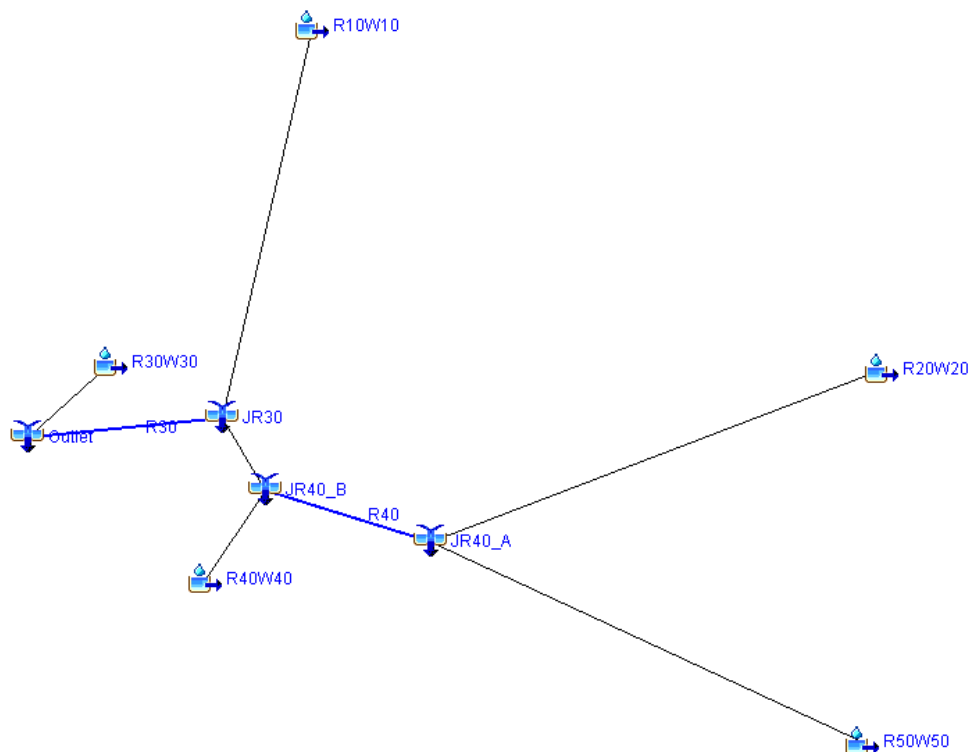
Cauce	Longitud (m)	Pendiente	Ancho cauce (m)	Talud cajeros H(T):V(1)	Núm. Mannig
R30	1784	0.001	30	5	0.05
R40	1554	0.001	3	4	0.05

Parámetros geométricos de las cuencas intermedias

(Fuente: Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz)

3.8 CÁLCULO DE CAUDALES

Como se ha comentado al principio del estudio hidrológico, se ha empleado el modelo matemático HEC-HMS, (Hydrologic Modeling System), que es una versión actualizada del clásico modelo matemático HEC-1 Flood Hydrograph Package, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers. En el gráfico siguiente se ha representado el modelo de cuenca utilizado para el cálculo.

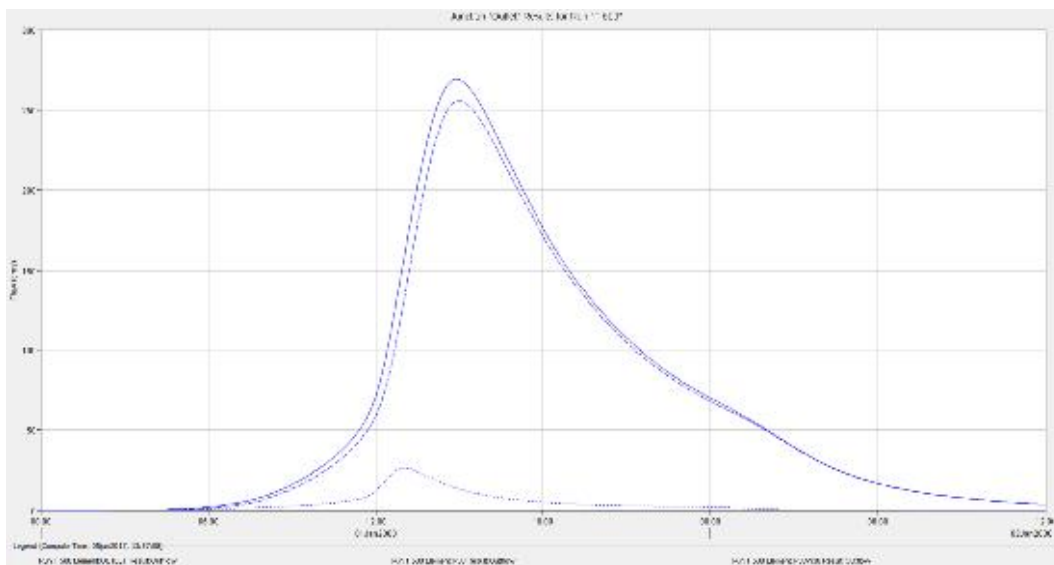


Modelo HEC-HMS

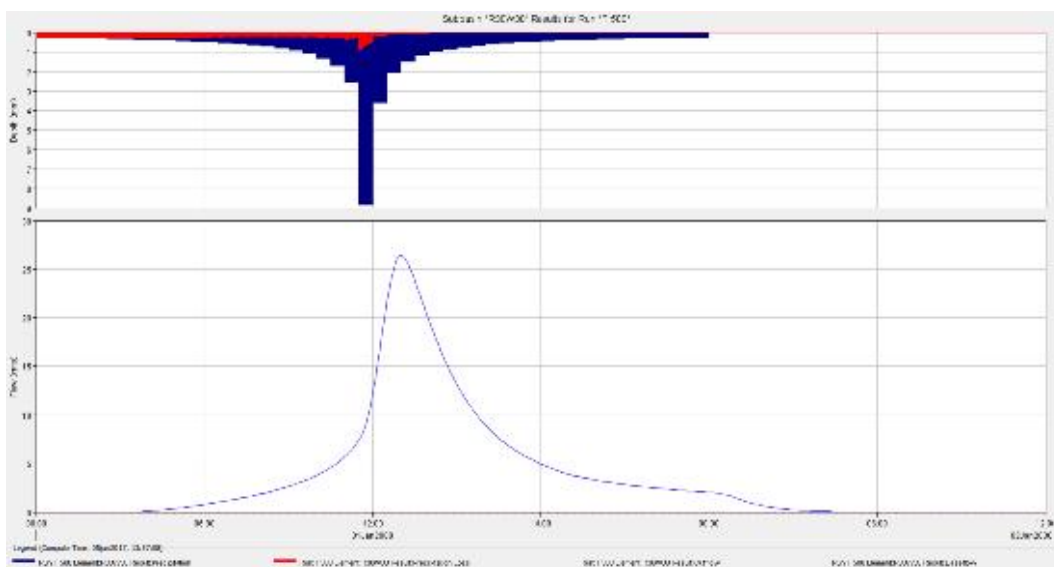


En el caso que nos ocupa los datos de interés se encuentran en las subcuencas R30W30, R10W10 y en los puntos, OUTLET y JR40_B. Este último es un punto de control adicional a los puntos de control realizados en el " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*", siendo este punto fundamental para determinar el caudal procedente de la confluencia de las subcuencas R50W50, R20W20 y R40W40.

En los puntos previamente citados, se han obtenido los siguientes hidrogramas de avenida:



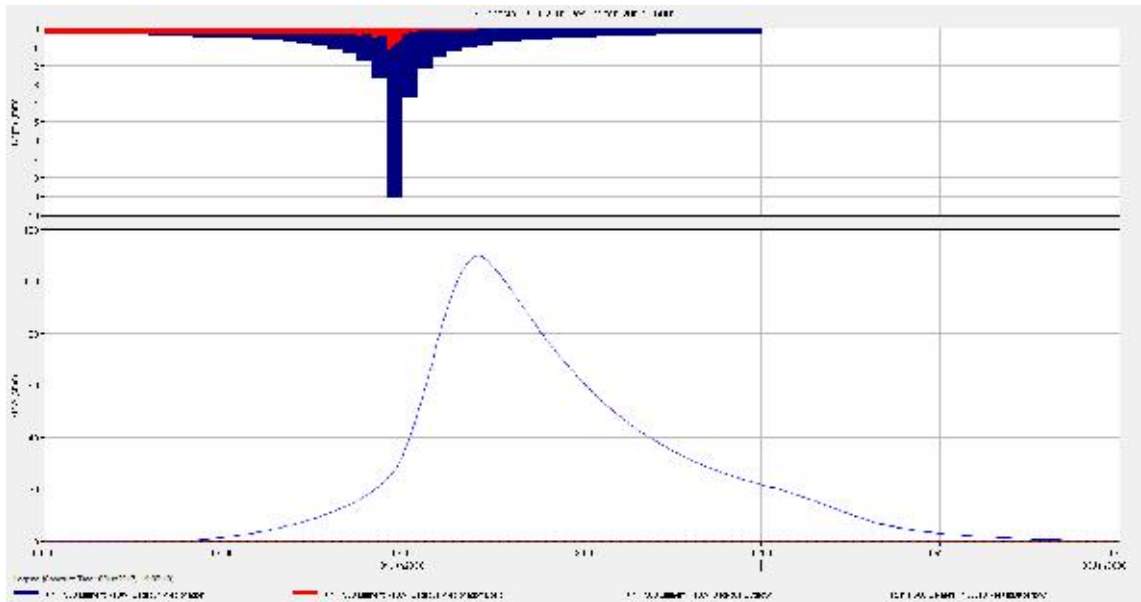
Hidrograma de avenida T 500 años, en el punto OUTLET ($Q_p=269 \text{ m}^3/\text{s}$)



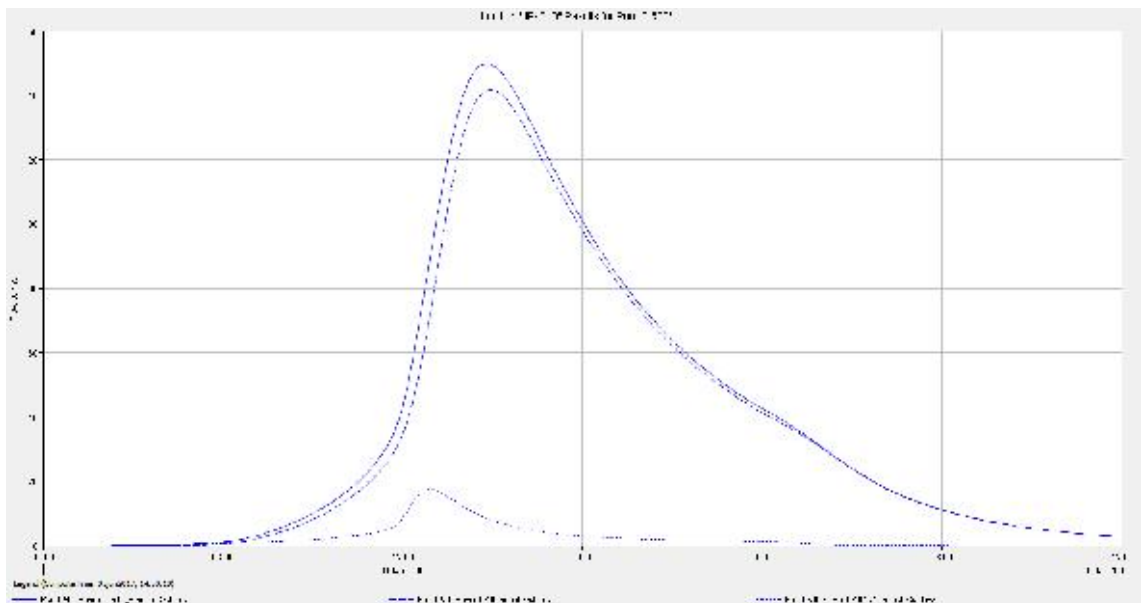
Hidrograma de avenida T 500 años, en la subcuenca R30W30 ($Q_p=26,4 \text{ m}^3/\text{s}$)



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.



Hidrograma de avenida T 500 años, en la subcuenca R10W10 ($Q_p=109,6 \text{ m}^3/\text{s}$)



Hidrograma de avenida T 500 años, en el punto de JR40_B ($Q_p=149,7 \text{ m}^3/\text{s}$)



3.9 CAUDALES ADOPTADOS PARA EL CÁLCULO HIDRÁULICO.

Los caudales que se obtuvieron en el " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz*", para el arroyo del Candalar (C21) son los siguientes:

CUENCA	ANTECEDENTE DE HUMEDAD AMCIII								
	Pr 2 años	Pr 5 años	Pr 10 años	Pr 25 años	Pr 50 años	Pr 100 años	Pr 250 años	Pr 500 años	Pr 1000 años
R10W10	19.495	33.957	43.875	56.650	66.335	76.069	89.200	101.820	113.900
R20W20	13.428	22.504	29.061	36.746	42.486	48.257	55.073	63.614	70.799
R30W30	4.366	7.728	10.235	13.314	15.635	17.958	21.569	24.657	27.865
R40W40	3.051	5.422	7.105	9.140	10.669	12.198	14.569	16.679	18.867
R50W50	12.141	22.744	30.181	39.914	47.008	54.174	63.519	74.625	84.478

PUNTOS COMBINACIÓN	ANTECEDENTE DE HUMEDAD AMCIII								
	Pr 2 años	Pr 5 años	Pr 10 años	Pr 25 años	Pr 50 años	Pr 100 años	Pr 250 años	Pr 500 años	Pr 1000 años
JR30	44.842	78.995	102.950	133.270	156.070	179.060	208.930	241.440	270.970
JR40	24.947	43.943	57.423	74.325	86.710	99.191	114.760	133.690	150.090
Outlet	46.448	81.734	106.710	138.290	162.010	186.000	217.510	251.410	282.440

*Caudales obtenidos en las subcuencas y puntos de combinación
(Fuente: Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda, en Cádiz)*

Tras la realización del modelo matemático HEC-HMS, empleando los datos del anterior estudio, se han obtenido los siguientes caudales para un periodo de retorno de 500 años:

Caudales asociados al periodo de retorno de 500 años (m ³ /s)				
Método	OUTLET	JR40_B	R10W10	R30W10
HEC-HMS	269.00	149.70	109.60	26.40

Como se puede observar los caudales obtenidos son muy similares en ambos casos, siendo los últimos un poco más elevados, por lo que se emplearán estos en el cálculo hidráulico para estar del lado de la seguridad.



4 ESTUDIO HIDRÁULICO

4.1 OBJETO

El objeto del presente documento es determinar el alcance de las avenidas asociadas al periodo de retorno de 500 años en el ámbito de estudio, evaluando si existe afección a la parcela para la que se pretende la modificación del PGOU vigente, si así fuera necesario, proponer soluciones que puedan paliar el problema.

4.2 SOFTWARE DE CÁLCULO

Para realizar la simulación hidráulica y teniendo en cuenta que en la zona se pueden producir desbordamientos con flujos secundarios, se ha decidido realizar un análisis bidimensional donde se tengan en cuenta todos estos efectos, por lo que se ha empleado el software IBER.

El software IBER, del Centro de Experimentación y de Obras Públicas (CEDEX), del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de IBER abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios.



**Modelización bidimensional del
flujo en lámina libre en aguas poco profundas**

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de St. Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios.

Asimismo, la hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple habitualmente en ríos y estuarios, aunque pueden existir zonas en las que dicha hipótesis no se cumpla debido a flujos locales tridimensionales o a cunas salinas. En estos casos es necesario estudiar la extensión de dichas zonas y su posible repercusión en los resultados del modelo. En



la actualidad, los modelos numéricos basados en las ecuaciones de aguas someras bidimensionales son los más utilizados en estudios de dinámica fluvial y litoral, evaluación de zonas inundables, y cálculo de transporte de sedimentos y contaminantes.

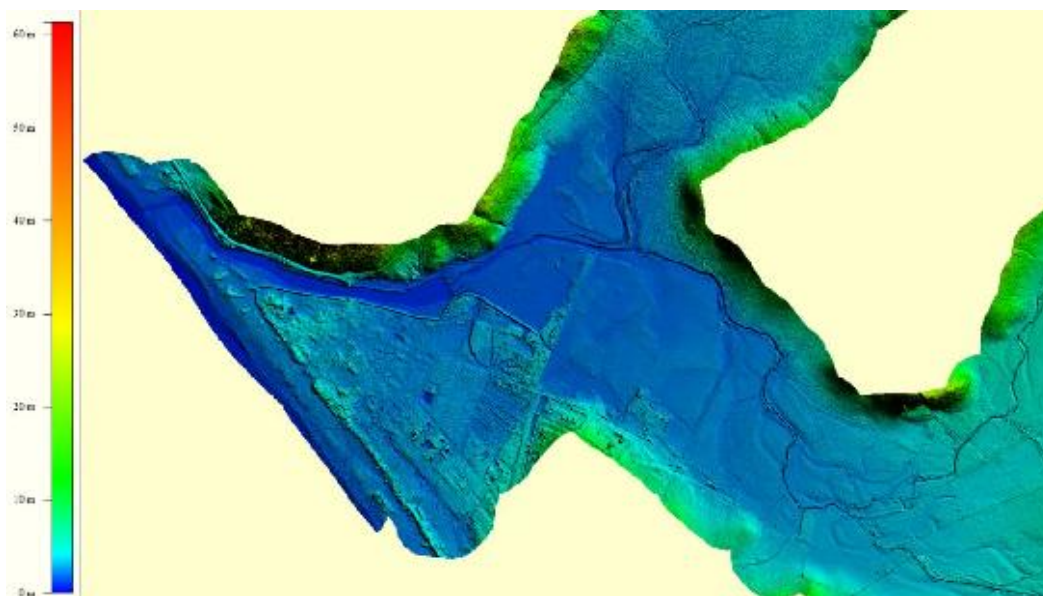
4.3 COMPORTAMIENTO AVENIDAS ESTADO ACTUAL

En el presente apartado se analiza el comportamiento de las avenidas de 500 años de periodo de retorno, considerando del lado de la seguridad, que en ningún momento las avenidas sobrepasarán el muro de protección del que dispone la zona norte del casco urbano, perdiéndose parte del caudal en la zona de aguas arriba, a excepción del ámbito donde se sitúa la parcela, donde evidentemente se modela la mota de protección para analizar su funcionamiento.

4.3.1 Modelización del terreno

Para la modelización del terreno se ha solicitado a la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), el modelo digital del terreno utilizado por la Administración Hidráulica Andaluza para la realización del " *Estudio Hidráulico para la Prevención de Inundaciones y la Ordenación de las cuencas de La Janda (Cádiz)*", obtenido mediante tecnología LIDAR.

Tras la solicitud, esta administración facilitó la información requerida, aunque si bien es cierto, el modelo de la zona se ha quedado obsoleto, ya que en él no se recoge la carretera CA-6203, conocida como la "variante de Zahara", la cual hace un efecto presa de agujero, laminando de forma considerable los caudales punta de las avenidas en las planicies de inundación situadas aguas arriba de esta carretera.



MDT facilitado por la REDIAM.



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

A continuación se adjunta la solicitud de esta información ambiental.

JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
MÁRCAS/REGISTROS

CÓDIGO ADMINISTRATIVO
MÁRCAS/REGISTROS

R E C I B O	Junta de Andalucía Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio	
Nº	2017593501512570	04/05/2017
C I T A C I O N	Registro General	HORA 16:57
	SOLICITUD	

SOLICITUD DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

1 DATOS DEL/DE LA SOLICITANTE Y DE SU REPRESENTACIÓN LEGAL		
Apellidos y Nombre/ Nombre o denominación de la constitución		
D.N.I. / Documento Nacional de Identificación		
Nº de Teléfono (Residencia) / Móvil		
Atributo		
Domicilio y número de identificación		
Código Postal		
Municipio		
Provincia		
Código de Municipio		
Código de Provincia		
Código de País		
Apellidos y Nombre del/los Representante/s legal/es		
Domicilio y número de identificación		
Código Postal		
Municipio		
Provincia		
Código de Municipio		
Código de Provincia		
Código de País		
Firma del/los Representante/s		
2 PROYECTO PARA EL QUE SOLICITA LA INFORMACIÓN AMBIENTAL		
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR DE ZAHARA DE LOS ATUNES		
<small>Se debe describir, por medio de un breve resumen, las características del proyecto.</small>		



Junta de Andalucía, 2017593501512570

<small>Se debe describir, por medio de un breve resumen, las características del proyecto.</small>		
FECHA REGISTRO:	04/05/2017	REGISTRADO: CUEBENTE LA COPIS
FECHA:	04/05/2017	REGISTRADO: CUEBENTE LA COPIS
403308740331000		



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
 Viceconsejería

REC C L P	Junta de Andalucía Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio	
	201799901512370	01/05/2017
N	HORA: 6:57	

3 INFORMACIÓN SOLICITADA

Para la concesión de estudio hidrográfico, se solicita el estudio de inundabilidad de la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz. El estudio de inundabilidad se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz. El estudio de inundabilidad se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz.

- DNI local 201799901512370 - Barbate de San Pedro (Cádiz)

- DNI local 201799901512370 - Barbate de San Pedro (Cádiz)

El presente estudio se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz.

4 SOLICITUD, DECLARACIÓN, LUGAR, FECHA Y FIRMA

La presente solicitud se declara válida y se declara válida para todos los efectos legales y administrativos.

Barbate de San Pedro, 01/05/2017

D. FRANCISCO JAVIER GARCÍA GARCÍA

Id. DNI: 3531410TF4033S0000RP

LMO/A SR/A VICECONSEJERO/A

PROTECCIÓN DE DATOS

El presente estudio se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz. El estudio de inundabilidad se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz. El estudio de inundabilidad se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz.

El presente estudio se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz. El estudio de inundabilidad se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz. El estudio de inundabilidad se realizará en la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz.



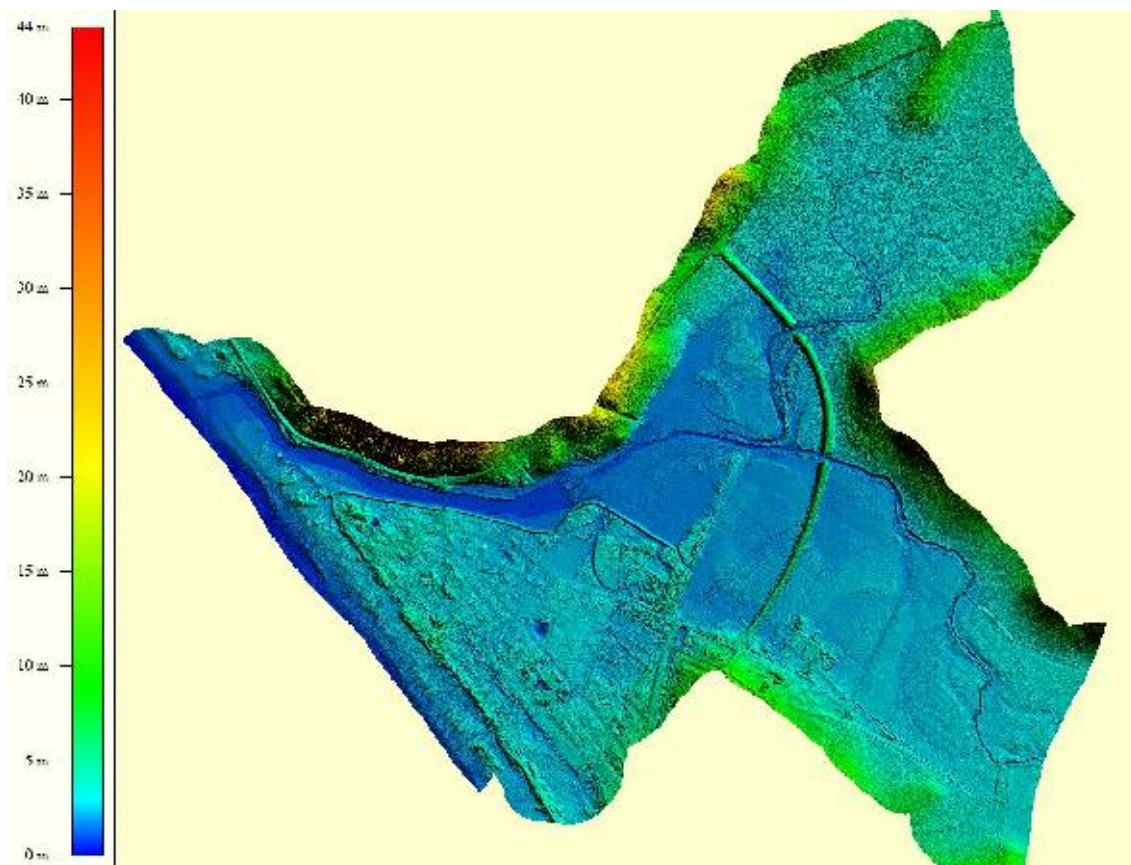
Barbate de San Pedro, 01/05/2017

Documento de información del estudio de inundabilidad de la parcela catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes, término municipal de Barbate, provincia de Cádiz.	
FECHA: 01/05/2017	HORA: 6:57
REG-RESTRICCIÓN: 201799901512370	REG-RESTRICCIÓN: CUEBEMTE.LI.COPEL
	
4509087410100	



Para solventar el problema de la carretera CA-6203, la propia Administración Hidráulica Andaluza ha facilitado el modelo digital del terreno donde ya se incluye esta carretera, por tanto, ha sido el utilizado finalmente para el desarrollo del presente documento.

El modelo digital del terreno facilitado es el que se adjunta a continuación



MDT facilitado por la Administración Hidráulica.

Para llevar el modelo digital del terreno a IBER se ha partido de esta información digital, obteniendo de la misma una malla regular de triángulos cada 5m, excepto en las zonas de mayor detalle y arroyos, donde esta malla se reduce a la mitad, es decir, 2,5 m, obteniendo mejor detalle en estas zonas.

Estas mallas se han integrado en un mismo modelo, incorporándolo posteriormente a IBER mediante importación de elementos en formato *.dxf.



Malla de triángulos para el modelo hidráulico en IBER

4.3.2 Hidrograma de entrada

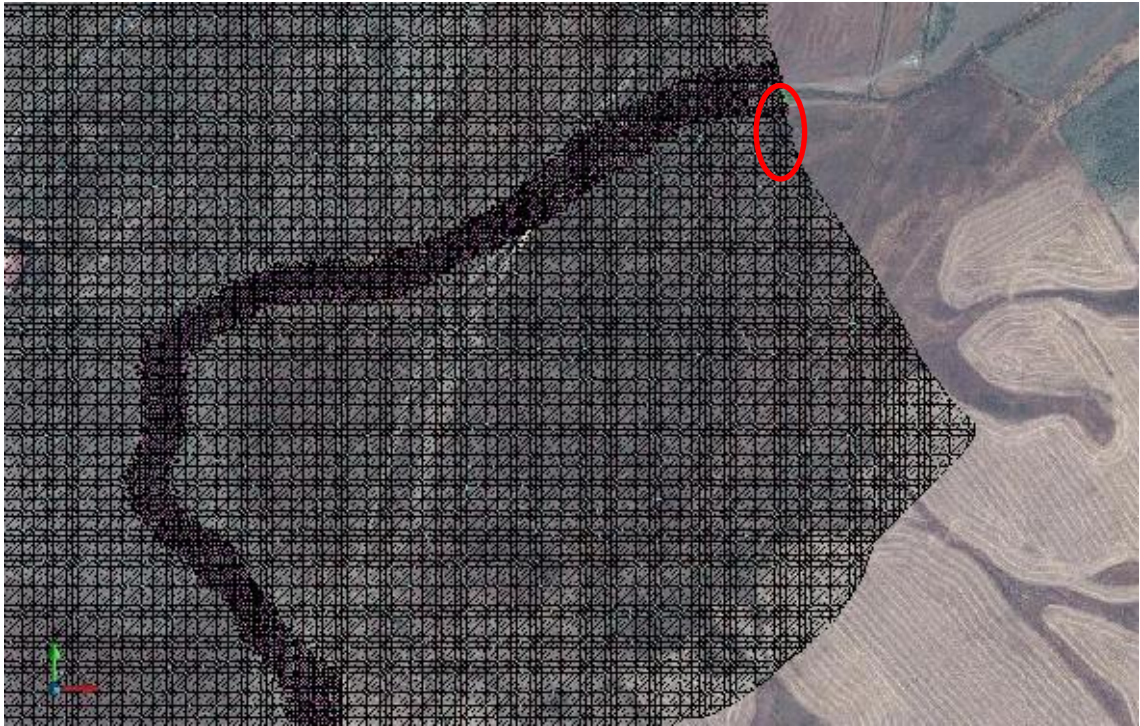
Partiendo de la malla de triángulos obtenida según se explica en el apartado anterior, se han introducido los hidrogramas de avenida asociados a cada arroyo en concreto, en los puntos de la malla que se indican a continuación.



Punto de introducción de hidrograma de avenidas del arroyo Candalar (JR40_B)



Las avenidas del arroyo Zarzuela se han introducido en la zona del modelo que se indica en la figura siguiente.



Punto de introducción de hidrograma de avenidas del arroyo Zarzuela (R10W10)

Dado que la cuenca R30W30 no tiene un arroyo en concreto donde aplicar los caudales de avenida, se ha integrado en el modelo como una fuente situada aguas abajo de la nueva variante de Zahara para dejar el cálculo del lado de la seguridad.



Punto de introducción de hidrograma de avenidas de la subcuenca R30W30



4.3.3 Condiciones iniciales

Se ha considerado que inicialmente todo el modelo hidráulico se encuentra en estado seco, es decir, con un calado=0.

4.3.4 Infraestructuras situadas en el cauce

Para el estudio de la situación actual se han considerado las obras de paso y de protección más significativas situadas en el cauce y su entorno, las cuales se pasan a describir a continuación:

Mota de defensa tramo playa – Puente acceso a Zahara:

Dado que la malla de triángulos utilizada para el modelo podría dejar algún espacio libre en la mota de protección de la margen izquierda, por el que el agua pudiera pasar hacia el núcleo urbano, se ha impuesto en dicha zona una condición de vertedero en el que la cota de coronación es la +3,80, que es a la que se sitúa la misma en este tramo.



Modelización mota protección margen izquierda (Tramo playa – Puente acceso a Zahara)

Puente acceso a Zahara – Finalización de la mota de defensa

Del mismo modo que se ha modelado la mota de defensa del tramo inferior se ha procedido con la del tramo superior, el cual se sitúa unos 10 cm por encima de la primera, es decir, la coronación de la misma se sitúa a la cota +3,90 m.



Modelización mota protección margen izquierda (Tramo Puente acceso a Zahara – Finalización de la mota)

Puente de acceso a Zahara:

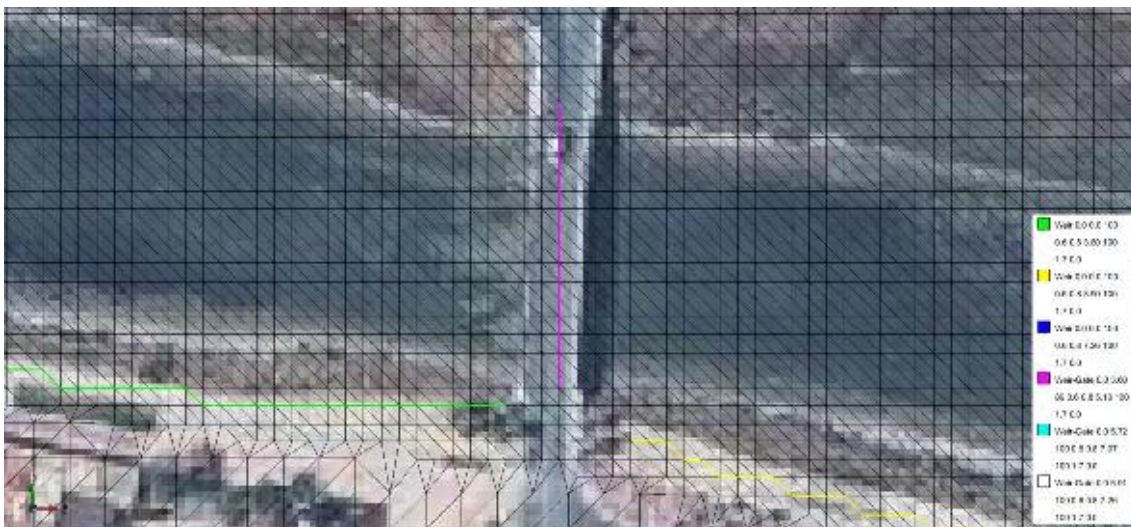
Este puente tiene una longitud total de 37 m, la cota superior se sitúa en la +5,10, tiene anchos de pilas de unos 75 cm y el canto del tablero es de aproximadamente 1,5 m.

De esta manera, se ha impuesto al modelo la condición interna correspondiente para simular el puente. La longitud de malla donde se ha impuesto la condición interna es de 40 m, de modo que teniendo en cuenta que la longitud neta de puente la podemos establecer en 35,5 m, la efectividad del paso del agua por estos elementos de malla será del 89 %.



Puente de acceso a Zahara de los Atunes

La cota del fondo de compuerta se ha colocado a la cota +0,00 valor inferior al lecho del cauce con objeto de que sea realmente el fondo de este el considerado en el cálculo. Por otro lado, la cota de vertedero es la +5,10, mientras que la cota de compuerta será la +3,60.



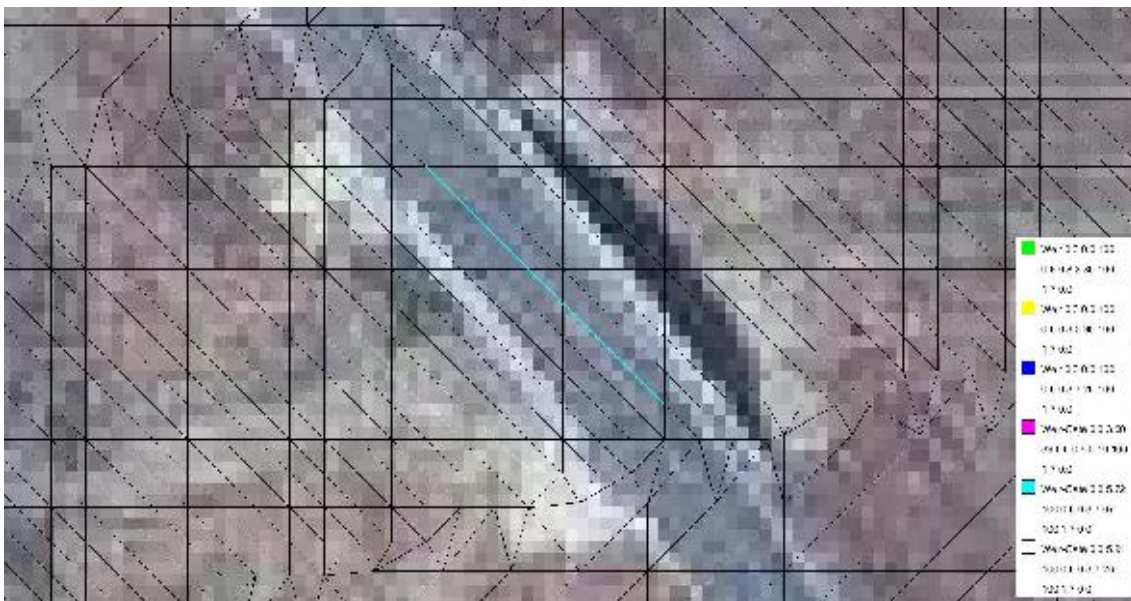
Modelización puente acceso a Zahara de los Atunes

Puente de la Variante de Zahara sobre el arroyo Zarzuela:

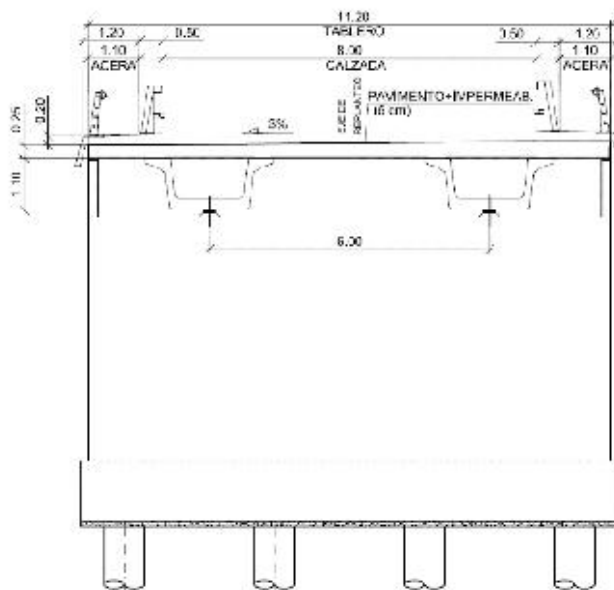
Este puente tiene un ancho real de 18,75 m, una cota superior de 7,07, que será usada como cota de vertedero y una cota inferior de tablero de +5,72, que será utilizada como cota de compuerta.



Puente de la variante de Zahara sobre el arroyo Zarzuela



Modelización puente de la variante de Zahara sobre el arroyo Zarzuela



Sección tipo puente de la variante de Zahara sobre el arroyo Zarzuela

(Fuente: Diputación de Cádiz)

En este caso el ancho total de malla donde se pretende colocar la condición interna es de 24,75 m, es decir, un 13% más amplio que la longitud real, no obstante no se reducirá la misma, dejando por tanto que pase hacia la zona de aguas abajo un caudal mayor, dejando así el cálculo del lado de la seguridad.

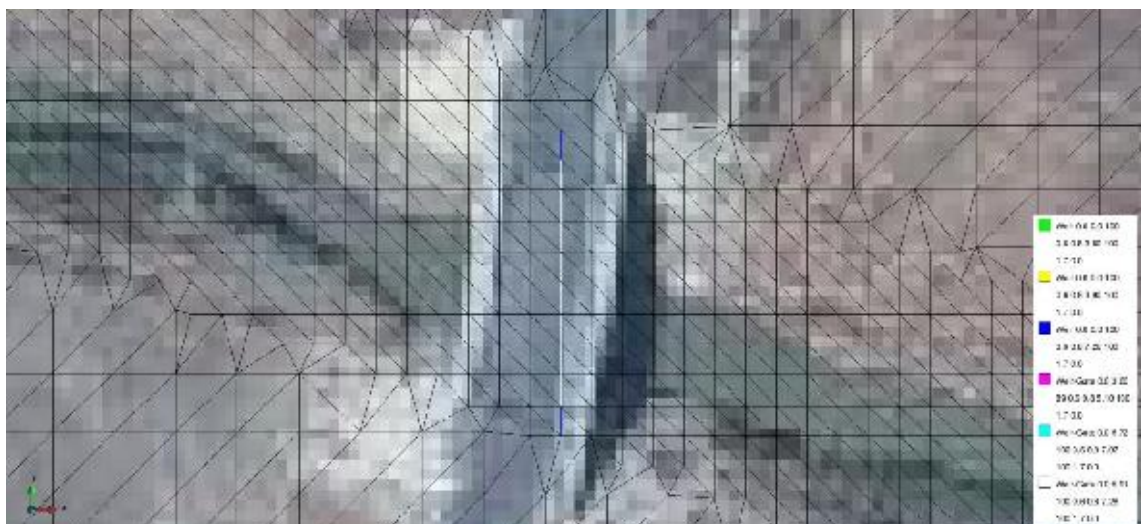


Puente de la Variante de Zahara sobre el arroyo Candalar:

Este puente tiene un ancho real de 18,95 m, una cota superior de 7,26, que será usada como cota de vertedero y una cota inferior de tablero de +5,91, que será utilizada como cota de compuerta.



Puente de la variante de Zahara sobre el arroyo Candalar



Modelización puente de la variante de Zahara sobre el arroyo Candalar



En este caso el ancho de la malla usada para la implantación de la condición interna compuerta – vertedero es de 20m, valor superior a los 18,95 metros reales, no obstante, se considerará un ancho efectivo de malla del 100 % para permitir que pueda pasar algo más de caudal que el real hacia aguas abajo, dejando nuevamente el cálculo del lado de la seguridad.

En los dos extremos de la malla donde se ha impuesto la condición de compuerta – vertedero, se ha impuesto la condición vertedero, a la cota +7,26, evitando que el agua pueda penetrar por este punto hacia aguas abajo.

Obra de paso transversal variante de Zahara (ODT-1):

Además de los puentes existentes en la variante de Zahara, nos encontramos con otras obras de paso cuya capacidad es claramente menor, pero que permiten el paso del agua desde aguas arriba de la variante hacia la zona de aguas abajo y por tanto, hacen que el efecto presa de esta carretera sea menor.

Los datos geométricos introducidos son los que se adjuntan en las figuras siguientes, tomados tras el levantamiento topográfico llevado a cabo en campo.

Se ha considerado que la rugosidad de los tubos de hormigón es de valor $n=0,013$ para permitir más paso de agua, dejando nuevamente el cálculo del lado de la seguridad.



ODT-1 Variante Zahara



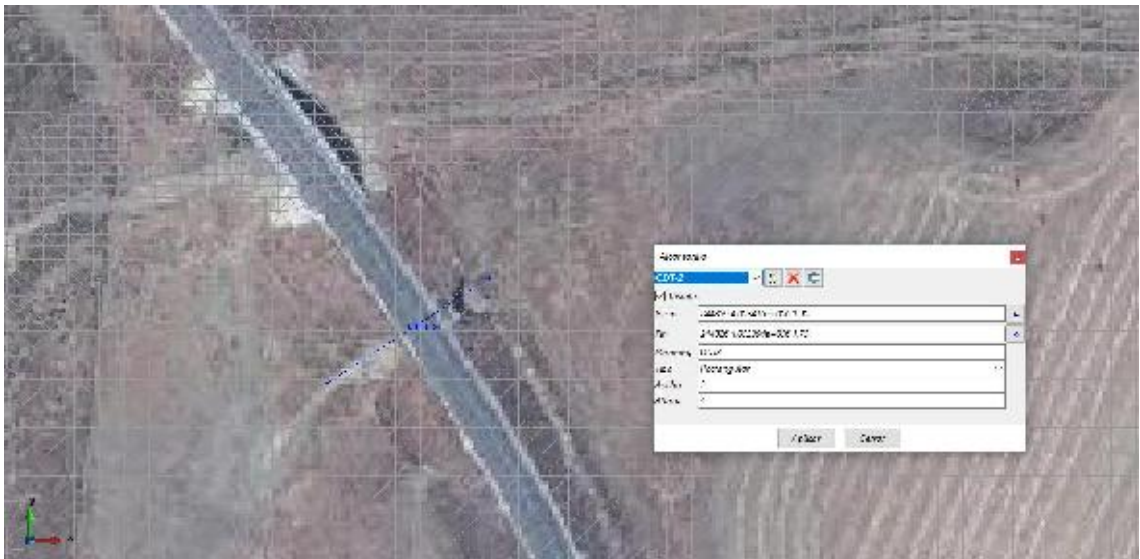
Modelización ODT-1 Variante Zahara

Obra de paso transversal variante de Zahara (ODT-2):

Realmente esta obra no está concebida como un paso de agua, sino como un paso de ganado, no obstante, ante fenómenos de avenidas actúa claramente como un paso de agua, por tanto también se ha incluido en el modelo de cálculo. Se trata de un marco unicelular de hormigón armado, de 3 m de ancho por 4 m de altura.



ODT-2 Variante Zahara



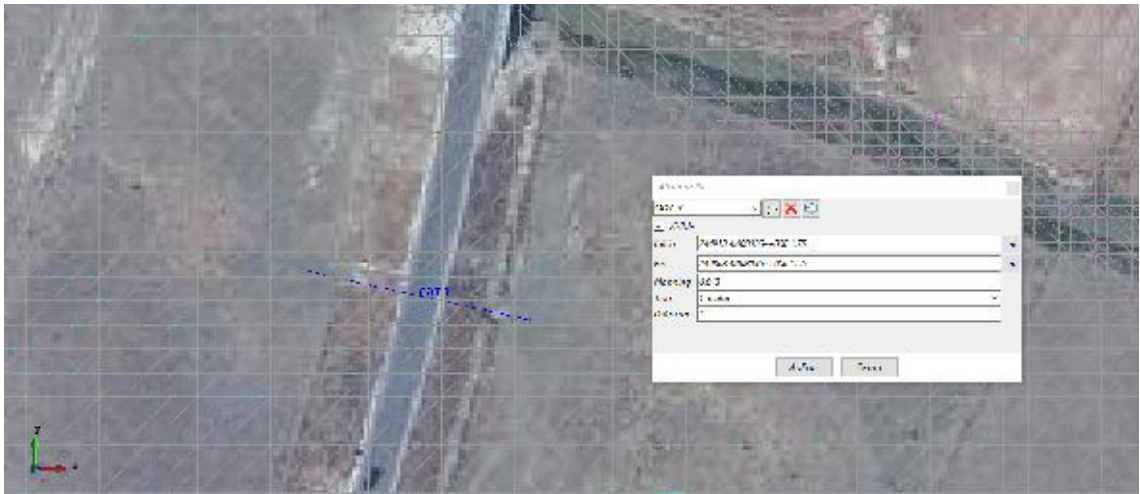
Modelización ODT-2 Variante Zahara

Obra de paso transversal variante de Zahara (ODT-3):

Esta obra se ha modelado de la misma manera que la ODT-1, pero con los datos geométricos que se adjuntan a continuación.



ODT-3 Variante Zahara



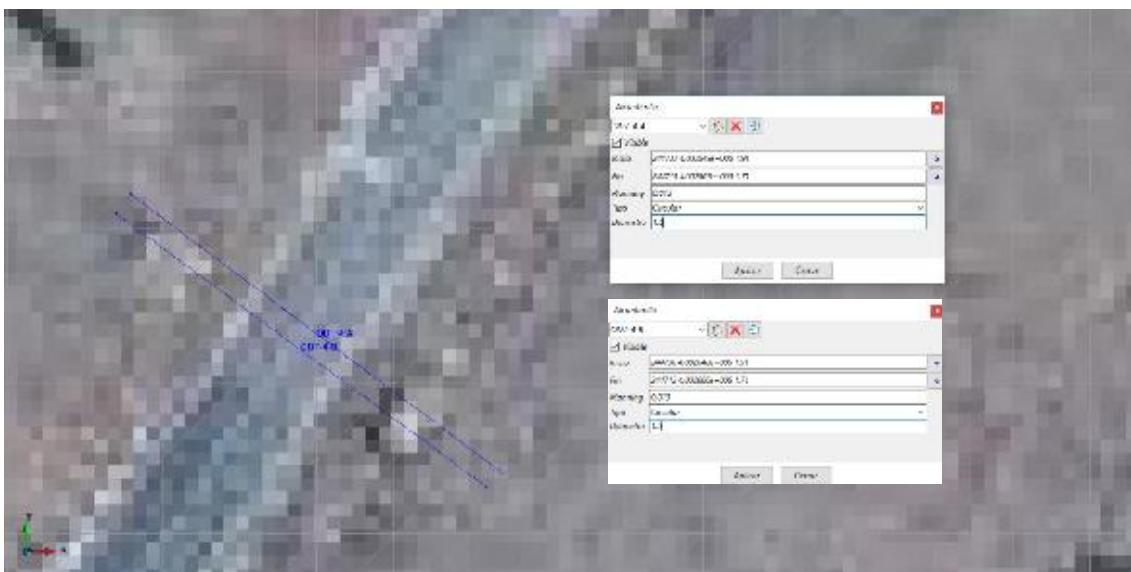
Modelización ODT-3 Variante Zahara

Obra de paso transversal variante de Zahara (ODT-4):

Esta obra consta de dos tubos en paralelo de 1,5 m de diámetro, de modo que se ha modelado como dos obras de paso paralelas con las condiciones geométrica que se adjuntan, procedentes del levantamiento topográfico llevado a cabo.



ODT-4 Variante Zahara



Modelización ODT-4 Variante Zahara

Compuerta en mota de protección:

Tal como se ha descrito en la parte inicial del documento, existe una compuerta en la mota de protección que permite la salida de las aguas de escorrentía pluvial desde el núcleo urbano hacia la zona de marisma.

Obviamente se ha considerado en el cálculo de la avenida de 500 años que esta compuerta está completamente cerrada, dado que de lo contrario el agua penetraría en el casco urbano independientemente de la altura del muro de protección existente.

De esta manera, se deberá de prestar especial atención a la evacuación de aguas pluviales en el interior de la zona de la compuerta, aplicando quizás sistemas de bombeo iguales a los existentes en la zona de aguas abajo.

4.3.5 Condición de contorno aguas abajo

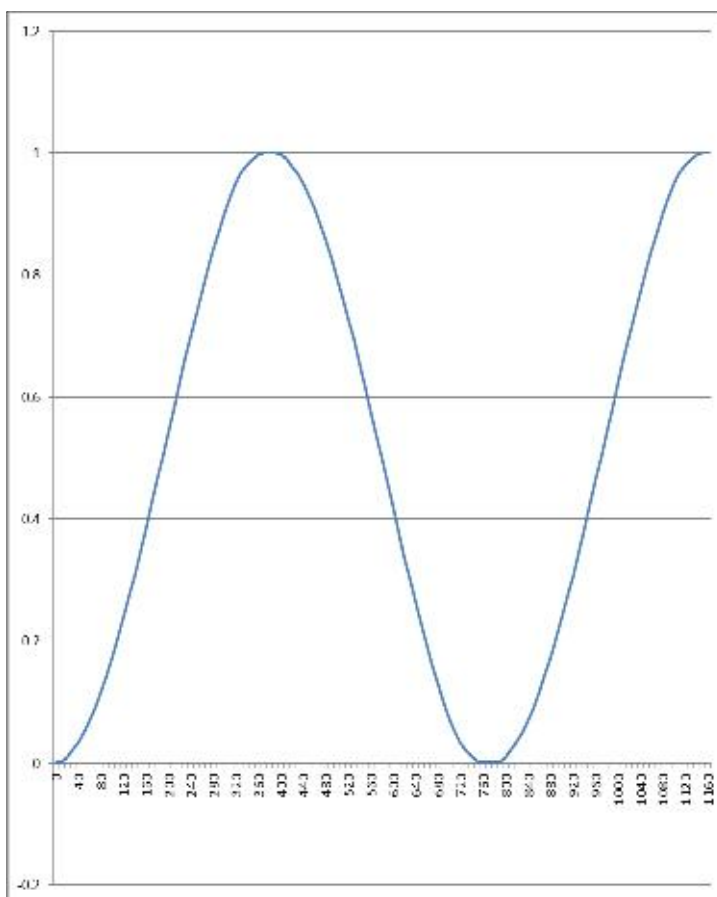
Como condición de contorno en la zona de aguas abajo, es decir, en la desembocadura y en la línea de costa en general, se ha supuesto que nos encontraremos el régimen mareal.

Teniendo en cuenta que cada ciclo de mareas es diferente, no existe una forma de onda específica, sino que en función de la posición de los astros, meteorología, ... la onda de marea tomará una forma u otra. Como no se necesitan datos realmente precisos, sino que lo que se pretende es representar de manera aproximada cuál será el nivel de las mareas en la desembocadura, se ha obtenido un modelo de onda de marea a partir de los datos



cincominutales del mareógrafo Bonanza, de la red REDMAR para tratar de modelar la forma de la onda mareal.

Para obtener el modelo se ha analizado un mes de datos del mareógrafo. Tras el análisis de estos datos se ha llegado a la conclusión de que el valor medio de duración del ciclo de mareas es de 6,33 horas, es decir, unos 380 minutos. De entre los ciclos de marea analizados se han seleccionado nueve de ellos debido a que su duración coincidía con el tiempo medio calculado, es decir, 380 minutos. Tras el análisis de estos nueve ciclos de marea, se ha obtenido el valor medio de variación de cota cada 10 minutos, obteniéndose el ciclo de marea tipo que se muestra a continuación. En la gráfica se ha representado la forma de la onda de marea para un ciclo de mareas que oscila de 0 a 1m con dos bajamar y dos pleamar.



Tiempo minutos	Porcentaje variación cota
0	0
10	0.149108771
20	0.818282983
30	1.249332376
40	1.227972236
50	1.619092985
60	1.962090299
70	1.986144787
80	2.560415329
90	2.860640265
100	2.866584255
110	3.185324939
120	3.23753156
130	3.429259992
140	3.542294296
150	3.831430126
160	3.802002666
170	4.049653692
180	3.852179909
190	3.93865751
200	4.01596874
210	3.879822078
220	4.085756069
230	4.101849922
240	3.845052626
250	3.595801388
260	3.546221733
270	3.446121633
280	3.393762766
290	3.160956157
300	2.964011446
310	2.55145799
320	2.193970024
330	1.77019696
340	1.321323353
350	0.936201279
360	0.709939823
370	0.313587037
380	0

Porcentaje de variación del nivel de marea en un ciclo

Una vez determinada la onda de marea, es necesario conocer la amplitud de onda en la zona, para lo cual utilizaremos los datos previstos en la zona para el año 2017. A continuación se adjunta un resumen anual de los niveles de marea previstos para el año 2017.



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

Mes Dia	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín	N. máx	N. mín
1	0.9	-0.9	1	-1	1.2	-1.1	1.1	-1.1	0.9	-1	0.7	-0.7	0.6	-0.7	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.9	-0.9
2	0.9	-0.9	0.9	0.9	1.1	-1.1	0.9	-0.9	0.7	-0.8	0.6	-0.7	0.6	-0.6	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.6	-0.6	0.7	-0.8	1	-1
3	0.8	-0.8	0.8	-0.8	1	-1	0.7	-0.8	0.6	-0.7	0.6	-0.6	0.5	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.8	-0.8	0.9	-0.9	1.1	-1.2
4	0.8	-0.8	0.7	-0.7	0.9	-0.9	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.7	-0.7	0.7	-0.7	0.9	-0.9	1	-1	1.2	-1.2
5	0.7	-0.7	0.7	-0.6	0.7	-0.7	0.6	-0.6	0.6	-0.7	0.7	-0.7	0.7	-0.6	0.8	-0.8	0.8	-0.8	1	-1	1.1	-1.1	1.2	-1.2
6	0.7	-0.7	0.7	-0.7	0.6	-0.6	0.7	-0.7	0.7	-0.7	0.8	-0.7	0.7	-0.7	0.9	-0.8	1.1	-1.1	1.2	-1.2	1.2	-1.2	1.2	-1.2
7	0.7	-0.7	0.8	-0.8	0.7	-0.6	0.8	-0.8	0.8	-0.8	0.8	-0.8	0.8	-0.8	0.9	-0.9	1.1	-1.1	1.2	-1.2	1.1	-1.1	1.1	-1.1
8	0.8	-0.8	0.9	-0.9	0.7	-0.7	0.9	-0.9	0.9	-0.8	0.9	-0.8	0.9	-0.8	1	-1	1.1	-1.1	1.2	-1.1	1.2	-1.1	1	-1
9	0.9	-0.9	1	-1	0.8	-0.8	1	-0.9	0.9	-0.9	0.9	-0.9	0.9	-0.9	1	-1	1.1	-1.1	1.1	-1.1	1.1	-1.1	0.9	-0.9
10	1	-1	1.1	-1.1	0.9	-0.9	1	-1	0.9	-0.9	0.9	-0.9	0.9	-0.9	1	-1	1	-1	1	-1	0.9	-0.9	0.7	-0.7
11	1.1	-1.1	1.2	-1.1	1	-1	1	-1	0.9	-0.9	0.9	-0.8	0.9	-0.9	1	-0.9	0.9	-0.9	0.8	-0.8	0.8	-0.8	0.7	-0.7
12	1.2	-1.1	1.2	-1.1	1.1	-1.1	1	-1	0.9	-0.9	0.8	-0.8	0.9	-0.8	0.9	-0.9	0.8	-0.8	0.7	-0.7	0.7	-0.7	0.7	-0.7
13	1.2	-1.2	1.1	-1.1	1.1	-1.1	1	-0.9	0.9	-0.8	0.8	-0.7	0.8	-0.9	0.8	-0.9	0.6	-0.7	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.7	-0.7
14	1.2	-1.2	1.1	-1	1.1	-1	0.9	-0.9	0.8	-0.8	0.7	-0.8	0.8	-0.8	0.7	-0.8	0.8	-0.8	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.8	-0.8
15	1.1	-1.1	0.9	-0.9	1	-1	0.8	-0.8	0.7	-0.8	0.7	-0.8	0.7	-0.8	0.7	-0.7	0.7	-0.7	0.6	-0.6	0.8	-0.8	0.9	-0.9
16	1	-1	0.8	-0.7	0.9	-0.9	0.9	-0.9	0.6	-0.7	0.6	-0.7	0.7	-0.7	0.7	-0.6	0.8	-0.8	0.9	-0.9	0.9	-0.9	0.9	-0.8
17	0.9	-0.8	0.7	-0.7	0.8	-0.8	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.7	-0.7	0.7	-0.7	0.9	-0.9	1	-1	1	-0.9
18	0.8	-0.7	0.5	-0.5	0.7	-0.7	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.7	-0.6	0.8	-0.8	1	-1	1	-1	1.1	-1.1	1	-0.9
19	0.6	-0.6	0.4	-0.4	0.6	-0.6	0.4	-0.4	0.5	-0.5	0.7	-0.7	0.7	-0.7	0.9	-1	1.1	-1.1	1.1	-1.1	1.1	-1.1	1	-0.9
20	0.5	-0.5	0.4	-0.4	0.4	-0.5	0.5	-0.4	0.6	-0.6	0.8	-0.8	0.8	-0.9	1.1	-1.1	1.2	-1.2	1.2	-1.1	1.1	-1.1	0.9	-0.9
21	0.5	-0.4	0.5	-0.4	0.4	-0.4	0.5	-0.5	0.6	-0.7	0.9	-0.9	1	-1	1.2	-1.2	1.1	-1.1	1.1	-1.1	1	-1	0.9	-0.9
22	0.5	-0.5	0.5	-0.6	0.5	-0.4	0.7	-0.7	0.8	-0.8	1	-1.1	1.1	-1.1	1.2	-1.2	1.1	-1.1	1	-1	1	-0.9	0.8	-0.8
23	0.5	-0.5	0.7	-0.7	0.5	-0.5	0.8	-0.8	1	-1	1.1	-1.1	1.2	-1.2	1.2	-1.1	1	-1	1	-1	0.9	-0.9	0.7	-0.7
24	0.6	-0.6	0.8	-0.8	0.7	-0.7	1	-1	1.1	-1.1	1.2	-1.2	1.2	-1.2	1.1	-1	0.9	-0.9	0.8	-0.8	0.6	-0.6	0.7	-0.7
25	0.7	-0.7	0.9	-0.9	0.8	-0.8	1.1	-1.1	1.2	-1.2	1.2	-1.2	1.2	-1.1	1	-1	0.8	-0.8	0.7	-0.7	0.5	-0.5	0.6	-0.6
26	0.8	-0.8	1	-1	1	-1	1.2	-1.2	1.2	-1.2	1.2	-1.1	1.1	-1	0.9	-0.9	0.6	-0.7	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.5	-0.5
27	0.9	-0.9	1.1	-1.1	1.1	-1.1	1.3	-1.2	1.2	-1.2	1.1	-1	1	-1.1	0.7	-0.8	0.5	-0.5	0.5	-0.4	0.5	-0.5	0.6	-0.6
28	1	-1	1.2	-1.2	1.2	-1.2	1.3	-1.2	1.2	-1.1	1	-1	0.9	-0.9	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.4	-0.4	0.4	-0.4	0.6	-0.6
29	1	-1			1.3	-1.2	1.2	-1.1	1	-1.1	0.8	-0.9	0.7	-0.8	0.5	-0.5	0.4	-0.4	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.7	-0.7
30	1.1	-1			1.2	-1.2	1.1	-1.1	0.9	-1	0.7	-0.8	0.6	-0.6	0.4	-0.4	0.5	-0.5	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.8	-0.8
31	1	-1			1.2	-1.1	0.8	-0.9	0.8	-0.9			0.5	-0.5	0.4	-0.4			0.7	-0.7			1	-1
Media mensual	0.85	-0.84	0.84	-0.83	0.88	-0.86	0.86	-0.85	0.83	-0.85	0.83	-0.83	0.82	-0.83	0.82	-0.82	0.83	-0.83	0.85	-0.84	0.85	-0.85	0.86	-0.85
Maxima mensual	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.30	-1.20	1.30	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.10	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20



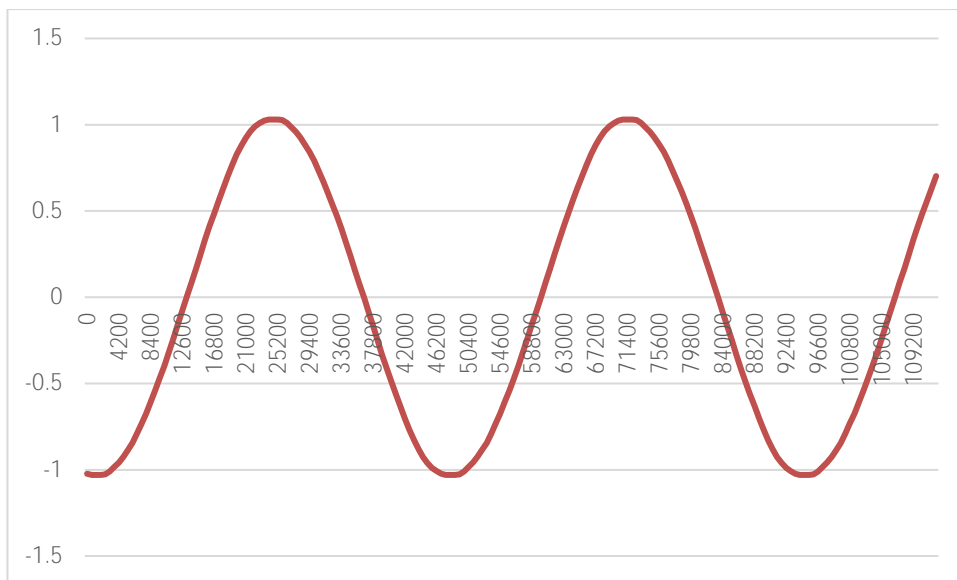
La media mensual anual se sitúa entre los valores +0,84 de pleamar y -0,84 de bajamar. Por otro lado, la media de valores máximos de cada mes se sitúa entre las cotas +1,22 de pleamar y la -1,19 de la bajamar.

Si tenemos en cuenta que en el modelo hidráulico se va a analizar un fenómeno de laminación es importante no seleccionar valores extremos de pleamar y bajamar, ya que un valor de pleamar alto dejaría el cálculo del lado de la seguridad al dificultar la evacuación de aguas hacia el mar, no obstante, valores demasiado extremos de bajamar originan el extremo opuesto, es decir, permiten que la evacuación de caudales hacia el mar sea máxima.

De esta manera se ha considerado que el nivel de marea será la media entre los valores medios y máximos del año, lo que sitúan la cota en la +1,03 para la pleamar y la -1,01 para la bajamar.

Teniendo en cuenta lo expuesto, utilizaremos una amplitud de onda de marea de 1,03 m, lo que supone un coeficiente de marea " muy alto", quedando la onda de marea tal como se representa en el gráfico siguiente.

Para trabajar del lado de la seguridad se ha supuesto que el momento de la pleamar coincide con el momento en el que el caudal máximo está circulando por el arroyo, el cual se produce en el instante 25200 segundos, con un caudal total de 274,2 m³/s.



Onda de marea introducida en el modelo de cálculo IBER

Esta condición de contorno a la salida del modelo se ha aplicado en la zona de playa, mientras que en la zona urbana se ha considerado la condición de crítica.



Condiciones de contorno a la salida del modelo

4.3.6 Coeficientes de rugosidad

Para la estimación del número de Manning se ha analizado mediante visita a campo y haciendo uso de ortofotografías aéreas, las zonas por donde han de discurrir los caudales de cálculo. De esta manera y con el apoyo de las tablas estimativas de Ven T. Chow (Open Channel Hydraulics), se han asignado los valores de rugosidad.

El Soil Conservacion Service (SCS) propone el método de Cowan (Cowan, 1956) para la estimación de la rugosidad en cauces. Este método se basa en la estimación de un valor inicial de rugosidad y su posterior modificación, según unos valores correctores, para obtener un valor final de la rugosidad. El US Geological Survey (USGS) modifica el método de Cowan y lo publica en una guía para la selección de la rugosidad del cauce como método de Cowan modificado (Arcement y Schneider, 1990). Este método expresa el coeficiente de rugosidad como:

$$n = (n_0 \ n_1 \ n_2 \ n_3 \ n_4) \ n_5, \text{ donde:}$$

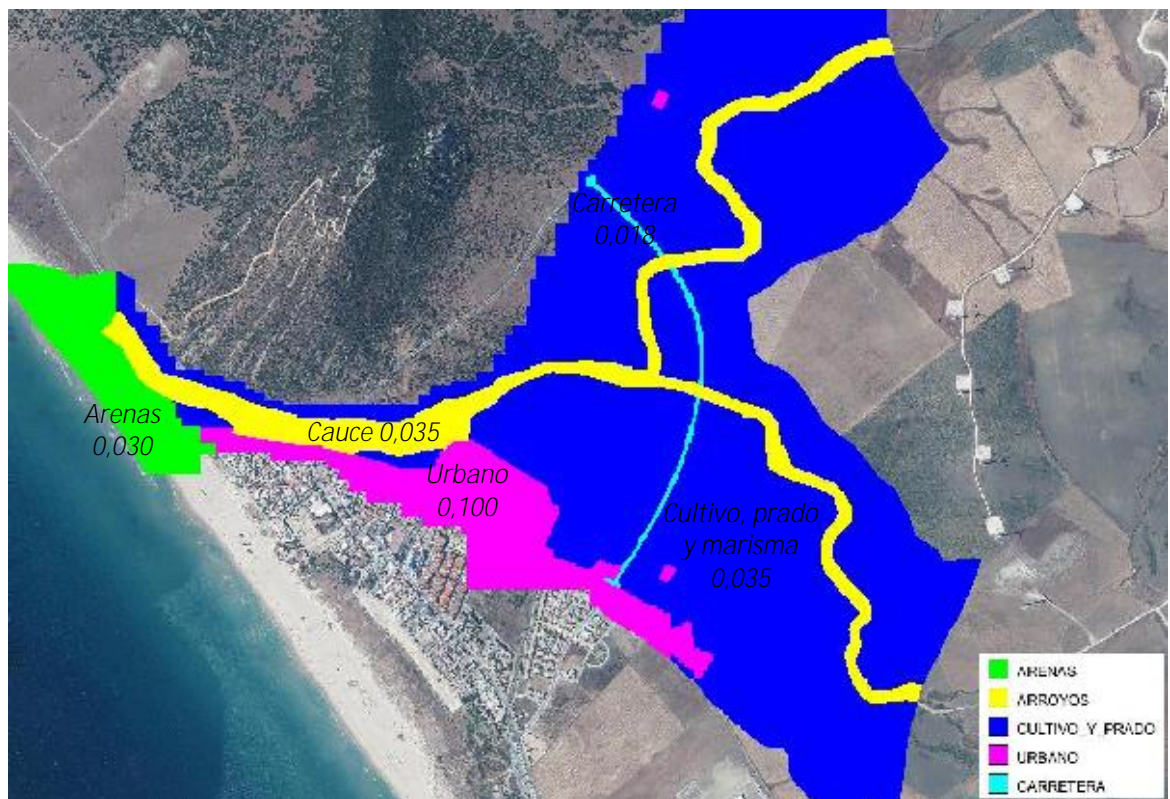
- n_0 es la rugosidad debida a los materiales del cauce
- n_1 es la rugosidad debida al grado de irregularidad del cauce a lo largo del tramo
- n_2 es la rugosidad debida a las variaciones de la sección transversal del cauce a lo largo del tramo



- n_3 es la rugosidad debida al efecto de las obstrucciones a lo largo del tramo
- n_4 es la rugosidad debida a la presencia de vegetación en el tramo
- m es la rugosidad debida a la sinuosidad (meandros) del tramo

Para las planicies de inundación basta con seleccionar el valor correspondiente de la tabla sin necesidad de hacer correcciones.

En este caso se han diferenciado 5 zonas con rugosidades diferentes, las correspondientes al cauce, arenas a la salida al mar, planicies de inundación, tejido urbano y las de la variante de Zahara. Las áreas con diferentes rugosidades son las que se han representado en la figura siguiente.



Rugosidades consideradas en el modelo hidráulico

A continuación se pasa a justificar los valores de coeficiente de Manning indicados en la figura anterior.



Cauce de arroyos

Como se puede ver en las figuras adjuntas, los cauces se pueden considerar limpios, rectos, sin fallas o pozos profundos tal como se puede ver en las imágenes siguientes.



Aspecto de los cauces y planicies de inundación aguas arriba de la variante de Zahara



Aspecto de los cauces y planicies de inundación aguas abajo de la variante de Zahara

- n0 = El material del lecho está compuesto por tierras, sin que aparezcan muchas rocas o gravas, por lo que toma un valor de 0,020.



- n_1 = El grado de la irregularidad del cauce se puede considerar moderado, es decir, canales con alguna erosión en márgenes, por tanto este parámetro será de 0,010.
- n_2 = El cauce tiene un ancho muy constante como se puede ver en la topografía realizada en el tramo, por tanto, podemos considerar que las variaciones de la sección transversal son graduales, casi uniformes, lo que supone un coeficiente de 0,000.
- n_3 = El efecto de las obstrucciones es pequeño, considerándose que ocupan menos del 5% del cauce, por lo que este coeficiente se considera 0,000.
- n_4 = En estos cauces, debido en gran parte a la influencia mareal, la vegetación es escasa o inexistente, haciéndose más notable a medida que nos dirigimos hacia aguas arriba, pero sin que esta sea de importancia. En cualquier caso, la avenida de 500 años en estudio estará más de tres veces por encima de estas plantas que son muy bajas, por lo que el valor de n_4 será de 0,005.
- m = El estudio que vamos a realizar es bidimensional, y por tanto el efecto de la sinuosidad es un efecto considerado en las ecuaciones que rigen en modelo, frenando el agua en curvas, produciendo sobreelevaciones, etcétera, con lo cual no sería necesario considerar este parámetro, es decir, podemos considerarlo como 1,00.

Atendiendo a todos los coeficientes comentados anteriormente, el coeficiente de rugosidad de Manning de los cauces será:

$$n \quad n_0 \quad n_1 \quad n_2 \quad n_3 \quad n_4 \quad m \quad 0,020 \quad 0,010 \quad 0 \quad 0 \quad 0,005 \quad 1,00 \quad 0,035$$

Planicies de inundación junto a los cauces

Haciendo uso de los valores de coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000 que aparecen en el anexo V de la "Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables", editada por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, para estas zonas agrícolas heterogéneas y pastizales el coeficiente de Manning a adoptar es de 0,035.

Tejido urbano

Según la referencia bibliográfica expuesta anteriormente, para zonas de tejido urbano continuo, el coeficiente de Manning a considerar será de 0,100.



Playa

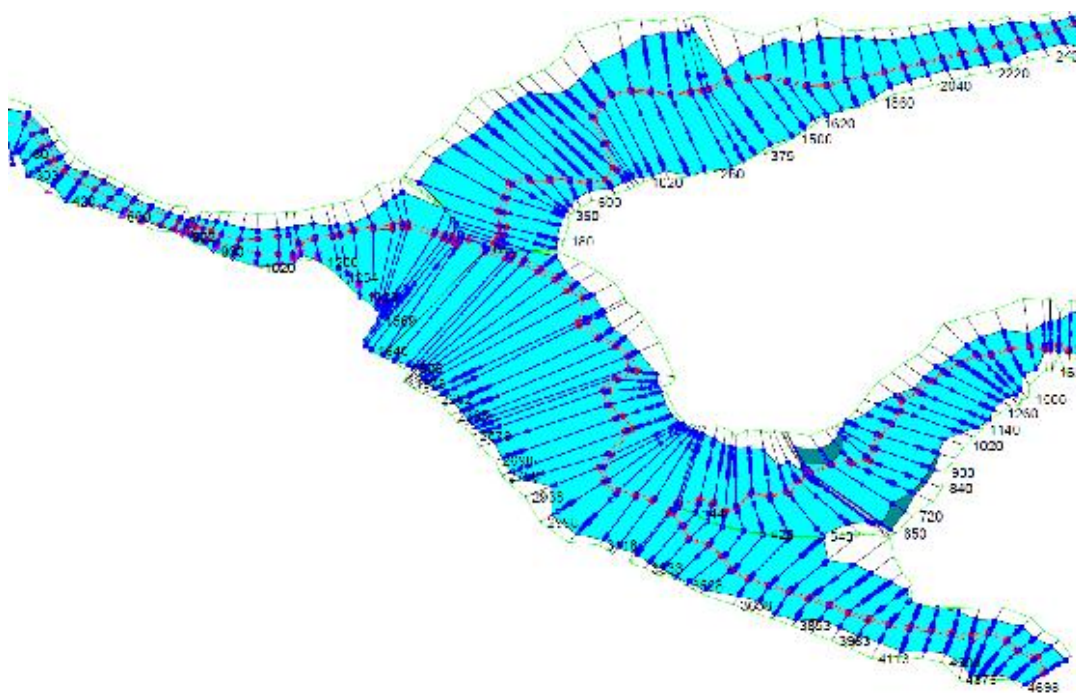
En las zonas de playas, dunas y arenales, el manual de referencia indica que el coeficiente de Manning se sitúa en 0,025, no obstante, en el modelo de cálculo se ha utilizado un valor de 0,030 para considerar una mayor pérdida de carga a la salida, reduciendo la velocidad del agua y por tanto, dejando el cálculo del lado de la seguridad.

Carretera

La superficie de la carretera se considera como una zona pavimentada en la que el agua puede discurrir sin problemas, por lo que se ha considerado un coeficiente de Manning de 0,018. Sin embargo, la rugosidad de las obras de drenaje transversal de hormigón, se ha considerado de 0,013, ya que esto permitirá una mayor entrada de agua de la zona de aguas arriba de la carretera, a la zona de aguas abajo, dejando nuevamente el cálculo del lado de la seguridad en este aspecto.

Teniendo en cuenta lo expuesto, los coeficientes de rugosidad más significativos del modelo serán los correspondientes a los cauces principales y a las planicies de inundación, que toman un valor de 0,035.

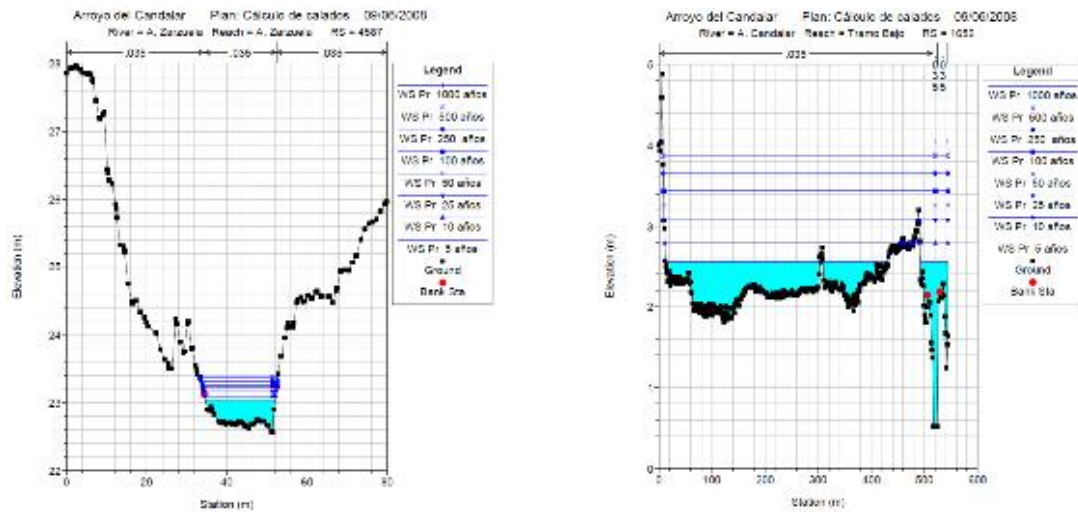
Para cotejar este valor se ha contrastado el dato con el utilizado en el estudio de inundabilidad de la Janda, donde se utiliza también este 0,035.



Vista 3D modelo hidráulico estudio de la Janda



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.



Secciones transversales estudio de la Janda

4.3.7 Resultados obtenidos

De la modelización hidráulica realizada en IBER, se ha obtenido que en el ámbito de la parcela objeto de estudio, el agua de la avenida de T=500 años discurre por la zona exterior de la mota de protección, apreciándose que por extremo noroeste de la calle donde se ubica la parcela en estudio, podrían producirse retornos de agua bordeando el final del muro de protección al llegar a la playa.

Como se puede ver en las instantáneas de inundabilidad que se presentan a continuación, las zonas inundables, principalmente los cauces y planicies de inundación, permanecen mucho tiempo cubiertas de agua, tanto es así, que en el instante 70020 segundos, aún la zona cubierta por las aguas es significativa. De esta manera, la zona permanece fuertemente inundada durante unos 60000 segundos, es decir, unas 17 horas.

Entrando en el detalle del ámbito más próximo a la parcela, destacar que en torno al instante 25920 segundos se puede observar en las instantáneas como se inicia el retorno del agua bordeando el extremo de la mota en la playa, hacia el interior del casco urbano, y sobrepasando un cordón dunar, situado en la bolsa de aparcamientos del final de la Calle El Bullón, permaneciendo inundada la zona pasadas 24 horas por la imposibilidad de desaguar los puntos bajos que se podrían formar. Realmente esto no sería así teniendo en cuenta que el propio saneamiento disiparía estos encharcamientos rápidamente.



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.



T 2160 s



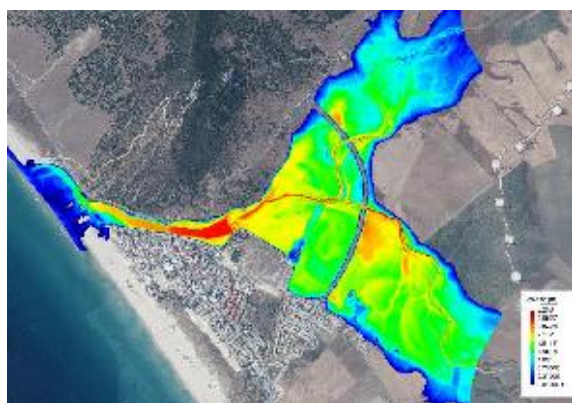
T 10080 s



T 19980 s



T 25920 s



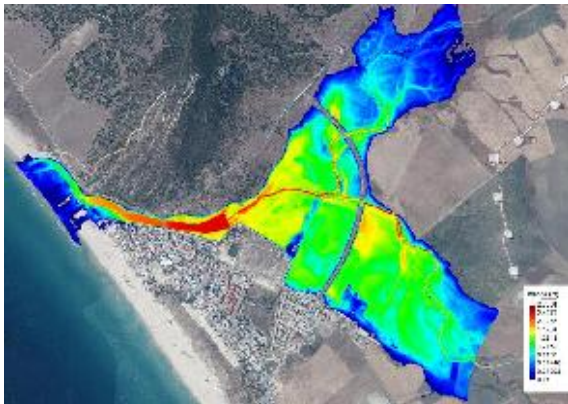
T 30060 s



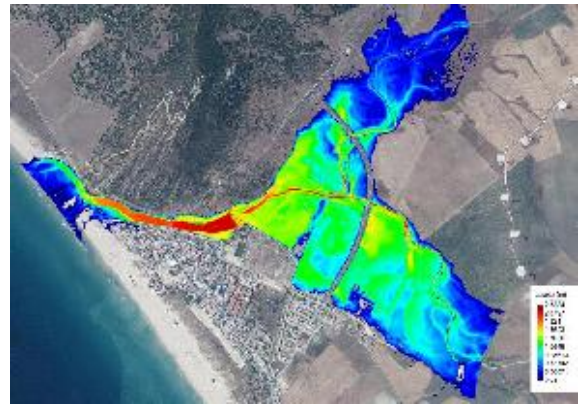
T 40140 s



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.



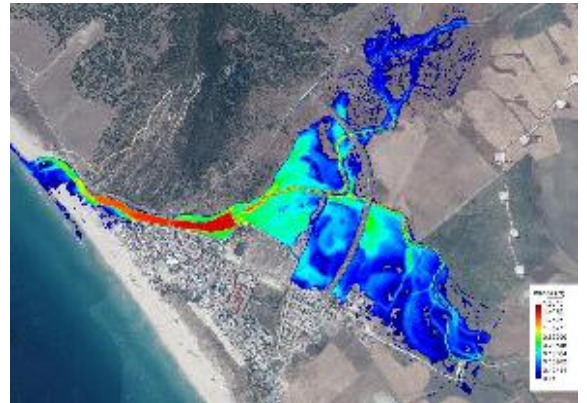
T 50040 s



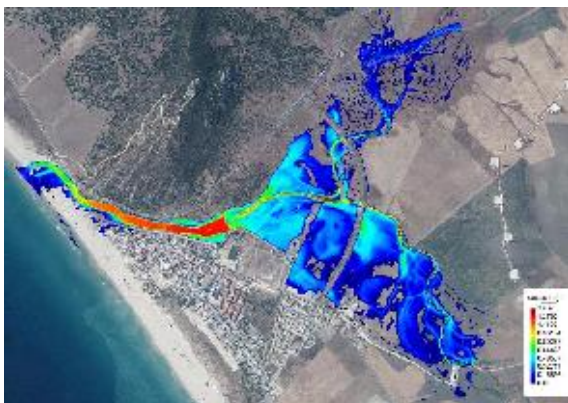
T 60120 s



T 70020 s



T 80100 s



T 84960 s



Si particularizamos en la zona donde se ubica la parcela, podemos ver como la cota que alcanzaría el agua en el río, es del orden de +3,30, resultado muy similar al obtenido en el estudio de la Janda, sin embargo, debido a los retornos tras envolver la punta de la mota de protección, podría alcanzarse en la calle que da acceso a la parcela en estudio, la cota + 2,75.

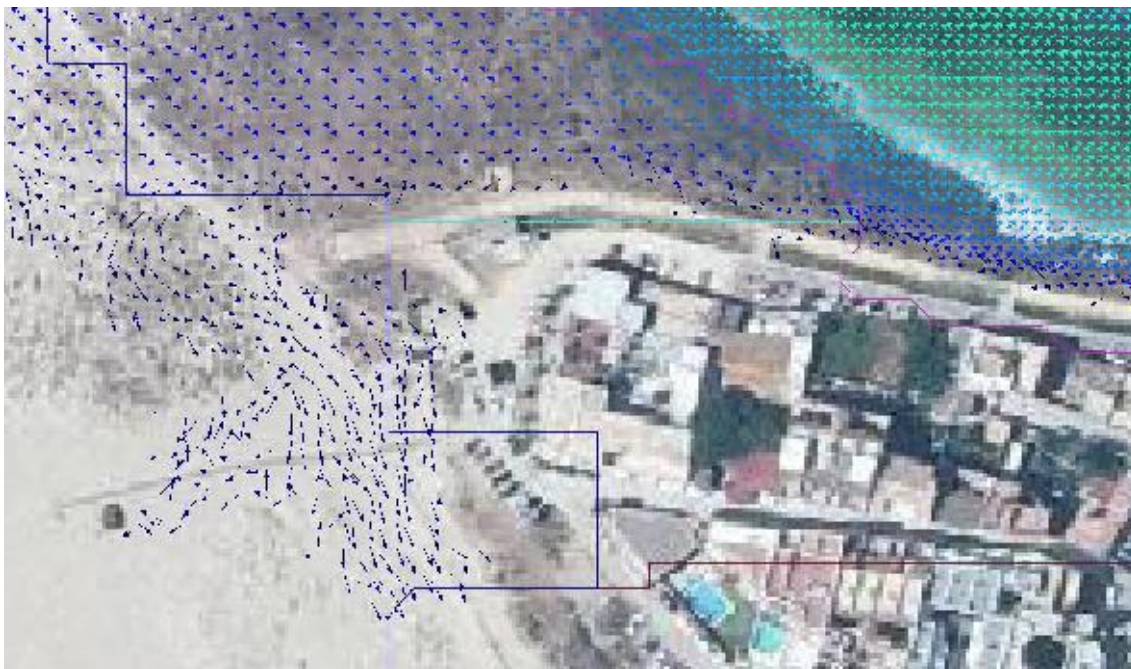


Extracto plano "Elevación de lámina de avenida T=500 años)

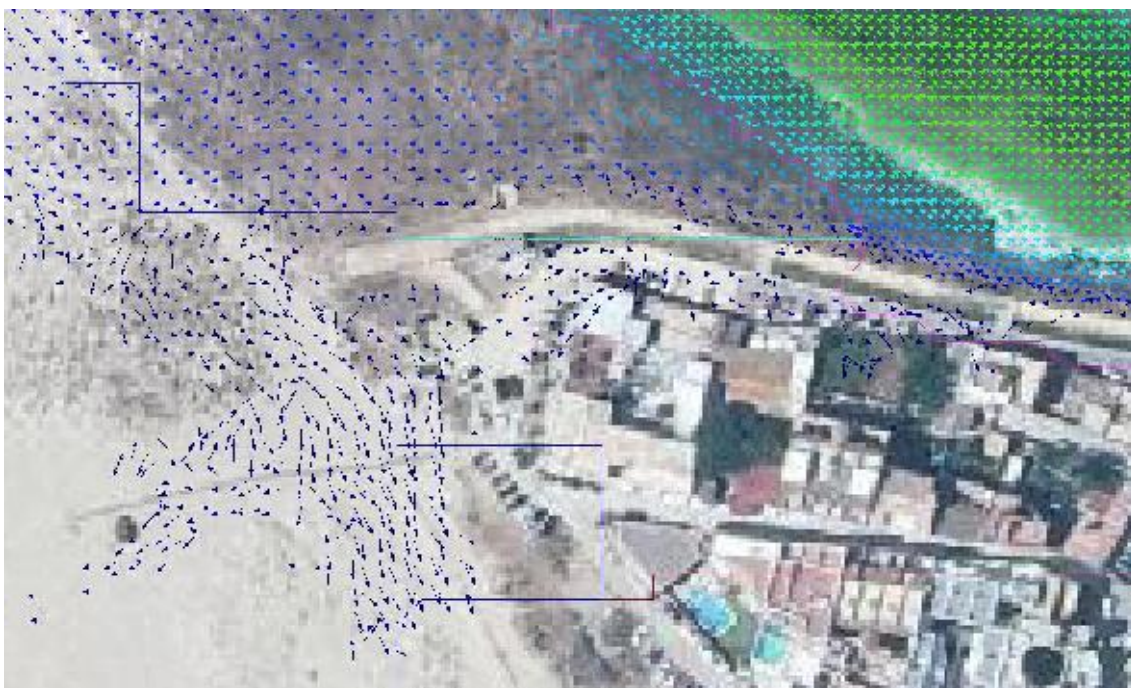


Extracto plano "Calados de inundación T=500 años)

En las siguientes figuras se representan mediante vectores la dirección del flujo, y en un par de secuencias podemos comprobar como el agua bordea la mota y posteriormente circula en sentido contrario por la calle que existe tras la mota de protección.



Mapa vectorial del flujo bordeando la punta de la mota de protección



Mapa vectorial del flujo circulando a contracorriente por la calle que da acceso a la parcela

En conclusión, de los resultados obtenidos de la modelización hidráulica se deduce que si bien es cierto que se produce un problema de inundación en la zona de la parcela de referencia, este no es debido a que la lámina de agua de la avenida de T=500 años supere la cota de coronación

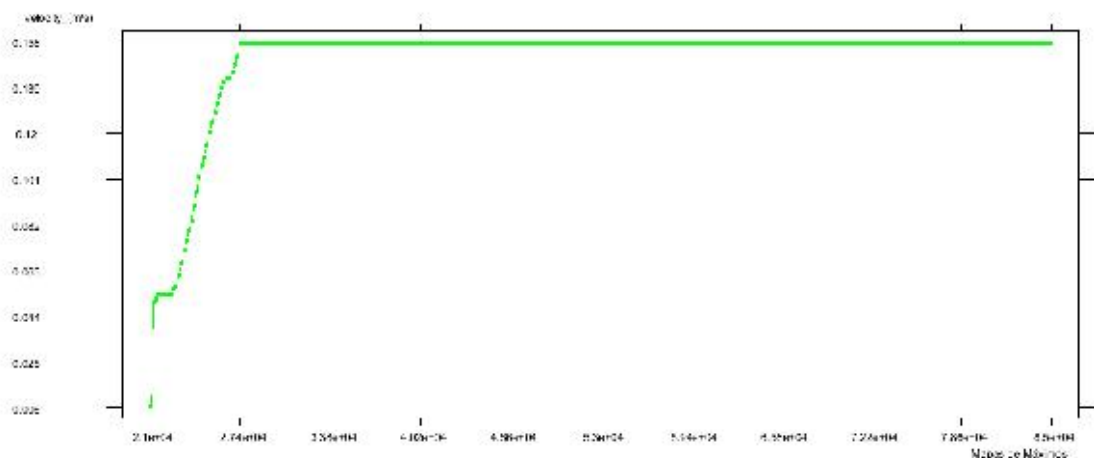


de la mota si no que dicho problema es debido a que el agua circulante bordea la punta de la mota y, tras superar un cordón dunar de defensa en la playa que ha sido desmontado en varias partes como paso a la playa, retorna discurriendo hacia puntos de cota más baja en el casco urbano.



Detalle de cordón dunar de defensa desmontado en varios puntos. (Fuente: Google Earth)

Obviamente este retorno no produce una afección grave, ya que teniendo en cuenta que la cota de la calle se sitúa en torno a la +2,50, el calado máximo sería del orden de 25 cm, siendo la velocidad máxima de circulación del agua, de menos de 0,16 m/s como se observa en la gráfica siguiente.



Velocidad máxima del agua en el frente de la parcela objeto de estudio



4.3.8 Vía de intenso desagüe y Flujo preferente

Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente.

En el caso que nos ocupa, atendiendo que la inundación de la calle donde se ubica la parcela es residual, producida como consecuencia de retornos de poca importancia, y que además estos se producen para la avenida de 500 años, podemos asegurar que esta no se ubica dentro de la vía de intenso desagüe, ciñéndose esta vía al lado interior de la mota de protección contra avenidas, es decir, el lado de la mota de protección en contacto con el propio cauce.

Por otro lado, la zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- 1) a) Que el calado sea superior a 1 m.
- 2) b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- 3) c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m²/s.

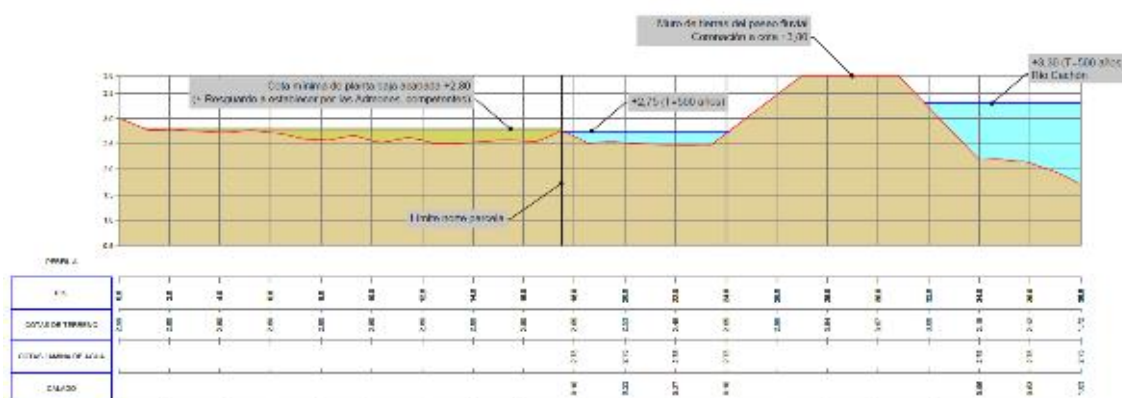
Si tenemos en cuenta que la vía de intenso desagüe no afecta a la parcela, que el calado máximo es de 25 cm (< 1m), que la velocidad máxima es de 0,16 m/s (<1m/s), y que el producto de calado y velocidad asciende a 0,038 m²/s (<0,5 m²/s), podemos asegurar también que la parcela se encuentra fuera de la zona de flujo preferente.

Por tanto, podemos concluir que la parcela se encuentra fuera del ámbito de la zona de vía de intenso desagüe y de la zona de Flujo preferente.



4.4 PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PARCELA

Una vez conocido el funcionamiento hidráulico general y de detalle en el ámbito de la parcela, se entiende que la solución más conveniente para paliar los posibles problemas de inundabilidad es elevar las construcciones que se realicen, de modo que sitúen su rasante terminada de planta baja por encima de la cota +2,80, lo que supondría a priori, una cota terminada del orden de 30 cm sobre la rasante de la calle.



Esquema básico de protección de inundabilidad en la parcela

El resguardo adicional, siempre aconsejable, será el máximo posible y/o razonable que se pudiera otorgar considerando la viabilidad de ejecución de rampas de acceso y otros aspectos urbanísticos como la limitación de cota de forjado de planta baja respecto a la rasante de la calle.

De este modo, serán las administraciones hidráulicas y/o urbanísticas quienes deban determinar el resguardo mínimo a establecer en esta parcela, ya que realmente no existe un resguardo mínimo establecido en la normativa vigente.

4.5 OTRAS SOLUCIONES FUERA DEL ÁMBITO DE LA PARCELA

Por otro lado, y aunque queda fuera del ámbito de la modificación, es importante señalar a las administraciones competentes que también pueden llevarse a cabo pequeñas actuaciones que paliarían no sólo los problemas de inundabilidad de la parcela objeto de estudio, sino del resto del ámbito urbano afectado en esta área. Estas actuaciones son las que se indican a continuación.



- 1) Prolongación del muro de protección en la playa en unos 20 metros con la misma cota de coronación, siguiendo la misma alineación que presenta en la actualidad, impidiendo así los retornos de agua hacia la calle que se encuentra tras el muro de protección.
- 2) Reconstruir del cordón dunar en la playa que ha perdido material en varios puntos del mismo debido al tránsito de usuarios y vehículos en su acceso a la playa y al chiringuito de playa, con lo que se impediría la circulación del agua hacia el interior del casco urbano. Esta restauración del cordón dunar podría mejorarse con la siembra de vegetación autóctona y otros elementos que frenaran la erosión de este cordón dunar en eventos de fuertes avenidas.



5 CONCLUSIÓN

Atendiendo a todo lo expuesto en el presente documento podemos concluir lo siguiente:

- 1) Atendiendo a los planos de planta correspondientes al "Arroyo del Candalar (Zona nº 21)" del "Estudio Hidráulico para la prevención inundaciones y la ordenación de las cuencas de la Janda (Cádiz)", llevado a cabo y aprobado por la Administración Hidráulica Andaluza, la parcela de referencia se vería afectada por las avenidas de 500 años de periodo de retorno. Sin embargo, tras el análisis técnico de los resultados tabulados y secciones transversales del propio estudio, y atendiendo a que se trata de un estudio unidimensional, se ha podido comprobar que las avenidas no superarán el muro de protección que existe entre la parcela y el cauce, donde existiría realmente un resguardo del orden de 50 cm, por tanto, esta parcela, según el propio estudio de la administración no sería realmente inundable.
- 2) Se ha realizado un estudio de detalle para determinar si las avenidas podrían penetrar en la calle que da acceso a la parcela, habiéndose verificado que durante la avenida de 500 años de periodo de retorno, podría producirse una pequeña inundación en la calle que da acceso a la parcela tras bordear las avenidas el límite final del muro de protección existente. Si bien es cierto, el calado máximo esperado se situaría en torno a 25 cm, y la velocidad máxima sería de unos 0,16 m/s, valores que nos indican de manera clara que no estamos ante una zona donde la inundación pudiera ocasionar daños graves.
- 3) Como se justifica en el presente documento, la parcela se encuentra fuera de la vía de intenso desagüe y fuera de la zona de flujo preferente.
- 4) Como medida correctora se propone situar las construcciones que se lleven a cabo en la parcela por encima de la cota +2,80, evitando así la inundabilidad de la misma. Dado que el agua que entra en la parcela no tiene salida hacia otros puntos, por existir edificaciones en todo su perímetro, excepto en la fachada, se trata de una zona inefectiva de flujo, es decir, no contribuye al desalajo de caudales, por tanto, el impedir que esta parcela no se inunde, no ocasionará perjuicios a los propietarios colindantes.

Se recomienda establecer un resguardo adicional a la cota +2,80 indicada anteriormente, sin embargo, dado que no existe normativa específica al respecto, se deja a las administraciones competentes o promotor, que establezcan el resguardo necesario de modo que, además del aspecto de seguridad, se tengan en cuenta otros parámetros como los urbanísticos, principalmente en lo que se refiere a la limitación de cotas de forjado de planta baja con respecto a la rasante de la calle o a la viabilidad de ejecución posterior de itinerarios accesibles a las construcciones que se proyecten.



- 5) Existen otras medidas que se podrían llevar a cabo para evitar la inundación, no sólo de la parcela en estudio, sino de todo el ámbito urbano afectado. Estas medidas quedan fuera del ámbito de la modificación, pero dada su sencillez técnica, se han recogido de manera básica en el presente informe para que puedan ser tenidas en cuenta por las administraciones competentes en caso de que lo consideren oportuno.
- 6) En base los " *Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de litoral de la demarcación hidrográfica Atlántica Andaluza – Sector Guadalete y Barbate*", realizados por el SNCZI del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio ambiente, la parcela con referencia catastral 3531410TF4033S0000RP de Zahara de los Atunes no estaría afectada por la inundación del litoral de 500 años de periodo de retorno.

Fdo.: Antonio Silva Santos

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Colegiado N° 25.071



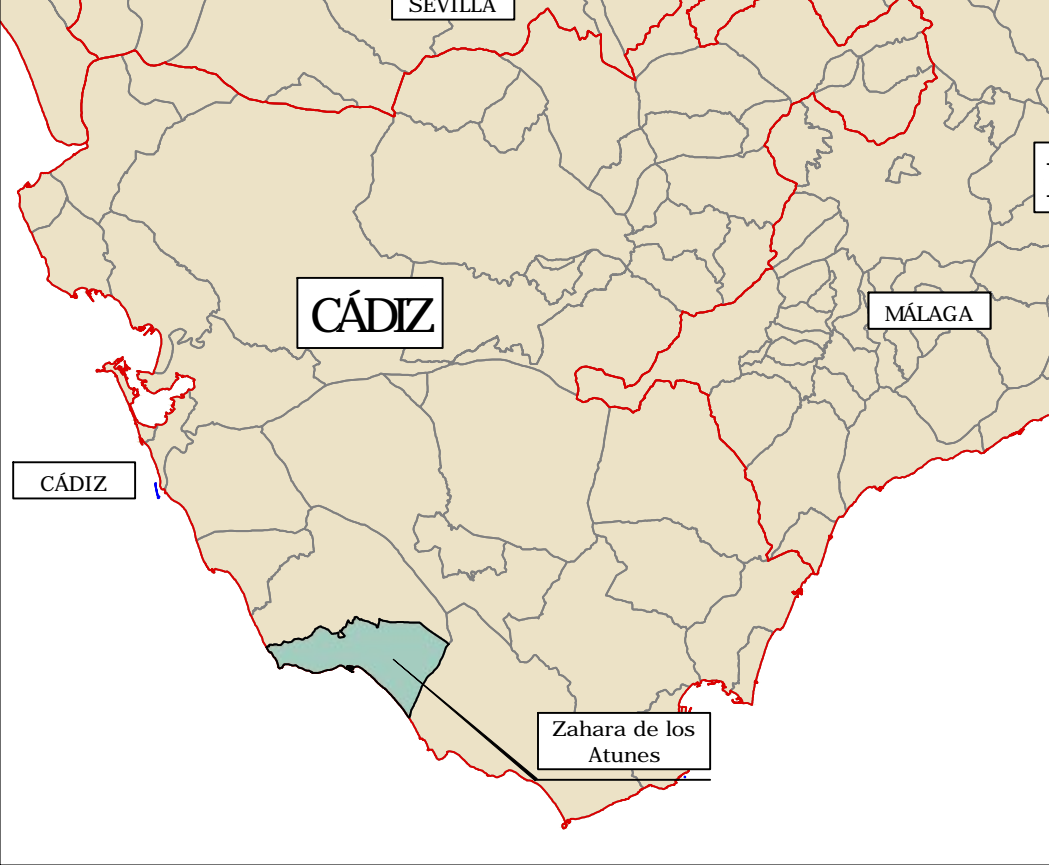
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, TÉRMINO MUNICIPAL DE BARBATE, CÁDIZ.

- II. PLANOS
- 1 SITUACIÓN
- 2 EMPLAZAMIENTO SOBRE ORTOFOTOGRAFÍA
- 3 INUNDABILIDAD T=500 AÑOS GENERAL (ESTUDIO DE LA JANDA)
- 4 INUNDABILIDAD T=500 AÑOS DETALLE (ESTUDIO DE LA JANDA)
- 5 COTAS LÁMINA AGUA T=500 AÑOS (ESTUDIO DETALLE)
- 6 CALADOS LÁMINA AGUA T=500 AÑOS (ESTUDIO DETALLE)
- 7 PERFILES DE ESTADO ACTUAL
- 8 SOLUCIÓN PROPUESTA

SITUACIÓN REGIONAL
Escala 1:4.000.000



SITUACIÓN PROVINCIAL
Escala 1:1.000.000



SITUACIÓN LOCAL
Escala 1:25.000



RUTA: D:\TRABAJOS\2019\19 INUNDABILIDAD ZAHARA_KIKO\PLANS D\DEFINITIVOS\ZAHARA_SITUACION_V2_21.mxd
 FICHERO: ZAHARA_SITUACION_V2.dwg
 VISTA: SITUACION
 FECHA MOD.: 5 febrero 2020

PROMOTOR:
ZAHARATUNA, S.L.

CONSULTOR: INGENIERO AUTOR DEL DOCUMENTO

ANTONIO SILVA SANTOS
 I.C.C.P. COLEGIADO N° 25.071

ESCALA:
INDICADAS
 FORMATO ORIGINAL UNE-A3

FECHA:
ENERO - 2020
 MODIFICACIÓN:

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, T.M. DE BARBATE (CÁDIZ)
 TÍTULO DEL PLANO:
SITUACIÓN

N° PLANO: **1**
 HOJA: **1** DE **1**



RUTA: D:\TRABAJOS\2019\19 INUNDABILIDAD ZAHARA\KICOP\PLANOS DEFINITIVOS\ZAHARA_V2 - e1\emph1\FICHERO: ZAHARA_V2.dwg
 VISTA: EMPLAZAMIENTO
 FECHA MOD.: 13 febrero 2020

PROMOTOR:
ZAHARATUNA, S.L.

CONSULTOR: INGENIERO AUTOR DEL DOCUMENTO

ANTONIO SILVA SANTOS
 I.C.C.P. COLEGIADO N° 25.071

ESCALA:
1 : 500
 FORMATO ORIGINAL UNE-A3

FECHA:
ENERO - 2020
 MODIFICACIÓN:

TÍTULO DEL PROYECTO: **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, T.M. DE BARBATE (CÁDIZ)**
 TÍTULO DEL PLANO: **EMPLAZAMIENTO SOBRE ORTOFOTOGRAFÍA**

Nº PLANO: **2**
 HOJA: **1** DE **1**




ZONA INUNDABLE AVENIDA T=500 AÑOS PERIODO DE RETORNO (Fuente SNCZI)

PARCELA CATASTRAL
3531410TF4033S0000RP

ZAHARA DE LOS ATUNES

RUTA: D:\TRABAJOS\2019\19_19 INUNDABILIDAD ZAHARA_KIKO\PLANS DWG\DEFINITIVOS\ZAHARA_V2 - e1\enr.mxd | VISTA: INUNDABILIDAD T=500 AÑOS GENERAL | FECHA MOD.: 13 febrero 2020 | FICHERO: ZAHARA_V2.dwg

PROMOTOR: ZAHARATUNA, S.L.	CONSULTOR: INGENIERO AUTOR DEL DOCUMENTO  ANTONIO SILVA SANTOS I.C.C.P. COLEGIADO N° 25.071	ESCALA: 1 : 1.000 FORMATO ORIGINAL UNE-A3	FECHA: ENERO - 2020 MODIFICACIÓN:	TÍTULO DEL PROYECTO: <i>ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, T.M. DE BARBATE (CÁDIZ)</i> TÍTULO DEL PLANO: INUNDABILIDAD T=500 AÑOS GENERAL (ESTUDIO DE LA JANDA)	N° PLANO: 3 HOJA: 1 DE 1
--------------------------------------	--	--	---	--	--

ZONA INUNDABLE AVENIDA T=500 AÑOS PERIODO DE RETORNO (Fuente SNCZI)



RUTA: D:\TRABAJOS\2019\19 INUNDABILIDAD ZAHARA\KIC\PLANS DWG\DEFINITIVOS\ZAHARA_V2 - e1\plan1.dwg
FICHERO: ZAHARA_V2.dwg
VISTA: INUNDO DETALLE
FECHA MOD.: 13 febrero 2020

PROMOTOR:
ZAHARATUNA, S.L.

CONSULTOR: INGENIERO AUTOR DEL DOCUMENTO

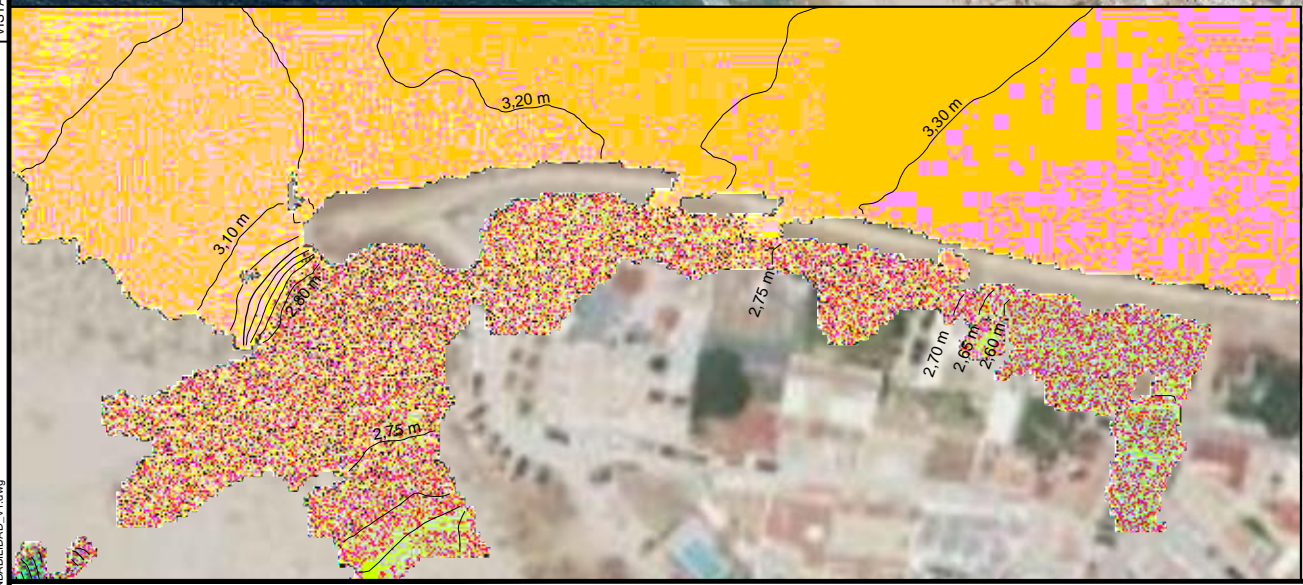
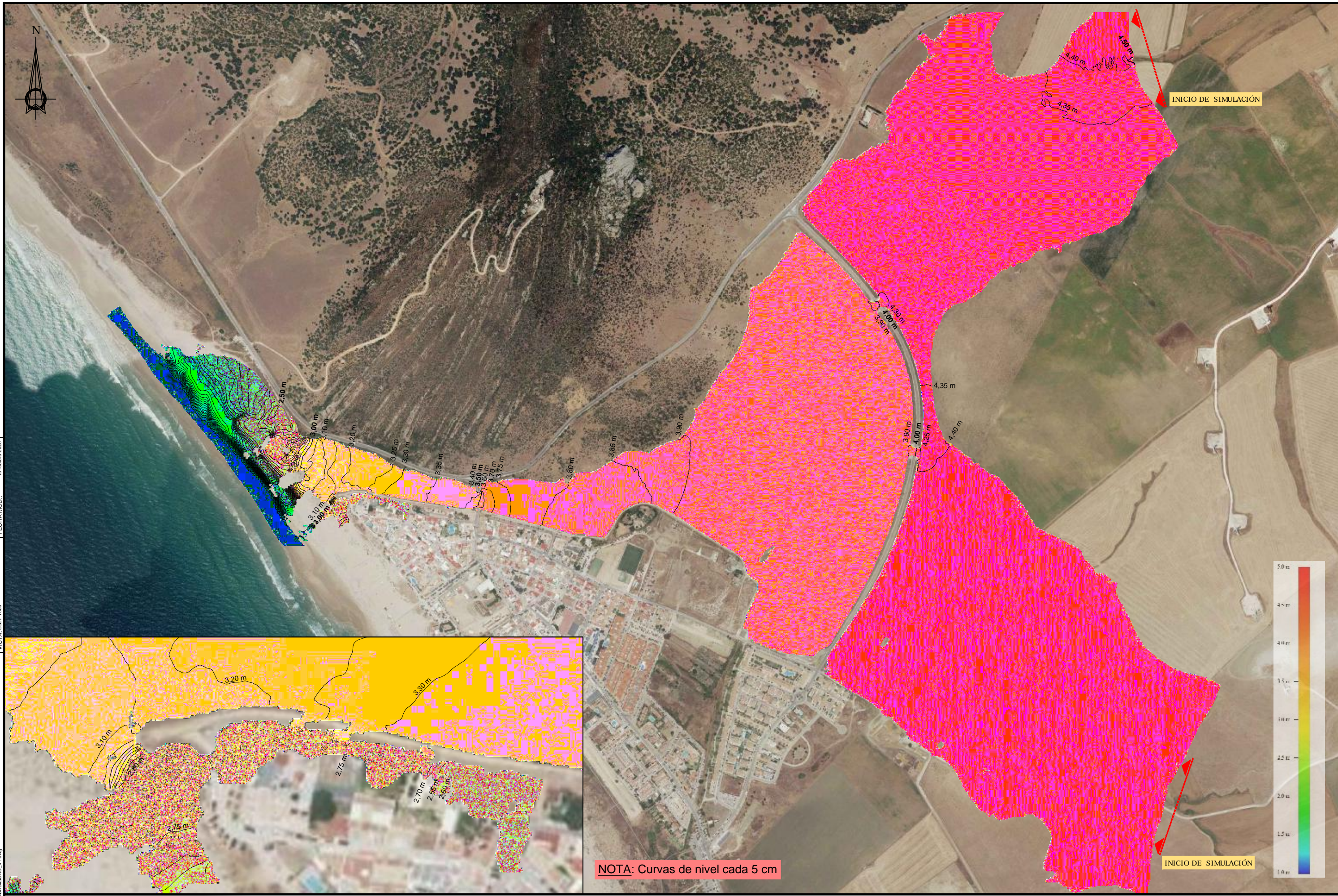
ANTONIO SILVA SANTOS
I.C.C.P. COLEGIADO N° 25.071

ESCALA:
1 : 500
FORMATO ORIGINAL UNE-A3

FECHA:
ENERO - 2020
MODIFICACIÓN:


TÍTULO DEL PROYECTO: **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, T.M. DE BARBATE (CÁDIZ)**
TÍTULO DEL PLANO: **INUNDABILIDAD T=500 AÑOS DETALLE (ESTUDIO DE LA JANDA)**

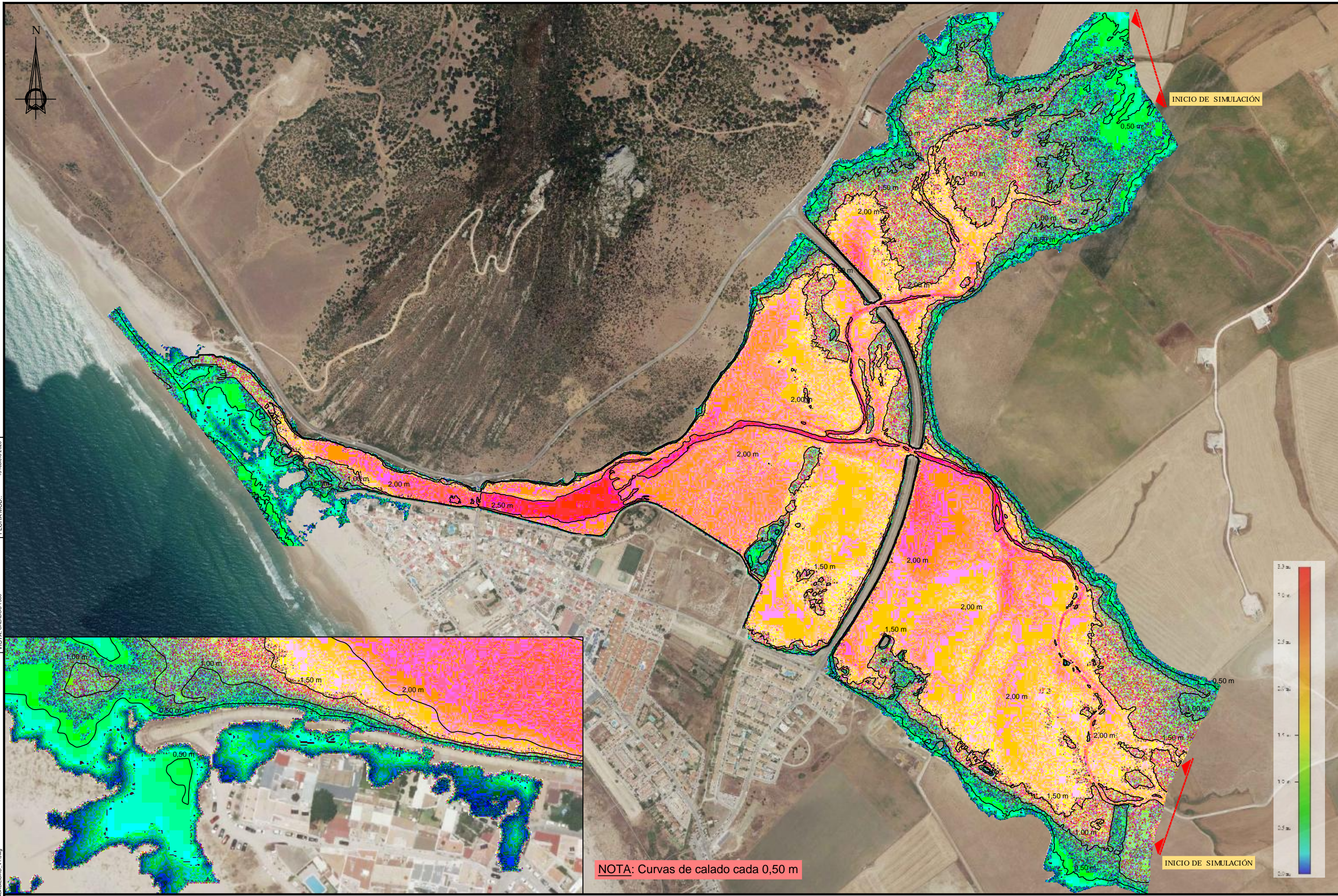
N° PLANO: **4**
HOJA: **1** DE **1**



NOTA: Curvas de nivel cada 5 cm


RUTA: D:\TRABAJOS\2019\40_19 INUNDABILIDAD ZAHARA_KIKO\PLANOS DEFINITIVOS\RESULTADOS INUNDABILIDAD_V1 - a11.mxd
 FICHERO: RESULTADOS INUNDABILIDAD_V1.dwg
 VISTA: ELEV T1500
 FECHA MOD: 13 febrero 2020

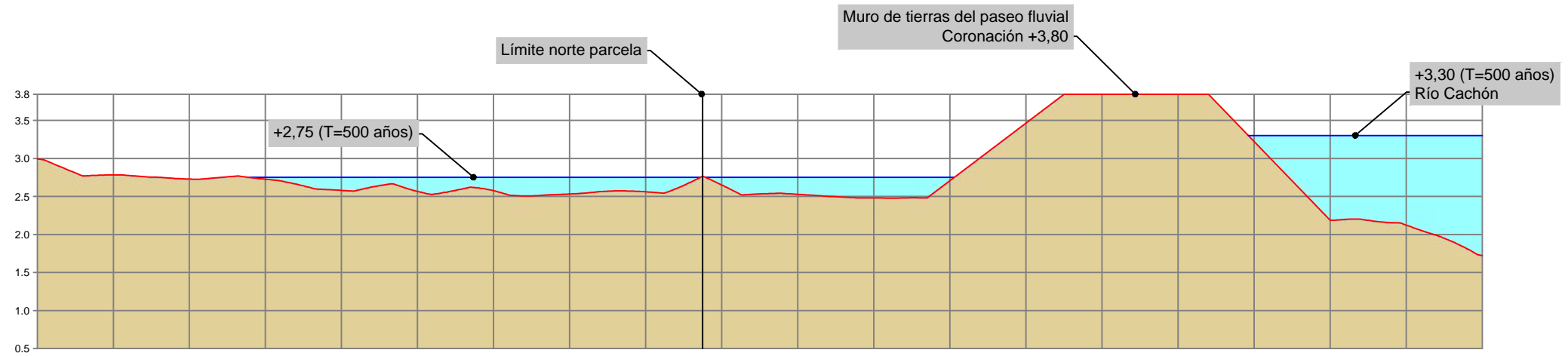
PROMOTOR: ZAHARATUNA, S.L.	CONSULTOR: INGENIERO AUTOR DEL DOCUMENTO  ANTONIO SILVA SANTOS I.C.C.P. COLEGIADO N° 25.071	ESCALA: GENERAL 1:8.000 DETALLE 1:1.500 FORMATO ORIGINAL UNE-A3	FECHA: ENERO - 2020 MODIFICACIÓN:	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, T.M. DE BARBATE (CÁDIZ) TÍTULO DEL PLANO: COTAS LÁMINA DE AGUA T=500 AÑOS (ESTUDIO DETALLE)	N° PLANO: 5 HOJA: 1 DE 1
--------------------------------------	--	--	---	--	--



NOTA: Curvas de calado cada 0,50 m

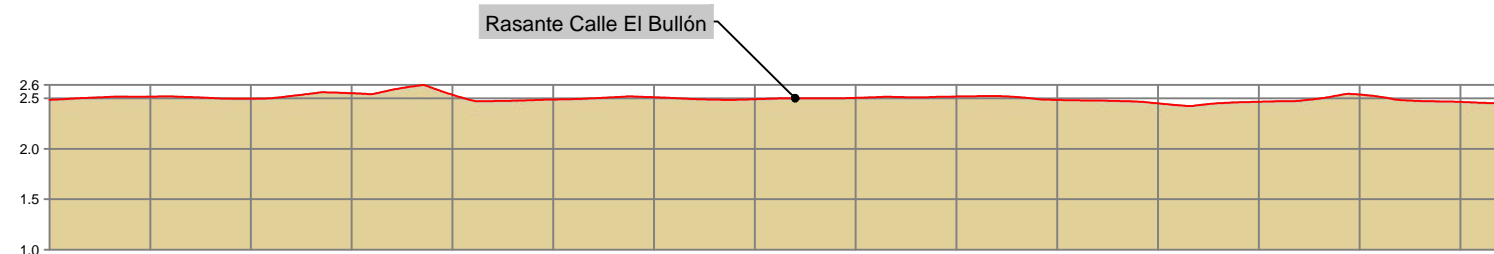
RUTA: D:\TRABAJOS\2019\40_19 INUNDABILIDAD ZAHARA_KKO\PLANOS DWG\DEFINITIVOS\RESULTADOS INUNDABILIDAD_V1 - a1.rvt
 ARCHIVO: RESULTADOS INUNDABILIDAD_V1.dwg
 VISTA: CALADOS 1500
 FECHA MOD.: 13 febrero 2020

PROMOTOR: ZAHARATUNA, S.L.	CONSULTOR: INGENIERO AUTOR DEL DOCUMENTO  ANTONIO SILVA SANTOS I.C.C.P. COLEGIADO N° 25.071	ESCALA: GENERAL 1:8.000 DETALLE 1:1.500 FORMATO ORIGINAL UNE-A3	FECHA: ENERO - 2020 MODIFICACIÓN:	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, T.M. DE BARBATE (CÁDIZ) TÍTULO DEL PLANO: CALADOS LÁMINA AGUA T=500 AÑOS (ESTUDIO DETALLE)	N° PLANO: 6 HOJA: 1 DE 1
--------------------------------------	--	--	---	--	--



PERFIL A


P.K.	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0
COTAS DE TERRENO	2.99	2.78	2.73	2.73	2.58	2.57	2.58	2.53	2.56	2.65	2.53	2.48	2.65	2.96	3.64	3.67	3.00	2.19	2.12	1.72
COTAS LÁMINA DE AGUA				2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75					2.75	2.75	2.75
CALADO				0.02	0.17	0.18	0.17	0.22	0.19	0.10	0.22	0.27	0.10					0.56	0.63	1.03



PERFIL B

P.K.	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	29.0
DISTANCIAS PARCIALES	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
COTAS DE PROYECTO	2.48	2.52	2.50	2.55	2.54	2.49	2.51	2.49	2.51	2.52	2.48	2.45	2.47	2.54	2.47	

PROMOTOR:
ZAHARATUNA, S.L.

CONSULTOR: INGENIERO AUTOR DEL DOCUMENTO

ANTONIO SILVA SANTOS
 I.C.C.P. COLEGIADO N° 25.071

ESCALA:
1 : 150
 FORMATO ORIGINAL UNE-A3

FECHA:
 ENERO - 2020
 MODIFICACIÓN:

TÍTULO DEL PROYECTO: **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, T.M. DE BARBATE (CÁDIZ)**
 TÍTULO DEL PLANO: **PERFILES DE ESTADO ACTUAL**

Nº PLANO: **7**

HOJA: **1** DE **1**



RÍO CACHÓN

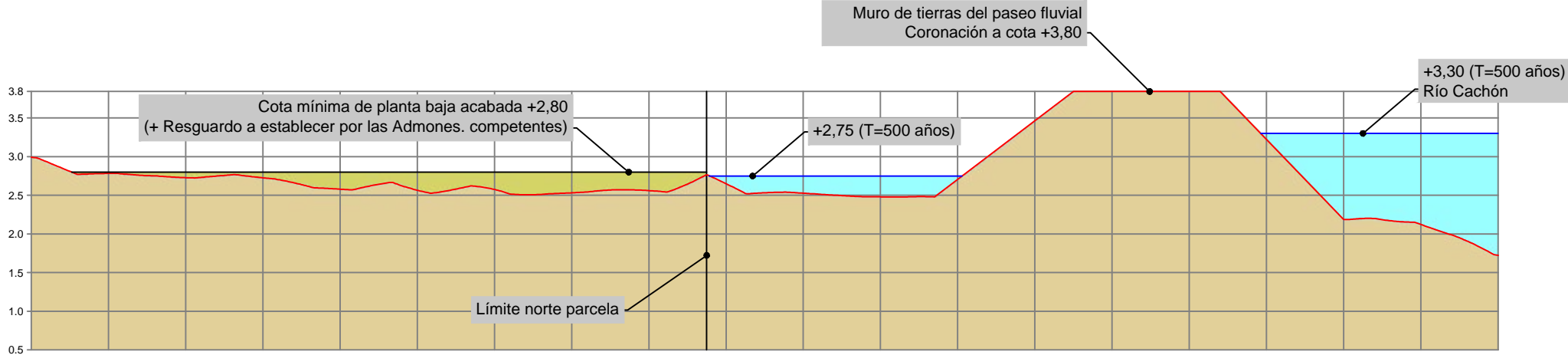
Perfil A

Perfil B

Muro de tierras del paseo fluvial

Cota mínima de planta baja acabada +2,80
(+ Resguardo a establecer por las Admones. competentes)

Límite de parcela catastral
de referencia 3531410TF4033S0000RP



P.K.	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0
COTAS DE TERRENO	2.99	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.65	2.53	2.48	2.65	2.96	3.64	3.67	3.00	2.19	2.12	1.72
COTAS LÁMINA DE AGUA										2.75	2.75	2.75	2.75					2.75	2.75	2.75
CALADO										0.10	0.22	0.27	0.10					0.56	0.63	1.03


PERFIL A

RUTA: D:\TRABAJOS\2019\19_19 INUNDABILIDAD ZAHARA\KICOP\PLANS DWG\DEFINITIVOS\ZAHARA_V2 - e1\trab\m1 FICHERO: ZAHARA_V2.dwg

FECHA MOD: 13 febrero 2020

VISTA: SOLUCIÓN PROPUESTA

PROMOTOR:
ZAHARATUNA, S.L.

CONSULTOR: INGENIERO AUTOR DEL DOCUMENTO

ANTONIO SILVA SANTOS
I.C.C.P. COLEGIADO N° 25.071

ESCALA:
PLANTA 1:500
LONGITUDINALES 1:150
FORMATO ORIGINAL UNE-A3

FECHA:
ENERO - 2020
MODIFICACIÓN:

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LA PARCELA CATASTRAL 3531410TF4033S0000RP DE ZAHARA DE LOS ATUNES, T.M. DE BARBATE (CÁDIZ)
TÍTULO DEL PLANO:
SOLUCIÓN PROPUESTA

Nº PLANO: **8**

HOJA: **1** DE **1**