

# informe de sostenibilidad ambiental

## estudio de inundabilidad y afección de corrientes





plan general de Burriana  
evaluación ambiental estratégica



# MEMORIA



**ESTUDIO DE INCIDENCIA AL RÉGIMEN  
DE CORRIENTES: INUNDABILIDAD**



## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>OBJETO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDIO DE INUNDACIONES HISTÓRICAS</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO</b>	<b>25</b>
4.1	INTRODUCCIÓN: METODOLOGÍA HIDROLÓGICA ADOPTADA E INFORMACIÓN UTILIZADA	25
4.2	CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO. CUENCA	28
4.2.1	CUENCA DEL RÍO MIJARES	29
4.2.2	CUENCA DEL RÍO ANNA	30
4.2.3	CUENCAS VERTIENTES A LA MARJAL DE NULES-BURRIANA	33
4.3	ANÁLISIS DEL TERRENO OBJETO DEL MODELO	35
4.3.1	CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOMÉTRICAS	37
4.3.2	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	37
4.3.3	CUBIERTA DEL SUELO	38
4.3.4	UMBRAL DE ESCORRENTÍA	39
4.4	ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN	45
4.4.1	AJUSTE REGIONAL DE LA FUNCIÓN SQRT-ETMAX	45
4.4.2	CUANTILES DE PD MÁXIMA ANUAL EN LAS SUBCUENCIAS DE ESTUDIO	47
4.5	ESTIMACIÓN DE LOS HIDROGRAMAS DE CRECIDA	48
4.5.1	EL MODELO PSEUDODISTRIBUÍDO HEC-HMS	48
4.5.2	ESQUEMA HIDROLÓGICO ADOPTADO Y MODELOS UTILIZADOS	49
4.5.2.1	MODELO METEOROLÓGICO: TORMENTAS DE PROYECTO	51
4.5.2.2	MODELO DE PRODUCCIÓN	54
4.5.2.3	MODELO DE TRANSFORMACIÓN DE LLUVIA NETA EN ESCORRENTÍA	56
4.5.2.4	MODELO DE PROPAGACIÓN EN CAUCES	58
4.5.2.5	MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA MARJAL DE NULES-BURRIANA	61
4.5.3	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MODELO HIDROLÓGICO	83
4.6	PLANOS AUXILIARES DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO	90
<b>5</b>	<b>ESTUDIO HIDRÁULICO</b>	<b>91</b>
5.1	ZONAS INUNDABLES EN LA SITUACIÓN ACTUAL	91
5.1.1	RÍO MIJARES	91
5.1.2	RÍO ANNA	92
5.1.2.1	PAI SANT GREGORI	95
5.1.2.2	SUPOR-1	96
5.1.2.3	JARDINES DE LA MALVARROSA	98
5.1.2.4	PLAN GENERAL DE VILA-REAL	98
5.1.2.5	RIESGO DE INUNDACIÓN ACTUAL	100





---

5.1.3 BARRANCO DE BETXÍ Y MARJAL DE NULES-BURRIANA	104
<b>5.2 ACTUACIONES PROPUESTAS PREVIAMENTE A ESTE ESTUDIO PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN</b>	<b>111</b>
5.2.1 ACTUACIONES PREVISTAS POR PATRICOVA	112
5.2.1.1 ACTUACIONES ESTRUCTURALES	112
5.2.1.2 ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL	113
5.2.2 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL PATECAS	114
5.2.3 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE SANT GREGORI	117
5.2.4 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR SUPOR-1	118
5.2.5 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR "JARDINES DE LA MALVARROSA"	119
5.2.6 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PLAN GENERAL DE VILA-REAL	120
<b>5.3 ACTUACIONES PROPUESTAS EN EL PRESENTE ESTUDIO PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN</b>	<b>121</b>
5.3.1 RÍO MIJARES	124
5.3.2 RÍO ANNA	125
5.3.2.1 PREDIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS MEDIDAS PLANTEADAS	132
5.3.3 BARRANCO DE BETXÍ Y MARJAL DE NULES-BURRIANA	147
5.3.4 MEDIDAS PROPUESTAS ESPECÍFICAMENTE POR SECTOR	149
5.3.4.1 SUELO URBANO	152
5.3.4.2 SUELO URBANIZABLE	154
5.3.4.3 SUELO NO URBANIZABLE	159
5.3.4.4 SECTORES RONDA (R3, R4 Y T1)	159
5.3.4.5 SECTOR PEDRERA PORT	160
5.3.4.6 SECTOR SANTA BÁRBARA	170
5.3.4.7 SECTOR ARENAL	171
<b>5.4 RIESGO RESULTANTE TRAS LAS ACTUACIONES</b>	<b>172</b>
5.4.1 CON ACTUACIONES DE ESTUDIOS DE INUNDABILIDAD APROBADOS	172
5.4.2 CON ACTUACIONES PROPUESTAS EN EL PRESENTE ESTUDIO	174
<b>6 CONCLUSIONES</b>	<b>178</b>
<b>DOCUMENTO PLANOS: CARTOGRAFÍA DE LAS ZONAS DE RIESGO</b>	<b>180</b>





## ÍNDICE FIGURAS

FIG. 1.- ESQUEMAS GEOMORFOLÓGICOS DE LA PLANA DE CASTELLÓN	7
FIG. 2.- PARTE DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO ELABORADO EN EL PRESENTE ESTUDIO	12
FIG. 3.- PUENTE DE LA MOTA EL DÍA 11 DE OCTUBRE DE 1956	21
FIG. 4.- DATOS PLUVIOMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN SIAR DE BURRIANA	22
FIG. 5.- DATOS PLUVIOMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN SAIH DE ONDA	23
FIG. 6.- EMBALSES DE SICHAR (IZQUIERDA) Y MARÍA CRISTINA (DERECHA)	30
FIG. 7.- FOTOGRAFÍA AÉREA DEL CANAL DEL BARRANQUET	32
FIG. 8.- PUENTE DE LA CV-18 SOBRE EL BARRANCO DE BETXÍ	35
FIG. 9.- FINAL DEL ENCAUZAMIENTO DE NULES	36
FIG. 10.- MAPA DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA SEGÚN LA NORMA 5.2-IC	45
FIG. 11.- MODELO HIDROLÓGICO INTRODUCIDO EN EL PROGRAMA HEC-HMS	51
FIG. 12.- COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD Y ECUACIÓN DE LA CURVA IDF SEGÚN LA NORMA 5.2-IC	52
FIG. 13.- HIETOGRAMAS SINTÉTICOS ACUMULADO E INCREMENTAL DEL SCS TIPO II	53
FIG. 14.- COMPROBACIÓN DE ESTABILIDAD DE MUSKINGUM PARA LOS TRAMOS DE PROPAGACIÓN DEL MODOLO	60
FIG. 15.- ALTURAS CLASIFICADAS DE LA LÍNEA DE COSTA DE LA MARJAL DE NULES-BURRIANA	64
FIG. 16.- DETALLE DEL MODELO HIDROLÓGICO EN LA MARJAL DE NULES-BURRIANA	69
FIG. 17.- LA GOLA DEL BARRANCO JUAN DE MORA, VISTA DESDE EL CARRER DE L'ESTANY HACIA AGUAS ARRIBA	71
FIG. 18.- UBICACIÓN DE LAS OBRAS DE PASO A LA MARJAL DE NULES-BURRIANA EN LA AP-7	72
FIG. 19.- VIEJO PUENTE DE LA AP-7 SOBRE EL CAMINO DEL CABEÇOL.	73
FIG. 20.- PASOS INFERIORES SITUADOS EN LA AP-7 AL NORTE DEL BARRANCO JUAN DE MORA	73
FIG. 21.- CURVAS COTA-VOLUMEN DE LA MARJAL DE NULES-BURRIANA	76
FIG. 22.- EJEMPLO DE FASES DE LLENADO Y VACIADO DE LAS ZONAS SEMIENDORREICAS DE LA MARJAL	77
FIG. 23.- HIDROGRAMA OBTENIDO CON HEC-HMS EN LA SIMULACIÓN SIN DESCARGAS	79
FIG. 24.- HIDROGRAMA OBTENIDO CON HEC-HMS EN LA SIMULACIÓN SIN DESCARGAS	82
FIG. 25.- ÁREA OCUPADA POR LA LÁMINA DE AGUA DE 25 AÑOS EN LA ZONA ESTE DE LA MARJAL	108
FIG. 26.- ÁREA EN RIESGO DE INUNDACIÓN PARA LA AVENIDA DE 25 AÑOS EN LA ZONA ESTE DE LA MARJAL	110
FIG. 27.- RIESGOS OBTENIDOS EN LA MARJAL DE NULES-BURRIANA PARA LA SITUACIÓN ACTUAL	111
FIG. 28.- ACTUACIÓN PROPUESTA PARA EL RÍO ANNA EN EL PATECAS	115
FIG. 29.- PLANTA DEL CANAL DISEÑADO EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE SANT GREGORI	117
FIG. 30.- COTAS DE EXPLANACIÓN PROPUESTAS EN EL SECTOR SUPOR-1	119
FIG. 31.- COTAS DE EXPLANACIÓN Y DEL CAMINO JUNTO A LA ZONA VERDE DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE JARDINES DE LA MALVARROSA	120
FIG. 32.- BARRERA LITORAL DE CIERRE DE UNO DE LOS CAUCES INACTIVOS DEL DELTA DEL MIJARES	125
FIG. 33.- EL AZUD DE LA TANDA EL DÍA 29 DE SEPTIEMBRE DE 2009	126





---

FIG. 34.- VISTA AÉREA DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS	129
FIG. 35.- VISTA ACTUAL DE LA ANTIGUA SALIDA DEL BARRANCO DEL HOSPITAL, AL FINAL DEL CAMINO DEL MARJALET	140
FIG. 36.- CALADOS OBTENIDOS EN LAS SIMULACIONES PRELIMINARES EN EL SEGUNDO TRAMO DEL RÍO ANNA	143
FIG. 37.- PERFILES OBTENIDOS EN EL TRAMO FINAL DE LA SIMULACIÓN EN EL RÍO ANNA, PARA CALADO NORMAL, CALADO CRÍTICO Y SECCIÓN LLENA.	144
FIG. 38.- CURVA COTA-VOLUMEN DEL ÁREA INUNDABLE DE PEDRERA PORT	162
FIG. 39.- VOLÚMENES ACUMULADOS EN PEDRERA PORT DURANTE LA AVENIDA DE 500 AÑOS DE PERÍODO DE RETORNO	163





## ÍNDICE TABLAS

TABLA 1.- INUNDACIONES HISTÓRICAS RELACIONADAS CON EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VILA-REAL	16
TABLA 2.- CAUDALES DE AVENIDA DEL RÍO MIJARES A LA ENTRADA EN BURRIANA	29
TABLA 3.- CAUDALES DE AVENIDA DEL RÍO ANNA ANTES DE DESBORDAR	30
TABLA 4.- CAUDALES DEL RÍO ANNA Y EL CANAL DEL BARRANQUET	33
TABLA 5.- CAUDALES DE AVENIDA DEL RÍO ANNA PARA DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO	33
TABLA 6.- CAUDALES OBTENIDOS EN EL “PROYECTO DE ENCAUZAMIENTO DEL BARRANCO JUAN DE MORA EN NULES (CASTELLÓN)”	34
TABLA 7.- PRINCIPALES PARÁMETROS HIDROMORFOMÉTRICOS DE LAS SUBCUENCAS	37
TABLA 8.- ADAPTACIÓN DE LA CUBIERTA DE SUELO DEL SIOSE A LOS TIPOS DEL SUELO DEL SCS	42
TABLA 9.- CÁLCULO DEL $P_0$ Y EL % DE IMPERMEABILIDAD POR SUBCUENCA	43
TABLA 10.- UMBRAL DE ESCORRENTÍA Y PORCENTAJE DE IMPERMEABILIDAD POR SUBCUENCA	44
TABLA 11.- PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS POR SUBCUENCA Y PERÍODO DE RETORNO	47
TABLA 12.- PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS POR ZONA Y PERÍODO DE RETORNO	48
TABLA 13.- PRECIPITACIONES POR ZONA Y PERÍODO DE RETORNO	54
TABLA 14.- MODELO DIGITAL DEL TERRENO DE LA MARJAL DE NULES-BURRIANA CON LÍNEA DE COSTA	63
TABLA 15.- CAPACIDADES DE LAS OBRAS DE PASO DE LA AP-7 EN $m^3/s$	74
TABLA 16.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS SUBCUENCAS EN EL ESTUDIO HIDROLÓGICO	87
TABLA 17.- RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO EN LA MARJAL DE NULES-BURRIANA	87
TABLA 18.- NIVELES DE INUNDACIÓN DEL MODELO DE EMBALSE ASOCIADOS A CADA NIVEL DE RIESGO	106
TABLA 19.- CAUDALES INTRODUCIDOS EN EL MODELO HIDRÁULICO	135
TABLA 20.- SECCIONES TIPO INTRODUCIDAS EN EL MODELO HIDRÁULICO	136
TABLA 21.- PENDIENTES INTRODUCIDAS EN EL MODELO HIDRÁULICO	139
TABLA 22.- SUELO URBANIZABLE EN BURRIANA: ESTADO DE APROBACIÓN DEL PAI Y ESTUDIO DE INUNDABILIDAD	154
TABLA 23.- SUELO URBANIZABLE EN BURRIANA: ORIGEN DEL RIESGO, SITUACIÓN ACTUAL Y MEDIDAS PREVISTAS	155
TABLA 24.- VOLÚMENES DE AGUA ACUMULADOS EN EL TERRENO PARA CADA PERÍODO DE RETORNO	162
TABLA 25.- VOLÚMENES DE AGUA ACUMULADOS PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 500 AÑOS Y DIFERENTES HIPÓTESIS DE CAUDALES BOMBEADOS	165
TABLA 26.- ESTADOS DE INUNDABILIDAD ACTUAL Y FUTURO POR ÁREA URBANA O URBANIZABLE DE BURRIANA	177





## 1 OBJETO

En la actualidad se halla en fase de elaboración y tramitación el nuevo Plan General de la ciudad de Burriana (Castellón). Dicho Plan General establece las pautas de crecimiento urbanístico y de infraestructuras que se prevé en Burriana durante los próximos años, organizando el mismo y armonizándolo con el entorno, de forma que el crecimiento de Burriana se desarrolle bajo unas pautas de eficiencia, sostenibilidad y respeto por el medio natural y el patrimonio histórico, arqueológico y cultural de la ciudad.

Burriana es una de las ciudades con mayor importancia histórica de la provincia de Castellón, dada su antigüedad y, sobretodo, al hecho de haber sido la villa más importante de la Plana de Castellón durante un largo periodo de tiempo, hasta el auge de Castellón de la Plana. En la actualidad Burriana goza de una gran importancia turística para la provincia de Castellón, puesto que conjuga importantes activos arqueológicos (yacimientos, monumentos...), naturales (espacios protegidos, zonas húmedas...) y lúdicos (playas, instalaciones deportivas, grandes eventos...). Se trata, por lo tanto, de una de las ciudades más importantes de la provincia y la Plana de Castellón, lo que convierte su desarrollo urbanístico e infraestructural en uno de los más importantes de la provincia, por el impacto que sobre ésta puede tener.

Por acuerdo de 28 de Enero de 2003 del Consell de la Generalitat Valenciana, se aprobó definitivamente el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), publicado en el Diari Oficial de la Generalitat Valenciana (DOGV) el 30 de Enero de 2003.

La normativa urbanística del PATRICOVA dedica su Capítulo III a la incidencia del riesgo de inundación en la planificación territorial y urbanística. En este sentido, los artículos que presentan un mayor peso específico sobre el planeamiento urbanístico, a escala de Plan General, son los artículos 20, 21 y 22, cuyo contenido se indica a continuación:





#### Artículo 20. Análisis del riesgo de inundación en el planeamiento urbanístico

Los Planes de Acción Territorial, los Planes Generales y sus instrumentos de desarrollo modificativos, deberán analizar las condiciones de drenaje superficial del territorio, tanto de las aguas caídas en su ámbito de actuación como las de las cuencas vertientes que le afecten.

Para ello, como mínimo reflejarán en su parte informativa:

- a) El Dominio Público Hidráulico y sus zonas de servidumbre y de policía, allí donde hayan sido delimitados por el Organismo de Cuenca.
- b) Las zonas de riesgo de inundación determinadas de acuerdo con el artículo 15.
- c) Todos los cauces, zonas de acumulación de agua y conos de inundación, al menos para aquellos cuya cuenca vertiente tenga una superficie superior a medio kilómetro cuadrado (0,5 km<sup>2</sup>), o que supongan un riesgo apreciable para las actividades humanas.

#### Artículo 21. Tratamiento del riesgo de inundación en el planeamiento urbanístico

1. Los Planes Generales clasificarán como suelo no urbanizable de especial protección el Dominio Público Hidráulico de conformidad con su legislación reguladora, así como las zonas de inundación de Riesgo 1 delimitadas en el PATRICOVA, salvo aquéllas que estén clasificadas como suelo urbano, supuesto éste, en el que mantendrán tal consideración.

2. En estas zonas se prohíbe cualquier tipo de edificación, salvo las previstas expresamente en el planeamiento municipal a la entrada en vigor del PATRICOVA, que deberán, en todo caso, realizarse con arreglo a los condicionantes específicos de edificación señalados para el suelo urbano sometido a riesgo de inundación, así como la realización de obras de infraestructuras que sean vulnerables o puedan modificar negativamente el proceso de inundación.

3. El planeamiento, en ningún caso, podrá dar lugar a un incremento significativo del riesgo de inundación en su término municipal o en el de otros municipios potencialmente afectados, a excepción de los supuestos previstos en el Artículo 33.

#### Artículo 22. Limitaciones en suelo no urbanizable afectado por el riesgo de inundación

1. El suelo no urbanizable afectado por riesgo de inundación no podrá ser objeto de reclasificación como suelo urbano o urbanizable, excepto en los municipios con elevado riesgo de inundación, que se sujetarán a lo dispuesto en el artículo 19 de esta Normativa.

2. En suelo no urbanizable afectado por riesgo de inundación de nivel 2, 3 ó 4, se prohíben los siguientes usos y actividades: viviendas; establos, granjas y criaderos de animales; estaciones de suministro de carburantes; industrias calificadas o con riesgo químico; establecimientos hoteleros y campamentos de turismo; centros hípicos y parques zoológicos; servicios funerarios y cementerios; depósitos de almacenamiento de residuos y vertederos; equipamientos estratégicos como centros de emergencia, parques de bomberos, cuarteles, centros escolares y sanitarios, y pabellones deportivos cubiertos; infraestructuras puntuales estratégicas como plantas potabilizadoras y centros de producción, transformación y almacenamiento de energía.

3. En suelo no urbanizable afectado por riesgo de inundación de nivel 5 ó 6, se prohíben los mismos usos y actividades señalados en el apartado anterior excepto las viviendas y los establecimientos hoteleros, que sí son autorizables, previa adopción de las medidas de adecuación de la edificación que se impongan.

4. Cualquier otro uso o actividad que se pretenda implantar en suelo no urbanizable afectado por riesgo de inundación que no haya sido expresamente señalado en los dos apartados anteriores, deberá justificar la procedencia de ubicación en el mismo.

5. Las limitaciones de uso en el suelo no urbanizable afectado por riesgo de inundación señaladas en el presente artículo podrán ser excepcionadas, justificadamente, en los municipios con elevado riesgo de inundación.





Estos tres artículos establecen el tratamiento del riesgo de inundación que debe realizarse en los Planes Generales y los condicionantes que genera dicho planeamiento. El artículo 20 indica que **deben reflejarse, en la parte informativa de los Planes Generales, las zonas con riesgo de inundación**. El artículo 21 establece que los Planes Generales **clasificarán como suelo no urbanizable de especial protección las zonas de inundación del Riesgo 1** delimitadas en el PATRICOVA, así como que **el planeamiento en ningún caso podrá dar lugar a un incremento significativo del riesgo de inundación** (cuya definición se expone en el artículo 13 de la misma normativa) en su término municipal o en el de otros municipios. El artículo 22 impone que **el suelo no urbanizable afectado por riesgo de inundación no podrá ser objeto de reclasificación** como suelo urbano o urbanizable.

Por lo tanto es necesario, para cumplir con la normativa impuesta por el PATRICOVA, analizar el riesgo de inundación existente en el término municipal de Burriana, ya que debe reflejarse en la parte informativa de su Plan General, debiendo clasificar las zonas de riesgo 1 como suelo no urbanizable de especial protección. Además debe asegurarse el no incremento significativo del riesgo de inundación y la no reclasificación de suelo en riesgo de inundación en el nuevo Plan General, pudiendo disponerse las oportunas medidas correctoras para garantizar estos dos últimos supuestos.

El presente estudio también tiene por objeto dar cumplimiento al Artículo 25.4 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, RDL 1.2001, que se cita a continuación:

Artículo 25.4 (tras su nueva redacción por la Ley 11/2005, de 22 de junio), en lo referente al Informe de disponibilidad de recursos hídricos suficientes, que dice:

“...4.- Las Confederaciones Hidrográficas emitirán informe previo, en el plazo y supuestos que reglamentariamente se determinen, sobre los actos y planes que las Comunidades Autónomas hayan de aprobar en el ejercicio de sus competencias, entre otras, en materia de medio ambiente, ordenación del territorio y urbanismo, espacios naturales, pesca, montes, regadíos y obras públicas de interés regional, siempre que tales actos y planes afecten al régimen y aprovechamiento de las aguas continentales o a los usos permitidos en terrenos de dominio público hidráulico y en sus zonas de servidumbre y policía, teniendo en cuenta a estos efectos lo previsto en la planificación hidráulica y en las planificaciones sectoriales aprobadas por el Gobierno.





Cuando los actos o planes de las Comunidades Autónomas o de las entidades locales comporten nuevas demandas de recursos hídricos, el informe de la Confederación Hidrográfica se pronunciará expresamente sobre la existencia o inexistencia de recursos suficientes para satisfacer tales demandas.

*El informe se entenderá desfavorable si no se emite en el plazo establecido al efecto.*

Lo dispuesto en este apartado será también de aplicación a los actos y ordenanzas que aprueben las entidades locales en el ámbito de sus competencias, salvo que se trate de actos dictados en aplicación de instrumentos de planeamiento que hayan sido objeto del correspondiente informe previo de la Confederación Hidrográfica." (Apartado redactado de conformidad con la LEY 11/05).

Este artículo establece la necesidad de obtener, en los actos y planes de la Comunidad Valenciana que afecten a ordenación del territorio (como es el caso del nuevo Plan General de Burriana), el informe favorable de la Confederación Hidrográfica que corresponda (en este caso Júcar). Este estudio se centra en la afección al régimen de las aguas continentales, denominada también como afección o incidencia al régimen de corrientes, siendo los restantes aspectos reflejados en el artículo anterior documentados en otros tantos estudios sectoriales relativos al nuevo Plan General.

En lo que respecta a la incidencia al régimen de corrientes, la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) indica que se debe realizar, para las situaciones previa y posterior a las obras, un estudio de la capacidad hidráulica de los cauces, en el entorno de la zona de actuación, indicando los parámetros empleados en la modelización hidráulica, condiciones de contorno empleadas y justificación detallada de las variables hidrológicas y demás parámetros utilizados. También exige la justificación de la no afección a terceros como consecuencia de la alteración de las condiciones de escorrentía que comportaría la actuación, indicando en su caso las medidas correctoras adoptadas para mitigar el riesgo de inundación.

La CHJ también indica el contenido de dicho estudio, que coincide prácticamente con el exigido por PATRICOVA.

Por lo tanto debe justificarse, ante la CHJ, la no afección a terceros como consecuencia de la alteración en el régimen de corrientes.





Resumiendo, el análisis del riesgo de inundación en el término municipal de Burriana, su incidencia en el planeamiento urbanístico propuesto, los cambios en el riesgo provocados por la alteración del régimen de corrientes asociada al planeamiento urbanístico; y la definición de medidas que permitan corregir dichos cambios en el riesgo y cumplir con la legislación descrita, garantizando la no afección a terceros, constituyen el objeto del presente estudio de inundabilidad.

En el proceso de determinación se ha seguido lo descrito en la Sección Segunda del Capítulo II de la normativa urbanística del PATRICOVA, en la que se establecen los niveles de riesgo de inundación, la necesidad del presente estudio de inundabilidad para la concreción del riesgo, la documentación mínima exigible a dicho estudio, sus condicionantes y el proceso de tramitación que debe seguir el mismo.

En el proceso de dimensionamiento de las medidas correctoras se ha seguido lo descrito en el Capítulo IV de la normativa urbanística del PATRICOVA, en especial sus artículos 31 y 32, en los que se establece la necesidad de adoptar medidas correctoras en los Planes Generales, se indican los condicionantes a los que se supedita el desarrollo urbanístico, y el nivel de protección de las estructuras de defensa contra las inundaciones.





## 2 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

El estudio geomorfológico es necesariamente el primer paso que debe darse en la determinación del riesgo de inundación. Los procesos de inundación son producto, fundamentalmente, de la confluencia de factores geomorfológicos, meteorológicos y, si se han producido, antrópicos; por lo que un buen estudio geomorfológico es capaz de, en muchas ocasiones, identificar con éxito las áreas susceptibles de sufrir inundaciones previamente al empleo de cualquier herramienta matemática. Esta circunstancia permite optimizar al máximo el aparato matemático necesario, ya que la modelización de dichos procesos requiere de un tiempo considerable y directamente proporcional a la extensión de la misma, lo que implica una gran reducción del plazo si, previamente a la realización de dichos modelos, puede acotarse su extensión.

El área de estudio se corresponde con el término municipal de Burriana, que limita con los términos municipales de Almassora, Vila-real, Les Alqueries, Betxí y Nules. Dicho término municipal se ubica dentro de la Plana de Castellón, que es un extenso edificio aluvial de edad cuaternaria (entre el Plioceno y el Holoceno). Este edificio presenta su ápice en los materiales terciarios del embalse de Sitjar, construido principalmente por los aportes del río Mijares y la Rambla de la Viuda. La topografía convexa del mismo ha configurado una red hidrográfica de estructura divergente, como puede observarse en el arco descrito por el Riu Sec de Borriol (cuya lógica confluencia con la Rambla de la Viuda no se produjo debido al abanico aluvial de esta última, lo que obligó a las aguas a desviarse), o en el trazado paralelo del Mijares y el río Seco de Burriana, que siguen el eje de simetría del edificio aluvial.

A continuación se presentan dos imágenes que describen geomorfológicamente la Plana de Castellón, extraídas del documento “Las inundaciones de la Plana de Castelló”, de Francisca S. Segura Beltrán, publicado en el Cuaderno de Geografía 79, 2006.



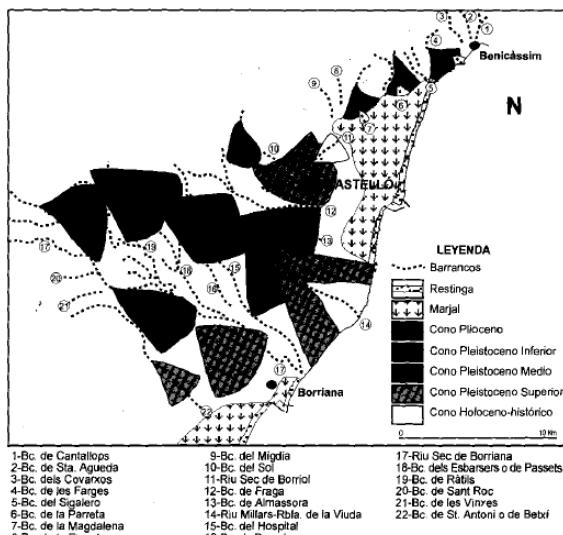


Figura 1. Esquema geomorfológico simplificado de los abanicos aluviales de la llanura costera entre Orpesa y Burriana.

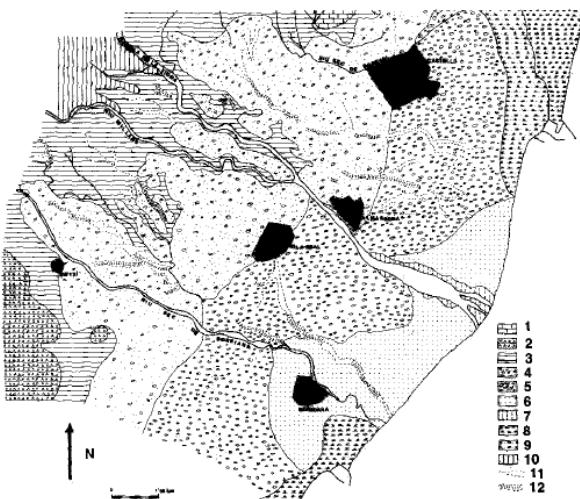


Figura 2. Esquema geomorfológico de la desembocadura del Riu Mijares. 1. Calizas. 2. Margas y areniscas. 3. Conos y terrazas C<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>. 4. Mantos de arroyada que recubren los depósitos C<sub>2</sub>. 5. Conos y terrazas C<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>. 6. Depósitos holocenos C<sub>0</sub>. 7. Depósitos actuales. 8. Marjal. 9. Marjalera. 10. Conglomerado plioceno. 11. Paleocauces no encajados. 12. Paleocauces encajados.

Fig. 1.- Esquemas geomorfológicos de la Plana de Castellón

En ambas imágenes se aprecian las siguientes unidades morfoestructurales:

**i. Abanico aluvial del Mijares.** El amplio abanico aluvial que forma el río Mijares, conjuntamente con la Rambla de la Viuda, supone una progradación del continente hacia el mar que interrumpe el trazado de la marjal costera entre Castellón de la Plana y Burriana. Presenta una estructura sedimentaria bastante compleja, fruto de la movilidad de los cauces del Mijares y la Rambla de la Viuda a lo largo del Cuaternario, en la que pueden distinguirse varios niveles de abanicos. El más antiguo está representado por sendos retazos de depósitos terciarios -que también presentan facies de abanico aluvial- localizados en las inmediaciones de Onda, donde la topografía actual refleja una protuberancia y unas vaguadas que pudieron ser fruto de las primeras divagaciones del Mijares, aunque en las fases iniciales del Pleistoceno el cauce se posicionó en sus coordenadas actuales.

Durante el Pleistoceno inferior el Mijares formó un potente abanico aluvial representado por un conglomerado superpuesto a los depósitos terciarios. Esta formación conecta aguas arriba con un nivel de terraza del mismo periodo, en la que se encaja un segundo nivel de terraza. Por encima se observa una pequeña capa limo-arcillosa con algunos cantos, que responden a facies de mantos de arroyada. En esta etapa





inicial la línea de costa estaría más retranqueada hacia el interior y la Rambla de la Viuda no confluiría con el Mijares.

Aguas abajo de este primer nivel cuaternario el río Mijares forma otra pequeña acumulación, aparentemente truncada por una de mayores dimensiones generada conjuntamente por la Rambla de la Viuda y el Mijares. Se trata de un nivel de materiales sin encostrar atribuidos al Pleistoceno Superior, que recubre el nivel más antiguo y se extiende en superficie hasta el puente de la carretera Burriana-Almassora.

Avanzando hacia la desembocadura, la potencia de los sedimentos sin encostrar aumenta considerablemente y el conglomerado basal desaparece recubierto por un nivel holoceno de cantes sueltos con abundante matriz limo-arcillosa que arranca a la altura del puente anteriormente citado y se extiende hasta la línea de costa actual. En la margen izquierda, aguas abajo de Almassora, existe un nivel de terraza reciente (sobre la que se asientan algunas edificaciones de esta población) que puede inundarse con facilidad.

**ii. Depresión interconos Mijares-Anna.** Es consecuencia del desarrollo de los abanicos aluviales de los ríos Mijares y Anna, sobretodo del primero. La red de drenaje de esta depresión se articula en torno al barranco de Ràtils y al barranco del Hospital, que junto con las restantes vaguadas constituyen una red relictiva generada en origen por las divagaciones del Mijares, quedando después separadas del cauce principal por el abanico aluvial del mismo, y que funcionan en la actualidad como una red de drenaje interconos que ocupa la depresión entre las cuencas de los ríos Mijares y Anna, desaguando hacia este último. El barranco del Hospital recogía el drenaje del sector oriental de la depresión, y su cauce discurría por los términos municipales de Vila-real y Burriana, aunque en la actualidad ha perdido su trazado, pudiendo ubicarse en Burriana en el entorno del camino del Marjal.

El barranco de Ràtils y sus afluentes, entre los que destaca el barranco de Esbarzers, drenan el sector central y occidental de la depresión. En la actualidad únicamente el Ràtils conserva su trazado en la mayor parte de su recorrido original, estando las restantes vaguadas ocupadas por





campos de cultivo, industrias y construcciones diversas. El barranco de Ràtils desaparece entre la AP-7 y la N-340 sin una conexión clara con el río Anna, aunque se produce su confluencia en situaciones de avenida.

- iii. Abanico aluvial del Anna.** Este abanico aluvial presenta un desarrollo inferior al del Mijares, y ocupa parte de los términos municipales de Betxí, Vila-real, Les Alqueries y Burriana. Debido a la mayor extensión del abanico aluvial del Mijares, esta estructura presenta un desarrollo asimétrico hacia su derecha, lo que provoca que el cauce no siga su aproximado eje de simetría, sino un trayecto desplazado hacia la izquierda, circunstancia que favorece los desbordamientos del Anna hacia su margen derecha. El abanico presenta, además, un relieve invertido, con las márgenes más elevadas que los terrenos circundantes, lo que provoca la imposibilidad de un retorno inmediato hacia el cauce de los desbordamientos que puedan producirse.
- iv. Abanico aluvial del barranco de Betxí.** Esta estructura presenta un desarrollo menor a su homóloga del río Anna, debido a la escasa entidad de la cuenca vertiente del barranco de Betxí, que drena la zona situada más al norte de las estribaciones orientales de la Sierra de Espadán. El abanico aluvial se interrumpe antes de alcanzar la N-340, y el cauce desaparece tras cruzar la vía férrea, siguiendo las aguas el camino de la Ratlla, que divide los términos municipales de Burriana y Nules, hasta alcanzar la marjal de Nules-Burriana. Entre este abanico aluvial y el del río Anna se sitúa una diminuta depresión interconos sin una red de drenaje articulada, siendo las aguas conducidas al barranco de Betxí siguiendo el margen de la AP-7 y la vía de ferrocarril.
- v. Marjal de Nules-Burriana.** La marjal de Nules-Burriana limita al norte con el abanico aluvial del Mijares, que la separa de la marjalería de Castellón, y al sur con el del Belcaire, que la separa de la marjal de Almenara. Su origen y características geomorfológicas son idénticas a las de las restantes marjales existentes en el litoral valenciano, tratándose por tanto de una zona separada del mar por un cordón litoral o restinga y que ha ido rellenándose lentamente gracias a los aportes de los barrancos que a ella vierten. Esto la convierte en una





zona semiendorreica, lo que provoca que sea un entorno propicio para las inundaciones al tener dificultades de drenaje.

El análisis de la zona de estudio geomorfológicamente descrita permite identificar los siguientes **puntos en los que existe riesgo de inundaciones**:

- i. **Río Mijares – Rambla de la Viuda:** Aguas arriba de Burriana, a pesar del gran número de avenidas históricas registradas en el río Mijares, **no se han generado grandes problemas de inundabilidad**, ni siquiera antes de la construcción de los embalses de María Cristina (1929) y Sichar (1958). Esta circunstancia, a pesar de parecer paradójica por tratarse del principal curso de agua de la provincia, con caudales de avenida que superan netamente a los cauces vecinos, concuerda con la interpretación geomorfológica que se deriva de su abanico aluvial: se trata de una forma madura, en la que predomina el fuerte encajamiento del río en la práctica totalidad de su trazado, lo que restringe las posibles avenidas a su desembocadura.

Hoy en día, los embalses anteriormente citados han provocado una variación en los caudales de avenida, dado su efecto laminador, lo cual ha contribuido a reducir todavía más el riesgo de inundación.

Actualmente existen dos puntos en los que se producen inundaciones. Uno de ellos se sitúa en el interflujo existente aguas arriba de la confluencia entre Mijares y Rambla de la Viuda, por la acumulación de aguas pluviales que se produce en los numerosos paleocauces que han dejado ambos cursos en sus migraciones. El otro punto se sitúa aguas abajo de la confluencia entre ambos cauces, afectando la zona inundable a los términos municipales de Almassora y Burriana.

**Dicho peligro de inundación observado en su desembocadura deriva, obviamente, de la propia morfología de la misma, que se halla estructurada como delta.** Como tal, en sus metros finales, el flujo del río Mijares se divide en varios ramales, situados todos dentro del delta, existiendo también antiguas vías de agua, desactivadas por el cauce principal, que pueden evacuar caudales en caso de grandes avenidas.





Como en toda morfología de delta, la zona de inundación asociada presenta forma de abanico, incrementándose la anchura de la misma conforme el cauce se aproxima al mar. No se trata de un flujo desbordado incontrolado sino de que, al aumentar los caudales, el agua ocupa un mayor número de los ramales y antiguos cauces que forman el delta, por lo que la extensión de terreno ocupada por el agua aumenta. No se tiene constancia de que históricamente el agua haya superado el abanico aluvial del Mijares, por lo que **el peligro de inundación se restringe únicamente a la zona del delta**. Cabe destacar que dicho delta se encuentra catalogado como un espacio protegido en la Red Natura 2000, tanto LIC como ZEPA.

- ii. **Barranco del Hospital:** En el término municipal de Vila-real este barranco, que discurría dentro del núcleo urbano, ha sido encauzado en diversas fases, siendo los caudales generados en su cabecera derivados hacia el río Anna, ante la imposibilidad de seguir su trazado original por ser inexistente hoy en día.

En la figura siguiente se muestra una parte del Modelo Digital del Terreno (MDT) elaborado en el presente estudio, en el que se observan el casco urbano de Burriana, el río Anna y los restos del antiguo barranco del Hospital que aparecen en el mismo al norte del río Anna. Como puede observarse, existen restos topográficos de varias vaguadas del mismo barranco, siendo la vaguada norte la que presenta los rastros mejor definidos hoy en día.



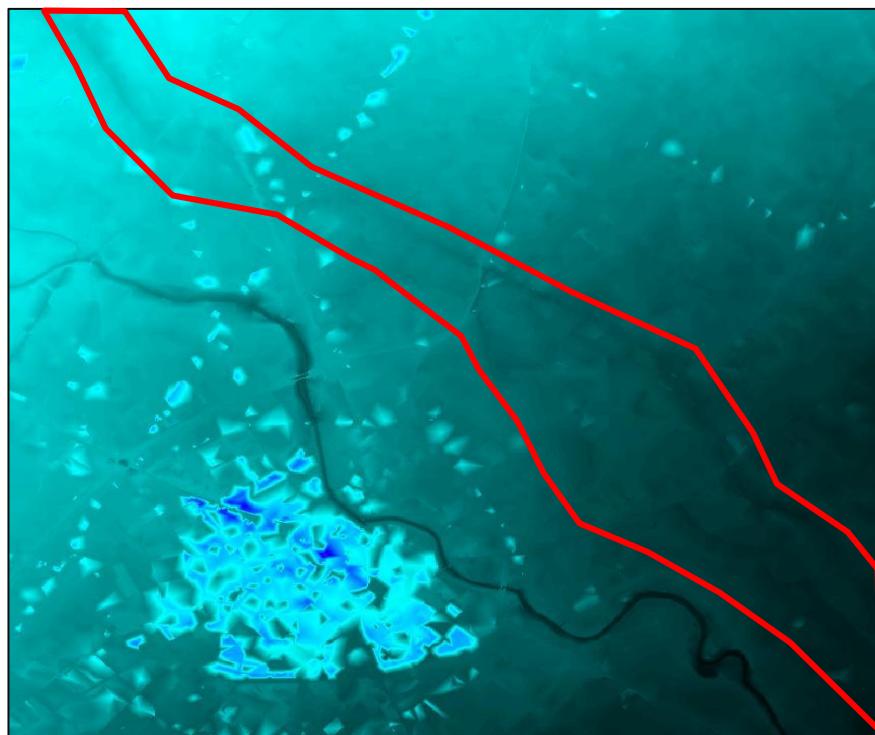


Fig. 2.- Parte del Modelo Digital del Terreno elaborado en el presente estudio  
En el mismo se aprecia el casco urbano de Burriana, el río Anna y los restos del barranco del Hospital  
(marcados en rojo)

El trazado del mismo, a lo largo de Burriana puede aproximarse mediante el camino del Marjalet, discurriendo al norte del río Anna hasta el PAI Golf Sant Gregori. En este último ámbito, el estudio de inundabilidad relativo al PAI concluyó la necesidad de proyectar un encauzamiento que protegiera el mismo de las inundaciones. Dicho encauzamiento se planteó integrado dentro del campo de golf del PAI, de forma que se integraba paisajísticamente dentro del mismo.

Por tanto **el riesgo de inundación asociado al barranco del Hospital es en la actualidad muy reducido**, restringiéndose a la **acumulación de aguas pluviales** en puntos concretos del territorio con dificultades de drenaje.

**iii. Río Anna, Veo o Seco de Burriana:** Este cauce presenta **varios puntos de ruptura en su margen derecha**, en el ápice de los abanicos holocenos, siendo el más peligroso el conocido como **La Bota**, denominado así por la forma de la curva que describe el río, que afecta directamente a Les Alqueries y a Burriana. El estrechamiento natural de la sección





transversal, la doble curva que describe el río, la ubicación del puente del ferrocarril inmediatamente a la salida de la segunda curva, con la pila del mismo en ángulo oblicuo respecto al sentido del flujo, y el paso de las acequias de Nules y La Tanda en sifón por la zona, esta última bajo el azud; facilitan el **desbordamiento del cauce** fundamentalmente hacia su margen derecha. Próximos a su desembocadura, en el Clot de la Mare de Déu existen varios puntos de ruptura provocados por la pérdida de capacidad del cauce.

En definitiva, **el río Anna es el principal problema de inundabilidad en Burriana**, no sólo por su extensión, sino porque **afecta a todo el núcleo urbano** y las áreas aledañas, en las que se ubican los desarrollos urbanísticos previstos en el nuevo Plan General.

- iv. **Barranco de Betxí:** Aunque el cauce del barranco de Betxí mantiene su trazado hasta su entrada en el término municipal de Burriana, éste es ya insuficiente para evacuar los caudales de avenidas grandes, lo que origina riesgos de inundación desde aguas arriba del punto anterior, con desbordamientos y reconcentraciones de flujos en las obras de paso existentes en la vía férrea, la N-340 y la AP-7. Una vez rebasada esta última infraestructura, el cauce ya no existe, lo que origina un **flujo desbordado que se extiende por el territorio hasta la marjal**, abarcando áreas de Burriana y Nules.
- v. **Marjal de Nules-Burriana:** Los procesos de inundación de la marjal de Nules-Burriana presentan unas características distintas a los restantes riesgos detectados, dada la geomorfología de la zona. Al tratarse de un semiendorreísmo, **funciona en episodios de lluvia como embalse de las aguas pluviales**, dadas sus dificultades de drenaje, lo que provoca que se halle expuesta al **riesgo de inundación con periodos de retorno muy bajos**, debido a procesos pluviales. Sin embargo, en el caso de la marjal de Nules-Burriana, dichos procesos pluviales no son el único riesgo, puesto que hacia ella drenan dos barrancos (barranco de Betxí y barranco Juan de Mora o Torrent), cuya cuenca vertiente ronda los 80 Km<sup>2</sup>. Estos barrancos, cuya incidencia en periodos de retorno bajos es muy escasa, cobran protagonismo conforme la magnitud de las





precipitaciones aumenta, puesto que en dichos casos, además de las aguas pluviales, hay que tener en cuenta las aportaciones de ambos barrancos.

De ello se deduce que **en la marjal se producen procesos de inundación con períodos de retorno bajos, y que pueden alcanzar áreas de territorio muy extensas** dada la morfología llana del terreno. Corregir dichos riesgos exige una transformación considerable en el territorio, lo que supone una serie de dificultades al ser dicha marjal un espacio protegido bajo la figura de Lugar de Interés Comunitario (LIC).

A la vista de las características geomorfológicas de la zona de estudio y los puntos en los que existe riesgo de inundaciones, puede concluirse lo siguiente:

- i. **El río Mijares**, pese a ser el cauce de mayor entidad que cruza el término municipal de Burriana, **no produce riesgos de inundación** apreciables, restringiéndose éstos a la zona del delta.
- ii. **Entre el río Mijares y el barranco del Hospital** no se detectan riesgos de inundación, puesto que únicamente pueden producirse **acumulaciones de aguas pluviales** en puntos muy concretos del territorio.
- iii. **El barranco del Hospital** no representa, en el término municipal de Burriana, un problema de inundabilidad, puesto que **la desaparición del cauce** y las **obras efectuadas en Vila-real** disminuyen apreciablemente la escorrentía generada, por lo que en la actualidad dicho riesgo presenta únicamente **carácter pluvial**, produciendo acumulaciones de agua en puntos concretos del territorio.
- iv. **El río Anna es el mayor problema de inundabilidad de Burriana**, puesto que **afecta a todo el núcleo urbano y las áreas urbanizables**, se inicia a bastante distancia aguas arriba de Burriana, y **presenta los mayores caudales desbordados**.





- v. **El barranco de Betxí provoca inundaciones** aguas arriba del término municipal de Burriana y dentro del mismo, **debido a la insuficiencia de su cauce**, que son contenidas y modificadas por las infraestructuras existentes (FFCC, N-340 y AP-7). **Estas inundaciones**, sin embargo, **no afectan a ningún área consolidada**.
  
- vi. **La marjal de Nules-Burriana**, al tener un carácter semiendorreico, **es susceptible de sufrir inundaciones con periodos de retorno bajos y con una amplia franja de territorio afectada**. Dichas inundaciones pueden provenir de **procesos pluviales** (agua caída en la marjal y zonas adyacentes) y **procesos fluviales** (agua evacuada por los cauces) debido a los barrancos de Betxí y Juan de Mora.





### 3 ESTUDIO DE INUNDACIONES HISTÓRICAS

La recopilación de información sobre inundaciones históricas es una tarea que presenta serias dificultades. Las series históricas contienen una muestra parcial del registro paleohidrológico, su información suele ser de escasa precisión terminológica y su magnitud viene determinada por la percepción subjetiva de los daños materiales y personales. Salvo en lo referente a datos pluviométricos, y aun en estos casos sólo a partir de mediado el siglo XIX, se dispone de muy pocos recursos para valorar la verdadera magnitud, en periodo de retorno, de una avenida histórica.

Como primera fuente se ha estudiado el documento "**Evolución urbana e inundaciones en Castelló** (Segura Beltrán, Cuaderno de Geografía 69/70 253-278, Valencia 2001)", en el que figura una lista con inundaciones históricas de los ríos de la Plana de Castellón. En la siguiente tabla se indican aquellas en las que aparecen los ríos Mijares o Anna, o figura el municipio de Burriana entre las zonas afectadas:

Año	Cauces	Zonas afectadas	Daños / Observaciones
1580	Mijares y otros ríos de la Plana	Vila-real, Almassora, Burriana	Destrucción de los molinos harineros de Vila-real
1581 18-sep	Mijares y otros ríos de la Plana	Vila-real, Almassora, Burriana, Castellón	La crecida derribó los estribos y parapetos del puente de Santa Quiteria
1597	Mijares, Belcaire, Anna, Seco de Borriol	Municipios de la Plana	Destrucción de azudes, presas y acequias
1787	Mijares y otros ríos de la Plana	Onda y la Plana	Rotura de los puentes de Onda y los molinos entre Onda y la confluencia con la rambla de la Viuda. Daños en la agricultura y varias víctimas
1883 09-oct	Mijares y rambla de la Viuda	Castellón, Vila-real, Burriana, Almassora, Alcora, Figuerolas, la Foia	Crecida del Mijares e inundación. Daños en las acequias y presas de Vila-real, Burriana, Castellón y Almassora. Destrucción del puente de la rambla de la Viuda en la carretera Castellón-Alcora y del puente de Alcora sobre el río Lucena, del de Figuerolas y la Foia. Daños en la agricultura y 43 muertos
1957	Mijares	Ribesalbes	Caída del puente de Ribesalbes
1962	Mijares, rambla de la Viuda, Seco de Borriol y Barranquet d'Almassora	Castellón, Almassora y otros términos municipales de la Plana	Desbordamiento por las carreteras de Alcora y de Morella y por los puentes de la N-340 y el ferrocarril. Inundación de campos de la margen izquierda del Mijares. Desbordamiento del embalse de María Cristina
1967 23-oct	Mijares	Ribesalbes	Caída del puente de Ribesalbes. El Mijares registró un caudal punta de 1500 m <sup>3</sup> /s y en Sichar se embalsaron 32 hm <sup>3</sup> en 6 horas
1969 07-oct	Mijares, rambla de la Viuda y Seco de Borriol	Castellón	El Seco se desbordó a la altura del estadio. Inundada la marjalería. Rebose del embalse de María Cristina
2000 25-26 oct	Mijares, rambla de la Viuda y otros barrancos de la Plana	Benicàssim, Vila-real, Castellón, Bechi, Burriana	Rebose del embalse de María Cristina. Inundaciones en todos los municipios de la Plana (Benicàssim, El Grao de Castellón, Vila-real, Burriana...)

Tabla 1.- Inundaciones históricas relacionadas con el término municipal de Vila-real





El río Mijares es el que aparece con mayor frecuencia en este listado de inundaciones históricas, seguido por el río Seco de Borriol, del cual figuran en este listado únicamente aquellas avenidas en las que aparecía junto al Mijares en los registros. Aunque el Mijares aparece en diez ocasiones en el listado anterior, los daños que provoca se restringen a su cauce (derribo de azudes y puentes), salvo en la avenida del 23 de octubre de 1962, en la que se indica la inundación de campos de cultivo en la margen izquierda del Mijares, es decir fuera del término municipal de Burriana, lo que refuerza la validez del análisis geomorfológico anterior. El río Anna aparece, nombrado conjuntamente con otros cauces, únicamente en dos ocasiones, en 1597 y 2000, provocando la destrucción de azudes y acequias en una ocasión e inundaciones en Burriana en la otra, estando en concordancia este último episodio con lo descrito en el estudio geomorfológico.

Para poder situar las inundaciones del anterior listado en términos de periodo de retorno, dada la ausencia de datos de aforo de caudales de avenida, es necesario recurrir a los registros pluviométricos. Una reseña de valores pluviométricos registrados en los municipios de Castellón de la Plana y Benicàssim, que pueden ser extrapolados por su proximidad geográfica a Burriana, se encuentra en el documento "**Valores máximos de precipitación en los municipios de Castelló y Benicàssim** (Ginés Llorens y Cerdán Pérez,)", en la que se recopilan los trabajos de varios cronistas y las mediciones históricas de varios observatorios. A partir de este documento pueden extraerse las precipitaciones registradas en Benicàssim y Castellón de la Plana en los momentos en los que se producían avenidas en los ríos Mijares y Anna.

Gracias a este documento, puede establecerse que **la precipitación asociada a la inundación de 1883 se corresponde con la mayor** precipitación anual **registrada en el observatorio de Valencia** desde que existen datos, con un total de **1.288 mm**, aunque no se concreta el tiempo de duración del registro. Si este dato se extrapolara a la zona de estudio supondría, en caso de haberse registrado con una duración inferior a 5 días, un periodo de retorno superior a 500 años, con una duración de 5 o 6 días supondría un periodo de retorno entre 100 y 500 años y con una duración de 6 a 8 días supondría un periodo de retorno entre 25 y 100 años. Todo ello suponiendo que la precipitación fue constante durante esos días, lo que es improbable. Por estos factores, **podría concluirse que las lluvias producidas en 1883**, así como las





inundaciones que produjeron en la zona de estudio, **se corresponden con un periodo de retorno superior a 500 años**. Tras esta afirmación, y observando los daños producidos, según los registros, por el río Mijares en Burriana, que se restringen a acequias y presas, es decir a infraestructuras propias de los cauces y zonas aledañas, podría concluirse que, **al no provocar una avenida con un periodo de retorno superior a 500 años daños fuera del cauce, no existen en Burriana problemas de inundación en lo que respecta al río Mijares, ya que las avenidas quedan retenidas por el cauce y sus riberas**. Sí debe tenerse en cuenta que, al tratarse de un delta, dichas riberas ocupan una franja de territorio relativamente amplia.

También puede establecerse una correspondencia con la avenida producida en 1962, puesto que en el documento asocia ese evento a una precipitación de más de 210 mm en 24 horas, lo que extrapolado a la zona de estudio se correspondería con un periodo de retorno aproximado de 100 años. Dicha avenida no provocó en el río Mijares problemas en Burriana, puesto que se habla de inundaciones de campos de cultivo en su margen izquierda.

Otra avenida que figura en ambos registros es la del año 1969, aunque difieren las fechas por dos días (el 7 de Octubre en un documento y el 4 y 5 de Octubre en el otro). En este temporal la precipitación fue de 189 mm en menos de 24 horas, lo que se correspondería con un periodo de retorno entre 25 y 100 años. En esta avenida no hay registrados daños en Burriana provocados por el Mijares.

Además de la fuente indicada, se han estudiado otros documentos recopilatorios de los problemas de inundación en Burriana. En el documento "**Burriana en su historia**" se hace referencia a evidencias de inundaciones encontradas en yacimientos iberos, si bien por ubicación éstas debieron ser provocadas por el Mijares. También se indica la existencia de una villa romana cerca de la desembocadura del río Anna que hoy en día se encuentra enterrada posiblemente por materiales arrastrados por éste.

En el libro "**El Mijares, narración histórica**" se indica que las **primeras referencias escritas datan del 1580 y 1581**, cuando se cita una **inundación en Burriana**, sin mayor concreción. Según esta fuente en el siglo XVI debió





producirse una inundación tan catastrófica que llega a plantearse el abandono de la población.

Cavanilles, en el documento “**Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, población y frutos del Reino de Valencia**”, en 1795, hace el siguiente relato en referencia a las avenidas del río:

“También podrían remediararse, o a lo menos disminuirse los daños que suelen causar las avenidas del río de Bechí, destruyendo las causas que las ocasionan. La principal es la presa que los de Burriana hicieron para pasar las aguas desde el Millares hasta las huertas; la levantaron algunos pies sobre el cauce de Bechí, y dexaron por consiguiente más profunda la porción occidental del mismo cauce, que las avenidas llenaron hasta dexarla en partes de nivel con muchos campos. Por esto pues, y por los obstáculos de las aguas de las avenidas hallan al saltar sobre la presa, se derraman por los campos, y los inundan destruyendo las cosechas; ya se han visto entrar con abundancia y fuerza en el arrabal de Valencia, destruir los edificios, y consternar los 400 vecinos que en él viven. Debieran pues ensanchar el cauce del río donde está la presa, destruir ésta y reemplazarla con un aqüeducto sobre arcos. Corresponde esta obra a la riqueza de la villa, y es necesaria para asegurar las haciendas y las vidas.”

El río Bechí citado se corresponde con el río Anna, y la presa a la que se refiere este documento es el azud de La Tanda, situado al final del tramo conocido popularmente como “La Bota” por la forma de la curva que describe el cauce. Expone que, al construir el azud elevado sobre el cauce del río, se creó un embalse que las avenidas aterraron hasta dejar el río prácticamente al nivel de los campos (circunstancia que se puede constatar hoy en día), lo que propicia que, en caso de avenida, las aguas se desborden con facilidad por los campos, llegaron hasta el arrabal de Valencia. Pese a su antigüedad, este texto podría ser perfectamente aplicable hoy en día, ya que es en La Bota donde el cauce alcanza su mínima sección, y el aterramiento que ha provocado el azud disminuye todavía más la capacidad del río.

Madoz, en 1829, en el “**Diccionario geográfico universal**”, hace referencia a una inundación que afecta a la totalidad del núcleo de Burriana en los siguientes términos:





Sus campos están expuestos a las inundaciones del río Bechí (sic) que en las grandes avenidas y algunas veces se ha visto entrar con abundancia y fuerza en el arrabal de Valencia, destruyendo edificios y consternando a sus habitantes.

**La última gran inundación por desborde del río Anna fue la del 11 de octubre de 1956,** de la cual pueden encontrarse numerosos testimonios y documentación, como el informe oficial publicado en la revista de l'Agrupació Borrianenca de Cultura, que nada lo siguiente:

En la madrugada del día 11 del mes corriente, y a causa de las torrenciales lluvias caídas durante los dos días anteriores a dicha fecha, desbordarse el cauce del río Anna, vulgarmente llamado Seco, invadiendo las aguas los campos y la mayor parte de las zonas de más bajo nivel. La avenida empezó alrededor de las cinco de la madrugada del citado día, subiendo rápidamente el nivel de las aguas, que llegaron a alcanzar, en algunos puntos, una altura superior a los dos metros. Inmediatamente comenzaron los trabajos de salvamento y desalojo de las numerosas casas invadidas, trabajos que se realizaron, en su mayor parte, sin luz eléctrica. Debido a la cooperación decidida de la Guardia Civil, a la serenidad de los vecinos y a los trabajos de la Brigada de Bomberos del Ayuntamiento, no se han tenido que lamentar desgracias personales, excepción hecha de un Guardia Civil herido de consideración en una pierna, y de un marinero, vecino del Grao, herido más levemente.

A continuación se presenta una imagen, extraída de un video publicado en Youtube que recopila imágenes de la crecida de 1956, en la que se aprecia como **el puente de la Mota llegó a entrar en carga durante la avenida.**





Fig. 3.- Puente de la Mota el día 11 de octubre de 1956

En el documento “Valores máximos de precipitación en los municipios de Castelló y Benicàssim (Ginés Llorens y Cerdán Pérez,)”, se indica que **el 11 de octubre de 1956 se registraron 271 mm en Nules**. Dicho dato, si se extrapolara a toda la cuenca vertiente del río Anna, supondría un **periodo de retorno algo por encima de 100 años**, superior al periodo de retorno correspondiente a la capacidad del encauzamiento, lo que concuerda con la entrada en carga del puente de la Mota.

Las inundaciones descritas anteriormente tenían su origen en un desbordamiento del río Anna. Sin embargo **también se han producido históricamente en Burriana inundaciones de carácter pluvial**. Como ejemplo de éstas cabe destacar, por su proximidad al presente, la ocurrida el **29 de septiembre de 2009**. En dicho episodio el agua anegó amplias áreas de los poblados marítimos y la marjalería, obligando al desalojo de varios vecinos y al corte de los accesos a la población.

Para poder establecer de forma aproximada el periodo de retorno correspondiente a dicha inundación, se ha acudido a los registros pluviométricos del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR), y del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la Confederación Hidrográfica del Júcar.





Los datos pluviométricos de los dos últimos años en la estación agroclimática del SIAR en Burriana son los siguientes:

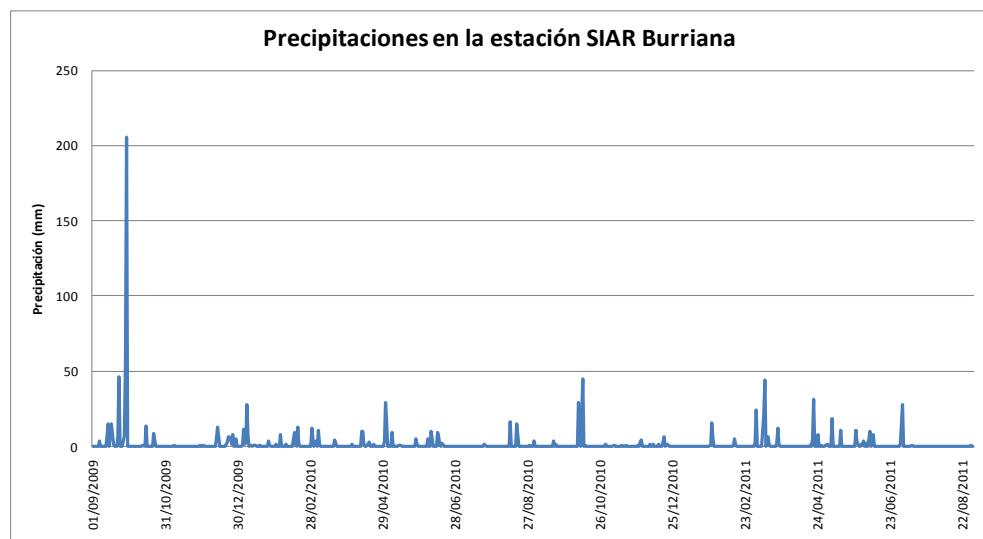


Fig. 4.- Datos pluviométricos de la estación SIAR de Burriana

Como se puede observar, el valor más elevado de la serie se corresponde con el día 29 de septiembre de 2009, hallándose situado aproximadamente **en torno a los 210 mm**. Este valor se situaría cercano, pero algo por debajo, a los **100 años de periodo de retorno**.

Sin embargo este periodo de retorno no tiene por qué coincidir con el asociado al caudal del río en ese momento, ya que la cuenca vertiente del río Anna abarca un territorio de 240 Km<sup>2</sup> situado al oeste de Burriana. Para conocer de forma aproximada la precipitación en dicha área se ha recurrido a la serie de datos de la estación pluviométrica del SAIH en Onda, que se halla situada al final de la cuenca alta del río Anna, por lo que su valor puede considerarse más representativo de las lluvias recogidas en la cuenca del río.



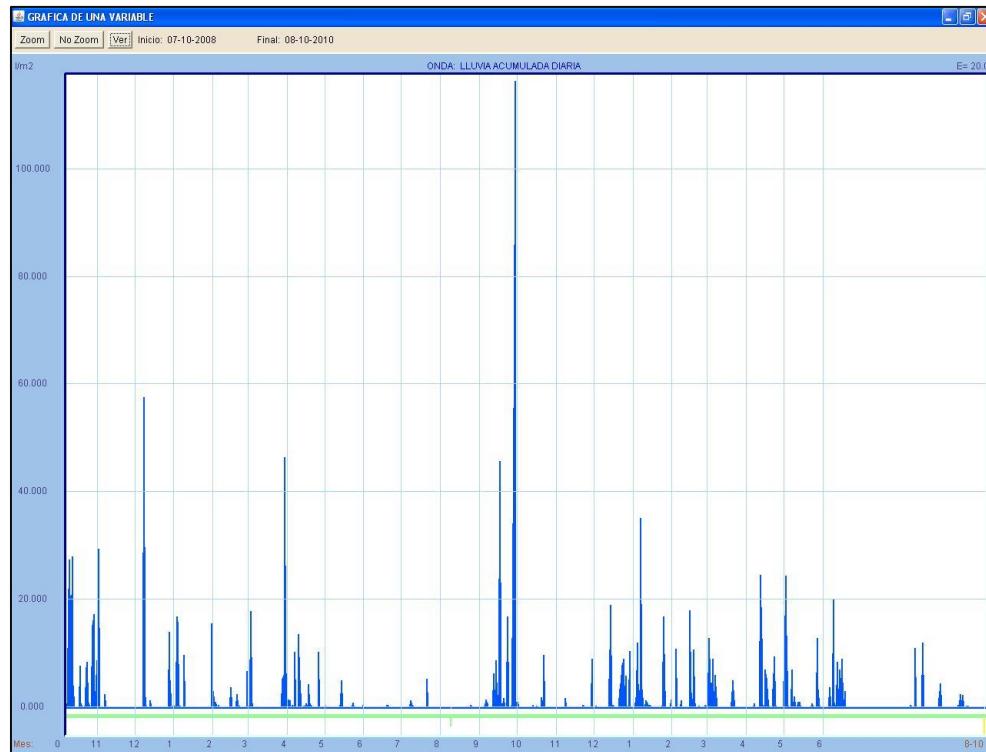


Fig. 5.- Datos pluviométricos de la estación SAIH de Onda

Como se puede observar, este valor se halla considerablemente por debajo del recogido en Burriana, ya que el valor máximo se sitúa aproximadamente en **120 mm**. Dicho valor supondría un **periodo de retorno inferior a 25 años**, lo que rebaja notablemente el periodo de retorno si éste se hubiera estimado exclusivamente con los datos de la estación de Burriana. Dicho periodo de retorno es insuficiente para forzar un desborde en el Anna.

En definitiva, la inundación de septiembre de 2009 se corresponde con una inundación de **carácter pluvial de aproximadamente 100 años de periodo de retorno**, sin producirse fenómenos de desbordamiento en el río Anna. Por estas circunstancias, las áreas afectadas en Burriana se concentraron en la franja costera, debido a sus características geomorfológicas, y en puntos concretos del núcleo urbano y término municipal. En cambio, la inundación de 1956, asociada a un periodo de retorno semejante, pero provocada por un desborde en el río Anna, ocasionó la inundación generalizada del casco urbano.

A la vista de todas las fuentes bibliográficas consultadas y la información recopilada en las mismas, pueden establecerse las siguientes conclusiones:





- **El riesgo de inundación asociado al río Mijares se restringe al ámbito geomorfológico de su delta**, ya que no hay constancia de inundaciones históricas que hayan superado sus límites.
- **El río Anna ha provocado**, a lo largo de su historia, **varios desbordamientos que han llegado a afectar al núcleo urbano de Burriana**, pudiéndose asociarse un **periodo de retorno en el entorno de los 100 años como el límite a partir del cual la inundación del casco urbano se generaliza**.
- **Las áreas situadas en torno al puerto son propensas a sufrir**, además de inundaciones provocadas por el desborde el río Anna, **inundaciones de origen** puramente **pluvial**, ante las dificultades de drenaje que presentan.
- **La zona de la marjalería es también propensa a sufrir inundaciones de origen** exclusivamente **pluvial**, ya que presenta las mismas dificultades de drenaje que la zona situada junto al puerto.





## 4 ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 4.1 INTRODUCCIÓN: METODOLOGÍA HIDROLÓGICA ADOPTADA E INFORMACIÓN UTILIZADA

El objetivo de toda modelación es obtener información acerca de un parámetro, proceso o variable sobre el cual no se disponga de información o se disponga de información incompleta, empleando para ello diferentes variables o parámetros que sí son conocidos de forma adecuada, sometidos a uno o varios procesos matemáticos o estadísticos, cuya dificultad conceptual depende del fenómeno concreto que se pretenda modelar.

Ejemplos de modelación ampliamente conocidos son los modelos digitales del terreno (MDT). Estos modelos permiten obtener de forma aproximada la cota topográfica de cualquier punto del terreno a partir de mediciones realizadas en puntos concretos, mediante interpolación estadística.

La modelización hidrológica consiste, a grandes rasgos, en obtener datos hidrológicos (y sus derivados) a partir de datos meteorológicos y geográficos. Dentro de la modelación hidrológica se distinguen dos grupos principales: modelación en recursos (para regímenes hídricos normales) y modelación en crecidas (para regímenes extremales como el que nos ocupa).

El objetivo de la modelación hidrológica en el presente documento es la obtención, para diferentes períodos de retorno, de los **hidrogramas de crecida** de los cauces fluviales potencialmente causantes de problemas de inundación en la zona de estudio.

En ausencia de series de datos de aforo fiables, la metodología más extendida es el empleo de los métodos hidrometeorológicos. Estos métodos permiten obtener, a partir de las series temporales de pluviometría disponibles, el hidrograma de crecida generado en el punto elegido del cauce fluvial analizado. Este análisis comprende dos fases: la primera de ellas consiste en analizar los datos pluviométricos disponibles con el fin de obtener el histograma de diseño para cada periodo de retorno considerado; y la segunda fase





consiste en transformar el hietograma de precipitación en el hidrograma de crecida en el punto elegido, mediante modelos de producción y propagación de la escorrentía.

La caracterización hidromorfométrica del sistema y la obtención de los valores del parámetro de producción fundamental, el umbral de escorrentía, se realizará automatizadamente mediante sistemas de información geográfica (SIG), a partir de la topografía de la zona y la información de los usos del suelo y litología de la misma.

La estimación de los cuantiles de precipitación diaria máxima anual se llevará a cabo atendiendo al ajuste regional SQRT-ETmax (ministerio de Fomento, 1999), recogido en el documento "Máximas lluvias diarias en la España peninsular", de la Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, 1999".

Para la transformación de lluvia en escorrentía directa se empleará el modelo pseudodistribuido HEC-HMS, software de libre distribución desarrollado por el U.S Army Corps of Engineers (USACE), en el que el sistema hidrológico se divide en subcuencas atendiendo a sus condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas, de manera que la transformación de lluvia en escorrentía se realiza en cada subcuenca.

La información geográfica y meteorológica a emplear se ha obtenido de las siguientes fuentes:

- i. Documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular", de la Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, 1999.
- ii. Cartografía de litología a escala 1:50.000, suministrada por el Instituto Cartográfico Valenciano (Generalitat Valenciana), en soporte digital.
- iii. Cartografía de la provincia de Castellón a escala 1:10.000, suministrada por el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV).
- iv. Cartografía de Burriana a escala 1:5.000, serie CV 05, suministrada por el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV).





- v. Cartografía de las cuencas hidrográficas y masas de agua superficial del artículo 5 de la Directiva Marco del Agua (DMA), disponibles en la web de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), [www.chj.es](http://www.chj.es).
- vi. Cartografía de usos del suelo a escala 1:25.000 procedente del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE), suministrada por el ICV.

También se dispone de información bibliográfica procedente de estudios de inundabilidad realizados previamente en Burriana, para diferentes desarrollos urbanísticos del municipio, así como de otros estudios realizados en diferentes ámbitos pero que son de aplicación en este caso, puesto que se han realizado sobre los ríos y barrancos que discurren o cuyas aguas afectan al término municipal de Burriana.

Se dispone en concreto de los siguientes trabajos:

- Estudio de Inundabilidad del PAI de Sant Gregori, elaborado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente (DIHMA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Dicho estudio fue aprobado por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda el 22 de julio de 2003.
- Estudio de Inundabilidad de los terrenos contiguos a la Ronda de Circunvalación de Burriana (modificación nº 14, PGOU, SUPOR.1), elaborado por el DIHMA de la UPV. Dicho estudio fue aprobado por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda el 4 de junio de 2004.
- Estudio de Inundabilidad del sector residencial “Jardines de la Malvarrosa”, elaborado por IDOM. Dicho estudio fue aprobado por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda el 23 de marzo de 2009.
- Estudio de Incidencia al Régimen de Corrientes: Inundabilidad, del Plan General de Vila-real, elaborado por INGESTEC S.L.





- Estudios de seguridad, normas de explotación y documento XYZt de las presas de Sichar, María Cristina, Alcora y Ulldecona, elaborado por la Confederación Hidrográfica del Júcar.

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO. CUENCAS

Se entiende por cuenca hidrográfica de un cauce determinado la porción del territorio cuya escorrentía superficial arena hacia dicho cauce. Toda cuenca tiene un punto de desagüe, entendiendo como tal el punto o sección por el cual pasa todo el flujo de la cuenca, siendo por tanto el punto en el cual la escorrentía abandona la cuenca considerada.

El concepto de subcuenca hidrográfica es idéntico al de cuenca pero referido a un cauce tributario del principal, o a un único tramo concreto del cauce principal.

En relación con Burriana, se han identificado, de norte a sur, las siguientes cuencas hidrográficas:

1. El río Mijares, cuyo cauce forma el límite entre Burriana y Almassora.
2. El río Anna, que discurre junto al núcleo urbano de Burriana, incluyendo el barranco del Hospital.
3. El barranco de Betxí, cuyo tramo final se halla a día de hoy desaparecido, y que se corresponde actualmente con el camino de la Ratlla, que separa los términos municipales de Burriana y Nules.
4. El barranco Juan de Mora o del Torrent, cuyo tramo final discurre por Nules, pero que afecta a Burriana ya que es la principal cuenca vertiente a la marjal de Nules-Burriana.





#### 4.2.1 CUENCA DEL RÍO MIJARES

La cuenca del Mijares presenta una **intensa regulación**. Esto provoca que los caudales de avenida en su tramo final sean resultado de la laminación efectuada en los embalses y demás infraestructuras de control hídrico, fundamentalmente los embalses de Sichar y María Cristina, sobre los caudales de avenida. Estos caudales, así como las zonas de inundación asociadas a los mismos, se han determinado dentro del proyecto "Estudios de seguridad, normas de explotación y documento XYZt de las presas de Sichar, María Cristina, Alcora y Ulldecona", desarrollado por la CHJ. Por lo tanto no va a realizarse ningún análisis sobre el río Mijares, empleándose las zonas de inundación determinadas en el estudio anterior.

En dicho estudio se han determinado los siguientes caudales, que serán adoptados en el presente documento como caudales de avenida del Mijares, de cara al dimensionamiento de cualquier infraestructura de defensa:

Cauce	T=50 (m <sup>3</sup> /s)	T=100 (m <sup>3</sup> /s)	T=500 (m <sup>3</sup> /s)
Río Mijares	715	1.284	2.493

Tabla 2.- Caudales de avenida del río Mijares a la entrada en Burriana

En dicho estudio se tomó como referencia el caudal de 50 años de periodo de retorno, en lugar del de 25. Los riesgos obtenidos para 50 años son asimilables a los de 25 ya que se restringen al cauce, por lo que únicamente supone un mayor calado. Se comprueba que dichos caudales son producto de la regulación del sistema en avenida por su escasa magnitud respecto a la superficie de la cuenca vertiente (de 4.028 Km<sup>2</sup> de los cuales 1.510 corresponden a la rambla de la Viuda). Dicha regulación se produce fundamentalmente en los embalses de Sichar (52 hm<sup>3</sup>) y María Cristina (27 hm<sup>3</sup>).





Fig. 6.- Embalses de Sichar (izquierda) y María Cristina (derecha)

#### 4.2.2 CUENCA DEL RÍO ANNA

Al igual que en el caso del Mijares, no va a realizarse modelación hidrológica o hidráulica alguna sobre el río Anna, ya que se dispone de los caudales de avenida y las zonas de inundación asociadas al mismo, obtenidas en los estudios de inundabilidad de los sectores SUPOR-1, PAI Golf Sant Gregori y Jardines de la Malvarrosa, en Burriana; y en el estudio de inundabilidad del Plan General de Vila-real, en Vila-real.

Todos los estudios anteriores arrojan resultados semejantes en cuanto a términos de caudal y riesgo de inundación se refiere, habiendo sido tres de ellos aprobados por PATRICOVA, lo que asegura la validez y procedencia de sus determinaciones y medidas correctoras propuestas. No se considera necesario, por tanto, realizar modelación hidrológica alguna en la cuenca del río Anna, adoptando los caudales y riesgos de inundación obtenidos en los estudios anteriores, elaborados todos siguiendo metodologías semejantes y ampliamente difundidas en hidrología.

Los caudales obtenidos en los estudios anteriores se presentan a continuación. En todos ellos los caudales se han obtenido aguas arriba del primer desborde, producido en las cercanías del puente del ferrocarril.

Cauce	Fuente	T=25 (m <sup>3</sup> /s)	T=100 (m <sup>3</sup> /s)	T=500 (m <sup>3</sup> /s)
Río Anna	E.I. Sant Gregori	250	597	1.199
	E.I. SUPOR-1	250	597	1.199
	E.I. Jardines Malvarrosa	250	600	1.200
	E.I. Vila-real	292	582	1.099

Tabla 3.- Caudales de avenida del río Anna antes de desbordar





Los valores del Estudio de Inundabilidad de Vila-real son ligeramente inferiores a los restantes, ya que el modelo hidrológico de los tres estudios de inundabilidad desarrollados en Burriana es común a los mismos, mientras que el de Vila-real cuenta con una distribución en subcuenca diferente, adoptada según las necesidades del municipio de Vila-real. Las diferencias son, sin embargo, escasas y situadas dentro del rango de incertidumbre que toda modelación hidrológica lleva aparejado.

El hecho de que el valor de caudal para 25 años sea superior en el E.I. Vila-real es debido a que el modelo hidrológico de éste tiene en cuenta la ejecución de varios colectores en Vila-real, lo que provoca distorsiones en el hidrograma circulante por el río Anna. Dado que el periodo de diseño de dichos colectores es de 15 años, dichas distorsiones se aprecian con mayor facilidad en el periodo de retorno de 25 años, ya que en los restantes casos el caudal del río Anna es mucho más elevado, lo que "absorbe" el efecto de los colectores.

Además de dichos caudales, habrá que tener en cuenta los aportes de la subcuenca del barranco del Hospital, que se producen en dos puntos distintos. Una parte de los mismos alcanza el río Anna a través del canal del Barranquet, construido en 2009 en término municipal de Vila-real, que recoge los caudales de la cuenca alta del barranco del Hospital y conduce sus aguas al tramo final del barranco de Ràtols, confluyendo con el río Anna inmediatamente aguas arriba del azud de la Tanda. Los aportes del resto de la cuenca del barranco del Hospital siguen el antiguo trazado del mismo hasta confluir con el río Anna en el Clot de la Mare de Déu.





Fig. 7.- Fotografía aérea del canal del Barranquet

Los estudios de inundabilidad del PAI Sant Gregori, de SUPOR-1 y de Jardines de la Malvarrosa no tienen en cuenta dicha estructura, ya que se elaboraron y aprobaron con anterioridad a la ejecución del mismo. El estudio de inundabilidad del Plan General de Vila-real sí tiene en cuenta sus efectos, ya que ha sido elaborado posteriormente, y estima un caudal trasegado por el canal del Barranquet de 98 m<sup>3</sup>/s (incluyendo las ampliaciones que deberán realizarse para, una vez se desarrolleen los terrenos urbanizables de Vila-real, permitir que su escorrentía superficial vierta al canal); así como un caudal de 65 m<sup>3</sup>/s generados en la cuenca del barranco del Hospital, entre el canal del Barranquet y el límite del término municipal de Vila-real. Ésta última no afecta al caudal del río Anna a la entrada de Burriana, ya que su confluencia con el río se produce en su desembocadura.

Para poder estimar el efecto de esta infraestructura en el caudal punta del río Anna a la entrada de Burriana, es necesario sumar los hidrogramas del río Anna y el canal del Barranquet, obtenidos ambos en el estudio de Vila-real. La suma de hidrogramas arroja los siguientes caudales máximos:





Cauce	Fuente	T=25 (m <sup>3</sup> /s)	T=100 (m <sup>3</sup> /s)	T=500 (m <sup>3</sup> /s)
Río Anna + Barranquet	E.I. Vila-real	314	591	1.111

Tabla 4.- Caudales del río Anna y el canal del Barranquet

El aumento del caudal punta observado en el río Anna debido al canal del Barranquet supone 22 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 25 años, 9 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 100 años y 12 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 500 años. El hecho de que el efecto sea mayor en un periodo de retorno bajo es debido a las distorsiones provocadas en el hidrograma por los colectores anteriormente mencionados. El efecto es en todo caso inferior a la capacidad del canal, ya que los tiempos de concentración de los hidrogramas no coinciden, lo que provoca que cuando la crecida del río Anna alcanza su punto álgido, el caudal circulante por el canal se halla ya en descenso, debido a que el tiempo de concentración de la cuenca del barranco del Hospital es muy inferior al de la cuenca del río Anna.

Para estar del lado de la seguridad, se ha tomado la simplificación de suponer que el efecto del canal es invariable e igual al máximo observado anteriormente, de 22 m<sup>3</sup>/s.

Los caudales que se adoptan, en el presente estudio, para cualquier dimensionamiento hidráulico que vaya a efectuarse en relación al río Anna, son los máximos entre los aportados por las diversas fuentes para cada periodo de retorno, lo que queda del lado de la seguridad, aumentados todos ellos en 22 m<sup>3</sup>/s para tener en cuenta el efecto del canal del Barranquet. Dichos caudales se presentan en la siguiente tabla:

Cauce	T=25 (m <sup>3</sup> /s)	T=100 (m <sup>3</sup> /s)	T=500 (m <sup>3</sup> /s)
Río Anna	314	622	1.222

Tabla 5.- Caudales de avenida del río Anna para dimensionamiento hidráulico

#### 4.2.3 CUENCAS VERTIENTES A LA MARJAL DE NULES-BURRIANA

En este apartado se incluyen las cuencas del barranco de Betxí, o barranco de Sant Antoni, y el barranco Juan de Mora, o barranco del Torrent; los cuales vierten sus aguas a la marjal de Nules-Burriana en puntos distintos. Por ello, aunque presenten cuencas hidrográficas independientes, su punto final es el





mismo, un semiendorreísmo local. Por ello se han incluido en el presente punto de forma conjunta.

El caso de ambos barrancos presenta diferencias apreciables respecto a los dos casos anteriores. En el caso del Mijares no podía realizarse simulación hidrológica alguna ya que el río se encuentra fuertemente regulado, por lo que deben emplearse los caudales obtenidos a partir de la explotación de los embalses. Y en el caso del río Anna se dispone de varios estudios previos con diferentes modelos hidrológicos que arrojan resultados semejantes, por lo que no se ha considerado necesaria la elaboración de un modelo hidrológico adicional.

Sin embargo, en el caso de los barrancos vertientes a la marjal, la información bibliográfica disponible es mucho menor. No se dispone, en referencia al barranco de Betxí, de ninguna fuente bibliográfica que permita tomar como referencia un valor de caudal. Únicamente se dispone del dato incorporado a PATRICOVA, que en su actuación estructural ECC20 establece un caudal para 500 años de 171 m<sup>3</sup>/s.

En el barranco Juan de Mora se dispone de una única fuente bibliográfica, el "Proyecto de encauzamiento del Barranco Juan de Mora en Nules (Castellón)", elaborado por la Confederación Hidrográfica del Júcar. En dicho documento se adoptan los siguientes caudales, obtenidos de su Estudio de Integración Paisajística:

#### SIMULACIÓN T=500

	Q <sub>pico</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Hora pico	Vol. Total (1000 m <sup>3</sup> )	Area drenada (km <sup>2</sup> )
S3: Artana	107.04	11 Nov 04 1245	793.17	4
S2: Sastre	141.89	11 Nov 04 1305	1296.5	7.99
S1: Rodador	149.97	11 Nov 04 1330	1650	10.35
Unión:puente Villaviejo	353.97	11 Nov 04 1305	3739.7	22.34
Propagación: R1	334.69	11 Nov 04 1355	3739.7	22.34
S4: Roña-Fondo	124.15	11 Nov 04 1255	1022.8	6.43
Incorporación Roña-Fondo	391.11	11 Nov 04 1350		
S5: Randero	213.05	11 Nov 04 1340	2578	17.64
Unión: puente N-340	603.27	11 Nov 04 1345	7340.5	46.41
Propagación: R2	578.3	11 Nov 04 1435	7340.5	46.41
S8: Urbana	144.2	11 Nov 04 1300	1345.5	4.99
Unión 3	620.52	11 Nov 04 1430	8686	51.4

Tabla 6.- Caudales obtenidos en el "Proyecto de encauzamiento del Barranco Juan de Mora en Nules (Castellón)"





En resumen, para ambos barrancos se dispone de información bibliográfica muy limitada. Ésta puede ser empleada como contraste de cualquier modelación que se desarrolle, pero no permite por sí sola determinar los riesgos de inundación en la marjal.

Por tanto, debe elaborarse un modelo hidrológico para poder obtener los caudales que alcanzan la marjal de Nules-Burriana, con el fin de poder determinar la parte del territorio que se halla sujeta a riesgos de inundación.

### 4.3 ANÁLISIS DEL TERRENO OBJETO DEL MODELO

El modelo hidrológico elaborado en el presente estudio se compone de dos cuencas hidrográficas (Betxí y Juan de Mora) divididas respectivamente en 2 y 3 subcuencas.

La cuenca del barranco de Betxí se ha subdividido en dos subcuencas. La subcuenca de mayor extensión se corresponde con la propia del barranco, tomando como desagüe el puente de la CV-18 sobre el río, ya que a partir de este punto la capacidad del cauce desciende considerablemente. Al norte de ésta se ha establecido otra subcuenca, tratándose en este caso de una zona de interfluvio cuyas aguas, empujadas por la CV-18 y la AP-7, terminan alcanzando el camino de la Ratlla, donde se unen a las del barranco de Betxí.



Fig. 8.- Puente de la CV-18 sobre el barranco de Betxí





La cuenca del barranco Juan de Mora se ha subdividido en tres subcuenca. La primera, que ocupa la zona norte, se compone de las áreas vertientes a los cauces de los barrancos de la Serraleta, del Sastre y de la Carretera. La segunda, que ocupa la zona sur, la componen las áreas cuya escorrentía recogen los barrancos de la Ronya, del Roget y Randero. Ambas subcuenca finalizan en Nules, donde el barranco se halla encauzado. Por último se ha definido una tercera subcuenca que ocupa las zonas bajas de la cuenca de Juan de Mora, finalizando aguas arriba de la AP-7, donde el cauce pierde capacidad.



Fig. 9.- Final del encauzamiento de Nules

En tres de las cinco subcuenca en las que se ha dividido el modelo hidrológico la red hidrográfica permite concentrar y evacuar la escorrentía de forma adecuada, ya que en ellas existen cauces lo suficientemente definidos para producir este fenómeno. En la subcuenca más septentrional, correspondiente a un área de interfluvio entre el río Anna y el barranco de Betxí, la escorrentía se propaga de forma mayormente difusa, a través de las diversas vaguadas existentes, hasta que es interceptada por la AP-7 y llevada hasta el camino de la Ratlla. También se produce este fenómeno en la cuenca baja de las tres en las que se ha dividido el barranco Juan de Mora, ya que aunque es cruzada por el barranco, las escorrentías generadas en la misma son llevadas hasta el Juan de Mora a través de vaguadas, puesto que no existe en ella ningún cauce bien definido que permita trasladar las aguas hasta el barranco.





### 4.3.1 CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOMÉTRICAS

Las características hidromorfométricas de las subcuenca en las que se divide el modelo hidrológico son las siguientes:

Subcuenca	A (Km <sup>2</sup> )	L <sub>rp</sub> (Km)	I <sub>rp</sub> (m/m)	t <sub>c</sub> (h)	t <sub>c</sub> (min)
Barranco de Betxí	23,69	13,36	0,015	4,77	286
Interfluvio AP-7	7,89	7,46	0,009	3,37	202
Serraleta_Sastre_Carretera	22,92	11,89	0,023	4,02	241
Ronya_Roget_Randero	24,80	12,56	0,017	4,44	266
Juan_de_Mora_Baja	7,34	5,20	0,008	2,64	158

Tabla 7.- Principales parámetros hidromorfométricos de las subcuenca

Donde:

A: área de la subcuenca

L<sub>rp</sub>: longitud del recorrido o cauce principal

I<sub>rp</sub>: pendiente del recorrido o cauce principal

t<sub>c</sub>: tiempo de concentración

### 4.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

La caracterización de los suelos se ha realizado a partir de las unidades litológicas que aparecen en la cartografía litológica del Instituto Cartográfico Valenciano. Las edades de los materiales van desde el Triásico en la Sierra de Espadán hasta los terrenos aluviales del Cuaternario localizados en la Plana de Castellón.

De manera resumida pueden identificarse las siguientes unidades litoestratigráficas:

- Afloramientos de areniscas, acompañadas en ocasiones de arcillas, de edad triásica, en las estribaciones montañosas que forman las cabeceras de los barrancos que vierten al Juan de Mora.





- b) Dolomías, acompañadas en ocasiones por margas, de edad triásica, en las restantes zonas de cabecera de la cuenca del Juan de Mora y en la cabecera del barranco de Betxí.
- c) Arcillas, margas y yesos, que aparecen de forma local en las cercanías de la divisoria de las cabeceras del barranco de Betxí y el barranco de la Serraleta.
- d) Calizas, en la montanyeta de Sant Antoni.
- e) Terrenos de edad cuaternaria compuestos por cantos, gravas, y arcillas, correspondientes a la Plana de Castellón, en las restantes zonas del área de estudio (zonas medias y bajas de los cursos fluviales y área de interfluvio entre el río Anna y el barranco de Betxí).
- f) Destacar, desde el punto de vista hidrogeológico, la mayor permeabilidad de los afloramientos calcáreos, favorecida por la fracturación y karstificación de los mismos, sobre los afloramientos de los suelos con presencia apreciable de arcillas.

#### 4.3.3 CUBIERTA DEL SUELO

En cuanto a la cubierta del suelo, la información básica empleada para establecer las distintas tipologías ha sido la cartografía de usos de suelo en formato digital, a escala 1:25.000, procedente del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (**SIOSE**), coordinado y financiado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), y ejecutado por los organismos responsables de las coberturas de suelo en las CCAA (en la Comunidad Valenciana el ICV). El proyecto SIOSE presenta una parcela mínima cartografiable de 2 Ha en zona rural y 1 Ha en zona urbana. Este proyecto, cuya información inicial procede de ortoimágenes captadas por el satélite SPOT 5 en el año 2005, está actualmente en fase de actualización en base a una nueva cobertura de ortoimágenes captadas en 2009.

La cubierta del suelo presenta las siguientes unidades en las cuencas analizadas:





- a) Zonas boscosas de media y alta densidad, en las zonas más altas del área de estudio, correspondientes a las estribaciones más orientales de la sierra de Espadán; y en la montanyeta de Sant Antoni.
- b) Áreas de matorral, que se sitúan rodeando a la zona boscosa, a menor altura sobre el nivel del mar que ésta, junto a la orla montañosa occidental del área de estudio.
- c) Cultivos de secano, en zonas muy localizadas en la cabecera del barranco de Betxí.
- d) Cultivos de regadío, preferentemente de cítricos, situándose de forma localizada en las cuencas altas y predominando ampliamente en las restantes zonas del área de estudio, con grandes superficies ocupadas por áreas de cultivo.
- e) Afloramientos rocosos y suelos desnudos, con poca o nula presencia vegetal, que aparecen muy localizadamente en la zona de estudio.
- f) Instalaciones agrarias, preferentemente destinadas a riego, en varios puntos de la zona de estudio.
- g) Núcleos urbanos, infraestructuras y polígonos industriales, correspondientes al sur de Betxí, a Nules, a La Vilavella, a La Vall d'Uixó, a diversos polígonos industriales y a la AP-7.

#### 4.3.4 UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El umbral de escorrentía ( $P_0$ ) es el único parámetro necesario para evaluar la producción de escorrentía superficial según la expresión propuesta por el Soil Conservation Service (SCS). Depende de cuatro variables que engloban buena parte de las características físicas de la región analizada:

- i. Tipo de suelo (atendiendo fundamentalmente a su capacidad drenante).





- ii. Cubierta del suelo.
- iii. Pendiente del terreno.
- iv. Condiciones previas de humedad del complejo suelo-vegetación.

La relación entre el  $P_0$  y las tres primeras variables es tabular; las tablas empleadas en la asignación del parámetro proceden de una adaptación de las del Soil Conservation Service (SCS) para condiciones de humedad del suelo medias (Ferrer 1993). Estos valores de  $P_0$  deben modificarse en función de dichas condiciones de humedad del suelo. A tal efecto el SCS define tres condiciones o estados, en función de la precipitación total de los cinco días anteriores, que determinan los valores del factor corrector del  $P_0$  obtenido previamente.

La obtención de los umbrales de escorrentía en las cuencas se ha realizado automáticamente, con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La determinación del umbral de escorrentía requiere la superposición de los diferentes planos correspondientes a cada una de las variables de las que depende el parámetro (tipo de suelo, cubierta del suelo y pendiente del terreno). Con el uso del SIG se consigue realizar estas operaciones de forma automática, rápidamente, a gran escala y con mayor precisión.

El proceso de obtención del umbral de escorrentía ha seguido la siguiente secuencia:

1. Generación de capas de información de cada atributo o variable

En la generación de las capas de información se ha generado empleando el SIG gvSIG, desarrollado por la Conselleria de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat Valenciana, en conjunción con el software Autocad Civil 3D 2010, desarrollado por Autodesk. Como base se han empleado varios Modelos Digitales del Terreno (MDT) generados a partir de un TIN creado en Autocad Civil 3D 2010 y posteriormente exportado a SIG en formato raster, con celdas de 5, 10 y 25 metros de lado respectivamente (MDT 5, MDT 10 y MDT 25). A partir de estos MDT se ha definido la **red de drenaje del terreno**, que ha permitido obtener los puntos de desagüe de las subcuencas, definiendo éstas posteriormente





mediante las herramientas de análisis hidrológico de la extensión Sextante para gvSIG.

El empleo de uno u otro MDT ha dependido de la extensión espacial de cada subcuenca y de la pendiente media del terreno. En general la **delimitación de cuencas hidrográficas** con divisorias situadas en zonas de elevada pendiente puede realizarse con buena precisión empleando MDT con mayor superficie de celda, mientras que las áreas con menor pendiente precisan de MDT con menor paso de celda para que la delimitación sea lo suficientemente precisa. En primer lugar se han determinado las subcuenca con el MDT 25, siendo después comprobada su adecuación a las zonas más bajas con los restantes MDT.

La **capa de clinometría** se ha obtenido a partir del tratamiento del MDT 25 recortado al área de estudio, obteniendo mediante el SIG el mapa de pendientes y separando posteriormente aquellas mayores del 3% de las menores. Una vez obtenidas ambas zonas, se han pasado a formato vectorial y se han agrupado en un mismo polígono todas las áreas con un tipo de pendiente determinado.

Las restantes coberturas necesarias (cubierta del suelo y tipo del suelo) proceden de coberturas previamente facilitadas en formato SIG, habiéndose recortado para restringirlas al área de estudio. En cuanto al **tipo de suelo**, la adaptación se ha realizado teniendo en cuenta la textura del mismo, según el diagrama triangular para la determinación de la textura de la instrucción 5.2-IC de drenaje superficial; y las características hidrogeológicas de cada tipo de suelo descritas en la bibliografía consultada ("Diccionario Guía de conocimientos Geológicos para Ingeniería Civil. CEDEX 2003", "Geología aplicada a la ingeniería Civil. López 2000" y "Temas de Geología aplicada a las obras públicas. García 2004"). En base a estas fuentes se ha optado por clasificar como suelos de tipo C aquellos con presencia importante de pizarras y arcillas, y clasificar los restantes suelos como de tipo B. Una vez asignado a cada polígono el tipo de suelo se han agrupado en un único polígono los obtenidos con el mismo valor (B o C).





En cuanto a la **cubierta del suelo**, se han reclasificado los distintos tipos de cubierta del suelo proporcionados por el SIOSE de acuerdo con los usos del suelo propuestos por el SCS para determinar el umbral de escorrentía. Las equivalencias se recogen en la siguiente tabla:

Unidad de cubierta del suelo	Adaptación a cubierta del suelo para obtención de $P_0$ (Ferrer, 1993)
Suelos con escasa presencia v egetal	Promedio entre rocas permeables y pradera media
Cultivos de regadío de cítricos o herbáceos	Cultivos en hilera R
Cultivos arbóreos de secano	Plantación regular de aprovechamiento forestal pobre
Núcleos residenciales de baja densidad	Promedio entre área impermeable y masa forestal de densidad media
Zonas de casco urbano, industrias y equipamientos	Áreas impermeables
Masas forestales formadas por zonas de arbolado forestal y zonas de matorral	Masa forestal de densidad media
Zonas de predominio de matorral	Masa forestal de densidad clara
Pastizales	Pradera media
Masas de agua	Áreas impermeables

Tabla 8.- Adaptación de la cubierta de suelo del SIOSE a los tipos del suelo del SCS

En aquellas parcelas del SIOSE con aparición de varias unidades de cubierta del suelo la adaptación a las cubiertas del suelo del SCS se ha realizado en base al aspecto general de cada parcela. Por ejemplo, a aquellos suelos en los que se combinan pastizales con áreas de suelo desnudo les ha correspondido una cubierta del suelo del SCS de pradera pobre. En aquellas parcelas en las que el aspecto general ha sido dudoso se ha promediado entre los valores de varios usos del suelo del SCS para obtener el umbral de escorrentía. Por ejemplo, en suelos en los que se combinan zonas de matorral con industrias aisladas o áreas pavimentadas se ha optado por promediar entre masa forestal de densidad clara y área impermeable. Estas ponderaciones han sido facilitadas por la propia información del SIOSE, que establece para cada parcela qué porcentaje ocupa cada suelo. Una vez se ha establecido para cada parcela del SIOSE su cubierta del suelo adaptada al SCS, se ha procedido a agrupar en una única superficie aquellas parcelas con el mismo uso adaptado al SCS.





## 2. Combinación de clinometría, uso de suelo y cubierta de suelo

Una vez se dispone de las capas en formato vectorial de pendientes, usos de suelo y cubierta de suelo, con una única superficie para cada uno de los tipos correspondientes, se ha procedido a intersectar las tres capas entre sí, obteniendo una nueva cobertura en formato vectorial con toda la información necesaria para **determinar el umbral de escorrentía** (cubierta de suelo, pendiente y tipo de suelo) en la zona de estudio, y con una única superficie para cada combinación posible entre estos tres factores. Una vez se dispone de esta información se obtiene el umbral de escorrentía para cada posible combinación a partir de la tabla correspondiente, agregándose dicho umbral a la información de la capa.

## 3. División por subcuencas

Tras obtener la capa con los umbrales de escorrentía para la zona de estudio, se ha procedido a intersectar la misma con cada subcuenca, obteniendo de esta forma los umbrales de escorrentía por subcuenca. Para promediar arealmente estos valores se ha calculado la superficie de cada polígono recortado por subcuenca.

## 4. Promediación areal

Una vez se dispone de todos los polígonos con los umbrales de escorrentía, subdivididos por subcuenca y con la superficie de cada uno de ellos calculada, se ha procedido a promediarlos arealmente para cada subcuenca. En cada subcuenca se ha exportado a una hoja Excel la información de cada uno de los polígonos que la forman, en una tabla como la que se expone a continuación, que se corresponde con la de la subcuenca Interfluvio\_AP7.

Tipo hidrogeológico de suelo	Pendiente	Cubierta de suelo	Área (m <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (mm)	Área permeable (m <sup>2</sup> )	Área impermeable (m <sup>2</sup> )	Ponderado permeable
B	Baja	Areas_impermeables	123.432	4	0	123.432	0
B	Baja	Cultivos_hilera_R	7.627.042	19	7.627.042	0	144.913.789
B	Baja	Cultivos_hilera_R	43.861	19	43.861	0	833.357
B	Baja	Masa_forestal_media	16.913	34	16.913	0	575.052
B	Baja	Areas_impermeables	81.277	4	0	81.277	0
B	Baja	Cultivos_hilera_R	736	19	736	0	13.985

Área (m <sup>2</sup> )	Área permeable (m <sup>2</sup> )	Área impermeable (m <sup>2</sup> )	Suma ponderado	P <sub>0</sub> (mm)	% impermeabilidad
7.893.260	7.688.552	204.709	146.336.184	19,03	2,59%

Tabla 9.- Cálculo del P<sub>0</sub> y el % de impermeabilidad por subcuenca





En la tabla se observa, para la subcuenca, cada polígono con una combinación entre cubierta de suelo, tipo de suelo y pendiente, a la que le ha correspondido un valor de umbral de escorrentía a partir de la tabla del SCS; junto con el área de cada polígono. El umbral de escorrentía se ha obtenido como media ponderada de todas las superficies permeables de la subcuenca, multiplicando el área de cada polígono con una cubierta permeable por su valor del umbral de escorrentía (ponderado permeable) y dividiendo la suma de estos términos ponderados entre la suma de áreas permeables, por lo que las áreas impermeables quedan excluidas del promedio. Se han excluido estas áreas impermeables para cumplir con las especificaciones del programa HEC-HMS, en el que deben introducirse las áreas impermeables por separado, como porcentaje del área total de la subcuenca.

Los resultados así obtenidos en las subcuenca se muestran a continuación.

Subcuenca	P <sub>0</sub> medio (mm)	Impermeabilidad (%)
Barranco de Betxí	24,30	4,03%
Interfluvio AP-7	19,03	2,59%
Serraleta_Sastre_Carretera	22,14	3,88%
Ronya_Roget_Randero	19,54	7,54%
Juan_de_Mora_Baja	18,16	38,00%

Tabla 10.- Umbral de escorrentía y porcentaje de impermeabilidad por subcuenca

## 5. Corrección

El valor del umbral de escorrentía anteriormente determinado supone unas condiciones previas de humedad media. Para reflejar la variación regional, respecto al lugar de referencia, de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos es necesario aplicar al valor de P<sub>0</sub> determinado anteriormente un coeficiente corrector. Dicho coeficiente puede obtenerse de la instrucción 5.2-IC de drenaje superficial según indica la siguiente figura. En la misma puede apreciarse como nuestra área de estudio figura entre las isolíneas 2,5 y 3. Se ha decidido por lo tanto tomar como **coeficiente corrector un valor de 2,7**.





Fig. 10.- Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía según la norma 5.2-IC

## 4.4 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN

El objetivo de este apartado es la obtención de las precipitaciones diarias máximas anuales asociadas a los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años, a partir de los cuales se determinarán los caudales que deberán constituir la base del estudio hidráulico.

La obtención se ha realizado a partir del documento "Máximas lluvias diarias en la España peninsular", publicado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (1999). Dicho documento constituye el método de estimación de cuantiles de precipitación más extendido en España por su sencillez de aplicación y la fiabilidad de sus resultados.

### 4.4.1 AJUSTE REGIONAL DE LA FUNCIÓN SQRT-ETMAX

Uno de los problemas de mayor envergadura del análisis de frecuencia de extremos en hidrología es la escasez de datos, ya que en numerosas ocasiones es necesario realizar estimaciones de las variables asociadas a un periodo de retorno elevado (como es el caso que nos ocupa) cuando la longitud de la serie de datos no es suficiente. Ello obliga a emplear metodologías estadísticas que permitan obtener mejores estimadores de riesgo.





Una de estas metodologías consiste en extender la longitud estadística de la serie de datos, lo que implica un menor error en la estimación. Con este objetivo surge el **análisis regional**, consistente en agrupar los datos de varias estaciones en una región estadísticamente homogénea. El asumir esta homogeneidad regional constituye la hipótesis básica del análisis regional, lo que conlleva una decisión de qué estaciones se consideran como estadísticamente homogéneas y de qué grado de heterogeneidad se permite entre ellas.

El ajuste regional realizado en el documento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” consistió en primer lugar en agrupar las 1.545 estaciones que contaban, a fecha del estudio, con 30 o más años de registro en 26 regiones geográficas. La segunda etapa consistió en la estimación regional de los parámetros y cuantiles de cuatro funciones de distribución:

- a) Valores extremos generalizados (General Extreme Value o GEV)
- b) Log-Pearson III (LP3)
- c) Valores Extremos con dos Componentes (Two component extreme value o TCEV)
- d) SQRT-ET max

Las diferencias entre los resultados obtenidos con estos métodos son muy pequeñas, siendo siempre inferiores al 8% para períodos de retorno de hasta 500 años. Finalmente se optó por la función SQRT-ET max debido a ser la única de las cuatro formulada específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias, a necesitar sólo dos parámetros para su definición ( $k$  y  $\alpha$ ), a proporcionar resultados ligeramente más conservadores que las demás en regiones con cuantiles bajos, y a su buena capacidad para reproducir las propiedades estadísticas observadas en los datos. Los cuantiles obtenidos en las estaciones consideradas fueron interpolados espacialmente al resto del territorio mediante krigging. El resultado de estos ajustes son una serie de mapas de isolíneas de media y coeficiente de variación, de tal forma que en cada punto del territorio se interpola la media y el coeficiente de variación y de ellos se obtienen los parámetros de la función SQRT-ET-max, lo que permite obtener los





cuantiles de precipitación. Este proceso puede realizarse automáticamente mediante la aplicación en CD “**Maxplu**” que se facilita junto con el documento.

#### 4.4.2 CUANTILES DE PD MÁXIMA ANUAL EN LAS SUBCUENCIAS DE ESTUDIO

Para obtener los cuantiles de precipitación diaria máxima en cada una de las subcuenca que forman el área de estudio se ha utilizado la aplicación informática “Maxplu” anteriormente reseñada. Dado que dicha aplicación precisa introducir los datos para un punto en concreto, y no un área de territorio determinada, es necesario definir un punto característico para cada subcuenca. En el presente estudio se ha optado por elegir como punto característico el centroide de cada subcuenca, que puede obtenerse empleando el gvSIG sin dificultad alguna.

A partir de dichos puntos característicos se han obtenido los siguientes valores de precipitación diaria máxima en cada subcuenca, para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.

SUBCUENCA	$P_{24}$ (mm/día) para T		
	25	100	500
Barranco de Betxí	173	237	321
Interfluvio AP-7	165	226	304
Serraleta_Sastre_Carretera	175	239	325
Ronya_Roget_Randero	177	243	329
Juan_de_Mora_Baja	175	239	325

Tabla 11.- Precipitaciones diarias máximas por subcuenca y periodo de retorno

Como se puede observar, la mayoría de los valores son muy parecidos, circunstancia lógica dada la proximidad geográfica de las subcuenca y el área relativamente limitada que abarcan.

Vista la escasa variabilidad de las precipitaciones, se ha optado por agrupar los valores de precipitación en base a dos zonas, para reducir el número de hietogramas por periodo de retorno de 5 a 2, lo que facilita en gran medida la introducción de datos en el HEC-HMS. La primera se ha denominado “Zona Betxí”, y está formada por las subcuenca del barranco de Betxí, mientras que la segunda zona se ha denominado “Zona Nules” y comprende las subcuenca





del barranco Juan de Mora. La precipitación diaria máxima por zona se ha obtenido ponderando arealmente las precipitaciones diarias máximas por subcuenca.

A continuación se presentan las precipitaciones obtenidas.

ZONA	$P_{24}$ (mm/día) para T		
	25	100	500
Zona Betxi	171	234	317
Zona Nules	176	241	327

Tabla 12.- Precipitaciones diarias máximas por zona y periodo de retorno

## 4.5 ESTIMACIÓN DE LOS HIDROGRAMAS DE CRECIDA

Para obtener los hidrogramas de crecida asociados a los cauces que afectan a la marjal de Nules-Burriana se ha optado por emplear el modelo pseudodistribuido HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), versión 3.4, desarrollado por el U.S Army Corps of Engineers.

### 4.5.1 EL MODELO PSEUDODISTRIBUIDO HEC-HMS

El modelo HEC-HMS es un **software diseñado para simular procesos de precipitación-escorrentía en sistemas hidrológicos**, de empleo generalizado en hidrología. El programa provee un completo entorno de trabajo integrado, y permite en su versión actual una rápida transferencia de datos y resultados con Excel.

Los componentes principales del sistema son los siguientes:

Modelo de cuenca, en el que se conceptualiza el sistema hidrológico. Los elementos disponibles son: subcuencas, tramos de propagación, embalses, confluencias de flujo, divergencias de flujo (bifurcaciones), fuentes o inputs de flujo y sumideros u outputs. Todos estos elementos hidrológicos deben interconectarse a modo de red para simular los procesos hidrológicos.





Los componentes básicos del modelo de cuenca son:

- 1) Submodelo de producción. Convierte la lluvia en lluvia neta. Permite elegir entre varios modelos de producción disponibles.
- 2) Submodelo de transformación de precipitación neta en escorrentía. Convierte la lluvia neta en caudal excedente. Permite elegir entre varios métodos para su evaluación.
- 3) Submodelo de flujo base. Permite simular la escorrentía subterránea en la cuenca. Puede ser constante, mediante embalse lineal o mediante curva de recesión.
- 4) Submodelo de propagación en cauces. Permite simular el transporte de flujos en la cuenca que se produce en cauces u obras lineales. Permite elegir entre varios métodos.

Modelo meteorológico, que implementa el análisis de los datos meteorológicos, incluyendo precipitación y evapotranspiración. Permite introducir la precipitación mediante datos introducidos por subcuenca, datos introducidos por pluviómetro y ponderados después, valores de precipitación distribuidos, etc.

Parámetros de control de la simulación, se especifican los parámetros temporales de la simulación: fecha y hora de inicio y fin de la simulación, y lapso de tiempo computacional.

La simulación se realiza combinando entre sí estos tres modelos.

#### **4.5.2 ESQUEMA HIDROLÓGICO ADOPTADO Y MODELOS UTILIZADOS**

El esquema hidrológico elaborado en el programa HEC-HMS para la obtención de los caudales circulantes actuales se ha dividido en un total de 5 subcuenca. Los criterios de división que han permitido obtener dichas subcuenca han sido los siguientes:





- a) En primer lugar se ha dividido el área de estudio en dos cuencas hidrográficas: la del barranco de Betxí, que finaliza en el camino de la Ratlla; y la del barranco Juan de Mora, que finaliza en el cauce del barranco del Torrent.
- b) La cuenca del barranco de Betxí se ha dividido en dos subcuencas: la asociada al propio barranco y la correspondiente a un área de interfluvio que termina confluyendo con el barranco por efecto de las infraestructuras existentes (N-340, FFCC y AP-7).
- c) La cuenca del barranco Juan de Mora se ha dividido a su vez en tres subcuencas: una primera que recoge las áreas drenadas por los barrancos de la Serraleta, del Sastre y de la Carretera; una segunda que comprende las cuencas de los barrancos de la Ronya, del Roget y Randero; y una tercera que abarca las zonas bajas del barranco Juan de Mora.

Entre estas subcuencas se han dispuesto los tramos de propagación oportunos para asegurar la correcta distribución de los flujos conforme a la situación actual, y se han ubicado asimismo las principales obras de paso, en este caso las ubicadas en la AP-7 y las que permiten el drenaje de la marjal. El modelo conceptual introducido en el HEC-HMS se representa en la siguiente figura:



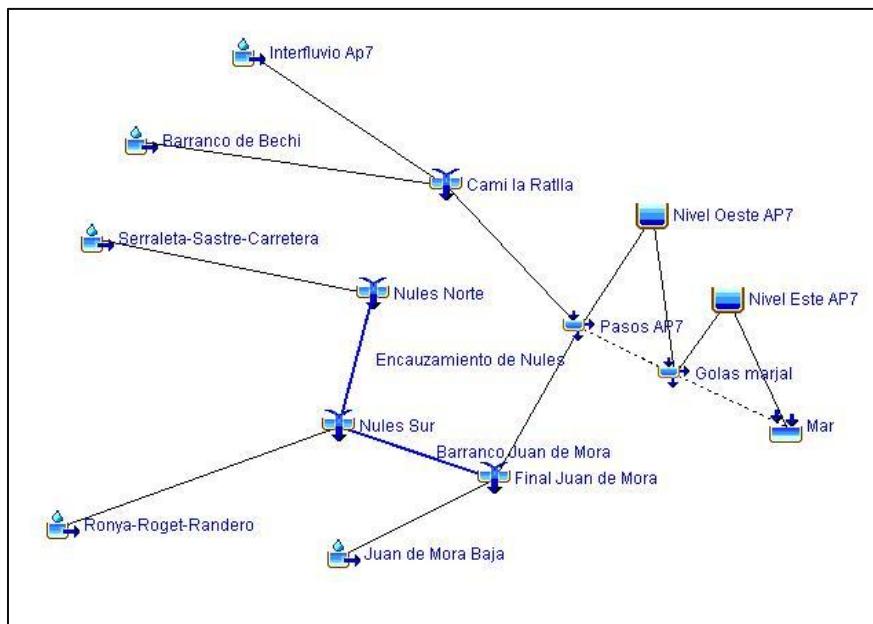


Fig. 11.- Modelo hidrológico introducido en el programa HEC-HMS

El modelo se compone, por lo tanto, de 5 subcuenca, 2 tramos de propagación, 4 nudos, 2 bifurcaciones (correspondientes a las obras de paso de la AP-7 y a las golas de drenaje de la marjal), 2 embalses (para simular la acumulación de agua que se produce en la zona de la marjal de Nules-Burriana) y 1 desagüe (correspondiente al mar).

Los parámetros hidromorfométricos adoptados en las subcuenca se han indicado anteriormente. En apartados sucesivos se expondrán los parámetros y características de los tramos de propagación, las bifurcaciones y los embalses del modelo.

A continuación se presentan los modelos utilizados en HEC-HMS para simular las distintas fases de la transformación lluvia-escorrentía en la cuenca.

#### 4.5.2.1 MODELO METEOROLÓGICO: TORMENTAS DE PROYECTO

A partir de los cuantiles de precipitación máxima diaria representativos de cada subcuenca, expuestos anteriormente, se han obtenido **las tormentas de proyecto para diversos períodos de retorno correspondientes a cada subcuenca**.





La **curva IDF** empleada para la obtención de la intensidad de las tormentas de proyecto es la propuesta en la norma 5.2-IC de drenaje superficial, en la que se ha tomado un coeficiente de torrencialidad de 11,5 para el área de estudio, tal y como se presenta a continuación:

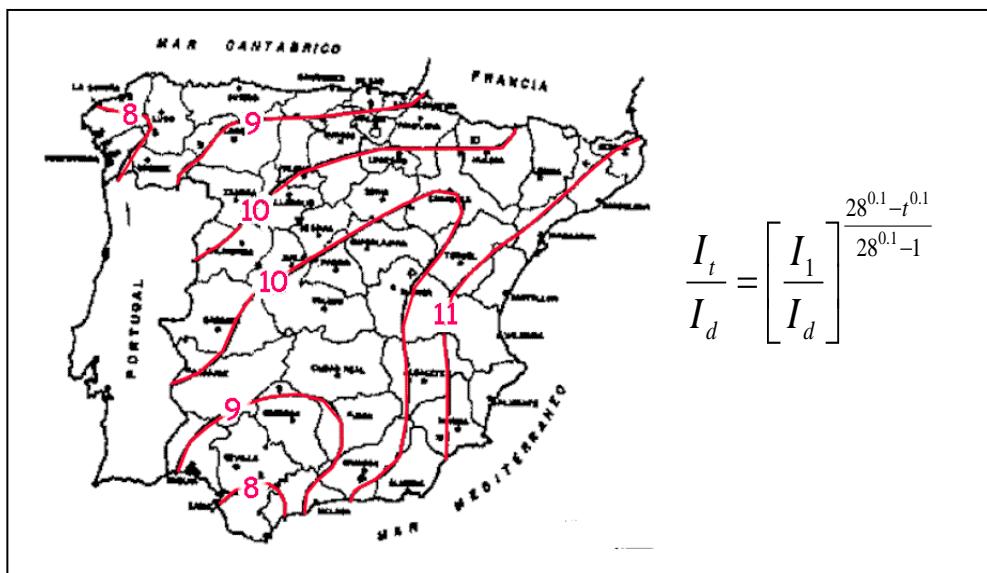


Fig. 12.- Coeficiente de torrencialidad y ecuación de la curva IDF según la norma 5.2-IC

Donde la duración de la tormenta es de 24 horas. La precipitación total por subcuenca se obtiene, por lo tanto, multiplicando la intensidad resultante de la curva IDF por las 24 horas de duración. No es válido considerar que  $I_d = I_{24}$  ya que, aunque la precipitación diaria se recoge en un periodo de tiempo de 24 horas, dicho periodo no se corresponde con la duración de una única tormenta, sino que es el correspondiente a un día natural, por lo que hay distorsiones entre los valores registrados ( $I_d$ ) y los valores de precipitación asociados a una única tormenta de 24 horas de duración ( $I_{24}$ ). Por ello el  $I_{24}$  es ligeramente superior al  $I_d$ .

En cuanto a la distribución temporal de la precipitación se ha optado por el **hietograma sintético del SCS de 24 horas de duración de tipo II**, ya que por su mayor torrencialidad es el que mejor se ajusta a las características del área de estudio.

El proceso de **cálculo de cada tormenta, a partir de los valores adimensionales acumulados  $P_{tot}/P_{24h}$  del SCS**, consiste en obtener mediante interpolación lineal los valores incrementales adimensionales de precipitación a





intervalos de tiempo constantes correspondientes con el intervalo de discretización temporal elegido, de 6 minutos, multiplicándolos posteriormente por el valor de la precipitación total de cada tormenta (obtenido mediante el producto de su intensidad media, obtenida de la curva IDF, y de su duración, 24 horas) para obtener la precipitación por subcuenca e intervalo de tiempo.

Los **hietogramas sintéticos de base SCS II** empleados en la determinación de las tormentas se presentan en la siguiente figura.

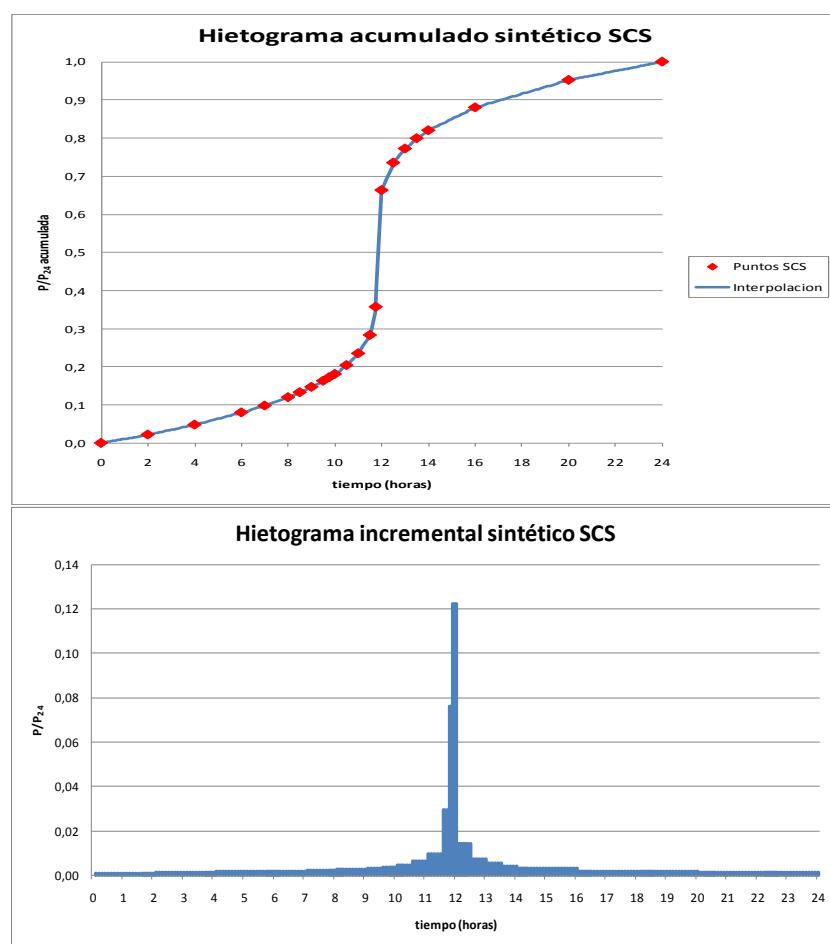


Fig. 13.- Hietogramas sintéticos acumulado e incremental del SCS tipo II

Las precipitaciones de 24 horas de duración obtenidas a partir de la curva IDF se han afectado por un **factor de reducción areal**, para considerar el efecto de no simultaneidad de las mismas en toda la extensión de terreno a la que se extrapolán. La expresión utilizada para la reducción areal es la propuesta por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en 1990.





$$K_a = 1 - \frac{\log A}{15}$$

Donde **A** es la superficie en Km<sup>2</sup> a la que se extiende el dato puntual de precipitación.

En este punto resulta necesario destacar que se ha trabajado con la hipótesis de simultaneidad temporal en los aportes de todas las subcuencas, por lo que el valor del coeficiente de reducción areal es común para todas las subcuencas e igual a la superficie total del área de estudio, es decir, 87 Km<sup>2</sup>.

Los valores de precipitación total, para cada zona de las dos descritas en el apartado correspondiente a la determinación de la P<sub>d</sub>, y cada periodo de retorno, con la corrección areal, son los reflejados en la siguiente tabla:

ZONA	P <sub>t</sub> (t) (mm) para T		
	25	100	500
Zona Betxí	170	233	315
Zona Nules	175	239	325

Tabla 13.- Precipitaciones por zona y periodo de retorno

#### 4.5.2.2 MODELO DE PRODUCCIÓN

El modelo de producción de escorrentía superficial empleado ha sido el del **Soil Conservation Service**, cuyos fundamentos se describen a continuación.

El modelo, desarrollado por el Soil Conservation Service en 1972, es ampliamente utilizado en la actualidad. En el caso de España es especialmente interesante, pues en él se ha basado la determinación del coeficiente de escorrentía "C" necesario para el cálculo de caudales de referencia según el método racional modificado, como se indica en la Instrucción 5.2-IC de drenaje superficial.

El modelo asume la existencia de un umbral por debajo del cual las precipitaciones no provocan escorrentía. Una vez rebasado este umbral comienza el encarcamiento y la escorrentía superficial. La función de





escorrentía acumulada en superficie ( $E$ ) para una precipitación determinada ( $P$ ) es por lo tanto:

$$E = 0 \quad \text{si } P \leq P_0$$

$$E = \frac{(P-P_0)^2}{P+4P_0} \quad \text{si } P \geq P_0$$

Esta expresión propuesta por el SCS para evaluar la infiltración tiene un único parámetro, el umbral de escorrentía ( $P_0$ ). La formulación original del SCS fue desarrollada a partir de un parámetro distinto, el número de curva (CN), número entero que varía entre 0 y 100. Este parámetro presenta la ventaja frente al umbral de escorrentía de ser adimensional, aunque el inconveniente de ser menos intuitivo. En cualquier caso ambos parámetros están biunívocamente relacionados mediante la siguiente ecuación (si  $P_0$  se expresa en milímetros):

$$CN = \frac{5080}{P_0 + 50,8}$$

Las ventajas principales del modelo del SCS son las siguientes:

- a) El modelo tiene un solo parámetro ( $P_0$ ) cuya estimación no presenta dificultad, además de hallarse muy contrastado experimentalmente.
- b) La infiltración depende de la precipitación.

Una vez elegido este modelo hay que introducir en el esquema hidrológico generado en el HEC-HMS, para cada subcuenca, los valores del número de curva obtenidos a partir del umbral de escorrentía ( $P_0$ ), modificado con su coeficiente de corrección, determinado anteriormente; y el porcentaje de áreas impermeables. Sobre este porcentaje de áreas impermeables el HEC-HMS no efectúa cálculo alguno, transformando la lluvia caída sobre las mismas en lluvia neta.





#### 4.5.2.3 MODELO DE TRANSFORMACIÓN DE LLUVIA NETA EN ESCORRENTÍA

El proceso de transformación de lluvia neta en escorrentía en todas las subcuenca ha sido modelado en términos de la **teoría lineal de los sistemas hidrológicos**, empleando **hidrogramas unitarios** para representar la respuesta hidrológica frente a una lluvia neta de volumen unitario (altura 1 mm) y cuya duración es igual al paso temporal de la simulación, de 6 minutos.

Existen diversos métodos para la deducción del hidrograma unitario (HU) de una cuenca, entre los que se encuentran los sintéticos, que son un conjunto de hidrogramas obtenidos a partir de datos geomorfológicos e hidrológicos de cada subcuenca. La precisión de estos **hidrogramas unitarios sintéticos** depende del grado de concordancia entre la cuenca original a partir de la cual fueron determinados y la cuenca sobre la cual vayan a ser aplicados.

Entre los diferentes hidrogramas unitarios sintéticos se ha elegido el **HU del SCS**, pues se ajusta bastante bien al comportamiento hidrológico de la zona. Este hidrograma unitario fue determinado por el SCS tras analizar numerosos hidrogramas unitarios de cuencas rurales de reducido tamaño. Dicho hidrograma unitario se basa en dos parámetros, el tiempo al pico ( $t_p$ ) y el caudal pico ( $Q_p$ ), que se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{dp}$$

$$Q_p = \frac{P \cdot A}{4,8 (\left(\frac{\Delta t}{2}\right) + t_{dp})}$$

Donde:

P = precipitación, en mm

A = superficie de la cuenca, en Km<sup>2</sup>

$\Delta t$  = duración de la precipitación para la que se obtiene el HU, en horas

$t_{dp}$  = tiempo de desfase al pico, en horas





De estos cuatro parámetros, tres son conocidos ( $P$ ,  $A$  y  $\Delta t$ ), por haber sido determinados en el modelo de producción, por lo que para la determinación del HU se precisa de un único parámetro, el tiempo de desfase al pico, cuya determinación, según la formulación original del SCS, es:

$$t_{dp} = \frac{1}{31,4} L^{0,8} \frac{\left[ \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right) \right]^{0,7}}{J^{1/4}}$$

Siendo:

$L$  = longitud del curso principal de la cuenca, en Km

$J$  = pendiente media del curso principal de la cuenca, adimensional

$CN$  = número de curva del SCS, adimensional.

Sin embargo, en el modelo se ha estimado el tiempo de desfase al pico asumiendo la aceptada relación existente entre éste y el tiempo de concentración de la cuenca (0,35), pues así se obtiene un HU que reproduce una respuesta más rápida y brusca en la misma. Por ello, se ha asumido un tiempo de desfase al pico igual a multiplicar por 0,35 el tiempo de concentración de Témez:

$$t_{dp} = 0,35 \left[ 0,3 \left( L/J^{1/4} \right)^{0,76} \right]$$

Este tiempo de desfase al pico, denominado en el HEC-HMS como "**Lag Time**", condiciona el máximo intervalo temporal de la simulación. El propio HEC-HMS especifica que el intervalo de paso temporal no debe superar el 29% del mínimo tiempo de desfase al pico del sistema hidrológico. Este condicionante lo imponen las subcuenca más pequeñas, y en el sistema que nos ocupa el mínimo tiempo de concentración lo determina la menor subcuenca, la denominada como "Juan\_de\_Mora\_Baja", con un área de 7,34 Km<sup>2</sup> y un  $t_c$  de 2,64 h. El límite máximo intervalo de paso temporal posible es por lo tanto, en horas:

$$\max \Delta t = 0,29 * 0,35 * t_c = 0,29 * 0,35 * 2,64 = 0,27$$





Con lo que se comprueba que se cumple esa premisa ya que el paso temporal elegido de 6 minutos, lo que equivale a 0,1 horas; es inferior al límite determinado de 0,27 horas (que equivaldría a 16 minutos).

#### 4.5.2.4 MODELO DE PROPAGACIÓN EN CAUCES

El modelo de propagación en cauces permite la adecuada traslación de los hidrogramas de crecida entre los restantes elementos del modelo hidrológico, así como la adecuada agregación de los mismos en los puntos en los que se producen combinaciones de hidrogramas.

Este modelo de propagación estima el movimiento de la onda de crecida a través del sistema fluvial, que va modificando su forma y el tiempo de punta debido a los efectos de almacenamiento y fricción que se producen en los cauces.

Existen dos tipologías generales de **cálculo de la propagación de hidrogramas en cauces**: hidráulicos e hidrológicos. Los métodos hidráulicos resuelven las ecuaciones diferenciales del flujo transitorio en cauces abiertos, en tanto que los métodos hidrológicos, más simples, generalmente emplean la ecuación de continuidad y las relaciones existentes entre caudal circulante y volumen almacenado.

En el modelo hidrológico elaborado se han dispuesto 2 tramos de propagación. El primero de ellos se corresponde con el encauzamiento existente en Nules, que rodea el borde occidental y meridional de la ciudad. El segundo de ellos se corresponde con el barranco Juan de Mora, desde la confluencia con el barranco Randero hasta el punto de desagüe de la cuenca. En ambos se ha optado por emplear el método de Muskingum.

El método de Muskingum, el más empleado en hidrología, es un método de tránsito agregado de crecidas en cauces basado en una adaptación de la ecuación de continuidad. Modela el almacenamiento volumétrico de la crecida en un tramo de cauce mediante la combinación de los denominados almacenamientos de cuña y prisma. Durante el avance de la onda de crecida, el caudal de entrada al tramo es mayor que el de salida (almacenamiento en





cuña positivo) y durante la recesión de la crecida el caudal de salida es mayor que el de entrada (almacenamiento en cuña negativo). Adicionalmente existe un almacenamiento en prisma formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo de su longitud.

El método de Muskingum estima ambos almacenamientos mediante la siguiente ecuación:

$$S = K [X I + (1 - X)Q]$$

Donde:

S = almacenamiento

I = caudal de entrada al tramo

Q = caudal de salida del tramo

K = coeficiente de proporcionalidad

X = factor de ponderación dependiente de la forma de almacenamiento por cuña modelado

El parámetro X varía de 0 (para un almacenamiento tipo embalse) a 0,5 (para una cuña completamente desarrollada). En cauces naturales X se encuentra entre 0 y 0,3. En cualquier caso el modelo es muy poco sensible a este parámetro. El parámetro K es el tiempo de viaje de la onda a través del tramo de cauce. Aunque ambos parámetros dependen de la magnitud del caudal circulante, en el tránsito agregado se suponen constantes para todo rango de flujo.

El modelo HEC-HMS requiere de tres parámetros para el modelo de Muskingum. Los parámetros necesarios son K, X y el número de subtramos (que recomienda obtener como el cociente entre el tiempo de viaje de la onda a través del tramo de propagación y el lapso de tiempo de propagación).





Al ser el parámetro K el tiempo de viaje de la onda a través del tramo de cauce, en horas, su estimación puede hacerse a partir de la longitud del tramo, conocida, y la velocidad de la onda (que puede estimarse como 1,5 veces la velocidad del flujo en el tramo). Aproximada una velocidad de flujo en cauce se obtiene la velocidad de la onda, y a partir de la misma, con la longitud del tramo, se determina el tiempo de viaje de la onda, igual a K.

Conocido K puede obtenerse el número de subtramos, ya que se recomienda estimar el mismo como el cociente entre el tiempo de viaje de la onda (K) y el lapso de tiempo computacional (0,1 horas). Por lo tanto, el número de subtramos es igual a 10 veces K (en horas), redondeando hasta la unidad.

La estimación del parámetro X no es problemática en tanto que el modelo es muy poco sensible al mismo. La aproximación de este parámetro se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la condición de estabilidad de Muskingum. Esta condición puede observarse gráficamente representando, para cada tramo, el punto de coordenadas ( $X, \Delta t/K$ ); y observando su posición respecto a un área de estabilidad limitada por el triángulo cuyos vértices se sitúan en los puntos (0,0); (0,5,1); y (0,2). El resultado de representan estos puntos para los 2 tramos de propagación se representa a continuación:

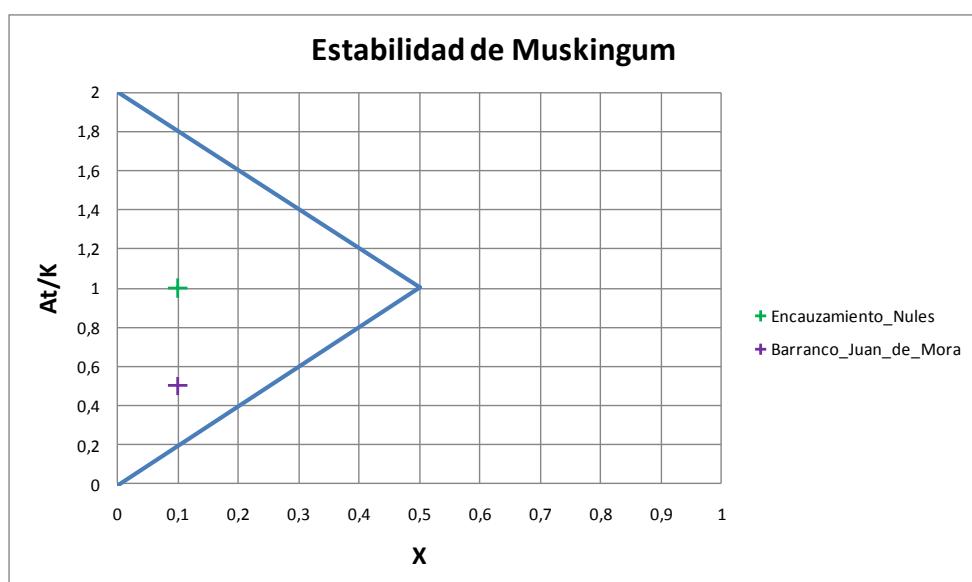


Fig. 14.- Comprobación de estabilidad de Muskingum para los tramos de propagación del modelo





En la figura se observa como todos los puntos representados quedan dentro del triángulo azul, lo que asegura su estabilidad. En los dos tramos se ha tomado un valor de X igual a 0,1. Ello supone una situación más cercana a un embalse que a una cuña completamente desarrollada, lo que cuadra con la geomorfología de la zona de estudio, de cursos bajos de cauces y vaguadas tendidas. En todo caso **la máxima laminación provocada con estos valores no llega a superar los 5 m<sup>3</sup>/s, y éstos sobre un caudal circulante de 500 m<sup>3</sup>/s, lo que supone una reducción de apenas un 1% sobre el caudal de entrada.**

#### 4.5.2.5 MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA MARJAL DE NULES-BURRIANA

##### 1. Elección del modelo hidrológico a emplear

El objetivo del modelo hidrológico planteado es poder determinar, a partir de sus resultados, las zonas en riesgo de inundación dentro de la marjal de Nules-Burriana. Para poder llevar a cabo esta tarea es necesario disponer de los outputs adecuados en el modelo hidrológico. Ello exige decidir previamente qué tipo de modelación va a llevarse a cabo en la marjal.

Al igual que en el caso de los cauces, la modelación de la marjal puede llevarse a cabo empleando métodos hidráulicos o métodos hidrológicos. Tal y como se ha explicado anteriormente, los métodos hidráulicos resuelven las ecuaciones diferenciales del flujo transitorio en tanto que los métodos hidrológicos, más simples, emplean la ecuación de continuidad y las relaciones existentes entre caudal circulante y volumen almacenado.

En este caso los métodos hidráulicos a emplear deben ser modelos bidimensionales, en consonancia con el flujo que se establece en la zona, ya que el cauce del barranco de Betxí desaparece tras pasar la AP-7 y la capacidad del cauce del barranco Juan de Mora es insuficiente para evacuar los caudales de avenida. Dichos modelos presentan el inconveniente de necesitar un aparato matemático considerable y de ser muy sensibles ante variaciones en los parámetros de entrada (topografía, cubierta de suelo...) y en las condiciones de contorno (puntos de aporte de caudales y zonas de salida de los mismos). Ello implica en general un proceso relativamente largo de





introducción de datos en el modelo, de simulación de los mismos y de calibración.

Por ello se ha descartado el empleo de un modelo hidráulico, ya que los modelos hidrológicos permiten, con un aparato matemático mucho más sencillo, lograr unos resultados cuyo detalle se halle acorde con la escala de los datos de referencia (1:5000) y con la escala del propio Plan General de Burriana. Únicamente podría justificarse una precisión mayor en la determinación de las zonas de riesgo si ello fuera imprescindible para establecer condiciones de ordenación, impedir o permitir una reclasificación dudosa en primer término o imponer medidas correctoras a un sector urbanizable, lo que no es el caso que nos ocupa, en el que la zona potencialmente inundable de la marjal se sitúa muy lejos de cualquier área que se pretenda reclasificar en el nuevo Plan General de Burriana, salvo el caso de quizá el sector Pedrera Port, cuya afección sería en todo caso parcial. En este caso, si fuera preciso imponer medidas correctoras, los dimensionamientos efectuados en el presente estudio deberán revisarse en detalle cuando se proyecten las mismas.

Se emplearán, por tanto, en la obtención de los riesgos de inundación asociados a la marjal de Nules-Burriana, **modelos hidrológicos**, ya que presentan una mayor sencillez matemática y el nivel de detalle de los resultados que se obtendrán es adecuado a la escala del estudio y del propio Plan General de Burriana. Dichos modelos pueden, además, ser simulados en el propio HEC-HMS, lo que evita las necesidades de recurrir a un software distinto, evitando el proceso de exportación e importación de datos que ello requiere.

La elección del modelo hidrológico que simulará los procesos que ocurren en la marjal debe reflejar adecuadamente el funcionamiento de la misma. Para ello es necesario, en primer lugar, determinar cuáles son estos procesos.

Para poder determinar los procesos de inundación a los que se ve sujeta la marjal de Nules-Burriana es necesario estudiar geomorfológicamente la misma. Dicha descripción se ha realizado anteriormente, en el estudio geomorfológico, pero van a puntualizarse algunos aspectos de la misma de forma que pueda examinarse la adecuación del modelo hidrológico propuesto al funcionamiento que, en realidad, se produce en la marjal.





En el estudio geomorfológico se ha descrito la marjal como un semiendorreísmo local que funciona, durante episodios de lluvia, como un embalse. El carácter semiendorreico de la zona puede observarse en la siguiente imagen del MDT 5 anteriormente indicado.

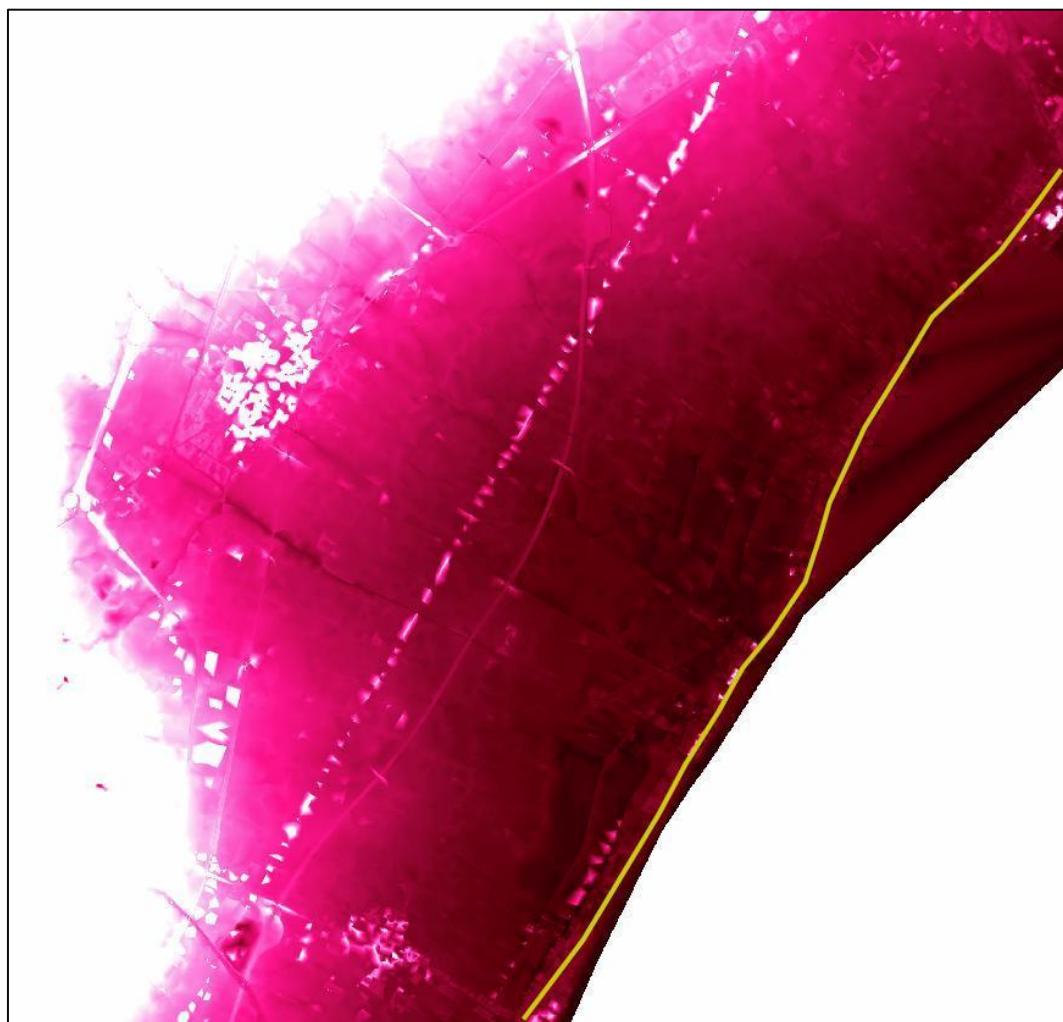


Tabla 14.- Modelo Digital del Terreno de la marjal de Nules-Burriana con línea de costa

Como puede observarse, se aprecia la existencia de una **zona deprimida que abarca la franja costera comprendida entre el puerto de Burriana y la playa de Moncofa**. Dicho semiendorreísmo presenta una longitud transversal (medida en perpendicular a la costa) más desarrollada en la zona central de la marjal, en término municipal de Nules, mientras que en sus extremos los límites del semiendorreísmo se sitúan más cerca de la costa, producto de los abanicos aluviales del Mijares y el Anna al norte y del Belcaire al sur. También se observa cómo una infraestructura viaria (la AP-7, reconocible por los puentes que la





cruzan) divide el semiendorreísmo, aislando el sector más occidental del mismo del resto.

Se aprecia asimismo cómo la restinga de la marjal, o cordón costero, se halla ligeramente más elevada que los terrenos circundantes, lo que indica la existencia de una zona en la que se acumula agua en caso de lluvia. Por lo tanto puede considerarse que, **hasta cierta cota** (dependiendo de la cota de la restinga) **la marjal funciona efectivamente como un embalse**, ya que las aguas quedan retenidas debido a la depresión existente. En cambio, para cotas superiores, se produce un vertido al mar a través de la restinga.

Con el fin de determinar la cota de la restinga a partir de la cual su funcionamiento deja de asemejarse al de un embalse, se ha obtenido un perfil de la línea de costa mostrada en la figura anterior, tomando cotas cada 5 metros (tamaño de celda del MDT 5). Dichas cotas se han ordenado, presentándose en la siguiente gráfica:

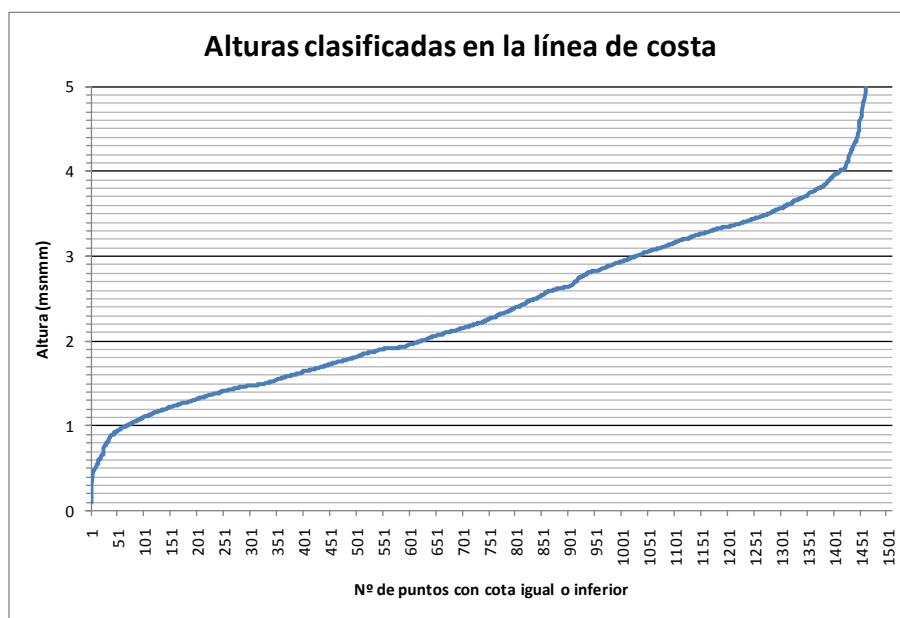


Fig. 15.- Alturas clasificadas de la línea de costa de la marjal de Nules-Burriana

Como se aprecia, hay muy pocos puntos cuya cota esté por debajo del metro (un 3%), con lo cual su aproximación al funcionamiento como embalse es acertada hasta dicha cota. En cambio, entre este valor y los 4 metros, el suponer que funciona como un embalse pierde exactitud de forma lineal. Los





puntos por debajo de 1,5 metros suponen el 25% del total, por debajo de 2 metros el 40%, por debajo de 3 metros el 70% y por debajo de 4 metros el 93%, correspondiendo el 7% restante a ubicaciones puntuales en las cuales las construcciones costeras superan este valor.

Puede concluirse, por tanto, que **por debajo de 1 metro** de cota, **la marjal funciona de forma parecida a** como lo haría **un embalse**. Entre 1 y 1,5 esta hipótesis va perdiendo validez conforme sube la cota, aunque para 1,5 todavía podría tomarse como una buena aproximación. En cambio, **para valores superiores a 1,5 metros**, suponer un funcionamiento análogo al de un embalse supone tomar **cotas ligeramente conservadoras**, aunque ello queda del lado de la seguridad. **Es dudoso que en la realidad se alcancen cotas medias superiores a los 2 metros** (de forma local sí podrían presentarse), **ya que a esa cota el vertido por rebose al mar se produce a lo largo de una longitud de restinga considerable**.

Por las razones expuestas se ha optado por emplear, en la simulación hidrológica de los procesos de inundación que ocurren en la marjal de Nules-Burriana, un **modelo de funcionamiento de embalse**. Dicho modelo se considera como **bien aproximado hasta una cota de 1,5 metros; y algo conservador entre los 1,5 y los 2 metros**, ya que a partir de estas alturas el rebose de la marjal por la restinga empieza a adquirir relevancia. No obstante, al quedar del lado de la seguridad, por producir cotas mayores, el despreciar dicho rebose, **se considerarán como válidas las cotas hasta los 2 metros, y algo conservadoras las que se sitúen por encima de los 2 metros, aunque se seguirán tomando como aceptables hasta 2,5 metros al estar del lado de la seguridad**.

## 2. Determinación de los elementos que componen el modelo de embalse

Una vez definido el modelo hidrológico a emplear en la modelación de la marjal, es necesario determinar todos los elementos a introducir en el HEC-HMS para formar dicho modelo, que deben ajustarse al funcionamiento real de la misma. Para ello es necesario profundizar en el análisis geomorfológico del terreno, centrándose en particular en todos los elementos característicos de la marjal.





Se observa, por ejemplo, cómo la AP-7 divide en dos el semiendorreísmo. Por tanto no es posible simular toda la marjal empleando un único elemento de embalse, ya que la infraestructura provoca una retención del agua, que sólo puede atravesar la carretera a través de las obras de paso dispuestas en la misma.

Por tanto, los procesos de inundación que ocurren en la zona situada al oeste de la carretera son diferentes de los que ocurren en el este, ya que dichas zonas se hallan separadas por la vía de comunicación. Por esta razón deberán simularse ambas áreas por separado, es decir, empleando dos embalses.

Como ya se ha comentado, **los procesos de inundación que ocurren en la marjal se ven influídos por las obras de paso de la AP-7**, ya que éstas determinan el caudal remansado al oeste de la carretera y el caudal que entra al este de la misma. Por tanto deben ser incluidas en el modelo, bien dentro del elemento embalse, bien de forma independiente. Idéntico razonamiento puede realizarse con las golas y colectores que atraviesan la restinga permitiendo el drenaje y el control del nivel del agua en la marjal de Nules-Burriana, ya que determinan la cantidad de agua que inunda el área situada entre la AP-7 y la restinga.

La decisión de incluir el efecto de las obras de paso dentro o fuera de los elementos “embalse” del HEC-HMS depende de la independencia o dependencia que dichos procesos tengan en la realidad. Es decir, si es necesario que se produzca la inundación de parte del terreno para que las obras de paso funcionen, o si éstas funcionan independientemente de que el terreno se halle inundado o no. El primer caso se corresponde con un terreno en el cual no existen cauces definidos y el flujo es difuso, remansándose el agua por efecto de la AP-7 hasta que las obras de paso logran trasegar todo el caudal. El segundo caso se corresponde con unos cauces bien definidos y cuya capacidad es superior a las obras de paso, por lo que el flujo se restringe a la zona de cauce hasta que la obra de paso se ve saturada y, por remanso, se desborda el cauce aguas arriba.

En la realidad, en la marjal de Nules-Burriana se produce una mezcla de ambos procesos, ya que si bien existen cauces aceptablemente definidos en el caso del barranco de Betxí y del Juan de Mora, hay dispuestas obras de paso





no relacionadas con ningún cauce y que, por tanto, sólo evacuan caudales en caso de que los barrancos desborden y las aguas desbordadas alcancen su ubicación.

Sin embargo no es estrictamente necesario que deba producirse una inundación para que la AP-7 pueda evacuar caudales, ya que existen cauces que pueden llevar las aguas hasta las obras de paso dispuestas en los mismos sin producir un desborde generalizado que origine una acumulación de agua embalsada.

En caso de avenida, los caudales evacuados por los barrancos son contenidos por los mismos y el terreno adyacente hasta alcanzar las obras de paso de ambos cauces. Cuando las obras de paso se saturan se empieza a acumular agua en la zona, hasta que ésta alcanza las restantes obras de paso. Es decir, no empieza a acumularse agua en la zona hasta que las dos obras de paso de los barrancos se hallan saturadas. Las tres restantes obras de paso sí precisan de la existencia de una zona inundada por acumulación de agua para funcionar, ya que sin esa inundación el agua no las alcanza.

Puede concluirse, por tanto, que no es preciso que deba inundarse la zona al oeste de la AP-7 para que las obras de paso empiecen a funcionar, sino que son dos procesos independientes, ya que hay dos obras de paso que no precisan de inundación para evacuar caudales. Debido a esto, las obras de paso no serán introducidas en el elemento "embalse" del HEC-HMS, sino que serán introducidas en otro elemento diferente, en este caso un elemento "diversión", el cual permitirá dividir los flujos entre aquella parte que cruza la AP-7 y la que permanece estancada. La determinación del caudal a partir del cual se produce estancamiento se indica posteriormente.

En el caso de la zona situada entre la AP-7 y la costa, la capacidad de drenaje de la marjal (a través de las obras de paso de la restinga) es mucho más limitada, ya que únicamente se dispone de una gola principal (la gola del barranco Juan de Mora), y varias golas secundarias, las cuales reciben el agua de las acequias que recorren toda la marjal para permitir el drenaje de la misma.





En este caso no puede tomarse como argumento, para asegurar la independencia del funcionamiento de las obras de paso de los procesos de inundación, la existencia de cauces que permitan conducir adecuadamente los caudales hasta las obras de paso, ya que el barranco de Betxí desaparece y la capacidad del Juan de Mora es insuficiente para evacuar cualquier caudal de avenida que sea mínimamente importante.

Puede suponerse, sin embargo, dicha independencia de procesos teniendo en cuenta los dos siguientes factores:

- La capacidad de desagüe de las golas es muy reducida, por lo que con un mínimo caudal el agua empezará a acumularse en la marjal.
- Existe una red de acequias en toda la marjal que permite llevar el agua a las golas, y cuya capacidad es acorde con la de las mismas.

El factor clave es la adecuación entre la capacidad de las acequias y de las golas que drenan la marjal. Dicha adecuación permite que, para caudales muy bajos, las acequias puedan transportar el agua hasta las golas sin producir inundaciones en la marjal, de forma que la saturación de acequias y golas se produzca casi simultáneamente. Por tanto, para caudales bajos, no se produce inundación, ya que las acequias son capaces de drenar la marjal. Cuando se saturan las acequias y las golas, la marjal se halla sometida a un proceso de inundación por llenado, ya que las golas se han saturado antes de que se inicien los procesos de inundación, por lo que no pueden evacuar un mayor caudal.

Por tanto los procesos de drenaje por golas e inundación de la marjal son independientes, ya que las golas se saturan antes de que empiece la inundación, dada la red de acequias existente y la escasa capacidad de las golas, que es semejante a la de las acequias.

Por tanto, al igual que en el caso del área al oeste de la AP-7, la zona oriental de la marjal se introducirá mediante dos elementos: un "embalse" y una "diversión". La determinación del caudal a partir del cual se produce estancamiento se indica posteriormente.





Recapitulando todo lo indicado anteriormente, se ha dividido la zona semiendorreica local de la marjal de Nules-Burriana de la siguiente forma:

- Se ha subdividido la marjal en dos zonas, divididas por la AP-7.
- Cada una de las zonas se ha simulado mediante dos elementos: un elemento “embalse” y un elemento “diversión”.

A continuación se expone la parte del modelo hidrológico correspondiente a la marjal.

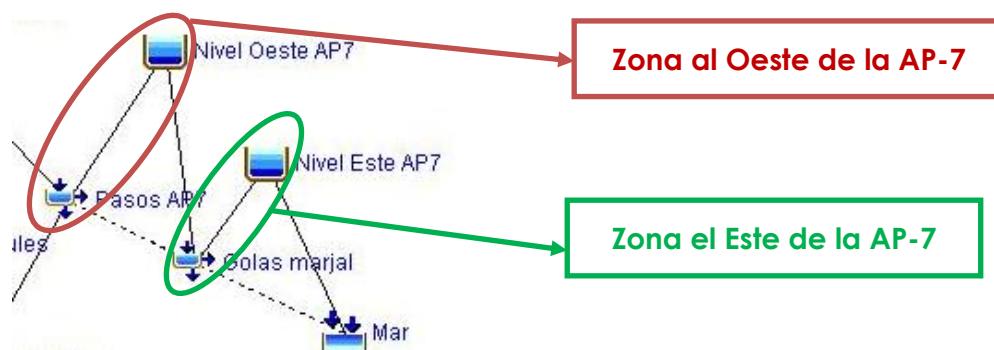


Fig. 16.- Detalle del modelo hidrológico en la marjal de Nules-Burriana

Como se observa en la imagen, el elemento situado hidrológicamente aguas arriba es la diversión “Pasos AP-7”, que deriva los caudales a la diversión “Golas Marjal” hasta que su capacidad se satura, derivando los excesos hasta el embalse “Nivel Oeste AP-7”, que simula la acumulación de agua en la zona de la marjal al oeste de la AP-7. El agua que cruza las obras de paso se dirige hacia el elemento de diversión “Golas marjal”, que deriva los caudales hacia el mar hasta su saturación, momento a partir del cual el agua es introducida en el embalse “Nivel Este AP-7”, que simula la acumulación de agua en la zona de la marjal situada entre la AP-7 y la costa.

A continuación se indican los parámetros que se han introducido en los elementos anteriores para adecuar el reparto de flujos del modelo hidrológico al modelo real.





### 3. Parámetros a introducir en los elementos de diversión u obras de paso

En el modelo hidrológico se han introducido como elementos de diversión, los siguientes:

- Obras de paso de la AP-7.
- Golas de drenaje de la marjal de Nules-Burriana.

El único parámetro que necesita un elemento de diversión es el caudal a partir del cual el flujo será derivado hacia una vía de flujo diferente. El elemento de diversión permitirá el paso de caudales por la vía de flujo principal del terreno (en discontinua en el HEC-HMS debido a que en la programación del mismo se concibió el elemento “diversión” como una derivación de caudales de un cauce en lugar de una limitación al caudal circulante, por lo que para el programa esta vía es la secundaria) hasta el caudal que se le indique, derivando el exceso sobre el mismo a la otra vía de flujo (en continua en el HEC-HMS por las razones anteriormente indicadas).

En el modelo se han agrupado todas las obras de paso de la AP-7 y todas las golas de la marjal en dos elementos, lo que implica que la capacidad de diversión de los mismos es la suma de las capacidades de todas las obras de paso y de todas las golas, respectivamente. Ello supone admitir que no empieza el proceso de acumulación de agua hasta que todas las obras de paso se hallen saturadas. Esta hipótesis refleja la realidad de forma más acertada en el caso de las golas, tal y como se ha indicado anteriormente, que en el caso de las obras de la AP-7, ya que como se ha expuesto hay tres de ellas que precisan la existencia de cierta acumulación de agua para funcionar.

Sin embargo, se ha despreciado esta acumulación parcial de agua, ya que como se comprobará en el apartado de riesgos, ésta se produce únicamente en la zona cercana al barranco Juan de Mora y sólo para un periodo de retorno de 25 años, disponiéndose el riesgo asociado a esta avenida en dicho barranco mediante el proyecto de encauzamiento que se ha indicado en apartados anteriores.





En el caso de las golas, se dispone de la capacidad de desagüe de la gola del barranco Juan de Mora, estimada en el proyecto de encauzamiento del mismo en  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , dada la escasa pendiente de la misma. Esta gola es la principal de la marjal, y a ella confluyen numerosas acequias de la marjal. Existe otra gola situada en el camino del Marge, dentro del término municipal de Burriana, así como varios colectores de drenaje que discurren bajo la restinga. Sin embargo la capacidad de estos elementos es muy limitada debido a sus escasas dimensiones y la baja pendiente del terreno. Su efecto conjunto se ha evaluado, de forma aproximada, en  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que supone una capacidad de drenaje de la marjal, introducida en el modelo, de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Fig. 17.- La gola del barranco Juan de Mora, vista desde el carrer de l'Estany hacia aguas arriba

En el caso de las obras de paso de la AP-7, se han ubicado un total de 5 instalaciones cuyo flujo posterior finaliza en la marjal de Nules-Burriana, mostradas en la siguiente imagen.



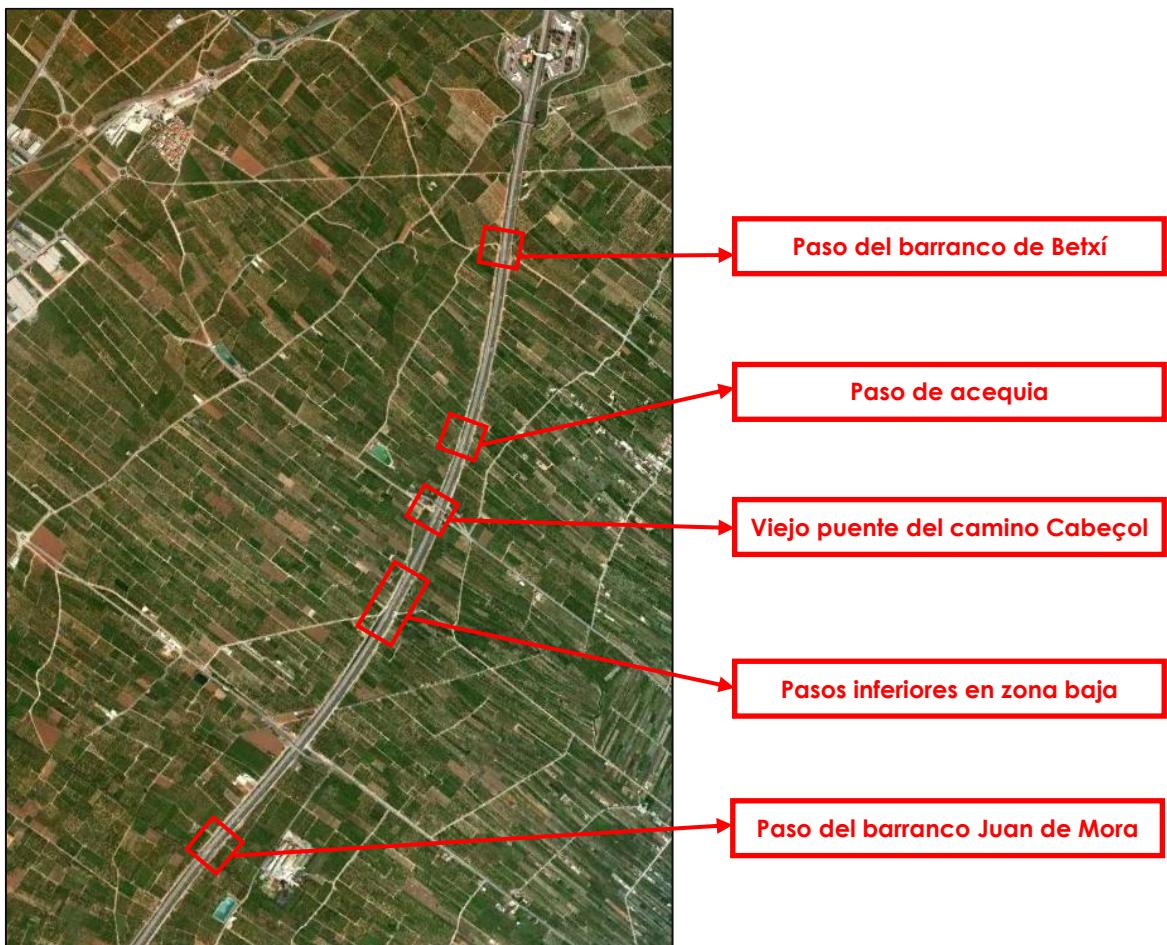


Fig. 18.- Ubicación de las obras de paso a la marjal de Nules-Burriana en la AP-7

La distribución de las obras de paso en relación con los límites geomorfológicos del semiendorreísmo provoca que las correspondientes a los dos barrancos (Betxí y Juan de Mora) se hallen en los extremos, lo que implica que en caso de insuficiencia de las mismas el flujo desbordado en el barranco de Betxí se dirigirá invariablemente hacia el sur, mientras que el correspondiente al barranco Juan de Mora será evacuado indefectiblemente hacia el norte.

En lo que respecta a las tipologías, todas las obras excepto los pasos inferiores se corresponden con puentes de dos vanos (salvo en el caso de Betxí, con tres vanos) y con longitudes parecidas, próximas a 40 metros en los dos barrancos y en torno a 30 metros en los otros dos casos. A continuación se muestra, como ejemplo, el viejo puente del camino del Cabeçol, hoy reemplazado por un paso superior.





Fig. 19.- Viejo puente de la AP-7 sobre el camino del Cabeçol.

Los pasos inferiores presentan una altura inferior a los puentes, con gran mayoría de los mismos sin alcanzar el metro de altura. Por su tipología y su ubicación en la zona más deprimida del entorno puede adivinarse que su función es impedir la acumulación de agua en la misma en episodios de lluvias. A continuación se muestra una imagen de los mismos.



Fig. 20.- pasos inferiores situados en la AP-7 al norte del barranco Juan de Mora





Dada la semejanza de tipologías que presentan la mayoría de las obras de paso, sus capacidades son prácticamente idénticas, salvo por la mayor o menor longitud en perpendicular al flujo (que en todo caso es muy parecida, ya que las oscilaciones son de escasos metros).

En el proyecto de encauzamiento del barranco Juan de Mora se estima una capacidad de 70 m<sup>3</sup>/s para la obra de paso de la AP-7 sobre el mismo, por lo que las capacidades de las tres obras anteriores se sitúan en torno a ese número. Se ha optado por asignar dicha capacidad a la obra del barranco de Betxí, ya que su longitud es idéntica pese a contar con 3 vanos, y se ha reducido ligeramente para las otras dos obras de paso, ya que su longitud es ligeramente inferior. En lo que respecta a los pasos abovedados, se les ha asignado una capacidad ligeramente superior a las otras obras de paso, ya que aunque presentan una longitud mayor, su altura es reducida. A continuación se muestran las diversas capacidades estimadas, en m<sup>3</sup>/s, y la capacidad total, introducida en el modelo HEC-HMS.

Paso Juan de Mora	Pasos abovedados	Paso viejo Cabeçol	Paso acequia	Paso Bco Betxi	TOTAL
70	90	60	60	70	350

Tabla 15.- Capacidades de las obras de paso de la AP-7 en m<sup>3</sup>/s

#### 4. Parámetros a introducir en los elementos de embalse o zonas semiendorreicas

El objetivo de los elementos “embalse” del HEC-HMS es determinar el nivel que alcanza el agua acumulada en las dos zonas en las que se ha dividido la marjal.

Los parámetros a introducir en los elementos “embalse” del HEC-HMS dependen del método de laminación (*Routing method*) que se emplee, ya que cada método precisa una información diferente.

El programa HEC-HMS permite elegir entre 3 métodos diferentes para introducir la laminación producida en embalses, como son los siguientes:





- a) Curva de descarga (*outflow curve*): en el cual se adopta una relación biunívoca creciente entre el almacenamiento del embalse y el caudal de salida del mismo, por lo que a cualquier volumen almacenado el programa asigna un único caudal de salida.
- b) Descarga especificada (*specified release*): en el cual se supone que la descarga es conocida durante la totalidad del periodo de simulación, con lo cual el programa se limita a asignar el caudal de salida indicado para cada lapso de tiempo, siempre que disponga de suficiente volumen almacenado.
- c) Descarga a través de estructuras (*outlet structures*): en el cual se introducen las características y dimensiones de las estructuras de descarga existentes en el embalse.

Para elegir un método de laminación es necesario recordar las consideraciones efectuadas en relación al modelo hidrológico de la marjal:

- El efecto de las obras de paso se ha independizado del elemento "embalse" ya que se considera que el funcionamiento de las obras de paso no se halla condicionado por ningún proceso de inundación.
- Se ha despreciado el rebose de la marjal por la restinga.

Teniendo en cuenta ambas consideraciones, se ha optado por un modelo de descarga especificada, ya que es el que se adapta mejor a la separación realizada entre obras de paso y golas y agua acumulada en el terreno, así como el que permite una modificación más sencilla y un control total sobre el caudal que el modelo descarga.

El modelo de descarga especificada requiere de la siguiente información:

- Método de almacenamiento (*storage method*): Se puede elegir entre una curva cota-volumen o una curva cota-área.





- Condición inicial (*Initial condition*): Se puede elegir entre una cota determinada o un volumen determinado.
- Tabla tiempo-descarga (*discharge gage*): curva característica del modelo de descarga especificada, en la cual se indica para cada intervalo de tiempo el caudal de salida del elemento.

En lo que respecta al método de almacenamiento, se ha optado por una curva del tipo cota-volumen para ambos embalses. Dicha curva es muy fácil de obtener, a partir de un MDT, mediante el empleo de un SIG. A continuación se muestran las curvas cota-volumen obtenidas para las dos zonas en las que se ha dividido la marjal. En ambas las cotas se refieren al nivel del mar.

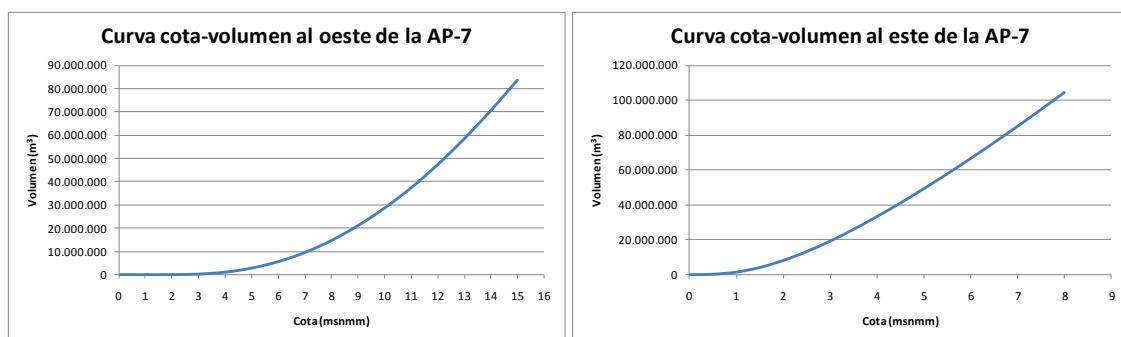


Fig. 21.- Curvas cota-volumen de la marjal de Nules-Burriana

En ambas gráficas se aprecia la forma habitual que presenta dicha curva en vasos de embalse, incrementándose la pendiente de la curva al aumentar la cota, lo que implica que la ganancia de volumen con la altura va aumentando conforme ésta se incrementa.

La condición inicial tomada ha sido, en ambos embalses, de inicio en seco, es decir, volumen almacenado nulo.

En lo que respecta a la tabla tiempo-descarga, la curva que origina debe ser determinada, mediante calibración, a partir de simulaciones previas. Para dichas simulaciones previas ha de ser definida una curva tiempo-descarga de partida, de forma que pueda determinarse la curva definitiva a partir de los resultados obtenidos a partir de la primera.





Esta curva tiempo-descarga cobra importancia en el caso de la zona oeste de la marjal, ya que la descarga de caudales de la misma puede afectar a la zona este, situada hidrológicamente aguas abajo, y provocar una sobreelevación en su calado. En el caso de la zona este, su descarga se produce directamente hacia el mar, por lo que no afecta a ninguna otra zona. Por ello es suficiente con imponer una descarga nula al elemento "embalse" (no permitiendo su vaciado) que simula la acumulación de agua en la zona este; ya que ello no afecta al nivel máximo del agua, como se indicará posteriormente.

Para poder determinar una curva de partida, es necesario examinar el modo en que se comportan las dos áreas de la marjal en avenida. Para ello se muestra, como ejemplo, el hidrograma obtenido para la avenida de 500 años de periodo de retorno en la zona oeste de la marjal, situada hidrológicamente aguas arriba de la oriental.

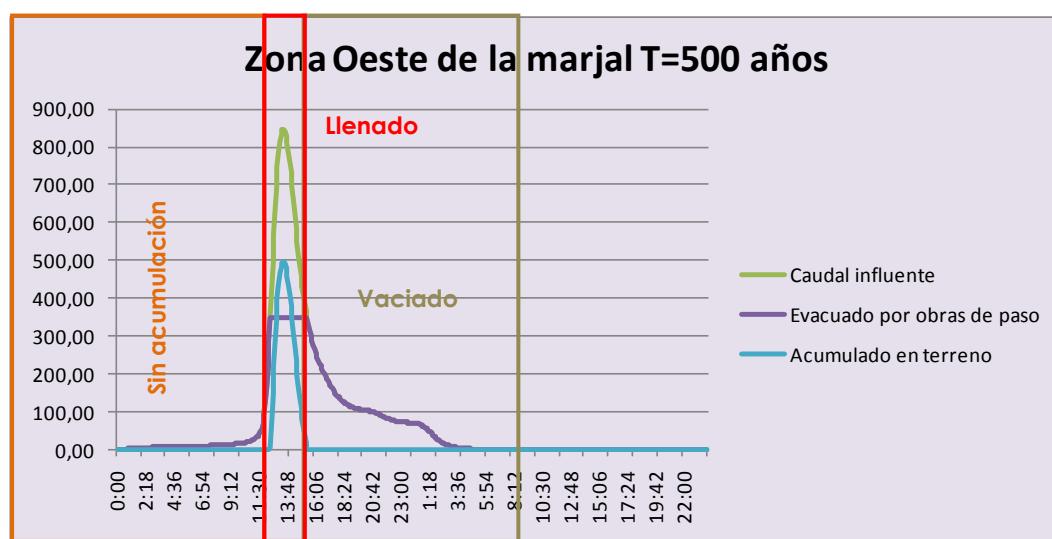


Fig. 22.- Ejemplo de fases de llenado y vaciado de las zonas semiendorreicas de la marjal

Al inicio de la crecida, las obras de paso son capaces de evacuar los caudales, por lo que no se produce ningún fenómeno de acumulación de agua. Una vez las obras de paso se han saturado, empieza a acumularse agua a espaldas de las mismas. El proceso de acumulación de agua continúa mientras el caudal influente a la zona siga siendo superior a la capacidad de las obras de paso. Sin embargo, una vez superada la hora punta, el caudal influente entra en recesión, disminuyendo conforme pasa el tiempo hasta llegar





un momento en el que se iguala a la capacidad de las obras de paso, y después pasa a ser inferior. En ese momento es cuando el volumen de agua almacenada en el terreno es máximo.

El descenso de cota únicamente puede iniciarse cuando el caudal influente, en la zona de recesión del hidrograma, es superado por la capacidad de las obras de paso. A partir de este momento se inicia el proceso de vaciado, ya que al hallarse el agua acumulada en el terreno, las obras de paso continúan saturadas, evacuando el caudal máximo posible, mientras el caudal influente es menor, lo que arroja un almacenamiento negativo. Dicho proceso de vaciado se mantiene hasta que toda el agua acumulada en el terreno es evacuada.

Traducido al modelo hidrológico, la fase de vaciado del elemento "embalse" se inicia cuando el caudal de entrada al elemento "diversión" que simula las obras de paso asociadas al elemento "embalse" anterior, en la recesión del hidrograma, iguala al máximo caudal que dicho elemento de diversión puede conducir aguas abajo del modelo. Es decir, la descarga del elemento "embalse" se inicia cuando finalizan las entradas a dicho elemento. Debido a esto, desde el inicio de la simulación hasta ese instante, la curva tiempo-descarga del elemento "embalse" debe ser nula. El primer objetivo debe ser determinar dicho instante.

También se aprecia como en dicho instante el volumen de agua acumulada es máximo, ya que es cuando finalizan las entradas al elemento "embalse", por lo que éste cuenta en ese instante con todo el volumen que le ha derivado el elemento "diversión", al no haber podido evacuar ninguno por hallarse las obras de paso saturadas.

Dado que dicho instante es independiente de la curva de descarga elegida (puesto que ésta debe ser necesariamente nula hasta el mismo) la curva de descarga inicial que se tomará, en ambos embalses, será una curva de descarga nula, lo que significa que no se permitirá que los elementos embalse se vacíen. Esta curva de descarga nula es ya definitiva en el caso del elemento que simula la zona este, ya que como se ha indicado sus descargas no influyen en ningún otro, al producirse directamente hacia el mar, ni afectan a la cota





máxima del agua, ya que ésta se alcanza inmediatamente antes del inicio del proceso de vaciado.

En esta primera simulación, sin permitir descargas en elementos, la cota máxima de agua que se obtiene en la zona oeste es ya la definitiva, puesto que ésta se produce cuando la descarga no se ha iniciado. En el caso de la zona este no puede decirse lo mismo, ya que no se puede evaluar el efecto que le produce el agua acumulada en la zona oeste en su proceso de vaciado. A continuación se muestra el hidrograma obtenido en la simulación sin descargas en el elemento “embalse” del oeste de la marjal.

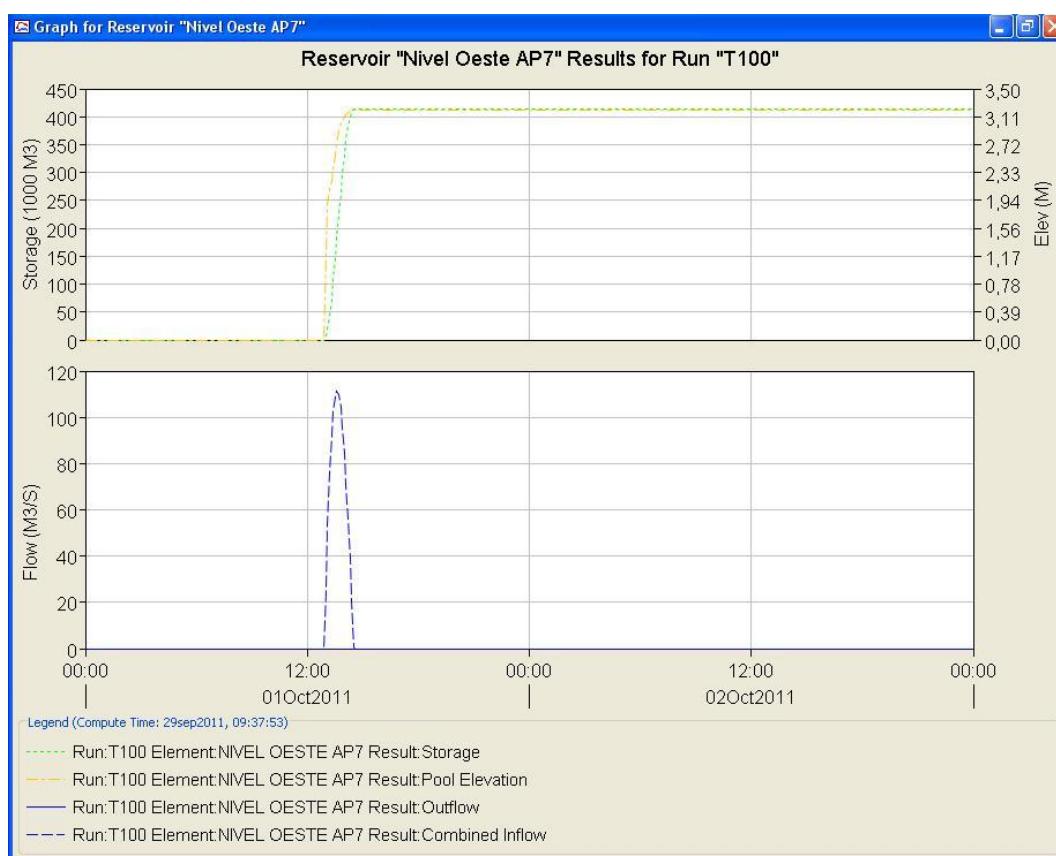


Fig. 23.- Hidrograma obtenido con HEC-HMS en la simulación sin descargas

En el hidrograma anterior el caudal influente, como se indicó con anterioridad, no es el que alcanza las obras de paso de la AP-7, sino el que éstas no pueden evacuar por exceder su capacidad y, por tanto, deriva en una acumulación de agua. La función del elemento de diversión es provocar esa separación de flujos para permitir determinar cuál es el caudal de agua que es





retenido por el terreno. El elemento de embalse convierte ese caudal en volumen y en cota de agua.

La situación que representa el hidrograma no es real, ya que supone que el terreno sigue tras la tormenta con la misma cota máxima que alcanzó durante las lluvias, cuando en realidad empieza a reducirse el agua acumulada en el momento en que el caudal de entrada es inferior a la capacidad de las obras de paso. La curva de descarga es precisamente ese caudal de vaciado, que para el modelo no es el caudal circulante por las obras de paso, sino la diferencia entre el caudal circulante y su capacidad, ya que se las obras de paso se han independizado del elemento "embalse".

Por tanto, para cada instante de tiempo "i", durante la descarga, el proceso de vaciado queda determinado por las siguientes ecuaciones:

$$Q_{v,i} = \min \left[ (Q_{capOP} - Q_{Inf,i}); \frac{V_i}{\Delta t} \right]$$

$$V_{i+1} = V_i - Q_{v,i} * \Delta t$$

Donde:

$Q_{v,i}$ : caudal de descarga del elemento "embalse" en el instante i ( $m^3/s$ )

$Q_{capOP}$ : capacidad de las obras de paso ( $m^3/s$ )

$Q_{Inf,i}$ : caudal influente a las obras de paso en el instante i ( $m^3/s$ )

$V_i$ : volumen del elemento "embalse" en el instante i ( $m^3$ )

$V_{i+1}$ : volumen del elemento "embalse" en el instante i+1 ( $m^3$ )

$\Delta t$ : incremento de tiempo (seg)

Por tanto, la curva tiempo-descarga del elemento "embalse" que simula el oeste de la marjal se define, recapitulando todas las condiciones, mediante las siguientes expresiones:





a) Si  $t \leq t_{OP,rec}$

$$Q_{v,i} = 0$$

b) Si  $t > t_{OP,rec}$

$$Q_{v,i} = \min \left[ (Q_{capOP} - Q_{Inf,i}); \frac{V_i}{\Delta t} \right]$$

Donde  $t_{OP,rec}$  es el instante en el cual el caudal influente a las obras de paso, en su rama de recesión, iguala a la capacidad de dichas obras de paso, como se ha indicado anteriormente.

Esta definición implica tres curvas tiempo-descarga, una por cada periodo de retorno simulado (25, 100 y 500 años), ya que el valor de  $t_{OP,rec}$  depende del periodo de retorno. Sin embargo en las simulaciones realizadas para  $T = 25$  se ha observado como en la zona oeste de la marjal no se produce acumulación de agua. Ello no implica la inexistencia de inundación, sino únicamente la inexistencia de inundación por procesos de acumulación de agua. La zona oeste se halla sujeta, en todo caso, a los procesos de inundación propios del flujo de los barrancos de Betxí y Juan de Mora (que ocupa zonas aledañas a sus cauces por insuficiencia de éstos), y a los procesos de inundación propios de flujo que se produce entre obras de paso, ya que cuando una de ellas se satura se origina un flujo hacia la siguiente, y así sucesivamente hasta igualar el caudal de entrada. Es decir, la zona no se inunda porque el agua sature todas las obras de paso y se remanse, deteniéndose, pero sí se inunda porque los cauces no son capaces de evacuar convenientemente los flujos y porque sí se produce la saturación de alguna obra de paso, lo que origina un flujo que sigue el gradiente del terreno, paralelo a la AP-7, hasta alcanzar otra obra de paso.

Una vez realizadas las simulaciones sin descarga para los diferentes periodos de retorno, que permiten obtener los distintos  $t_{OP,rec}$  y  $Q_{Inf,i}$  del elemento "embalse" oeste (puesto que en el elemento este, como se ha indicado previamente, no es preciso definirlas al no afectar a ningún otro elemento y no influir en la cota máxima del mismo); se construyen las curvas tiempo-descarga para cada periodo de retorno. Una vez realizada esta operación se introducen en el modelo y se simula éste con las mismas, obteniendo resultados como el





hidrograma presentado a continuación, correspondiente al mismo periodo que el anterior, pero con la curva tiempo-descarga implementada.

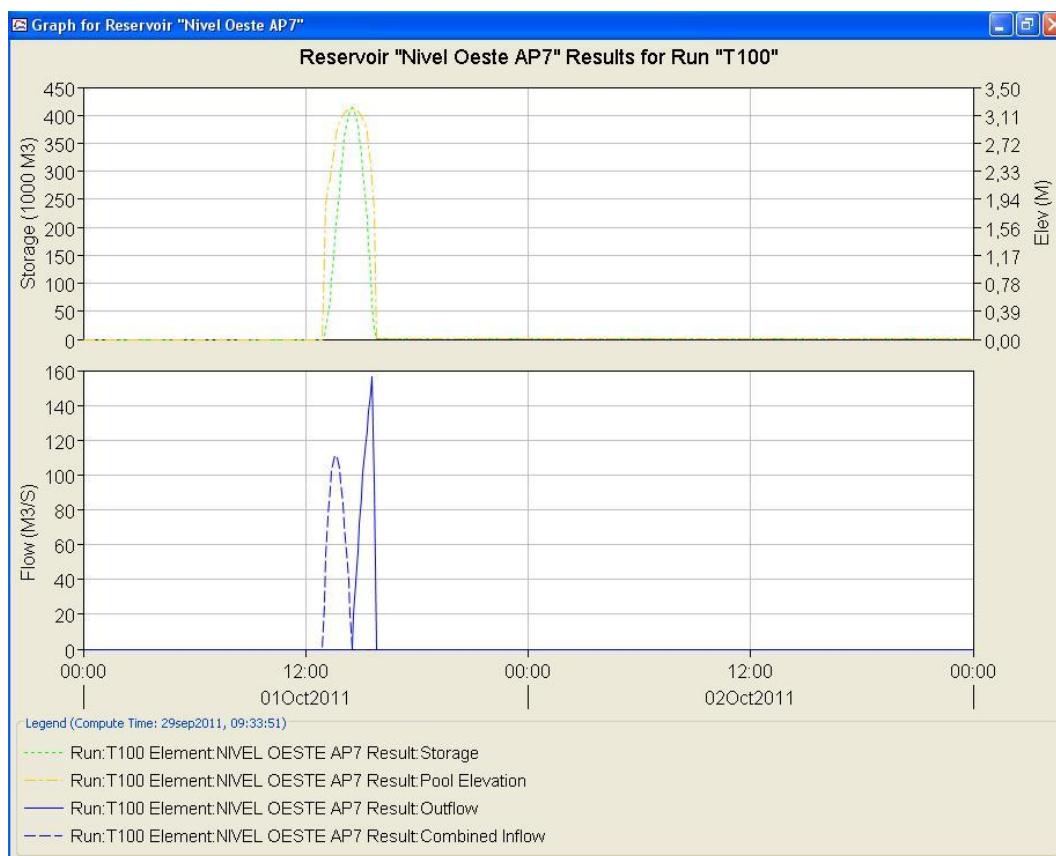


Fig. 24.- Hidrograma obtenido con HEC-HMS en la simulación sin descargas

En el hidrograma se observa cómo, de acuerdo a lo esperado, la cota máxima del agua en el elemento es idéntica a la simulación sin descargas. Sin embargo esta simulación se ajusta mucho más a la realidad, ya que se reproduce la fase de vaciado del elemento.

Por tanto, a la vista de los resultados, se validan las curvas tiempo-descarga obtenidas en el elemento oeste, ya que reproducen la realidad de forma adecuada. En el elemento este se mantiene la simplificación de descarga nula ya que no afecta al nivel máximo del agua y las descargas del mismo no afectan a ningún otro elemento o territorio, puesto que se producen al mar.





#### 4.5.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MODELO HIDROLÓGICO

Una vez descritas las características del modelo, se ha simulado el mismo para las precipitaciones asociadas a períodos de retorno de 25, 100 y 500 años, con el fin de obtener los caudales circulantes en cada punto. Dichos caudales servirán de base a la determinación de zonas con riesgo de inundación y a su interacción con el nuevo Plan General, lo que conducirá al dimensionamiento de las medidas correctoras necesarias para cumplir con PATRICOVA.

Dichos caudales han sido calculados para la situación actual, en base a la que se han obtenido los parámetros hidromorfométricos de los elementos que componen el modelo hidrológico (umbrales de escorrentía, capacidades, curvas cota-volumen...), así como la distribución de flujos adoptada en el mismo. En el futuro, los parámetros susceptibles de sufrir modificaciones son los siguientes:

- Cambios en el esquema de flujos:
  - Ejecución de colectores.
  - Ejecución de canales o derivaciones de caudales.
- Cambios en las subcuencas:
  - Aumento del número de curva y la impermeabilidad (urbanizaciones).
- Cambios en los cauces:
  - Ejecución de encauzamientos.
- Cambios en las obras de paso y/o golas:
  - Modificación de las obras de paso y/o golas actuales.
  - Ejecución de nuevas obras de paso y/o golas.





Para poder determinar si es posible la existencia de cambios en el modelo hidrológico, es necesario realizar las siguientes observaciones para cada posible cambio indicado.

- Cambios en el esquema de flujos:

- No se tiene constancia de que en el futuro vayan a ejecutarse colectores o encauzamientos que supongan un cambio en el esquema de flujos, por lo que no pueden ser tenidos en cuenta. En todo caso, de acuerdo a las directrices de PATRICOVA, ninguna de estas actuaciones debe provocar un aumento en el riesgo de inundación, por lo que no provocarán un empeoramiento respecto a los riesgos actuales.

- Cambios en las subcuenca:

- Actualmente parte de los municipios cuyo terreno comprende las cuencas vertientes del modelo (Nules, Betxí, la Vilavella, Vila-real, Artana y La Vall d'Uixó) se hallan en diferentes fases de revisión del planeamiento urbanístico, por lo que no puede determinarse con seguridad el aumento que los mismos supondrán en el número de curva y/o la impermeabilidad de las subcuenca. Por esto no se tendrá en cuenta ningún aumento de estas características. En lo que respecta a Burriana, único municipio del cual se conoce el planeamiento con seguridad por ser el que motiva el presente estudio, no se prevén desarrollos urbanísticos que afecten a las subcuenca indicadas, por lo que no se produce aumento de impermeabilidad por Burriana.

En todo caso dichos municipios deberán elaborar sus respectivos estudios de inundabilidad para compensar los efectos del proceso urbanizador, por lo que de acuerdo a PATRICOVA la situación futura no será desfavorable respecto a la actual.





- Cambios en los cauces:

- o Actualmente se halla en redacción el proyecto de encauzamiento del barranco Juan de Mora, que no se ha aprobado definitivamente, por lo que no se tiene seguridad en su ejecución. En todo caso, de acuerdo con PATRICOVA, dicho proyecto no deberá afectar negativamente al riesgo de inundación, por lo que los riesgos futuros no deberán ser más desfavorables que los actuales. La ejecución de dicho proyecto sí podría provocar efectos favorables en el riesgo de inundación, pero éstos no serán tenidos en cuenta ya que no se tiene plena seguridad en su ejecución.

- Cambios en las obras de paso y/o golas:

- o Salvo el proyecto del barranco Juan de Mora anteriormente citado, no se tiene constancia de la intención de ejecutar ninguna actuación en relación con las obras de paso de la AP-7 y las golas de la marjal. Tal y como se ha indicado previamente, el proyecto del barranco no deberá empeorar los riesgos de inundación actuales, y los efectos beneficiosos no serán tenidos en cuenta al no tener plena seguridad de su ejecución.

En definitiva, **no se tiene plena seguridad de ninguna actuación fuera del término municipal de Burriana que vaya a provocar un cambio en las condiciones en las cuales se ha elaborado el modelo hidrológico**, tanto en sentido favorable como en desfavorable (en este último caso se incumpliría PATRICOVA, por lo que a priori no deberá producirse). El único municipio en el cual se tiene plena seguridad sobre su desarrollo urbanístico es Burriana, no existiendo ninguna actuación dentro su término municipal que suponga una modificación en el modelo hidrológico, ya que la única parte de Burriana que se sitúa dentro de una cuenca vertiente del modelo (el extremo suroeste al ser vertiente al camino de la Ratlla) se queda fuera de cualquier desarrollo urbanístico previsto.





Se concluye, por tanto, lo siguiente:

- **Ninguna actuación prevista en Burriana puede provocar alteraciones en el riesgo de inundación de la marjal de Nules-Burriana**, ya que no se prevé la ejecución de ningún desarrollo urbanístico o infraestructura en las cuencas vertientes a los cauces que drenan sus aguas hacia la marjal. Por esto, ninguna alteración en el riesgo de inundación en la marjal podrá ser asociada a ninguno de los desarrollos urbanísticos o actuaciones previstas por el Plan General de Burriana.
- **Aunque se tiene constancia de varias actuaciones en materia urbanística o infraestructural que pueden afectar al modelo, no se tiene seguridad sobre ninguna de ellas**, ya que se hallan a día de hoy en fase de elaboración o tramitación. Por tanto no se puede contemplar ningún cambio en las condiciones del modelo hidrológico que pueda suponer, en el futuro, ninguna variación en los caudales, niveles o parámetros adoptados en el mismo.

Debido a esto, todos los resultados obtenidos a partir del modelo realizado, que comprende únicamente las cuencas vertientes a la marjal de Nules-Burriana, se consideran válidos no sólo en la situación actual, sino también en la futura. Remarcarse asimismo que en todo caso la situación futura no puede ser más desfavorable que la actual ya que se incumplirían las directrices de PATRICOVA.

Los resultados máximos obtenidos se indican a continuación. Los hidrogramas se incluyen, a su vez, en el anexo correspondiente. En primer lugar se presentan los caudales de salida obtenidos en las cinco subcuencas que forman el modelo hidrológico, adjuntándose en la segunda tabla los caudales, volúmenes y niveles que afectan a la marjal.





Cuenca	Subcuenca	Punto de vertido	Unidad	T = 25	T = 100	T = 500
Barranco de Betxí	Interfluvio AP-7	Camino la Ratlla	m <sup>3</sup> /s	24,80	53,30	97,60
	Barranco de Betxí	Camino la Ratlla	m <sup>3</sup> /s	40,40	93,70	183,90
Barranco Juan de Mora	Serraleta-Sastre-Carretera	Inicio encauzamiento Nules	m <sup>3</sup> /s	54,90	121,90	232,50
	Ronya-Roget-Randero	Final encauzamiento Nules	m <sup>3</sup> /s	76,00	151,50	270,90
	Cuenca baja del Juan de Mora	AP-7	m <sup>3</sup> /s	64,70	103,10	159,00

Tabla 16.- Resultados obtenidos en las subcuenca en el estudio hidrológico

Zona	Punto	Tipología del dato	Unidad	T = 25	T = 100	T = 500
Entrada a la marjal de Nules-Burriana	Camino la Ratlla	Caudal de entrada	m <sup>3</sup> /s	62,00	139,20	267,90
	Barranco Juan de Mora	Caudal de entrada	m <sup>3</sup> /s	161,70	322,00	579,20
	Unión de flujos	Caudal de entrada	m <sup>3</sup> /s	223,70	461,20	846,10
Zona oeste de la marjal de Nules-Burriana	Obras de paso AP-7	Caudal de entrada	m <sup>3</sup> /s	223,70	461,20	846,10
		Caudal pasante por obras	m <sup>3</sup> /s	223,70	350,00	350,00
	Zona inundada	Caudal acumulado en terreno	m <sup>3</sup> /s	0,00	111,20	496,10
		Volumen acumulado	1000 m <sup>3</sup>	0	414	3.049
		Cota de agua acumulada	msnmm	0,0	3,2	5,1
Zona este de la marjal de Nules-Burriana	Golas y otras obras de drenaje	Caudal de entrada	m <sup>3</sup> /s	223,70	350,00	350,00
		Caudal pasante por obras	m <sup>3</sup> /s	20,00	20,00	20,00
	Zona inundada	Caudal acumulado en terreno	m <sup>3</sup> /s	203,70	330,00	330,00
		Volumen acumulado	1000 m <sup>3</sup>	2.558	5.729	10.730
		Cota de agua acumulada	msnmm	1,2	1,7	2,3

Tabla 17.- Resultados del estudio hidrológico en la marjal de Nules-Burriana

A la vista de los resultados, pueden realizarse las siguientes conclusiones:

- Se ha obtenido un **caudal en el desagüe** de la subcuenca del **barranco de Betxí de 183,90 m<sup>3</sup>/s para 500 años**, coincidiendo aproximadamente con el caudal indicado en PATRICOVA (171 m<sup>3</sup>/s).
- Se ha obtenido un **caudal en el barranco Juan de Mora**, a la entrada en la zona de marjal, **de 579,20 m<sup>3</sup>/s**, semejante al determinado en el proyecto de encauzamiento del barranco (620,52 m<sup>3</sup>/s).
- Se han obtenido unos **calados máximos de inundación, en la zona este de la marjal, de 1,2; 1,7 y 2,3 para 25, 100 y 500 años** de periodo de retorno respectivamente, semejantes a los determinados en el proyecto de encauzamiento del barranco, en cuyo Estudio de





Integración Paisajística habla de calados superiores a 1 metro para 25 años y cercanos a 2 metros para 100 años.

- En las simulaciones de 100 y 500 años de periodo de retorno, todas las obras de paso de la AP-7 y todas las golas y obras de drenaje de la marjal se encuentran saturadas, por lo que se produce la acumulación de aguas.
- En la simulación de 25 años de periodo de retorno, al igual que en la de 100 y 500, todas las golas y obras de drenaje de la marjal se encuentran saturadas, por lo que se produce la acumulación de flujos.
- En la simulación de 25 años de periodo de retorno no se hallan saturadas todas las obras de paso de la AP-7, por lo que no se produce acumulación de agua en el terreno.
- De acuerdo a las capacidades individuales de las obras de paso, indicadas en un apartado previo, los flujos que se producen en la avenida de 25 años de periodo de retorno son los siguientes:
  - o El caudal que alcanza el camino de la Ratlla ( $62 \text{ m}^3/\text{s}$ ) es inferior a la capacidad de la obra de paso del mismo ( $70 \text{ m}^3/\text{s}$ ), por lo que ésta no se halla saturada. El riesgo asociado al barranco de Betxí es, por tanto, el propio de la configuración del cauce, que debe ocupar las zonas aledañas al mismo para evacuar el caudal generado, y el asociado a zonas inundadas por reflujo. La capacidad estimada de la obra de paso es coherente con el mínimo periodo de retorno exigible el año de construcción de la vía (25 años).
  - o El caudal que alcanza la obra de paso del barranco Juan de Mora bajo la AP-7 ( $161,70 \text{ m}^3/\text{s}$ ), es superior a la capacidad de la misma ( $70 \text{ m}^3/\text{s}$ ), por lo que ésta se satura provocando un flujo hacia el norte, paralelo a la AP-7 que alcanza los pasos inferiores y los satura, ya que el caudal máximo conjunto de las dos obras de paso ( $160 \text{ m}^3/\text{s}$ ) es inferior al influente;





alcanzando posteriormente el puente del viejo camino del Cabeçol, que no se satura ya que la capacidad conjunta de las tres obras de paso ( $220 \text{ m}^3/\text{s}$ ) es superior al influente. Por tanto las zonas de inundación del barranco Juan de Mora son las asociadas a la configuración de su cauce, al flujo desbordado que alcanza el camino Cabeçol y al reflujo del agua en ambas vías. La capacidad de la obra de paso, determinada en el proyecto de encauzamiento del barranco Juan de Mora, no es coherente con el mínimo periodo de retorno exigible el año de construcción de la vía (25 años).





## 4.6 PLANOS AUXILIARES DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

4.1.1 ESQUEMA HIDROLÓGICO DEL RÍO ANNA

4.1.2 ESQUEMA HIDROLÓGICO DE LA MARJAL DE NULES-BURRIANA

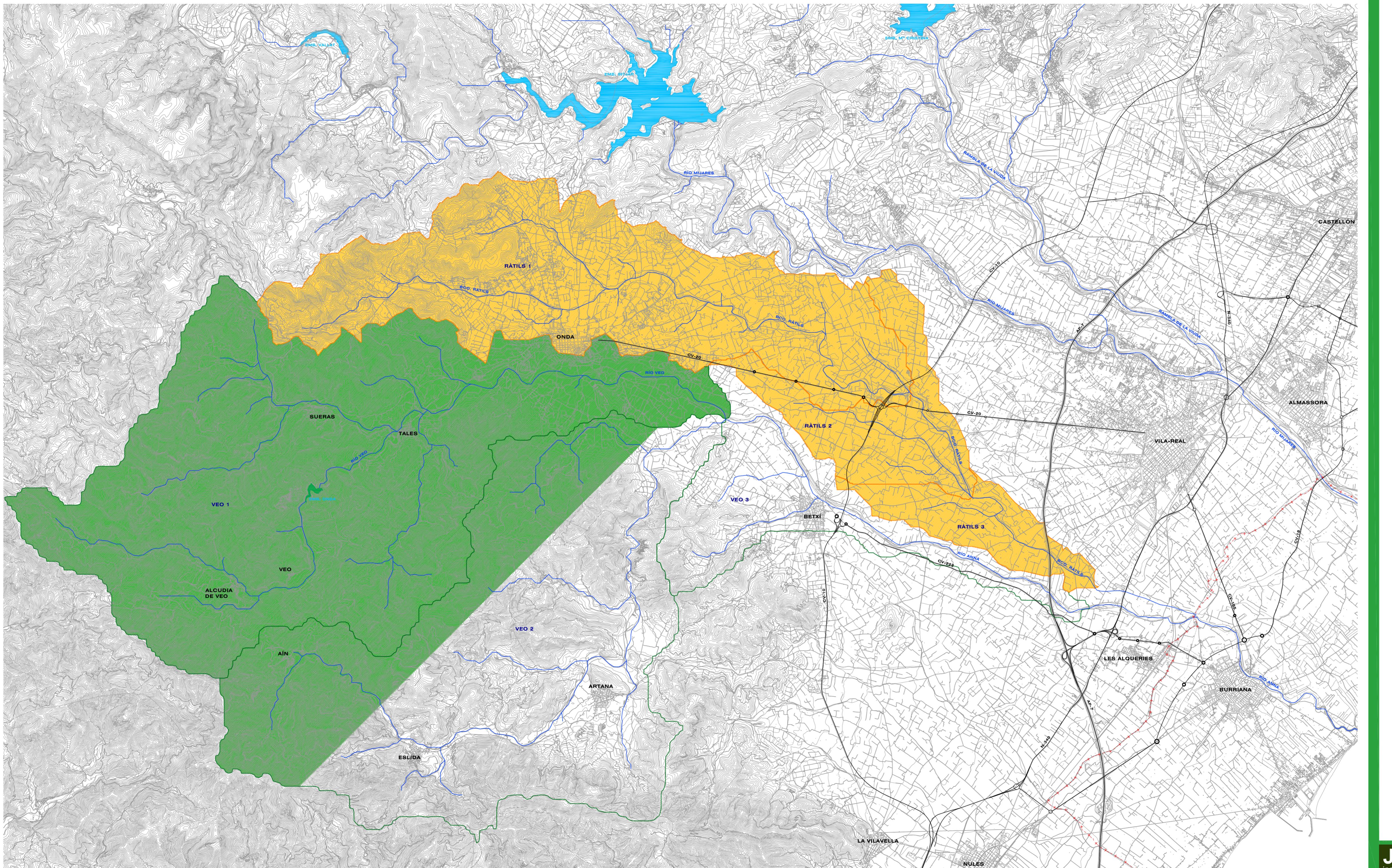
4.2 CUBIERTA DE SUELO

4.3 CLINOMETRÍA

4.4 TIPOS DE SUELO

4.5 UMBRALES DE ESCORRENTÍA





LEYENDA

---

- RÍOS / BARRANCO
- VÍAS DE COMUNICACIÓN
- + - + - TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA
-  EMBALSE

SUBCUENCIAS:

-  VEO
-  RÀTILS



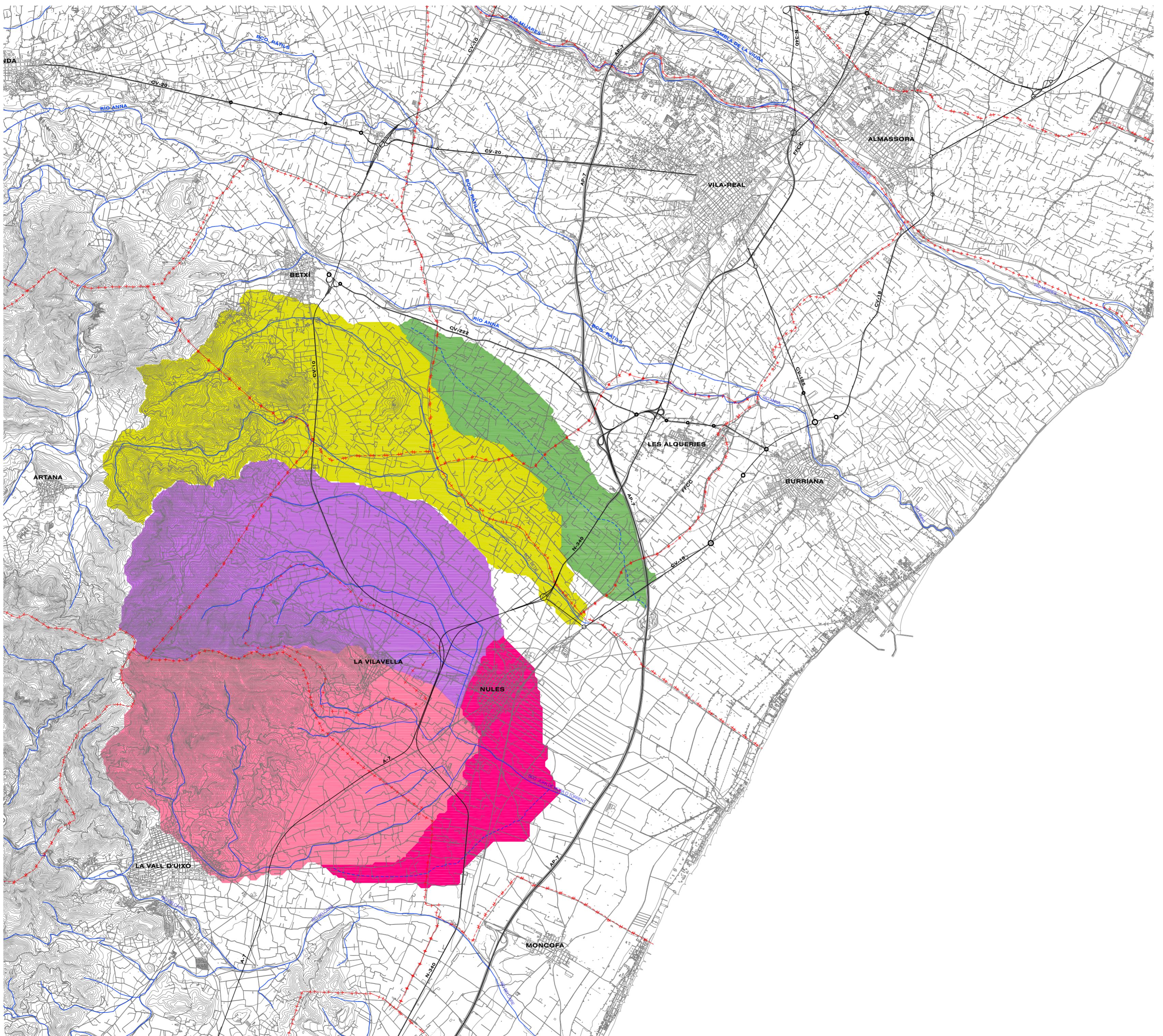
# plan general de burriana valuación ambiental estratégica

# estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

# Esquema hidrológico del río Anna

a 1:50.000





LEYENDA	
-+--+	TÉRMINOS MUNICIPALES
—	VÍAS DE COMUNICACIÓN
—	CAUCES
-----	VAGUADAS
SUBCUENCIAS:	
■	RONYA - ROGET - RANDERO
■	JUAN DE MORA - BAJA
■	SERRALETA - SASTRE - CARRETERA
■	INTERFLUVIO AP-7
■	BARRANCO DE BETXÍ

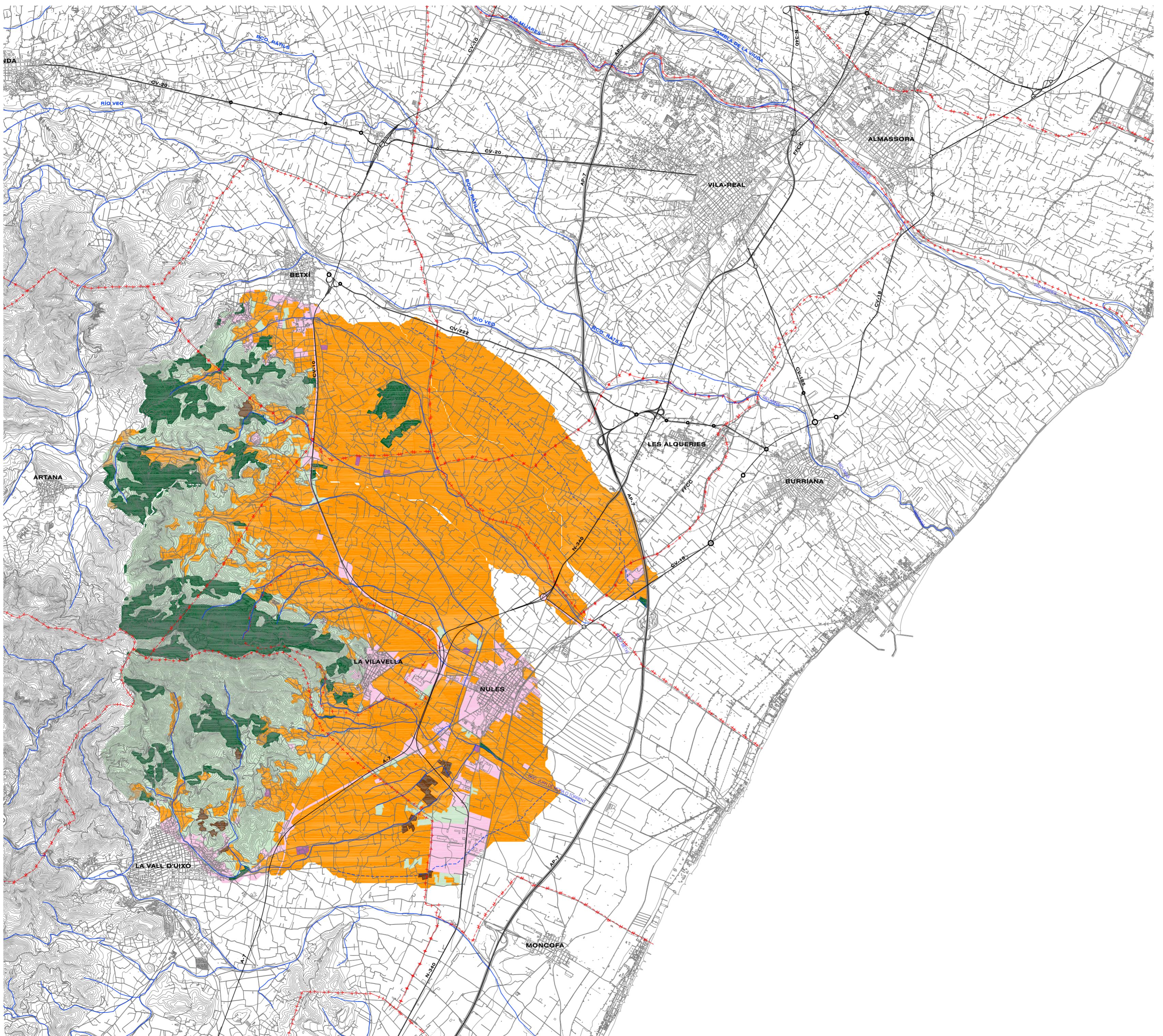


plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

esquema hidrológico de la marjal de  
nules-burriana

escala 1:50.000



LEYENDA	
- + - + -	TÉRMINOS MUNICIPALES
—	VIAS DE COMUNICACIÓN
—	CAUCES
- - - - -	VAGUADAS
USOS DEL SUELO:	
■	VEGETACIÓN DE MATORRAL
■	CULTIVOS DE SECCANO
■	ZONAS DE ARBOLADO FORESTAL
■	CULTIVOS DE REGADÍO
■	INSTALACIONES AGRARIAS
■	NÚCLEOS URBANOS
■	SUELDO DESNUDO



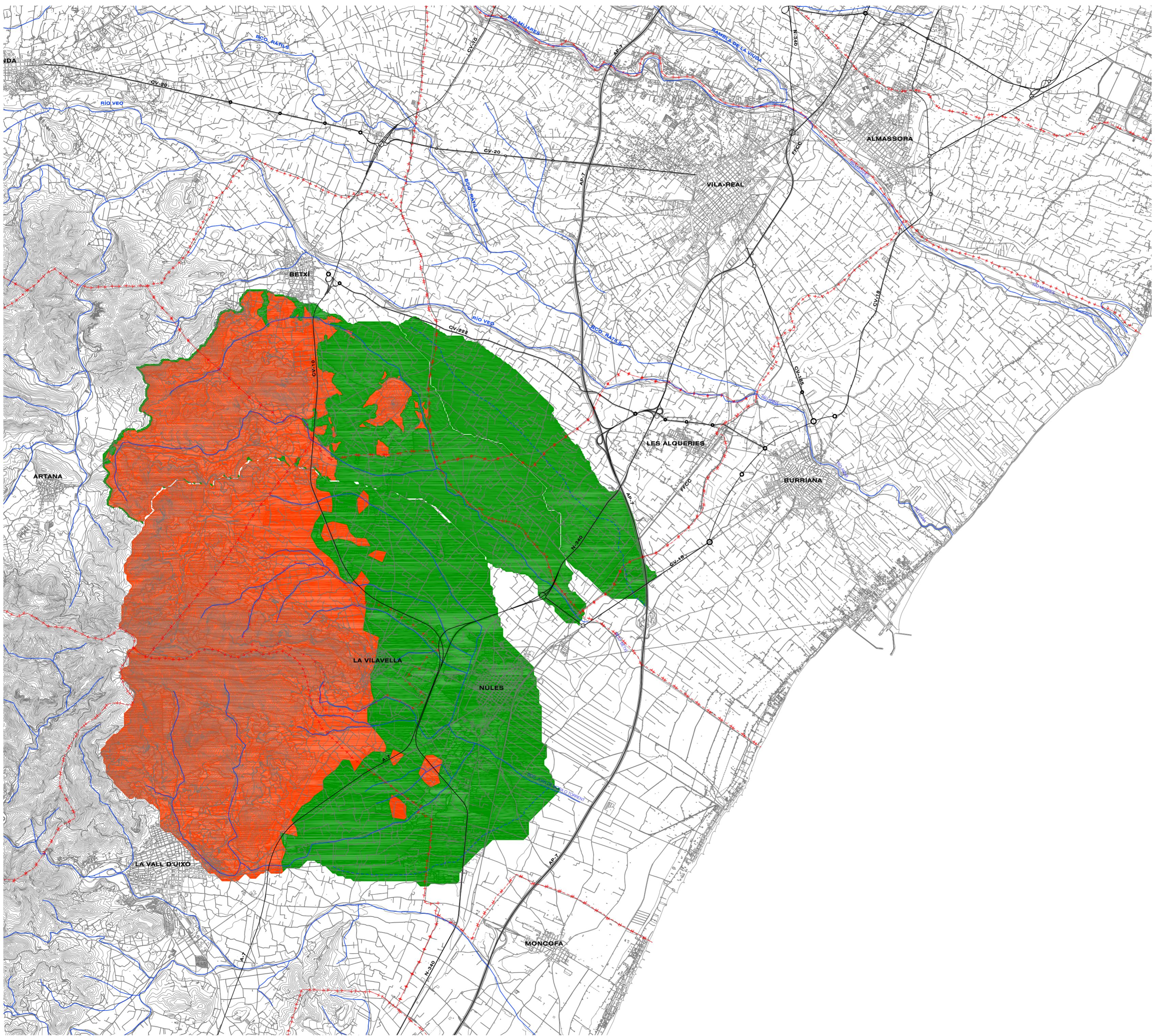
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

cubierta de suelo

escala 1:50.000

enero 2012



LEYENDA	
-+ -+ -	TÉRMINOS MUNICIPALES
—	CAUCES
—	VÍAS DE COMUNICACIÓN
CLINOMETRÍA:	
<span style="background-color: green; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	PENDIENTE BAJA (<3%)
<span style="background-color: orange; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	PENDIENTE ALTA (>3%)



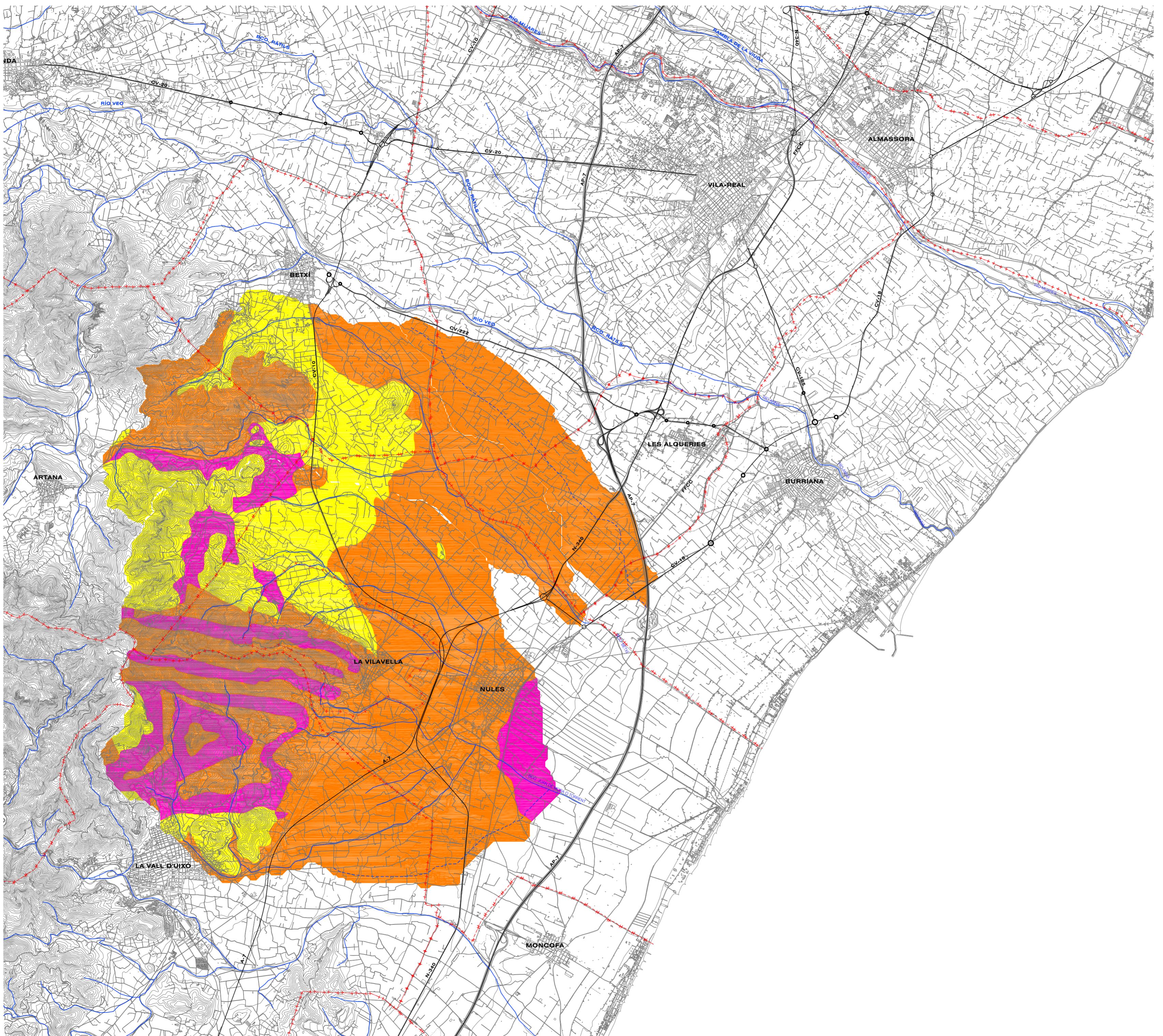
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

clinometría

escala 1:50.000

enero 2012



LEYENDA	
-+ -+ -	TÉRMINOS MUNICIPALES
—	CAUCES
—	VÍAS DE COMUNICACIÓN
—	VAGUADAS
USOS DEL SUELO:	
■	TIPO DE SUELO "A"
■	TIPO DE SUELO "B"
■	TIPO DE SUELO "C"



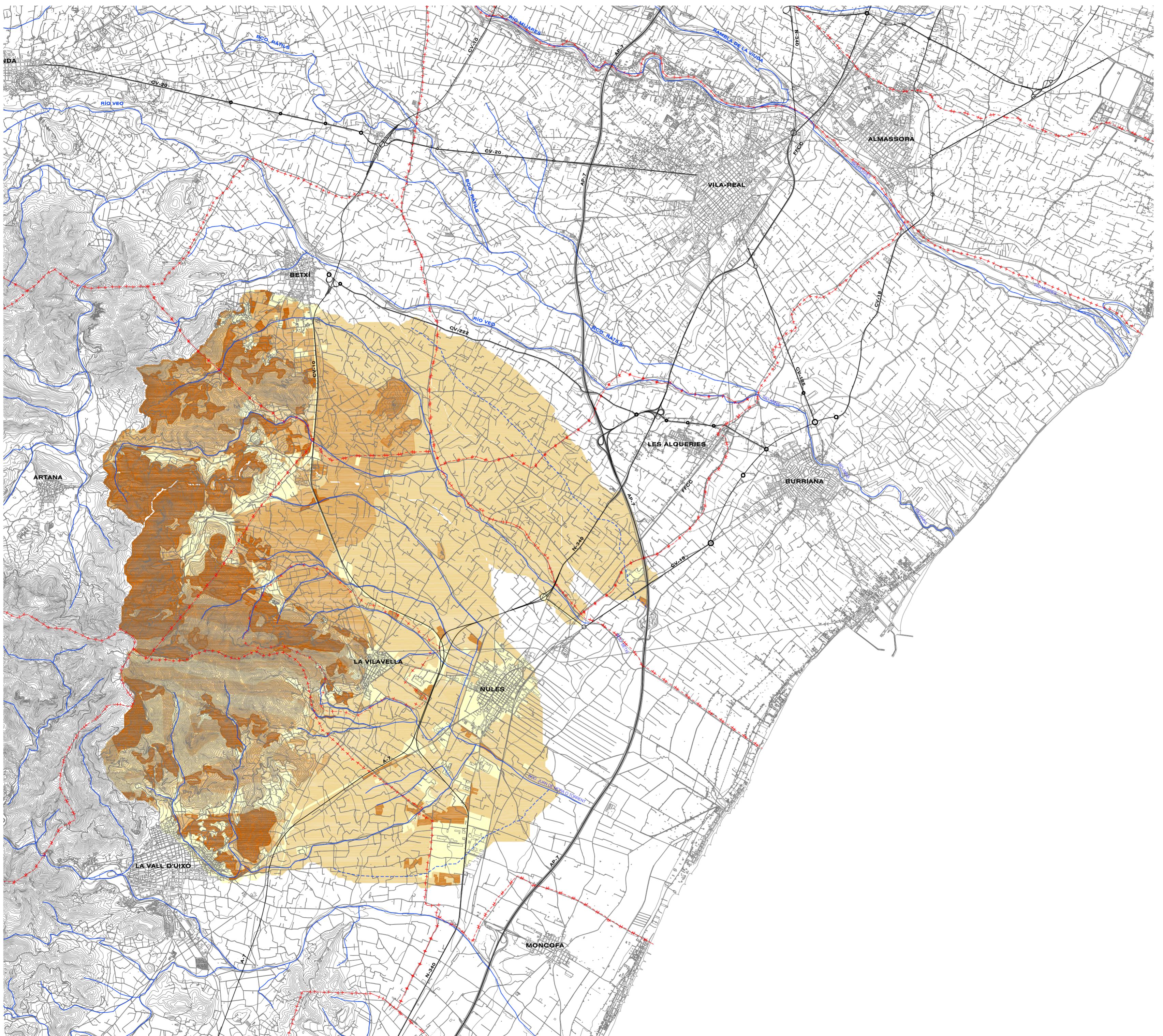
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

tipos de suelo

escala 1:50.000

enero 2012



plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

umbrales de escorrentía

escala 1:50.000

enero 2012



## 5 ESTUDIO HIDRÁULICO

El estudio hidráulico es la fase final de todo proceso de modelación hidrológico-hidráulica, como es el caso del presente estudio de inundabilidad. Un estudio hidráulico se define, en general, como el proceso de modelización topográfica y matemática que permite obtener en un cauce, canal, vaguada, llanura de inundación o vía de flujo en general; las variables hidráulicas (velocidad, calado, tirante, energía específica...) asociadas a un estado hidrológico determinado definido mediante una o varias variables (caudal, hidrograma y/o hietograma ...).

Dicho estudio hidráulico se realizará para tres situaciones distintas:

- Situación actual.
- Situación resultante una vez se ejecuten las medidas correctoras que, a día de hoy, se hallan aprobadas.
- Situación futura una vez se ejecuten las medidas correctoras aprobadas a día de hoy y las propuestas en el presente estudio.

### 5.1 ZONAS INUNDABLES EN LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 5.1.1 RÍO MIJARES

Como se ha expuesto en el estudio hidrológico, no se ha realizado modelación hidrológica alguna en el **río Mijares**, ya que el mismo se encuentra regulado, por lo que los caudales de avenida deben ser obtenidos a partir de la explotación del sistema en crecidas. Tampoco se ha realizado simulación hidráulica sobre el mismo, ya que en este cauce se dispone ya de las manchas de inundación obtenidas en el proyecto “Estudios de seguridad, normas de explotación y documento XYZt de las presas de Sichar, María Cristina, Alcora y Ulldecona”. Dichas manchas han sido incorporadas en los planos correspondientes del presente estudio.





### 5.1.2 RIO ANNA

Como se ha expuesto en el estudio geomorfológico y el estudio de inundaciones históricas, y como recoge PATRICOVA en la determinación de riesgos que realiza, el río Anna es el principal problema de inundabilidad en Burriana.

Por esta razón, los desarrollos urbanísticos cuyo proceso de tramitación se halla sujeto al PATRICOVA han tenido que estudiar este riesgo, en la medida en que el mismo influía en los ámbitos concretos de cada estudio.

En el término municipal de Burriana se han tramitado con éxito tres estudios de inundabilidad, concretamente los siguientes:

- Estudio de Inundabilidad del PAI de Sant Gregori, elaborado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente (DIHMA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Dicho estudio fue aprobado por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda el 22 de julio de 2003.
- Estudio de Inundabilidad de los terrenos contiguos a la Ronda de Circunvalación de Burriana (modificación nº 14, PGOU, SUPOR.1), elaborado por el DIHMA de la UPV. Dicho estudio fue aprobado por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda el 22 de diciembre de 2004.
- Estudio de Inundabilidad del sector residencial “Jardines de la Malvarrosa”, elaborado por IDOM. Dicho estudio fue aprobado por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda el 23 de marzo de 2009.

También se dispone de un expediente tramitado en el término municipal de Vila-real. Dicho estudio, aunque referido al término municipal de Vila-real, permite contrastar el régimen de caudales circulantes y desbordados en el río Anna hasta el azud de La Tanda (recogiendo por tanto los principales puntos de desborde del río Anna). Dicho estudio es el siguiente:





- Estudio de Incidencia al Régimen de Corrientes: Inundabilidad, del Plan General de Vila-real, elaborado por INGESTEC S.L.

La aprobación de los expedientes anteriores supone la aceptación, tanto de los cálculos hidrológicos e hidráulicos efectuados, como de las metodologías empleadas en todo el proceso de modelación hidrológico-hidráulica, como de las zonas en riesgo de inundación actuales, como de las medidas correctoras adoptadas, como de las zonas de inundación resultantes tras la aplicación de dichas medidas.

De acuerdo a los artículos 16 y 18 de PATICOVA, la aprobación de los mismos supone una **modificación a la cartografía de riesgo de PATICOVA**, puesto que de acuerdo al artículo 15 del mismo, en caso de contradicción entre estudios prevalecerá lo señalado en los desarrollados a mayor escala (menor denominador), siempre que se hayan realizado con similar nivel de rigurosidad (algo que confirma la aprobación de dichos estudios).

Este artículo obliga, por tanto, a **observar los estudios de inundabilidad previamente aprobados en la zona en la cual se deseé efectuar un nuevo estudio de inundabilidad**, de forma que éste sea **coherente con los anteriores, actualizando los riesgos anteriormente detectados** y, si en el proceso de elaboración del nuevo estudio se observan discrepancias con los anteriores, modificándolos. Dichas discrepancias proceden habitualmente de fenómenos de escala que anteriormente, por menor definición, no se habían reproducido o se habían reproducido deficientemente en el modelo; así como de modificaciones en el sistema de flujos entre la realización del estudio y la actualidad.

No se ha hablado, en el párrafo anterior, de errores en estudios de inundabilidad anteriores y que fueran detectados en el nuevo estudio. Dicha posibilidad resulta remota ya que el PATICOVA establece un proceso de revisión de dichos estudios en el cual intervienen organismos diferentes (la CHJ y la Conselleria competente) que cuentan con personal técnico especializado en la materia.

Otra circunstancia que facilita la detección de posibles errores es el hecho de que, en la práctica, las metodologías empleadas en los procesos de





simulación hidrológico-hidráulica desarrollados en estos estudios son semejantes e incluso idénticas, ya que se trata de procesos sobre los que se tiene gran experiencia, así como de software especializado cuyo uso se halla generalizado. Ello facilita el proceso de revisión no sólo por la mayor facilidad con la que se acumula experiencia en el uso de estos programas, sino también debido a que, ante el mismo proceso realizado en la misma ubicación, con la misma metodología y empleando el mismo software; una divergencia apreciable en los resultados sólo puede ser debida a un mayor o menor detalle topográfico en puntos concretos, a un error manifiesto o a una omisión intencionada.

Por tanto el punto de partida para la modelación hidráulica del río Anna son los estudios anteriormente indicados, hallándose tres de ellos aprobados, lo que supone que los procesos matemáticos empleados, las zonas en riesgo de inundación y las medidas correctoras adoptadas en los mismos se han obtenido y dimensionado de forma correcta. Dichos estudios van a ser comparados tanto en referencia a su fecha de aprobación (para tener en cuenta las actuaciones realizadas entre ésta y la actualidad) como en referencia a la escala a la que se realizaron. A continuación se describen los ámbitos que abarcan dichos estudios, escalas y fechas de dichos estudios:

- PAI de Sant Gregori, que simula el tramo final del río Anna y la medida correctora propuesta en Sant Gregori, aprobado el 22 de julio de 2003, a escala 1:2500.
- SUPOR-1, que simula el tramo del río Anna comprendido entre la N-340 y su desembocadura, así como las vías de desbordamiento detectadas en La Bota, aprobado el 22 de diciembre de 2004, a escala 1:2500.
- Jardines de la Malvarrosa, que simula el tramo del río Anna comprendido entre el puente de la Ronda Sur de Burriana y su desembocadura, aprobado el 23 de marzo de 2009, a escala 1:3500.
- Plan General de Vila-real, que simula el tramo del río Anna comprendido entre el camí de la Ratlla de Vila-real y Onda y el azud de la Tanda, a escala 1:5000.





Las fechas y las escalas se han tomado de la “resolución aprobatoria del estudio de inundabilidad del Plan Parcial Jardines de Malvarrosa de Burriana” emitido el 23 de marzo de 2009 por la Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge; recibido por el Ayuntamiento de Burriana el 24 de marzo de 2009, por lo que son las oficiales según los organismos que emiten informe. En el caso del estudio de inundabilidad de Vila-real se han tomado directamente del propio documento.

A continuación se describen los riesgos de inundación obtenidos en los cuatro estudios previamente citados, para la situación actual, así como los cambios que se han producido entre la fecha de aprobación de estudio y hoy.

#### **5.1.2.1 PAI SANT GREGORI**

El estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori simula el tramo final del río Anna, aguas abajo del puente de la Ronda Sur, hasta su desembocadura, teniendo en cuenta los caudales que circulan al final del encauzamiento de Burriana, que para 500 años de periodo de retorno son inferiores a los que se presentan aguas arriba del ferrocarril ya que parte de los desbordes producidos en la Bota no retorna al cauce (parte que no es simulada en este estudio). Dicho reparto de flujos se obtiene a partir de una simulación previa realizada por el mismo autor en toda el área de Burriana. Los riesgos que determina el estudio en la situación actual son los siguientes:

- En la margen derecha la avenida 25 años alcanza el camí del Grau una vez superado el remanso de entrada al Clot. La avenida de 100 años supera el camí del Grau y supone una propagación de la zona de inundación aguas arriba, hasta el inicio del remanso de entrada al Clot. La avenida de 500 años provoca ya un desborde a la salida de Burriana, que es conducido en paralelo al cauce hasta alcanzar el mar en la zona norte de la Malvarrosa.
- En la margen izquierda la avenida de 25 años alcanza el camino de Les Salines, produciéndose el desborde a la salida del último remanso de entrada al Clot. La avenida de 100 años produce un desborde en el primer remanso de entrada al Clot, propagándose hasta el camino





del Marjal. La avenida de 500 años únicamente produce un calado algo mayor en la anterior zona.

Entre la fecha de aprobación de estudio (2003) y la actualidad, se han producido en la zona varios desarrollos urbanísticos. En concreto se ha urbanizado la zona de Novenes de Calatrava, al inicio del tramo, así como una nueva línea de edificaciones costeras junto al camino del Mar. Las edificaciones costeras no suponen una modificación apreciable en el riesgo de inundación. La urbanización de Novenes ha supuesto una elevación de cotas, lo que permite contener el desborde producido por la avenida de 500 años hasta el final del sector, pero no tiene incidencia en el desborde producido aguas abajo ya que, al no haberse modificado el camino, la inundación sigue superándolo.

#### 5.1.2.2 SUPOR-1

El estudio de inundabilidad del sector SUPOR-1 simula la totalidad del cauce del río Anna entre la N-340 y el mar, así como la vía de desborde que se origina en las cercanías del ferrocarril. El estudio ubica una importante vía de desbordamiento que se activa para 100 y 500 años, lo que supone que gran parte del caudal influente abandona el cauce del río en La Bota. En este caso las vías de flujo simuladas sí incluyen todo el caudal desbordado, ya que las medidas propuestas en SUPOR-1 afectan a estos desbordes. Este estudio sufrió un primer informe negativo, ya que las medidas propuestas dejaban un riesgo remanente igual al de la ciudad, según reza en el propio estudio; ante el que se adjuntó un informe complementario modificando las medidas propuestas, siendo aprobado por PATRICOVA esta redefinición al sí eliminar todo riesgo.

La avenida de 25 años no da problemas. La avenida de 100 años produce un desborde aguas arriba del puente del ferrocarril y entre éste y el azud de La Tanda. El agua desbordada aguas arriba del puente recorre la vía férrea en dirección a Les Alqueries, cruzándola cuando el agua alcanza el puente de la CV-2203 sobre la vía férrea e inundando, junto con el desborde producido en La Bota, todo el área comprendida entre la CV-2203 y el río, inundación favorecida por un paleocauce que recorre la partida de Hortolans. Al alcanzar la CV-18, parte del agua es desviada por ésta al encauzamiento, pero otra parte termina superando la ronda tanto por encima de la plataforma como por la obra de paso de la acequia de la Vila, inundando la práctica totalidad del





casco urbano. Dentro del mismo el agua retorna al encauzamiento por diversas vías, la más meridional de las cuales es la avenida Jaume I, por lo que aguas abajo del casco urbano no hay riesgo de inundación, al admitir el encauzamiento la práctica totalidad del caudal de avenida.

La avenida de 500 años produce desbordes en el río Anna en los mismos puntos que la avenida de 100 años, pero en este caso con caudales más importantes. El desborde que se produce entre el ferrocarril y el azud sigue el mismo camino que para la avenida de 100 años, pero el desborde producido aguas arriba de la vía férrea alcanza áreas más extensas del territorio, llegando hasta la estación de tren de Burriana-Alqueries y cruzando la vía férrea a ambos lados de la CV-2203. El agua que desborda entre esta vía y el río sigue el mismo camino que la avenida de 100 años, pero el agua que desborda al otro lado de la vía prosigue en dirección este-sureste, entre la CV-2203 y el camí d'Artana hasta alcanzar la ronda, que supera entre las rotondas de la CV-2203 y del camino. Tras superar la ronda prosigue en dirección sureste entrando en el casco urbano, alcanzando la zona oriental del polígono industrial situado entre los caminos de Valencia y Nules y prosiguiendo hacia el mar. De nuevo el agua inunda el casco urbano, volviendo a través de este al encauzamiento. Sin embargo el encauzamiento no es capaz de admitir todo el caudal, ya que en esta ocasión el flujo es muy superior a su capacidad (1200 m<sup>3</sup>/s frente a 550 m<sup>3</sup>/s), por lo que el flujo no admitido por el encauzamiento inunda por reflujo todo el casco urbano, cruzando la avenida Jaume I e inundando toda la zona al sureste del mismo, hasta alcanzar el camino Ecce Homo, siendo evacuados los caudales por la franja de territorio situada entre este camino y el río. El área afectada es, en este caso, considerablemente superior a la de la avenida de 100 años.

Entre la fecha de aprobación de estudio (2004) y la actualidad, se han producido en la zona prácticamente los mismos desarrollos que en el caso de Sant Gregori (Novenes y nueva línea de apartamentos). En esta ocasión no tienen incidencia en el riesgo de inundación, ya que Novenes, al no estar más elevado que la avenida Jaume I, sigue recibiendo los flujos desbordados que ésta no puede canalizar (que no eran simulados en Sant Gregori).

Sí cabe destacar la ejecución del Canal del Barranquet, que deriva las aguas de la cabecera del barranco del Hospital hasta el río Anna, en la zona





del azud. Sin embargo la capacidad de este canal ( $40 \text{ m}^3/\text{s}$ ) es muy inferior al caudal desbordado, por lo que su afección sobre los riesgos es muy reducida.

### 5.1.2.3 JARDINES DE LA MALVARROSA

El estudio de inundabilidad del sector residencial “Jardines de la Malvarrosa” se plantea en el mismo tramo de río que el PAI Sant Gregori, su tramo final, pero en la margen opuesta, la derecha. En su primera versión este estudio recibió un informe negativo al detectar deficiencias y defectos de forma en el mismo, por lo que debió ser reelaborado.

Este estudio se apoya en las determinaciones realizadas en los dos documentos previamente indicados, siguiendo las indicaciones de la CHJ en el informe técnico a la primera versión del mismo.

Al igual que en Sant Gregori, este estudio simula el tramo final del río Anna, aguas abajo del puente de la Ronda Sur, hasta su desembocadura, teniendo en cuenta los mismos caudales que Sant Gregori. Sin embargo, dado que el ámbito de área de estudio se sitúa en el margen opuesto a Sant Gregori, este estudio presenta un mayor detalle en dicha zona.

El estudio hidráulico obtiene zonas de inundación muy parecidas a Sant Gregori, algo perfectamente lógico teniendo en cuenta que simula los mismos caudales, en el mismo tramo de río y con la misma metodología. La única diferencia, de poca importancia respecto al global del término municipal, pero muy importante respecto al propio sector, es que la avenida de 100 años queda retenida por el camino del Mar, en tanto en Sant Gregori ésta superaba el camino en puntos concretos. Dado que este estudio centra su detalle en la zona situada a la derecha del cauce, es complemento lógico obtener este resultado, y ello no supone incoherencia alguna con el estudio de Sant Gregori.

### 5.1.2.4 PLAN GENERAL DE VILA-REAL

El estudio del Plan General de Vila-real, elaborado a escala 1:5000, no efectúa ninguna determinación sobre el riesgo de inundación en Burriana, ya que no se ve afectado por el mismo salvo en el sentido de no empeorarlo, algo





que en dicho estudio se consigue ejecutando medidas correctoras que impidan desbordes superiores a los actuales.

Por ello no presenta interés de cara a la determinación del riesgo de inundación en Burriana. Sí resulta interesante como instrumento para contrastar las determinaciones del estudio de inundabilidad del sector SUPOR-1 en lo que a desbordes en La Bota se refiere; ya que el estudio simula dicho tramo por el hecho de hallarse todavía el río dentro de Vila-real (su margen izquierda), y por el hecho de que, al ser los puntos donde se producen los desbordes, se debe asegurar un no empeoramiento en los mismos. Dicho estudio, al igual que en el caso de Jardines de la Malvarrosa, tiene en cuenta los estudios de Sant Gregori y SUPOR-1, aunque únicamente de cara a identificar las zonas en riesgo dentro de Burriana (no simuladas en el estudio de Vila-real) y a contrastar resultados. En el documento se efectúa un estudio hidrológico propio (al contrario que los anteriores, que parten de un estudio hidrológico común o adoptan sus conclusiones) y se simula el río con sus caudales, teniendo en cuenta todas las actuaciones previstas en el Plan General de Vila-real y todas las realizadas en los últimos años (incluyendo el Canal del Barranquet).

También tiene en cuenta el desdoblamiento de la carretera N-340 previsto en el "Proyecto de Mejora de los Accesos a la nueva Europlataforma Intermodal" (actualmente denominada como Espai Vila-real), que incluye un nuevo puente sobre el río Anna con una capacidad superior al caudal de 500 años de periodo de retorno. Dicha mejora de accesos es condición necesaria para la ejecución de la urbanización de dicha zona, actualmente en sus fases iniciales, por lo que el horizonte de ejecución de dicho puente es anterior a cualquier desarrollo urbanístico que se prevea en Burriana. El nuevo puente supone el fin del desbordamiento producido en el Anna a la altura de la N-340 (provocado por la insuficiente capacidad, sobre el caudal de 500 años de periodo de retorno, del puente actual), y que afectaba a Vila-real y a Les Alqueries.

En el análisis de las vías de desborde detectadas en el río Anna, el estudio obtiene conclusiones muy parecidas al de SUPOR-1, de forma que aguas arriba del ferrocarril se produce un importante desborde que afecta a Burriana y a Les Alqueries, y aguas abajo de la vía férrea el cauce vuelve a ser insuficiente, emitiendo caudales hacia Burriana por la partida de Hortolans.





### 5.1.2.5 RIESGO DE INUNDACIÓN ACTUAL

Como se ha descrito anteriormente, se dispone de un total de cuatro estudios de inundabilidad previos que permiten determinar el riesgo de inundación actual en el tramo bajo del río Anna, debido a los diversos desbordamientos que sufre el cauce en el tramo situado aguas arriba del núcleo urbano de Burriana.

Tres de los estudios anteriormente citados han sido aprobados por la Conselleria competente, previo informe técnico de la CHJ, lo que implica la aceptación de la correcta determinación de los métodos hidrológico-hidráulicos empleados, los caudales de avenida obtenidos, las zonas en riesgo de inundación actuales, las medidas correctoras propuestas y las zonas en riesgo de inundación tras la ejecución de las mismas. El cuarto estudio se halla en tramitación.

No se observan cambios importantes en la topografía del terreno, ni en el sistema hidrológico, que supongan una modificación apreciable de los riesgos obtenidos por dichos estudios.

Todos los estudios han sido realizados empleando metodologías semejantes en el proceso de modelización hidrológico-hidráulica desarrollado en cada uno de ellos.

Todos los estudios son coherentes entre sí, obteniendo los procesos de simulación resultados semejantes en aquellas áreas comunes a los mismos, lo que aporta mayor robustez a las determinaciones realizadas en ellos.

Las escalas de dichos estudios varían entre 1:2500 y 1:5000, siendo por tanto escalas superiores o iguales a la del presente documento y del Plan General de Burriana (1:5000).

Por tanto, al disponerse de estudios previos aprobados por la Conselleria competente, previo informe técnico de la CHJ (lo que asegura su corrección técnica en sus determinaciones y la adecuación de sus medidas correctoras); coherentes entre sí, con una escala en todo caso no inferior a la del presente Plan General de Burriana, y cuyo ámbito comprende todo el cauce del río Anna





desde su entrada en el municipio de Vila-real; **no se va a efectuar simulación alguna en el río Anna, sino que se recogerán y refundirán las zonas en riesgo de inundación determinadas en anteriores estudios.** Ello supone, de cara a la delimitación del riesgo, un grado de detalle mayor al que se podría obtener en el presente documento (a escala 1:5000), ya que la mayoría de los estudios previos han sido elaborados con precisiones mayores.

El hecho de observar estas zonas en riesgo de inundación se realiza al amparo del **artículo 15 de PATRICOVA**, en el que se establece que: “En caso de contradicción entre estudios prevalecerá lo señalado en los desarrollados a mayor escala (menor denominador), siempre que los mismos se hubiesen realizado con similar nivel de rigurosidad”.

Es decir, en caso de que se hubiesen determinado en el presente estudio las zonas en riesgo de inundación mediante simulación directa y hubiese discrepancias con cualquiera de los estudios anteriores, éstos prevalecerían como determinación del riesgo de inundación, en amparo al artículo 15 de PATRICOVA, debido a su mayor escala, ya que la aprobación de dichos estudios implica la comprobación de que los procesos matemáticos empleados en ellos, así como los resultados obtenidos, son correctos y se han efectuado con un nivel adecuado de rigurosidad.

En todo caso las discrepancias esperables, ante dos procedimientos elaborados con metodologías semejantes (de empleo generalizado en hidrología), realizados ambos correctamente y con similar nivel de rigurosidad; no serían considerables, ya que únicamente se podrían deber a un cambio de escala que, entre 1:2500 y 1:5000, tan sólo supondría mayor detalle en los límites de las zonas en riesgo de inundación, lo que de nuevo otorgaría ventaja a los estudios previos por su mayor escala.

El único caso en que no prevalecerían unas zonas determinadas a escala 1:5000 (presente estudio) sobre otras a escala superior (estudios previos) sería si estas últimas fueran claramente obsoletas por haberse desarrollado actuaciones nuevas que afecten al riesgo de inundación. Sin embargo ese no es el caso, como se ha indicado previamente, ya que únicamente se ha ejecutado el Canal del Barranquet, cuya incidencia en el riesgo de inundación del Anna es muy reducida. La posibilidad de un error queda descartada debido





a la revisión que se realiza en el procedimiento de aprobación, reforzada en este caso por el hecho de poder contrastar varios estudios entre sí.

Por tanto, una vez expuestas las razones por las que se aceptan, en el presente estudio, las zonas en riesgo de inundación determinadas en los estudios citados; va a procederse a refundir las mismas, ya que cada estudio, al haberse definido en un ámbito determinado, debe aplicarse en dicho ámbito, y no en otros en los cuales la determinación del riesgo no era determinante para cada actuación en concreto.

Por esta razón se ha decidido dividir el río Anna en tres tramos, dependiendo de los estudios que se apliquen en cada uno de ellos, de la siguiente forma:

- Tramo AP-7 – azud de La Tanda: en el cual se dispone de zonificación del riesgo de inundación procedente de los estudios de Vila-real, SUPOR-1 y Sant Gregori.
- Tramo Azud de La Tanda – puente de la Ronda Sur: en el cual se dispone de zonificación del riesgo de inundación procedente de los estudios de SUPOR-1 y Sant Gregori.
- Tramo puente de la Ronda Sur – mar: en el cual se dispone de zonificación del riesgo de inundación procedente de los estudios de SUPOR-1, Sant Gregori y Jardines de la Malvarrosa.

### 1. Tramo AP-7 – azud de La Tanda

En este tramo se han adoptado, para el cauce del río y su margen izquierda, los riesgos obtenidos en el estudio de Vila-real, ya que dicho estudio se centra en esta zona, efectuando simulaciones en el río Anna y los barrancos de Ràtils y Esbarzers.

En la margen derecha se han tomado los riesgos de SUPOR-1, ya que simula el cauce del río Anna y de las vías de desborde que parten del ferrocarril y de La Bota. Únicamente se ha modificado, sobre esta zonificación, la zona situada entre el puente de la N-340 y el camino Darrer Sedeny de Vila-real, adoptándose los riesgos del estudio de Vila-real, ya que tras el reemplazo del





punte, la vía de desborde que se inicia en la N-340 y recorre la margen derecha del río no se produce. Ello no afecta al riesgo en Burriana, ya que el caudal que no desbordaba en la N-340 lo hace a la altura del Darrer Sedeny, aumentado el caudal que abandona el río en este punto, por lo que el caudal que cruza la vía férrea es idéntico al actual y sigue afectando la misma zona, cambiando únicamente la vía por la que parte del agua llegaba anteriormente.

Las zonas en riesgo de inundación de Sant Gregori son idénticas a las de SUPOR-1, pero se ha preferido tomar en consideración las de este último porque las zonas en riesgo se apoyan en simulaciones realizadas en el propio estudio.

## 2. Tramo Azud de la Tanda – puente de la Ronda Sur

En este tramo se han adoptado los riesgos del estudio de SUPOR-1, ya que apoya sus resultados en simulaciones efectuadas en las vías de desborde detectadas. Sin embargo las zonas en riesgo de inundación obtenidas en Sant Gregori son idénticas las de SUPOR-1 salvo por la zona de riesgo 6, que no aparece en Sant Gregori, ya que en éste no se tiene en cuenta dicho riesgo al no afectar al entorno del PAI; no siendo necesaria su obtención. No es así en SUPOR-1 ya que al producir éste un impacto positivo en la ciudad, debe ser adecuadamente documentado, lo que implica obtener todas las zonas en riesgo de inundación.

## 3. Tramo puente de la Ronda Sur - mar

En este tramo se han adoptado los riesgos del estudio de Jardines de la Malvarrosa, ya que recoge las determinaciones y las actuaciones previstas en el PAI Golf Sant Gregori y simula el tramo en un escenario más cercano al actual y con un mayor detalle topográfico de la margen derecha del río. No obstante, a los riesgos determinados en este estudio se les ha añadido la zona de riesgo 6 que aparece en el estudio de SUPOR-1, ya que como se ha indicado anteriormente, en este estudio se tiene en cuenta el caudal desbordado que cruza la ciudad y, al no poder retornar al encauzamiento, continúa su recorrido hasta alcanzar la zona portuaria.





Estas zonas en riesgo de inundación actuales son las mostradas para el río Anna en el plano 7.2. Como puede observarse comprenden buena parte del cono aluvial del río Anna, cuyo ápice se produce en el entorno del ferrocarril, donde el cauce cambia de morfología al modificarse el sustrato sobre el que descansa su lecho.

En el anexo correspondiente al presente documento se exponen los planos de riesgo de inundación actual determinado en los cuatro estudios citados, con el fin de facilitar la comprobación de todo lo especificado en el presente apartado.

### **5.1.3 BARRANCO DE BETXÍ Y MARJAL DE NULES-BURRIANA**

La marjal de Nules-Burriana, como anteriormente se ha comentado, se halla expuesta al riesgo de inundación con periodos de retorno bajos, dada su condición de marjalería. A la misma vierten los barrancos de Betxí y Juan de Mora, lo que liga íntimamente el funcionamiento de la marjal con el de estos cauces.

Al contrario que en los casos de Mijares o Anna, en los que se disponía de fuentes bibliográficas que permitían determinar el riesgo de inundación, en el caso de la marjal únicamente se dispone de información procedente del proyecto de encauzamiento del barranco Juan de Mora, y aun en este caso no se halla completa, ya que en dicho proyecto únicamente se tienen en cuenta las aportaciones del barranco Juan de Mora, debido a que su justificación es eliminar el riesgo de las áreas más cercanas a Nules, en las cuales el barranco de Betxí no interviene en los procesos de inundación.

También se desconoce la existencia de estudios de inundabilidad redactados en referencia a la marjal que hayan sido aprobados por la Conselleria competente.

La determinación del riesgo de inundación en la marjal de Nules-Burriana se ha efectuado, como se ha expuesto en el modelo hidrológico, suponiendo que la marjal se comporta como un embalse. Mediante dicho funcionamiento se han obtenido las cotas alcanzadas en la marjal para las avenidas de 25, 100 y





500 años de periodo de retorno. Dado que esas cotas ya han sido determinadas en el estudio hidrológico, en el presente apartado el trabajo a realizar consiste en determinar, a partir de dichas cotas, las áreas sujetas a riesgo de inundación.

La determinación de dichas áreas se debe efectuar de la siguiente forma:

- En primer lugar deben plasmarse sobre el terreno las **zonas inundadas por el estancamiento del agua**, a partir del nivel obtenido en el estudio hidrológico para cada riesgo.
- En segundo lugar deben plasmarse sobre el terreno las **zonas que resultan inundadas por los flujos de agua producidos en avenida**, lo que incluye tanto los asociados a los conos aluviales de los cauces, flujos difusos a la salida de obras de paso y flujos entre las zonas que en el paso anterior se han determinado como inundadas. Dichas zonas son necesarias ya que, aparte de las áreas que ocupa el agua una vez se remansa, debe tenerse en cuenta el camino que recorre la misma hasta llegar a ellas, siguiendo las vaguadas del terreno.

El primer paso se ha realizado empleando **SIG**, a partir del MDT 5 elaborado previamente, de forma que se han determinado con el SIG aquellas **áreas cuya cota es igual o inferior a la cota establecida para cada riesgo**.

El segundo paso se ha realizado por criterio geomorfológico, teniendo en cuenta el punto de inicio de cada flujo desbordado en cono aluvial (en este caso las obras de paso), el final de cada uno de ellos (las zonas inundadas determinadas en el punto anterior), y la diferencia de cota entre las zonas indicadas. No se considera necesario realizar simulaciones para determinar estos flujos por las siguientes razones:

- Se trata de áreas situadas, o bien fuera del término municipal de Burriana (en el caso del barranco Juan de Mora) o bien en su extremo meridional, sin afectar a ninguna zona que se pretenda reclasificar en el nuevo Plan General (el sector más meridional es Pedrera Port, que sí puede verse afectado por el riesgo de inundación de la marjal debido a la acumulación de agua, pero que





se halla demasiado alejado del cauce para verse afectado por la inundación de su cono aluvial).

- No pueden aplicarse modelos unidimensionales al ser los cauces insuficientes, y se descarta el uso de un modelo bidimensional por las consideraciones indicadas en el estudio hidrológico.

Para realizar el primer paso y determinar las áreas afectadas por la inundación debida al agua remansada por insuficiencia de las obras de paso y de drenaje de la marjal; es necesario establecer las cotas, en ambas zonas de la marjal, asociadas a cada nivel de riesgo. Dichas cotas se determinan, a partir de las simulaciones realizadas, de la siguiente forma:

- Riesgo 1: es 0,8 metros inferior a la de la avenida de 25 años
- Riesgo 2: es 0,8 metros inferior a la de la avenida de 100 años
- Riesgo 3: es la de la avenida de 25 años
- Riesgo 4: es la de la avenida de 100 años
- Riesgo 5: es 0,8 metros inferior a la de la avenida de 500 años
- Riesgo 6: es la de la avenida de 500 años

Con estas premisas, las cotas asociadas a cada riesgo, en las dos zonas en las que se ha dividido la marjal de Nules-Burriana, son las siguientes:

Zona	Cotas (msnmm)					
	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3	Riesgo 4	Riesgo 5	Riesgo 6
Oeste AP-7	0	2,4	0	3,2	4,3	5,1
Este AP-7	0,4	0,9	1,2	1,7	1,5	2,3

Tabla 18.- Niveles de inundación del modelo de embalse asociados a cada nivel de riesgo

Donde las cotas asociadas a la avenida de 500 años (riesgos 5 y 6) en el este de la marjal son algo conservadoras, (2,3 y 1,5) ya que para la cota de 2,3 metros el vertido por rebose de la restinga es importante, lo que amortiguará el





incremento de cota. Sin embargo, como el valor de 2,3 queda del lado de la seguridad, se trazará el área inundada en base a esta cota.

En la zona oeste de la marjal las cotas para los riesgos de 25 años (1 y 3) son nulas ya que no se produce estancamiento de agua. Esto no excluye a dicha zona de estos riesgos, ya que aparecen debido al cono de inundación del barranco Juan de Mora y debido a los flujos que se producen entre obras de paso. Como puede observarse, en la zona oeste aparecerán en el mapa los riesgos 2, 4, 5 y 6 por acumulación de agua, y 1 y 3 por cono de inundación.

En la zona este de la marjal se observa como sí se dispone cotas de inundación para todos los riesgos, ya que en la avenida de 25 años de periodo de retorno se ha constatado la acumulación de agua en la marjal (circunstancia obvia dada la escasa capacidad de drenaje de la misma). Observando las cotas de los riesgos, puede establecerse que en el plano de riesgos de inundación aparecerán los riesgos 1, 2, 3, 4 y 6. El riesgo 5 no aparecerá en el plano ya que al ser su cota inferior a la del riesgo 4, preferente, quedará cubierto por éste.

Por tanto, para obtener el área de inundación por acumulación de agua asociada a cada riesgo determinado, hay que seleccionar, mediante SIG, las zonas del territorio situadas por debajo de la cota asociada a cada riesgo en cada zona, obteniendo por tanto la parte del terreno inundada por el agua. Dicha operación es muy sencilla de realizar con el SIG, obteniendo áreas como el ejemplo que se expone a continuación, correspondiente al área ocupada por la avenida de 25 años de periodo de retorno en la zona este de la marjal.



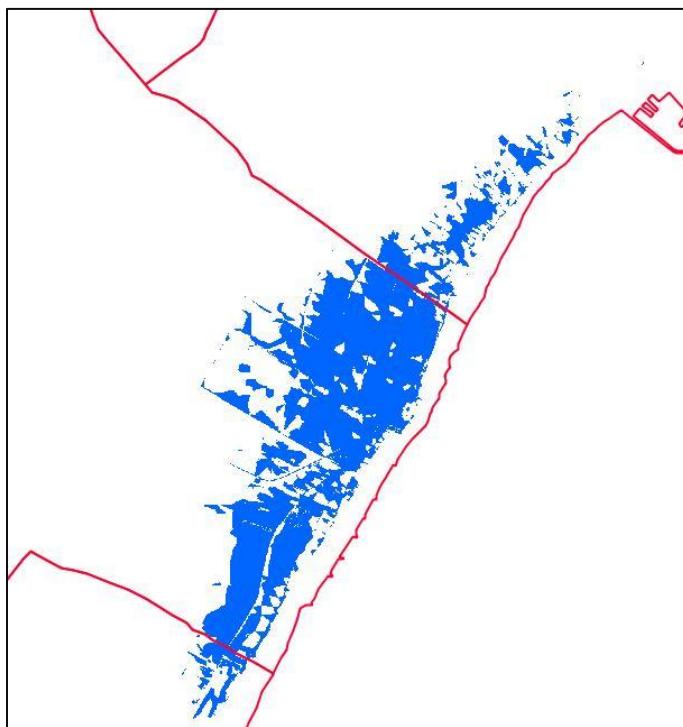


Fig. 25.- Área ocupada por la lámina de agua de 25 años en la zona este de la marjal

En la imagen se observa como la zona de inundación no alcanza, en general, la restinga, dado el espacio en blanco que existe entre el área inundada y la costa, así como que la inundación alcanza buena parte del semiendorreísmo. En Burriana las áreas ocupadas se asemejan al entorno protegido, delimitado por el LIC, circunstancia lógica en tanto que se trata de una zona húmeda y por tanto inundable. Se aprecia asimismo como existen áreas rodeadas por zonas inundadas, así como zonas inundadas aisladas del resto, sobretodo en Burriana.

Esta zona en riesgo de inundación debe ser corregida para adaptarla a la situación real. En primer lugar deben trazarse las áreas afectadas por los conos de inundación de los barrancos de Betxí y Juan de Mora, así como las obras de paso restantes, ya que el flujo se propaga a través de ellas, por lo que se halla inundadas aunque su cota sea superior al límite obtenido.

En segundo lugar, las zonas no ocupadas por agua que han quedado como "islas" entre áreas inundadas se han tratado como si fueran inundables. La razón es que con el error propio de los datos cartográficos obtenidos a escala 1:5000 (30 cm), no se puede asegurar que dichas zonas queden a salvo





de la inundación; sin despreciar asimismo el error asociado a la simplificación realizada al obtener las cotas, anteriormente descrita. En todo caso, considerar dichas áreas como ocupadas por la inundación queda del lado de la seguridad y, realmente, un área rodeada completamente de zonas inundadas está expuesta al riesgo de inundación, puesto que quedaría incomunicada aunque no se hallara cubierta de agua.

En tercer lugar deben reflejarse los flujos en zonas inundadas aisladas de las demás, y filtrar las zonas inundadas de reducido tamaño que en realidad no se inundan. Este ha sido el caso del sur del término municipal de Burriana, en el que se aprecia como hay dos zonas inundadas separadas entre sí y de la gran zona de inundación que se extiende por la franja costera de Nules. Las zonas aisladas más pequeñas, situadas en el extremo norte, se han descartado, ya que aunque presentan una cota inferior al límite, es poco probable que las aguas procedentes de los barrancos de Betxí y Juan de Mora alcancen áreas tan septentrionales dadas las zonas más elevadas situadas en su camino. Las otras dos zonas aisladas sí pueden ser cubiertas por las aguas, ya que se sitúan más cercanas entre sí y al cono de inundación del barranco de Betxí, por lo que en caso de avenida el agua de este barranco puede alcanzar dichas zonas.

Una vez efectuadas dichas correcciones, la zona en riesgo de inundación de la marjal situada entre la AP-7 y el mar es, para un periodo de retorno de 25 años, la siguiente:



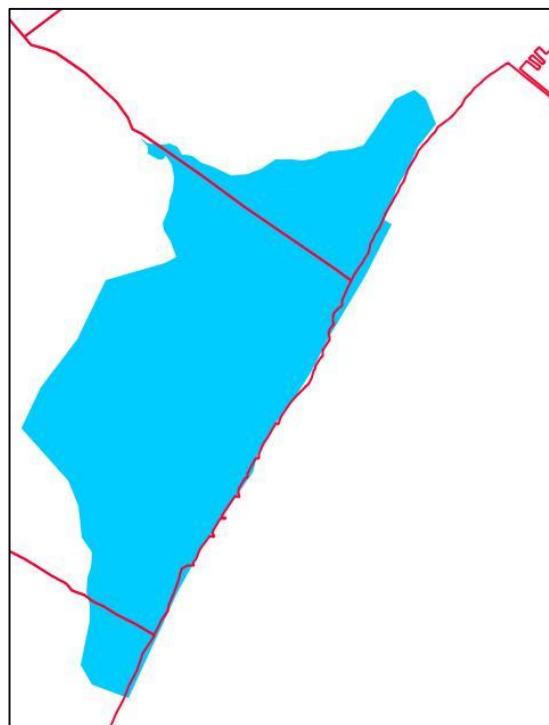


Fig. 26.- Área en riesgo de inundación para la avenida de 25 años en la zona este de la marjal

Se aprecia como en la zona del barranco Juan de Mora el límite del área coincide con la AP-7, ya que el caudal entrante del barranco satura varias de ellas, por lo que el agua penetra al este de la carretera por varios puntos.

Este proceso descrito se ha repetido para todos los riesgos obtenidos a partir del modelo de embalse, de forma que puedan inferirse, a partir de las cotas resultantes del estudio hidrológico. En el caso de las avenidas de 100 y 500 años, la zona determinada con el SIG comprende menos "islas" y menos zonas inundadas aisladas del resto, al contrario que en el caso anterior, por lo que los retoques a efectuar son más sencillos, consistiendo en trazar los conos de inundación y en obtener una envolvente al área determinada por SIG.

A continuación se presenta una imagen con los riesgos obtenidos, de acuerdo a la codificación de colores de PATRICOVA, para la zona de la marjal. En la imagen las carreteras se han marcado en rojo y los términos municipales en negro.



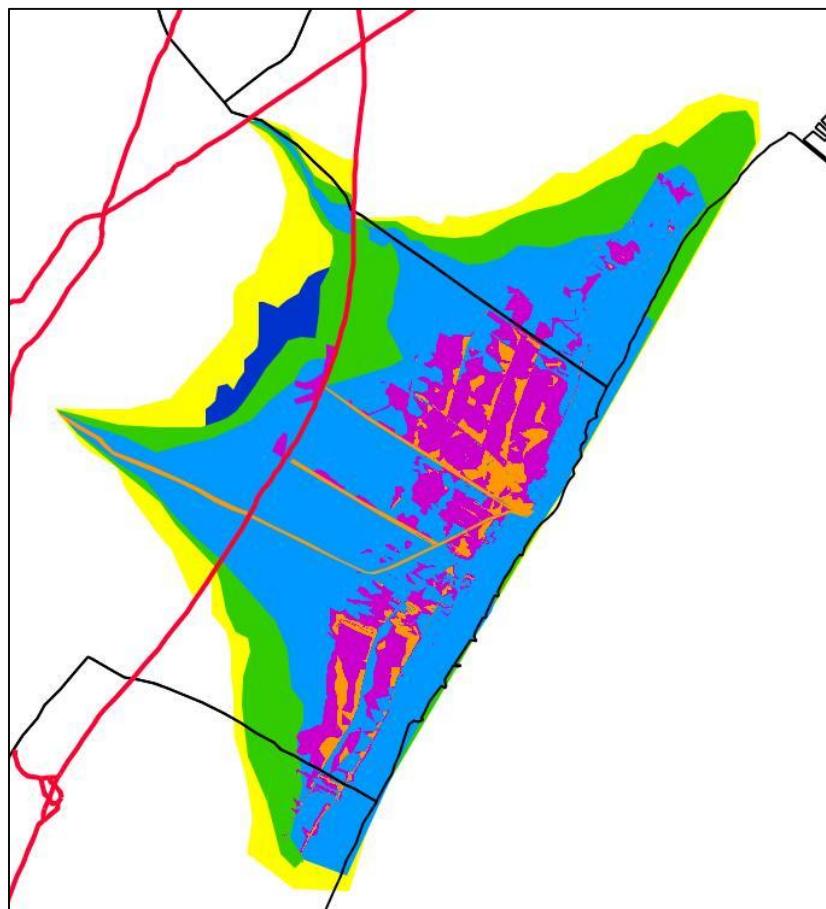


Fig. 27.- Riesgos obtenidos en la marjal de Nules-Burriana para la situación actual

## 5.2 ACTUACIONES PROPUESTAS PREVIAMENTE A ESTE ESTUDIO PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN

En el punto anterior se han determinado las zonas en riesgo de inundación que se indican en el plano 7.2. Dichas zonas, como se ha expuesto en el estudio de inundaciones históricas, han venido sufriendo episodios de avenida a lo largo de los siglos. Ello ha conducido a una situación en la cual se es consciente de los riesgos en la zona, particularmente a raíz de las inundaciones sufridas en 1956 y en 2009. Dicha conciencia ha derivado en una sensibilización de la población y de los entes oficiales ante el riesgo de inundación de forma que, en los últimos años, los diferentes planes de actuación y desarrollos urbanísticos han previsto la ejecución de diversas medidas encaminadas a reducir o eliminar dicho riesgo.





Todas las actuaciones que han propuesto los estudios de inundabilidad elaborados hasta la fecha tienen como protagonista al río Anna, ya que es el principal problema de inundabilidad en Burriana. Tanto el río Mijares como la marjal de Nules-Burriana se sitúan en general lejos de las áreas que se prevé desarrollar próximamente en Burriana, por lo que los estudios de inundabilidad desarrollados en dichas áreas no han propuesto medidas que afecten a sus ámbitos.

A continuación se indicarán, por orden cronológico, las diferentes actuaciones ejecutadas o previstas en Burriana, bien por planes de actuación de ámbito supramunicipal, bien por estudios de inundabilidad específicos que se hallan, salvo un caso, aprobados, lo que supone el correcto dimensionamiento y la correcta adecuación de las medidas planteadas en los mismos.

Cabe destacar que, **a día de hoy, no se ha ejecutado todavía ninguna de las actuaciones que se van a describir.**

### 5.2.1 ACTUACIONES PREVISTAS POR PATRICOVA

PATRICOVA propone, en su Documento 2, una serie de medidas destinadas a la reducción o eliminación de los riesgos de inundación determinados dentro de su propio marco. Estas medidas comprenden una amplia variedad de actuaciones, como encauzamientos, diques de contención, restauraciones forestales, reemplazo de puentes y otras obras de paso, drenajes al mar...

En relación con Burriana hay dos medidas propuestas sobre el río Anna. A continuación se describen dichas medias dividiéndolas en actuaciones estructurales y actuaciones de restauración hidrológico-forestal.

#### 5.2.1.1 ACTUACIONES ESTRUCTURALES

PATRICOVA propone una **actuación estructural sobre el río Anna (zona CC19)**, que se menciona en el **Plan de Infraestructuras Estratégicas 2010-2020**. Dicha medida se sitúa íntegramente en el término municipal de Burriana y consta de dos actuaciones:





- 1) **Construcción de un dique en la margen derecha del cauce**, desde aguas abajo del ferrocarril hasta el comienzo del núcleo urbano de Burriana. La longitud es de 1500 metros y la capacidad recomendable es de 974 m<sup>3</sup>/s.
- 2) **Elevación del dique de la margen derecha**, perteneciente al encauzamiento actual de la desembocadura del río. La longitud es de 2500 metros.

Dicha actuación, sin embargo, de acuerdo al estudio geomorfológico realizado en el presente documento y a los estudios de inundabilidad recogidos en el apartado anterior, si se ejecutara tal y como se indica, no supondría la eliminación del riesgo de inundación, ya que el río desbordaría aguas arriba de su ubicación y el caudal desbordado quedaría a espaldas del dique. Esta circunstancia no es producto de error alguno en el planteamiento de la medida, sino del simple hecho de que PATRICOVA, por su carácter global a toda la Comunidad Valenciana, se ha elaborado a escala 1:50000. A dicha escala no pueden determinarse los desbordamientos que se producen en el río aguas arriba del ferrocarril, por lo que la medida no los puede tener en cuenta.

Es decir, la medida propuesta no debe ser tomada como un dogma, una actuación inamovible que deba efectuarse tal y como se define en PATRICOVA, sino como la detección de un grave riesgo y de la necesidad de realizar una actuación que lo disminuya. Dicha actuación deberá ser redefinida, por tanto, a una escala acorde con la misma, y que en todo caso deberá ser superior a 1:50000; y de acuerdo al procedimiento habitual a seguir en estas actuaciones.

#### 5.2.1.2 ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL

PATRICOVA propone, adicionalmente a la actuación descrita con anterioridad, una actuación de restauración hidrológico-forestal en la cabecera del río Anna. Dicha actuación, cuya prioridad es baja respecto a la anterior, supondría efectuar reforestaciones en los términos municipales de Suera, Tales, Alcudia de Veo, Onda, Eslida, Artana y Betxí, con el fin de reducir los caudales punta de avenida.





Esta actuación supone un menor caudal en el río Anna y en el barranco de Ràtils, cuya cabecera se halla situada en el término municipal de Onda. Desde el punto de vista del presente estudio de inundabilidad, el impacto de dicha actuación supondría una reducción de caudal en el río Anna, lo que disminuiría la capacidad necesaria en las medidas correctoras.

### 5.2.2 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL PATECAS

El Plan de Acción Territorial para el Entorno de Castellón (PATECAS) también tiene en cuenta el problema de inundabilidad que supone el río Anna, proponiendo una medida correctora para disminuir el riesgo generado por el mismo.

La actuación planteada consiste en un **aumento de la capacidad del río Anna en La Bota**, aguas arriba y aguas abajo del puente del ferrocarril, en un tramo de aproximadamente 1.000 metros de longitud. Dicha actuación consiste en la **construcción de una corta** o desvío del cauce **aguas arriba del puente del ferrocarril**, para evitar la doble curva que describe el río antes de acometer el puente; y en la **ampliación de la sección del río entre el ferrocarril y la acequia de La Tanda, aumentando la pendiente tras la eliminación del azud existente y el sifón de la acequia de Nules**.

En la página siguiente se expone la ficha de dicha actuación.



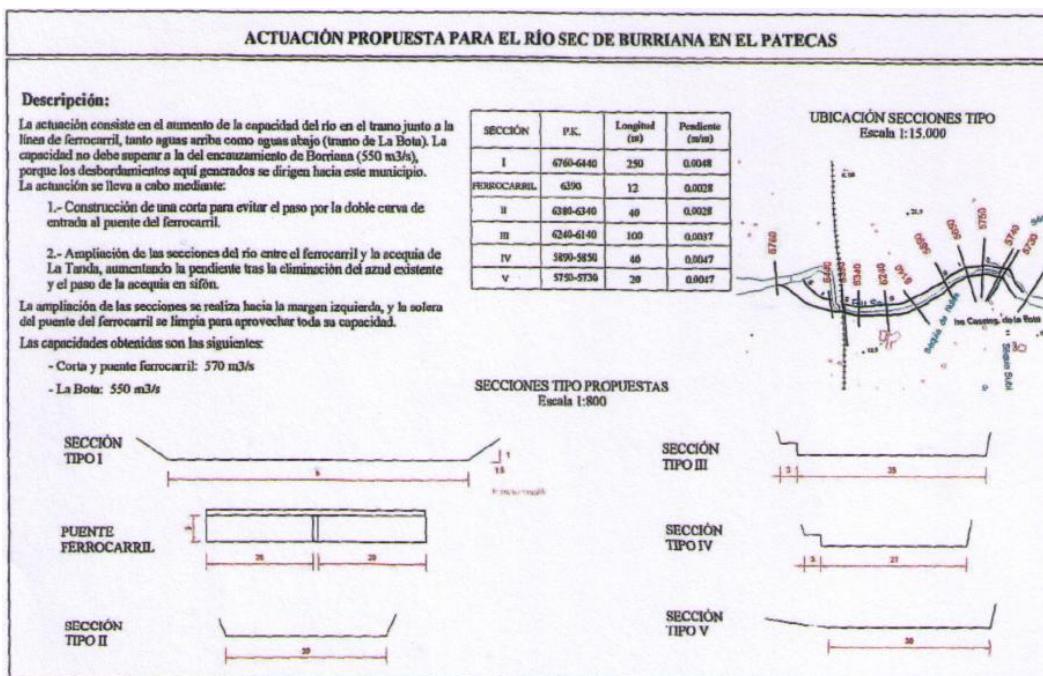


Fig. 28.- Actuación propuesta para el río Anna en el PATECAS

El objetivo de la actuación es **disminuir el riesgo de inundación en Burriana y rentabilizar el encauzamiento actual**, ya que la capacidad del río en La Bota es inferior a la del mismo. La actuación disminuye el flujo desbordado, manteniéndolo en el río hasta alcanzar el encauzamiento. Ello no produce un cambio en los caudales circulantes en el propio encauzamiento, ya que como se ha indicado anteriormente, actualmente se produce un retorno de caudales hacia el mismo propiciado por la Ronda de Circunvalación y por la propia ciudad, por lo que dicho encauzamiento presentaría, tras la actuación, unos caudales semejantes a los que tendría si no se ejecutara. Sin embargo, sí se produce una modificación apreciable en la forma en la que dichos caudales llegan al encauzamiento, ya que en la actualidad lo hacen desbordándose e inundando la partida Hortolans hasta que la carretera los devuelve al cauce, mientras que con la actuación estos caudales seguirían dentro del mismo.

Sin embargo esta actuación **no logra eliminar por completo el riesgo**, ya que **la capacidad del tramo y del encauzamiento es inferior al caudal de avenida para 500 años**, por lo que seguirán existiendo zonas en riesgo de inundación en el término municipal de Burriana. Para 100 años el caudal desbordado sería muy escaso (aproximadamente 50 m<sup>3</sup>/s), por lo que quedaría retenido en su práctica totalidad por la Ronda de Circunvalación, volviendo al



encauzamiento cuando éste lo permitiera, dejando casi todo el casco urbano de Burriana a salvo de las inundaciones. Para 500 años, sin embargo, la extensión afectada por la inundación no variaría sustancialmente tras la ejecución de la medida, produciéndose únicamente una disminución de calados entre La Bota y la Ronda de Circunvalación. Al otro lado de la carretera los cambios no serán apreciables, ya que aunque el caudal desbordado en La Bota ha sido inferior, al circular el encauzamiento a plena capacidad, el retorno de caudal al mismo que efectuaba la Ronda no se produce, por lo que el caudal que supera la misma y penetra en la ciudad no varía apenas.

La medida, por tanto, **no eliminaría completamente el riesgo de inundación, pero sí supondría una reducción apreciable del mismo en Burriana**. Esta actuación también cuenta con la particularidad de presentar un coste relativamente bajo (en 2003 el estudio de SUPOR-1 lo cifró en torno a 1.200.000 €, lo que para el área a la que beneficia no resulta excesivo). Dicha rentabilidad es debida a que se compone casi exclusivamente de operaciones de movimiento de tierras, ya que no se afecta ni al puente del ferrocarril ni al de la Ronda ni al encauzamiento actual. Como mínimo alguna de estas infraestructuras sí resultaría afectada en caso de realizar mejoras en el río para un caudal superior, en particular el puente del ferrocarril, cuya sección debería ser aumentada considerablemente.

En resumen, la medida propuesta en el PATECAS se centra en aumentar la capacidad en los puntos de rotura de La Bota, lo que reduce los desbordes en ellos. Sin embargo no permite evitar el problema de la inundabilidad en Burriana, ya que sigue existiendo un riesgo remanente debido a la falta de capacidad del encauzamiento actual. Dicha actuación comprende áreas de los términos municipales de Vila-real, Burriana y Les Alqueries, por lo que no puede ser realizada por ninguna administración local en solitario, al exceder de sus ámbitos.





### 5.2.3 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE SANT GREGORI

El estudio de inundabilidad del PAI Golf Sant Gregori, localizado en la margen izquierda del Clot de la Mare de Déu, propone la ejecución de **una canalización que recoja las aguas que el río Anna desborda hacia su margen izquierda**, y que atraviese el campo de golf situado en los terrenos contiguos al río hasta desembocar en el mar. Con este canal, diseñado de modo que se permita su integración dentro del campo de golf, el flujo desbordado no afecta a los terrenos residenciales del PAI, eliminando por completo el riesgo para la crecida de periodo de retorno de 500 años.

Este canal se divide en 3 tramos, de acuerdo a la siguiente figura.

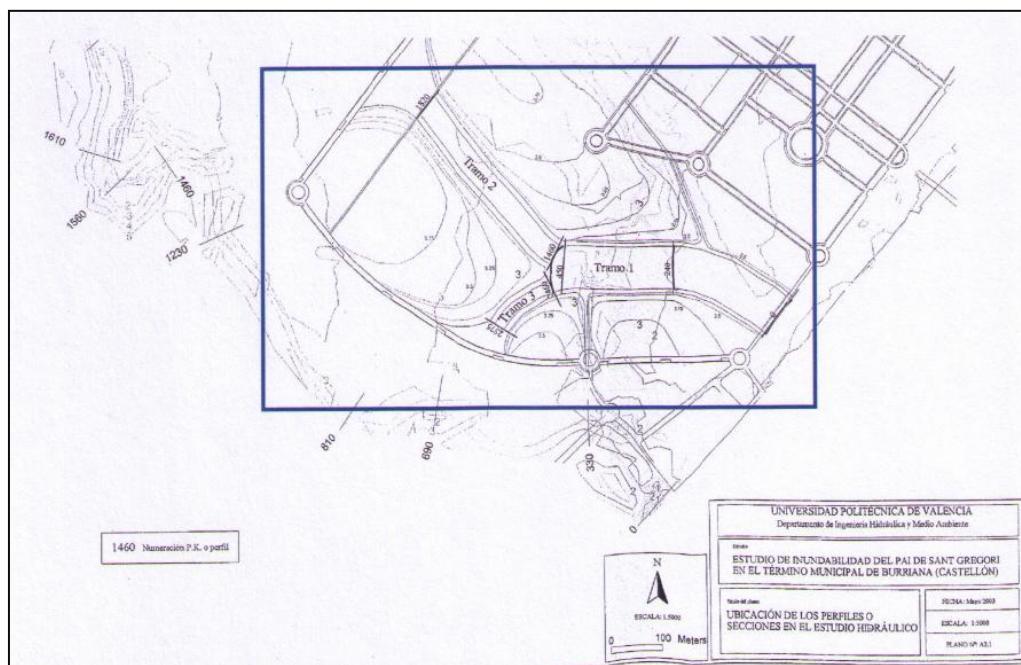


Fig. 29.- Planta del canal diseñado en el estudio de inundabilidad de Sant Gregori

Dicha actuación, como se indica en el estudio, permite eliminar el riesgo existente en la zona sur del PAI. También mejora la situación del río Anna en general al abrir una nueva vía de drenaje de sus aguas hacia el mar, aunque no lo suficiente como para provocar un cambio apreciable en los riesgos actuales.





#### 5.2.4 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR SUPOR-1

El estudio de inundabilidad de los terrenos contiguos a la Ronda de Circunvalación de Burriana (SUPOR-1), localizados entre esta vía y el núcleo urbano, prevé actuar sobre el tramo del río Anna del cual es adyacente, además de facilitar el drenaje al mismo de los caudales que superan la carretera.

Las medidas correctoras propuestas en dicho estudio son las siguientes:

- **Prolongación del encauzamiento hasta el puente de la Ronda**, para evitar la inundación que se propaga desde el mismo, ya que aunque la capacidad del río no provoca desbordes, el talud más tendido del mismo respecto al encauzamiento origina una inundación por reflujo. Esta prolongación propone realizarla mediante la misma tipología actual (muro) o mediante una tipología más blanda (terraplén).
- **Incremento en las cotas de explanación**, sobre el plano de la ciudad, para permitir poner las áreas residenciales a salvo de la inundación.
- Creación en el perímetro septentrional del sector de una **zona verde, deprimida respecto a los terrenos circundantes**, que facilite el retorno de los caudales desbordados al cauce.



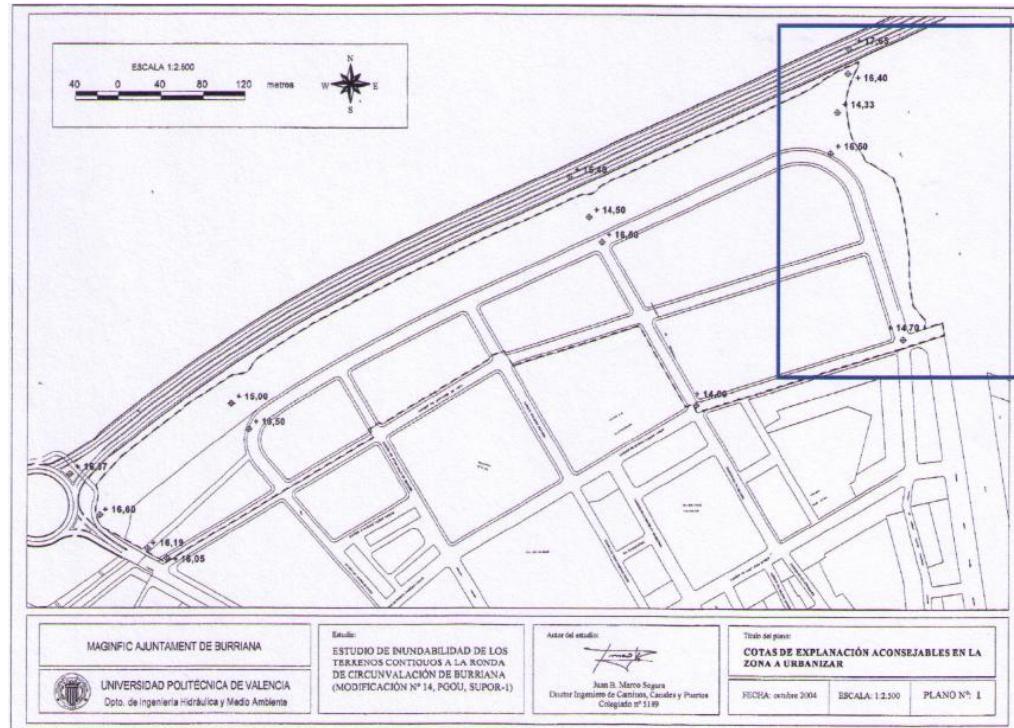


Fig. 30.- Cotas de explanación propuestas en el sector SUPOR-1

Dichas medidas, como se indica en el propio estudio, permiten eliminar el riesgo de inundación en el propio sector. Asimismo **provocan un efecto positivo en todo el casco urbano, reduciendo el riesgo de 4 a 6** al encauzar los caudales que superan la Ronda y devolverlos al encauzamiento antes de que alcancen el núcleo urbano.

### 5.2.5 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR “JARDINES DE LA MALVARROSA”

El sector Jardines de la Malvarrosa, situado en la margen izquierda del tramo final del río Anna, prevé actuaciones encaminadas en la dirección de las adoptadas en el sector SUPOR-1. En concreto propone las siguientes medidas:

- **Disponer una amplia zona verde** en los terrenos del sector comprendidos **entre el río y el camino del Mar**, afectados por las inundaciones.
- **Elevar el camino perimetral de la zona verde** anterior, como mínimo a la cota del camino y en algunas secciones por encima del mismo



hasta 30 cm, de forma que la avenida de 500 años de periodo de retorno no alcance el lado opuesto del camino.

- **Elevar el terreno previsto para el sector**, al hallarse a cotas inferiores a las zonas circundantes.

Con dichas medidas, mostradas en la siguiente figura, el estudio concluye que se elimina el riesgo de inundación del sector.



Fig. 31.- Cotas de explanación y del camino junto a la zona verde del estudio de inundabilidad de Jardines de la Malvarrosa

### 5.2.6 ACTUACIONES PREVISTAS EN EL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PLAN GENERAL DE VILA-REAL

El ámbito de este estudio, aunque se sitúa fuera del término municipal de Burriana, se halla en relación con el mismo ya que todas las medidas propuestas afectan al río Anna.

En concreto se proponen las siguientes medidas que afectan al cauce del río Anna:





- Construcción de un canal de Borde en la zona del PAI Ciudad del Azulejo (sector 16, industrial, del Plan General de Vila-real) para protegerla del riesgo de inundación del barranco de Esbarzers.
- Mejora del cauce del barranco de Ràtils y ejecución de una obra de defensa del mismo hacia el río Anna, tanto para dar continuidad a la actuación anterior como para proteger el sector meridional de la Ciudad del Azulejo y los ámbitos situados junto al río Anna.
- **Mejora del cauce del río Anna entre el camino Darrer Sedeny y el ferrocarril**, para evitar el aumento en el caudal desbordado en el tramo que producirían las actuaciones anteriores.
- **Mejora del cauce del río Anna entre el ferrocarril y el azud**, con los mismos objetivos que la actuación anterior.
- **Drenaje adicional del Barranquet**, para evacuar el caudal asociado a 500 años de periodo de retorno.

Las mejoras de cauce propuestas en el río Anna no tienen por objetivo reducir los caudales desbordados, sino mantenerlos de forma que las actuaciones propuestas en Vila-real, sobre todo las referentes a los barrancos de Ràtils y de Esbarzers, no afecten negativamente a Burriana. Por ello propone una mejora del cauce limitada respecto a la del PATECAS, ya que también se halla condicionado por el hecho de que Vila-real únicamente dispone, en La Bota, de una margen del río (la otra pertenece a Les Alqueries), lo que no permite adoptar las medidas más eficientes posibles, que se acercarían a lo propuesto en el PATECAS.

### 5.3 ACTUACIONES PROPUESTAS EN EL PRESENTE ESTUDIO PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN

Las actuaciones descritas anteriormente deben ser recogidas en el presente estudio, y tenidos sus efectos en cuenta, ya que proceden de planes de actuación de carácter oficial o se trata de medidas planteadas en estudios de inundabilidad de ámbitos concretos del término municipal de Burriana,





habiéndolo estas últimas sido aprobadas por la Conselleria competente, por lo que son condición necesaria para el desarrollo urbanístico de los sectores. Además dichas medidas, tras su aprobación, quedan adscritas a los desarrollos urbanísticos que precisan de ellas, por lo que todas las fases del proceso proyecto-construcción a desarrollar en dichas medidas deberán ser sufragadas por los desarrollos correspondientes.

Las resoluciones aprobatorias de los sectores considerados se adjuntan en el anexo correspondiente.

Por lo tanto, **la situación de aquellos sectores que cuentan con un estudio de inundabilidad aprobado** (SUPOR-1, Sant Gregori y Jardines de la Malvarrosa) **queda completamente definida en la resolución aprobatoria de cada estudio** en concreto. Por tanto **la reclasificación de dichos sectores** de rústicos a urbanizables es factible y **ha sido aprobada de acuerdo a PATRICOVA**, ya que se han ajustado a su procedimiento; **no siendo objetivo del presente estudio**, por no ser necesario y para evitar cualquier posible conflicto de índole técnico-administrativo, **ni revisar ni proponer variaciones** en las determinaciones efectuadas por los estudios específicos de cada sector; ni en lo que respecta al riesgo ni a la consecución de la no inundabilidad. Únicamente se ha planteado modificar alguna de estas medidas, y siempre para ampliarla, cuando se ha observado que es necesario para adecuar su funcionamiento al de las restantes medidas correctoras propuestas en el presente estudio.

Por tanto, al haber sido tratados los riesgos de inundabilidad de los sectores SUPOR-1, Sant Gregori y Jardines de Malvarrosa de forma independiente del presente estudio, y **establecidas y aprobadas medidas correctoras específicas** en cada uno de ellos, **no serán objeto de nuevas medidas**, ni se les podrá imponer condición o carga alguna adicional a este respecto.

**El presente estudio no realiza**, por tanto, ninguna **determinación, reevaluación o redefinición de las medidas propuestas en los sectores ya aprobados**, fundamentándose en su propia aprobación; **limitándose a recoger dichas medidas** tal y como se definen en los estudios de inundabilidad de dichos sectores y recopilando asimismo los efectos que, en dichos estudios, fueron asignados a dichas medidas; fundamentándose también en la propia





aprobación de los mismos. **No es responsabilidad del presente estudio corregir el riesgo de inundabilidad de dichos sectores** al ya haberse corregido con un instrumento específico y empleando estudios específicos, cuyo nivel de detalle es superior al del presente estudio; por lo que de acuerdo al artículo 15 de PATRICOVA prevalecen dichos documentos.

Por tanto **no podrá ser considerado responsable el redactor del presente estudio, ni ningún otro de los agentes que forman parte del equipo redactor del nuevo Plan General de Burriana y sus documentos asociados; de cualquier circunstancia derivada de deficiencias en la detección del riesgo de inundación, deficiencias en la definición de medidas correctoras, deficiencias en su ejecución; o cualquier otro defecto, error técnico o circunstancia que provoque la no eliminación del riesgo de inundación en los sectores indicados previamente, una vez se ejecuten las medidas previstas en ellos.**

Las medidas correctoras propuestas en este estudio son independientes de las que se han propuesto en los estudios anteriormente citados, por lo que **el efecto de las mismas no se halla ligado a ninguna actuación propuesta por estos sectores**. Asimismo, **no se prevé ni se plantea la hipótesis de que ninguna medida propuesta en el presente estudio actúe como sustituta de cualquier medida propuesta en los estudios anteriores**, por lo que **no podrá ser empleada la ejecución de ninguna medida prevista en el presente estudio como eximente para ejecutar cualquier actuación necesaria en los sectores con estudio de inundabilidad aprobado**, que deberán ejecutar necesariamente sus medidas correctoras con independencia de las actuaciones que se hayan ejecutado previamente; **salvo que en el presente estudio se indique explícitamente lo contrario**.

La potestad del nuevo Plan General de Burriana respecto a la proposición de medidas correctoras se deriva de los artículos 24 y 31 de PATRICOVA, además de los ya citados anteriormente 20, 21 y 22, en los cuales se indican las obligaciones que tiene todo Plan General respecto a la inundabilidad. En el artículo 24 se indica que los ayuntamientos, en suelo urbano y urbanizable con programa aprobado afectado por el riesgo de inundación, deberán verificar la incidencia del mismo e imponer condiciones de adecuación de las futuras edificaciones, además de impulsar las actuaciones de defensa prioritarias. En el





artículo 31 se indica que los Planes Generales de aquellos municipios sujetos a riesgo de inundación adoptarán medidas de defensa para disminuir el citado riesgo.

A continuación se exponen, en relación a cada cauce o zona en riesgo de inundación, las medidas correctoras propuestas con carácter general, es decir, teniendo en cuenta una visión global del problema de inundabilidad en Burriana y proponiendo actuaciones a gran escala para proteger el término municipal del riesgo de inundación, sin efectuar distinción entre suelo urbano o urbanizable.

Tras este análisis a escala de término municipal se indicarán las medidas propuestas con carácter específico, es decir, según cada ámbito concreto, o sector, en los que se estructura el Plan General de Burriana, y proponiendo actuaciones de alcance más limitado, de acuerdo a la propia extensión de cada ámbito concreto.

### 5.3.1 RÍO MIJARES

En el caso del río Mijares, el riesgo de inundación es debido a la propia **configuración geomorfológica de la desembocadura del río**, que se estructura como delta, por lo que la zona en riesgo de inundación se amplía formando un abanico hacia su desembocadura, aunque sin producir un desborde en el río.

Respecto al riesgo de inundación asociado al Mijares es necesario destacar lo siguiente:

- La desembocadura del Mijares es un **espacio protegido** catalogado como **LIC y ZEPA**, e incluido por tanto en la **Red Natura 2000** europea,
- **No se produce ningún desborde** en el río, sino simplemente una sobre elevación de calado que ocupa un mayor espacio en sus márgenes.





- La única área urbanizable que puede verse afectada es el sector denominado "Santa Bárbara", cuyo extremo norte se sitúa en las cercanías del Mijares.



Fig. 32.- Barrera litoral de cierre de uno de los cauces inactivos del delta del Mijares

Dadas las características descritas, la única medida que deberá tomarse consistirá en **disponer zonas verdes en las áreas afectadas por el riesgo de inundación**, integrando por tanto el riesgo dentro de la actuación urbanística y quedando las edificaciones a salvo del mismo. Esta medida deberá ser adoptada en el sector "Santa Bárbara", no presentando coste económico alguno al no suponer un incremento en las obras de urbanización ni precisar cambios en el perfil del terreno, sino únicamente un condicionante a la ordenación. En las fichas de planeamiento y gestión deberá recogerse este condicionante, supeditando la ejecución del desarrollo a su cumplimiento.

### 5.3.2 RÍO ANNA

La situación en la que se encuentra Burriana frente a los problemas de inundabilidad del río Anna es compleja y francamente desfavorable, ya que concurren una serie de condicionantes técnicos muy negativos, que son los siguientes:





- La inundación resultante afecta a buena parte del término municipal, incluyendo todo el actual casco urbano de Burriana.
- Los principales puntos de desbordamiento se ubican fuera del término municipal de Burriana.
- El encauzamiento actual no es capaz de evacuar todo el caudal necesario para una avenida de 500 años de periodo de retorno.
- Existen puntos o zonas concretas del cauce en las que aumentar la capacidad del mismo presenta problemas técnicos (puentes e infraestructuras existentes).

Por todo ello, la solución del problema es compleja y costosa, ya que exige realizar actuaciones en una franja de terreno de varios kilómetros de longitud, y comprende una gran variedad de infraestructuras en las cuales habrá que efectuar las correspondientes obras de paso para un caudal considerablemente elevado.



Fig. 33.- El azud de la Tanda el día 29 de septiembre de 2009

La primera conclusión, de suma importancia, que se desprende del análisis de los desbordes en el río Anna, es que **la inundabilidad que sufre el casco**





**urbano de Burriana debe corregirse desde aguas arriba de su término municipal**, aproximadamente a la altura del camino Darrer Sedeny, que une Vila-real con Les Alqueries. Esta circunstancia impide realizar actuaciones que se sitúen exclusivamente en el término municipal de Burriana, debiendo realizarse coordinando esfuerzos a nivel supramunicipal.

La segunda conclusión, no menos importante, es que **el problema de inundación del río Anna no sólo afecta a Burriana** (si bien es cierto que este municipio se lleva la peor parte) sino que también quedan en riesgo de inundación áreas situadas dentro de los términos municipales de Vila-real y Les Alqueries.

La tercera conclusión es que **el encauzamiento existente en Burriana no es capaz de evacuar la avenida de 500 años de periodo de retorno**, por lo que **eliminar el riesgo del término municipal de Burriana exige la apertura de una nueva vía de drenaje hacia el mar**.

La cuarta, y última conclusión general, es que como se ha descrito en apartados anteriores, **varios Planes de Actuación han tenido en cuenta la necesidad de esta medida**, en especial PATRICOVA, que propone varias actuaciones encaminadas a resolver el problema de inundabilidad en Burriana, figurando las mismas en el PIE 2010-2020. Como se ha expuesto anteriormente, dichas medidas no resolverían el problema de la inundabilidad del río Anna, por lo cual es necesario redefinir las mismas descendiendo de la escala 1:50000 a, en este caso, a la escala 1:5000.

La actuación, por tanto, debe plantearse con los siguientes condicionantes básicos:

- Debe iniciarse en los términos municipales de Vila-real y Les Alqueries, a la altura de aproximadamente el camino Darrer Sedeny, aguas arriba de la vía férrea.
- Debe permitir evacuar la avenida de 500 años de periodo de retorno.





- El eje fundamental de dicha actuación debe ser el río Anna, ya que es el eje natural del flujo de agua en el terreno.
- En algún momento debe implicar, sin embargo, una bifurcación de flujos, ya que el encauzamiento de Burriana no permite evacuar todo el caudal necesario y su ampliación presenta graves inconvenientes técnico-ambientales por ubicarse en una zona consolidada.

A la vista de estos condicionantes se propone en el presente estudio, como actuación destinada a impedir los desbordamientos en el río Anna y, por tanto, a eliminar el riesgo de inundación del mismo, la ejecución de una **mejora del cauce del Anna hasta una capacidad de 1222 m<sup>3</sup>/s** (500 años de periodo de retorno) y un posterior **canal de drenaje adicional**, para derivar el caudal que la capacidad del encauzamiento actual en Burriana (550 m<sup>3</sup>/s) no es capaz de evacuar (igual a 672 m<sup>3</sup>/s). Dicha actuación comprende las siguientes medidas:

1. **Ampliación de la sección del cauce del río Anna entre el cruce del camino Darrer Sedeny y la curva que describe el cauce antes de encarar Burriana**, de forma que éste sea capaz de evacuar la avenida de 500 años de periodo de retorno. Ello incluiría la ejecución de un nuevo puente del ferrocarril y de nuevos sifones en las acequias de Nules y la Tanda.
2. **Construcción de un vertedero de derivación** al final de la ampliación de cauce anterior, de forma que puedan derivarse caudales hacia las actuaciones propuestas a continuación.
3. **Prolongación aguas arriba del encauzamiento actual, con su misma capacidad**, hasta alcanzar el vertedero de derivación descrito en el punto anterior.
4. **Construcción de un canal de drenaje** que, desde el azud anterior, evacúe los caudales excedentes sobre los 550 m<sup>3</sup>/s, discurriendo al norte del encauzamiento actual, siguiendo el trazado aproximado del antiguo barranco del Hospital o Barranquet, **finalizando en la**



### actuación propuesta en el estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori.

5. **Redefinición de la actuación propuesta en el PAI Sant Gregori**, para adaptar la misma a los caudales derivados a través de la actuación anterior.

En la siguiente imagen se muestra, sobre un conjunto de ortofotos de la zona, el alcance de la medida propuesta.

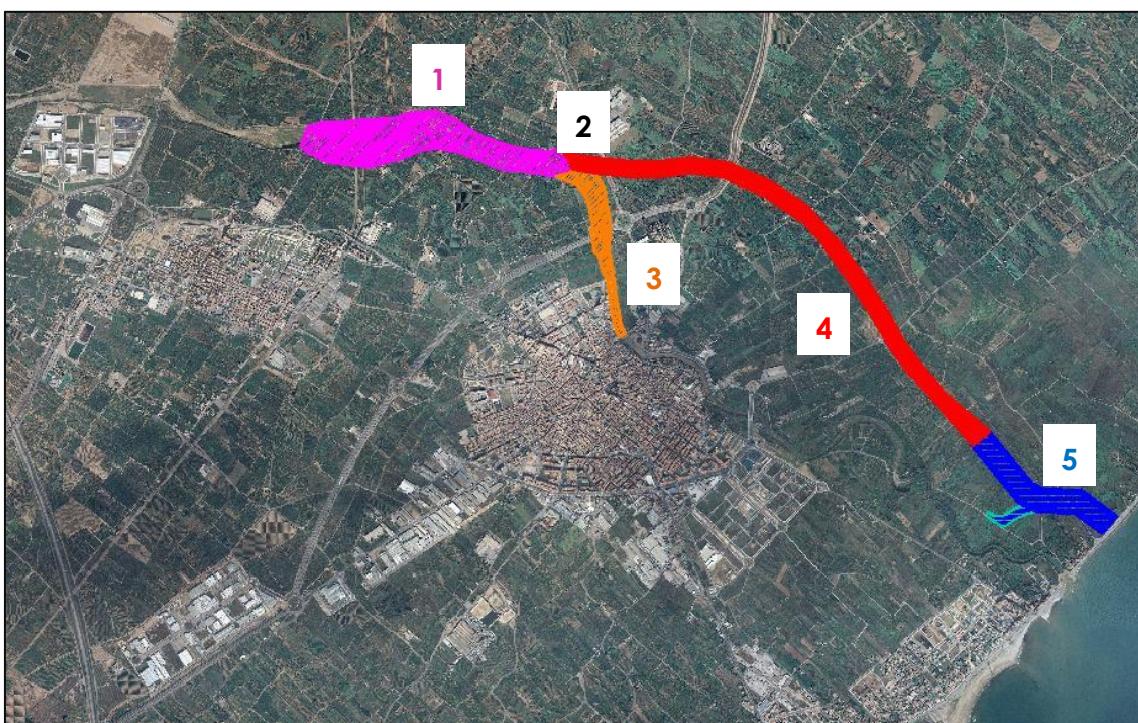


Fig. 34.- Vista aérea de las actuaciones propuestas

**La actuación no puede realizarse con cargo a Burriana, puesto que no sólo beneficia a este término municipal**, sino que también supone una corrección del riesgo de inundación en Vila-real y Les Alqueries.

**Tampoco puede proyectarse y ejecutarse esta medida de forma unilateral por Burriana, ya que el inicio de las mismas, en La Bota, debe ubicarse necesariamente en los términos municipales de Vila-real y Les Alqueries**, siendo inútiles las restantes actuaciones si no es posible ejecutar la primera, puesto que si no se aumenta la capacidad en los puntos de ruptura los desbordes se





seguirán produciendo. **La ejecución de esta medida deberá ser promovida**, por tanto, **por administraciones supramunicipales**, e impulsada por los municipios afectados (Burriana, Vila-real y Les Alqueries), de acuerdo a lo que indica la normativa urbanística de PATRICOVA.

También cabe reseñar que **ninguna actuación urbanística que se pueda realizar en un futuro en Burriana puede provocar un empeoramiento de la situación de los desbordes**, ya que todo el término municipal de Burriana se sitúa hidrológicamente aguas abajo de los puntos de ruptura detectados anteriormente.

Además **la necesidad de estas medidas no viene motivada por ningún desarrollo urbanístico, sino por la eliminación de un riesgo de inundación que afecta a un área ya consolidada**, que beneficia también a las poblaciones de Vila-real y Les Alqueries.

Dado que el objetivo de la medida es eliminar el riesgo de la zona CC19: Río Seco (o Anna, o Veo) de Burriana, de PATRICOVA; coincidiendo por tanto con el objetivo de la medida propuesta en dicho documento con el código ECC19: Actuaciones sobre el Río Veo; habiendo probado que **dicha medida**, definida a escala 1:50000, **no reflejaba correctamente, por factor de escala, los procesos de inundación que ocurren en el río Anna**, por los cuales es necesario **reevaluar la misma a una escala superior**. La actuación que se presenta en este apartado no constituye una medida independiente de la expuesta en PATRICOVA sino que, por el contrario, debe ser tomada como una **redefinición de dicha medida**. Es decir, debe ser considerada como una **revisión de la medida propuesta en PATRICOVA empleando una escala con mayor grado de detalle**.

Por ello, **tras la aprobación del presente estudio, esta medida deberá sustituir a la originalmente planteada como ECC19**, por lo que deberá reelaborarse la ficha que figura sobre dicha actuación en PATRICOVA, reflejando las nuevas tipologías planteadas y los nuevos condicionantes. En el anexo correspondiente se adjunta una propuesta de ficha de PATRICOVA para esta actuación.

Al considerar la actuación expuesta como la redefinición, a escala 1:5000, de la actuación ECC19 de PATRICOVA, originalmente a escala 1:50000; se





entiende que **el agente encargado de la ejecución de la medida debe ser el mismo que el correspondiente a la actuación inicial**. Dicho agente era la antigua COPUT (Conselleria d'Obres Públiques i Transports), que actualmente se corresponde con la **Dirección General del Agua** de la **Conselleria de Agricultura, Pesca, Alimentación i Agua**.

En resumen, la actuación planteada, al haberse diseñado para un periodo de retorno de 500 años y actuar en todos los puntos de rotura detectados en el río Anna, permite eliminar el riesgo de inundación asociado al mismo. Esta actuación no puede ser considerada como una alternativa diferente a la originalmente propuesta en el PATRICOVA, sino que debe tratarse como la redefinición de ésta tras haber analizado el problema con mayor detalle. Por tanto, **se propone en el presente documento actualizar la actuación ECC19 de PATRICOVA**, al observar a una escala mayor que no cumple su objetivo, reemplazando las medidas allí propuestas por las definidas anteriormente. Dicha actuación se ejecutará a cargo de la Dirección General del Agua de la Conselleria de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua, tal y como indica PATRICOVA.

La actuación propuesta puede, a su vez, ser diferenciada de acuerdo a dos tipologías básicas, que son las siguientes:

- Tipología de mejora de cauce existente, que se corresponde con las mejoras de cauce del río Anna planteadas (1 y 3), para diferentes caudales, desde el camino Darrer Sedeny hasta el encauzamiento actual en Burriana.
- Tipología de canal de nueva construcción, que se corresponde con el canal de drenaje adicional previsto entre el río Anna y el mar (2, 4 y 5), para distintos caudales, ya que debe tenerse en cuenta el caudal que desborda desde el Clot de la Mare de Déu hacia Sant Gregori.





### 5.3.2.1 PREDIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS MEDIDAS PLANTEADAS

#### 1. Generalidades

Para efectuar un predimensionamiento de ambas tipologías se ha procedido a simular la medida propuesta empleando el programa HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*), versión 4.1.0, desarrollado por el *U.S Army Corps of Engineers*. En el anexo de cálculos hidráulicos se recogen los listados correspondientes obtenidos a partir del programa. Las hipótesis asumidas han sido las propias del modelo: flujo unidimensional estacionario gradualmente variado con pendientes longitudinales inferiores a 1/10 y contornos rígidos.

La caracterización se ha completado con la estimación de la rugosidad (coeficiente de Manning) en cada sección transversal, a partir de las observaciones de campo y siguiendo los valores propuestos por Chow ("Hidráulica de canales abiertos, 1994"), y adoptados en los estudios previamente realizados, indicados anteriormente.

Los **números de Manning** adoptados han sido:

- 0,015 para soleras de hormigón, en coherencia con el canal de desagüe del estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori.
- 0,021 para cajeros verticales de mampostería, tal y como los que actualmente se sitúan en el encauzamiento de Burriana.
- 0,025 para soleras y cajeros en talud revestidos con césped, para cauces fluviales naturales y para zonas de mejora de cauce revegetadas con flora autóctona equivalente al lecho original; en todas las restantes zonas simuladas.

El modelo hidráulico comprende el cauce del río Anna entre el camino Darrer Sedeny y la ciudad de Burriana, y el canal de drenaje propuesto. Las simulaciones se realizarán únicamente en la situación futura, en la cual el cauce ya se ha mejorado y el canal ejecutado, ya que se conocen los resultados de las simulaciones en la situación actual a partir de los estudios consultados.





Dada la escala de trabajo y las múltiples posibilidades existentes para ejecutar la mejora de cauce en el río Anna, y teniendo en cuenta que el modelo comprende mejorar el cauce en zonas externas al término municipal, se ha optado por adoptar un modelo simplificado del mismo, conceptualizándolo como un canal trapezoidal, de forma que pueda determinarse a partir del mismo un área de afección que permita delimitar con cierta holgura una reserva de espacio en el nuevo Plan General. No puede tomarse por tanto como una sección tipo cerrada y que no admita variaciones, sino como un instrumento matemático que permite delimitar el área que ocupará la futura mejora, una vez ésta sea dimensionada definitivamente. En todo caso se han tenido en cuenta los estudios anteriores y la tipología del encauzamiento actual para determinar las secciones tipo del cauce.

En lo que respecta al canal, dado que su recorrido sí se produce íntegramente en Burriana, la sección tipo sí puede tomarse como una propuesta para dicho canal. Dicha sección se ha determinado a partir del estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori, adoptando las tipologías de las secciones tipo propuestas por el mismo en los tramos comunes y prolongando éstas hacia aguas arriba.

## 2. Tramos de cálculo del modelo

La división en tramos (*reaches*) de cálculo se ha efectuado a partir de la derivación hacia el canal, que supone una bifurcación de los flujos. Se definen, por tanto, los siguientes tramos:

- Tramo Bota-Canal, que comprende el cauce mejorado del río Anna entre el inicio de La Bota y la derivación hacia el canal de drenaje.
- Tramo Canal-Burriana, que comprende el cauce mejorado del río Anna entre el inicio de La Bota y el encauzamiento actual en Burriana.
- Tramo Anna-mar, que se corresponde con el canal de drenaje adicional que debe ser abierto para la evacuación de caudales.

## 3. Situaciones simuladas





El modelo unidimensional descrito anteriormente debe ser simulado para diferentes períodos de retorno, con objeto de comprobar su adecuación a los distintos caudales. En el presente estudio hidráulico se van a simular las siguientes situaciones:

- Caudales para 25 años de periodo de retorno, en cuya situación el canal de drenaje adicional permanece en seco, ya que no se producen desbordes.
- Caudales para 100 años de periodo de retorno.
- Caudales para 500 años de periodo de retorno.
- Caudales del estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori para 100 años, sólo para el final del canal.
- Caudales del estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori para 500 años, sólo para el final del canal.

Estos dos últimos casos se simulan porque, al ser el tramo final de la presente actuación una redefinición de la medida correctora propuesta en Sant Gregori, debe comprobarse que la actuación que la redefinición realizada puede cumplir con la función de la medida original.

#### 4. Caudales de cálculo del modelo

Los caudales de cálculo con los cuales se va a simular el modelo se han obtenido de los estudios de inundabilidad previos, en particular de los extraídos del estudio hidráulico realizado en el estudio de inundabilidad del PAI Golf Sant Gregori, que se adjuntan en el anexo 2 del mismo; así como de los caudales validados para el río Anna en el estudio hidrológico, anteriormente mostrados.

A partir del estudio de Sant Gregori se han identificado los desbordes producidos en el río Anna para las avenidas de 100 y 500 años de periodo de retorno. La de 100 desborda hacia la izquierda un total de 251 m<sup>3</sup>/s en un meandro en el Clot, y un total de 77 m<sup>3</sup>/s aguas abajo del anterior. La de 500





años desborda en los mismos puntos con caudales mayores, iguales a 321 m<sup>3</sup>/s y 191 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Dichos desbordes deben combinarse con los caudales que en un futuro serán evacuados por el canal de desagüe, ya que al circular un menor caudal por el río Anna el primer desborde es menos importante. En este caso el primer desborde producido sería de 201 m<sup>3</sup>/s para 100 años y de 61 m<sup>3</sup>/s para 500 años, ya que en esta simulación, según el estudio indicado, permanece más caudal en el río, mientras que una vez ejecutado el canal el caudal entrante al tramo es idéntico tanto para 100 como para 500 años (550 m<sup>3</sup>/s). Los segundos desbordes permanecen invariables en el futuro.

Los caudales introducidos en el HEC-RAS, para cada una de las situaciones simuladas, son los siguientes:

Tramo	Ubicación	CAUDALES				
		T=25 (m <sup>3</sup> /s)	T=100 (m <sup>3</sup> /s)	T=500 (m <sup>3</sup> /s)	Sant Gregori T=100 (m <sup>3</sup> /s)	Sant Gregori T=500 (m <sup>3</sup> /s)
Río Anna: Bota-Canal	Inicio del tramo	314	622	1.222	0,01	0,01
Río Anna: Canal-Burriana	Inicio del tramo	314	550	550	0,01	0,01
Canal de drenaje	Inicio del tramo	0,01	72	672	0,01	0,01
Canal de drenaje	Tramo inicio Sant Gregori	0,01	273	733	251	321
Canal de drenaje	Tramo final Sant Gregori	0,01	350	924	328	512

Tabla 19.- Caudales introducidos en el modelo hidráulico

En dicha tabla aparecen valores iguales a 0,01 m<sup>3</sup>/s (10 l/s) debido a que el HEC-RAS no permite que en ninguna simulación algún tramo circule en seco, por lo que se le da ese valor, despreciable respecto a los restantes caudales circulantes. No se presentan los resultados de dichos tramos con caudal despreciable por no tener ningún interés.

## 5. Secciones tipo del modelo

En el modelo deben ser introducidas las diferentes secciones transversales tipo para poder determinar los parámetros hidráulicos de las mismas y las variables hidráulicas asociadas al flujo desarrollado con cierto caudal. Para ello deben definirse previamente dichas secciones tipo.

Como información de base en la definición de secciones tipo se ha usado la siguiente:





- Secciones tipo de canal de desagüe propuesto en el estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori: Se corresponden con secciones trapezoidales con un talud muy tendido (4:1), de dimensiones variables, combinadas en algunos tramos con rastrillones transversales que permiten el mantenimiento de una lámina de agua permanente en el campo de golf del PAI.
- Sección tipo del encauzamiento actual de Burriana: Se corresponde con una sección rectangular de 30 metros de anchura y 4 metros de altura.
- Secciones tipo de la actuación propuesta para el río Anna en el PATECAS.

Se han definido por tanto las siguientes secciones tipo:

Sección tipo	Tramo	PK de RAS	Tipo de sección	Anchura	Altura	Talud
Anna_1	Río Anna: Bota-Canal	1080 - 2890	Trapezoidal	100	4	3H:2V
Anna_2	Río Anna: Canal - Burriana	980 - 600	Rectangular	40	4	-
Anna_3	Río Anna: Canal - Burriana	390 - 0	Rectangular	30	4	-
Canal_1	Canal de drenaje	4270 - 1100	Trapezoidal	75	3	4H:1V
Canal_2	Canal de drenaje	1000 - 455	Trapezoidal	100	3	4H:1V
Canal_3	Canal de drenaje	450 - 0	Trapezoidal	120	3	4H:1V

Tabla 20.- Secciones tipo introducidas en el modelo hidráulico

En los PK situados entre estas secciones se ha procedido a interpolar linealmente entre las secciones tipo situadas entre cada PK concreto, operación muy sencilla gracias a las funcionalidades del programa HEC-RAS.

La sección Anna\_1 se ha definido a partir de la sección tipo I expuesta en la actuación prevista en el PATECAS, aunque adaptando su ancho al mayor caudal que deberá evacuar respecto a ésta. En esta sección la solera es el cauce natural y el cajero se recubre con vegetación autóctona del mismo.

Las secciones Anna\_2 y Anna\_3 se han definido a partir de la sección del encauzamiento actual del río Anna en Burriana. La sección Anna\_3 es la de dicho encauzamiento (ya que simula un área del mismo ya ejecutada), siendo la sección Anna\_2 más ancha para permitir una transición más suave con el





tramo anterior, ya que en las simulaciones iniciales, en las que se introdujo una sección igual a la Anna\_3, se observó una excesiva elevación de la lámina de agua aguas arriba de la derivación, provocada por el estrechamiento entre ambas. El hecho de ampliar la sección Anna\_2 supone actuar en el puente de la ronda de forma que la sección se amplíe 10 metros. Obviamente pueden definirse diferentes soluciones para ejecutar o evitar ejecutar esta obra, pero en el presente estudio no se profundiza en ellas por ser correspondientes a un mayor grado de definición y porque el objetivo de toda la conceptualización realizada en el río Anna es poder definir el espacio a reservar para la futura infraestructura, dejando abierta la solución que se opte en su ejecución a un posterior diseño, que deberá consensuarse además entre administraciones locales y supramunicipales.

En ambas secciones (Anna\_2 y Anna\_3) la solera es el cauce natural y los cajeros son de mampostería.

El perfil longitudinal actual del río deberá ser corregido mediante un reperfilado, ya que en la actualidad resulta ineficiente.

Dada la variabilidad de estas posibles actuaciones de reperfilado y mejora, unida a la escala de trabajo del Plan General y al hecho de tratarse de una actuación en más de un término municipal, no se considera necesario proceder a una definición más precisa de la sección futura del río, obteniendo el orden de magnitud de la anchura de dicha sección mediante el presente estudio hidráulico, de forma que pueda realizarse, en el Plan General, una reserva de suelo con la holgura adecuada a las futuras variaciones que se puedan producir en la medida.

Las secciones Canal\_1, Canal\_2 y Canal\_3 se han definido a partir de las expuestas en el proyecto de urbanización del PAI Sant Gregori, aunque aumentando sus dimensiones, ya que deberán acoger caudales mayores. La sección Canal\_1 enlaza el río Anna con los límites del PAI Sant Gregori, mientras que las secciones Canal\_2 y Canal\_3 reemplazan respectivamente a las secciones tipo II y I respectivamente del estudio de inundabilidad del PAI, con un trazado idéntico al de los Tramos 2 y 1 de la medida prevista en dicho estudio.





En las secciones Canal\_1 y Canal\_2 tanto la solera como los cajeros se recubren de césped. En la sección Canal\_3 la solera es de hormigón (al igual que en la medida original del PAI Sant Gregori) con los cajeros recubiertos de césped.

En este caso, dichas secciones sí pueden tomarse como secciones tipo del canal, ya que al contrario que en el río, donde la existencia de un cauce ofrece diferentes posibilidades y condicionantes al recrecido, en el caso de una canalización que debe abrirse desde cero es posible definir una sección geométrica con un mayor grado de seguridad sobre su ejecución. En el presente estudio se ha optado por una sección con talud muy tendido, al igual que las propuestas en Sant Gregori, para disminuir el impacto visual de la actuación e integrarla con el entorno natural. Ello también resulta en una mayor área ocupada, lo que permite obtener mayor holgura, de cara a posibles modificaciones de las secciones propuestas.

Cabe destacar que el Tramo 3 de la medida correctora del estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori no se modifica, por lo que de acuerdo al estudio de dicho PAI deberá ejecutarse tal y como se preveía originalmente, tal y como se refleja en el plano de actuaciones del presente estudio, aunque no haya sido simulada por carecer de sentido, al ser los caudales idénticos a los simulados en el estudio de dicho PAI.

## 6. Pendientes del modelo

La definición geométrica de los diferentes tramos del modelo se completa con las pendientes. En este caso se ha optado por mantener, en la medida de lo posible, una pendiente uniforme a lo largo de los mismos, ya que ello permite un funcionamiento hidráulico más estable y minimiza las transiciones.

En la siguiente tabla se indican las pendientes adoptadas en cada uno de los tramos.





Sección tipo	Tramo	PK de RAS	Pendiente (%)
Anna_1	Río Anna: Bota-Canal	1080-2890	0,4
Anna_2	Río Anna: Canal - Burriana	1080-390	0,4
Anna_3	Río Anna: Canal - Burriana	390-0	0,33
Canal_1	Canal de drenaje	4270-1100	0,31
Canal_2	Canal de drenaje	1100-455	0,14
Canal_3	Canal de drenaje	450-0	horizontal con rastrillones

Tabla 21.- Pendientes introducidas en el modelo hidráulico

Donde la pendiente del tramo correspondiente a la sección Anna\_3 es la pendiente actual del río, dado que dicho tramo no se modifica. El resto del río Anna se ha definido con una pendiente uniforme del 0,4%, evitando los saltos de cota y los aluvionamientos que hoy en día sufre el cauce y que merman su capacidad.

La disposición de la sección Canal\_3, con una pendiente horizontal con rastrillones, es idéntica a la planteada originalmente en la medida del PAI Sant Gregori (que fue aprobada), al igual que en la sección Canal\_2. La sección Canal\_1 enlaza Sant Gregori con el río Anna.

## 7. Condiciones de contorno

Una vez definidas las restantes condiciones del modelo, únicamente es necesario definir las condiciones de contorno que definen el flujo estacionario a partir del cual se calcularán los calados. Las condiciones de contorno se definen en ubicación (aguas arriba o aguas abajo), y en calado (normal, crítico, un calado condicionado por elementos externos...). Por tanto el definir una condición de contorno exige conocer dónde se produce determinado calado previamente a la realización de las simulaciones. La ubicación errónea de una condición de contorno puede condicionar la validez del modelo.





En este caso hay seis condiciones de contorno a definir, ubicadas en los extremos de los tres tramos del modelo (dos tramos en el río Anna y uno en el canal de drenaje adicional). Sin embargo dichas condiciones se reducen a tres, puesto que en la confluencia de los tres tramos, por tanto en tres extremos, la condición viene impuesta por el balance de energías en la propia confluencia. Quedan por definir las condiciones en el inicio del tramo Bota-Canal y en los finales de los tramos Anna-mar y Canal-Burriana.

La condición de contorno que puede ser definida con mayor seguridad es la del canal de drenaje, puesto que el rastrillón del mismo final propicia, salvo anegamiento, un calado crítico al desembocar al mar. Dicho anegamiento debe ser comprobado, en dicha sección, mediante la energía del agua al nivel del mar en avenida (que puede estimarse en 0,8 metros). Si la energía crítica para un caudal simulado supera dicho umbral de 0,8 metros, la condición es válida; mientras que en caso contrario no se producirá un régimen crítico, debiendo ser reemplazada por un valor de calado conocido igual a 0,80 metros.



Fig. 35.- Vista actual de la antigua salida del barranco del Hospital, al final del camino del Marjalet

Para ello se ha simulado en primer lugar el modelo suponiendo que el régimen crítico es libre, con el fin de determinar si la energía supera los 0,8





metros. Se ha constatado dicha superación salvo para la simulación realizada para un periodo de retorno de 25 años, en la que el canal no evacúa ningún caudal desbordado. En esta simulación se ha reemplazado el calado crítico por un calado conocido de 0,8 metros; manteniéndose el crítico en los restantes casos.

En lo que respecta a la condición de contorno del inicio de la mejora de cauce en el río Anna, su definición no es problemática, ya que se ubica a un kilómetro del término municipal de Burriana y, por tanto, no afectará al tramo del río Anna dentro de Burriana. Además el fácil suponer qué condición de contorno se produce, ya que se halla al final de un tramo de 1800 metros con una sección constante y una pendiente subcrítica constante, lo que puede suponerse lo suficientemente largo como para que al final del mismo se presente el calado normal asociado a la pendiente del tramo (0,4%). Se ha optado por tanto por esta condición comprobándola, al igual que la anterior, mediante simulaciones previas. En éstas se ha observado como a aproximadamente 600 metros hacia aguas arriba desde la derivación se alcanza el calado normal, lo que valida la condición.

La última condición, más influyente a priori por situarse en el tramo más corto, y más difícil de discernir a simple vista, es la condición final del tramo del río Anna situado entre el canal de derivación y el encauzamiento actual. En principio la simulación debería finalizar en el encauzamiento actual, pero ante la imposibilidad de definir ninguna condición de contorno que pudiera defenderse mínimamente, se ha optado por prolongar el modelo hacia aguas abajo todo lo posible, con el fin de definir una condición de contorno lo más alejada posible del final "real" del modelo, descartando los resultados de este tramo adicional y comprobando que no afecta al tramo en el que sí interesan los resultados.

En este caso se ha prolongado el modelo hasta inmediatamente aguas arriba del puente de La Mota (no se incluye el puente), del cual se ha presentado anteriormente una imagen. En dicho punto se propondrán diversas condiciones de contorno examinando posteriormente el efecto que producen las mismas en el punto de inicio del modelo y en la derivación, para un caudal de 550 m<sup>3</sup>/s (igual para 100 que para 500 años de periodo de retorno). En el caso de 25 años de periodo de retorno el caudal, al situarse cercano la mitad





de los otros ( $314 \text{ m}^3/\text{s}$ ) no condiciona el diseño de la mejora de cauce (no es, de hecho, necesaria para este caudal) por lo que en la presente simulación se tomará una condición de contorno de calado crítico, provocado por el estrechamiento de la sección que suponen las pilas del puente.

Las condiciones de contorno propuestas para dicho caudal son las siguientes:

- Calado crítico, lo que implicaría una sección de control provocada por el puente, lo que resultaría plausible para situaciones en las que no se produzca la entrada en carga del mismo.
- Calado normal con la pendiente del tramo (0,33%), lo que es a todas luces irreal al estar junto a un puente, pero que se incluye como una posibilidad más para poder ver su efecto aguas arriba.
- Sección llena o calado máximo posible, como se ha constatado en anteriores episodios de avenida en el río Anna.

Estas posibilidades abarcan todo el espectro de calados en régimen lento (del crítico al máximo), por lo que cualquier posibilidad intermedia se hallará entre ambos calados. Dada la pendiente del tramo, y el mantenimiento de la misma hacia aguas arriba, es cuestionable que se produzca un régimen rápido aguas arriba del puente.

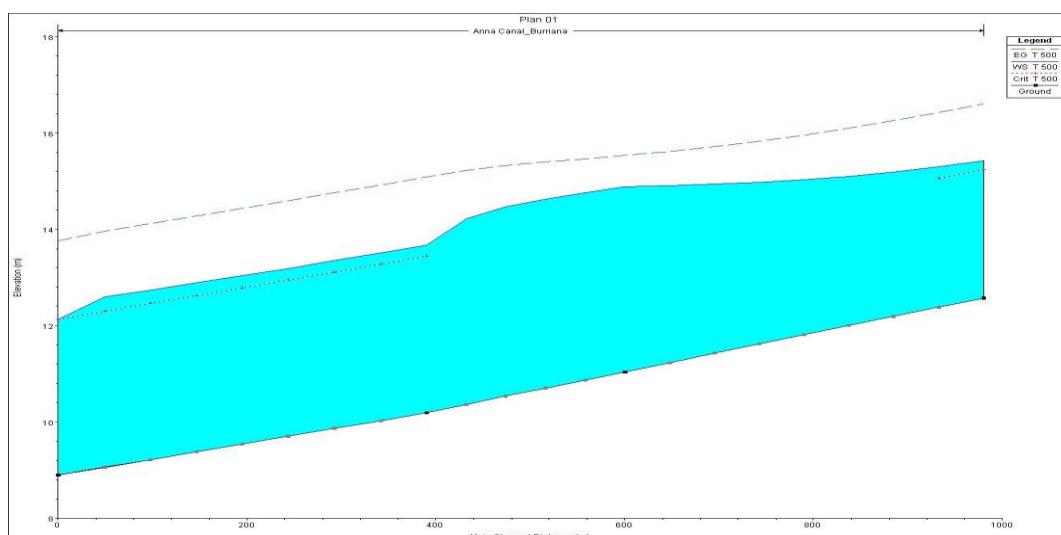
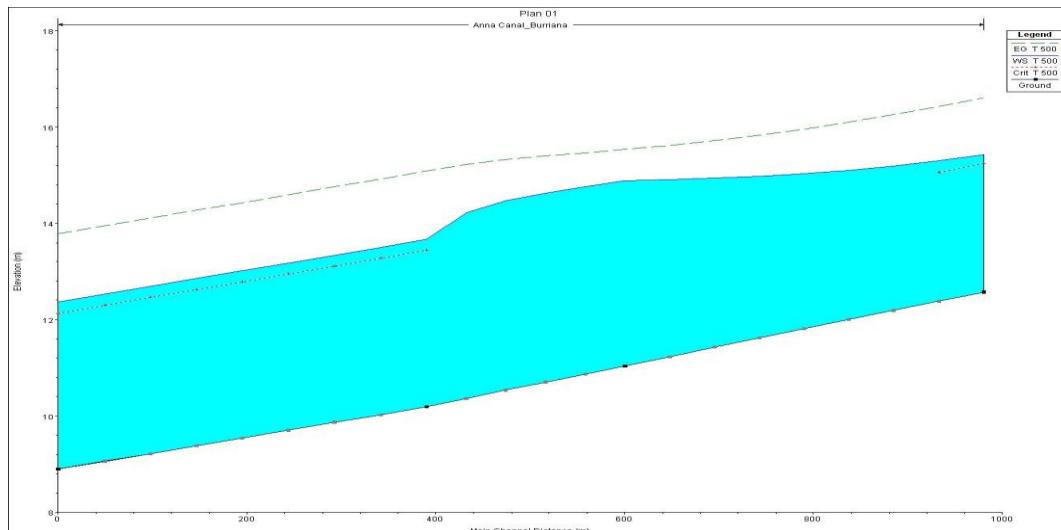
Estos calados provocarán diferentes curvas de remanso que se propagarán hacia aguas arriba, dependiendo las diferencias entre calados de la longitud de dicho remanso. De las simulaciones preliminares se ha extraído el calado en dos puntos: el PK 390 (punto en el cual finaliza el encauzamiento actual y, por tanto, punto final del tramo adicional del modelo hidráulico); y el PK 980 (punto en el que se alcanza la derivación). Los calados obtenidos y los perfiles transversales se presentan a continuación:





CONDICION	CALADO A 390 METROS (msnmm)	CALADO A 980 METROS (msnmm)
Calado normal S=0,0033	13,66	15,43
Calado crítico	13,67	15,43
Sección llena (12,8)	13,70	15,43

Fig. 36.- Calados obtenidos en las simulaciones preliminares en el segundo tramo del río Anna



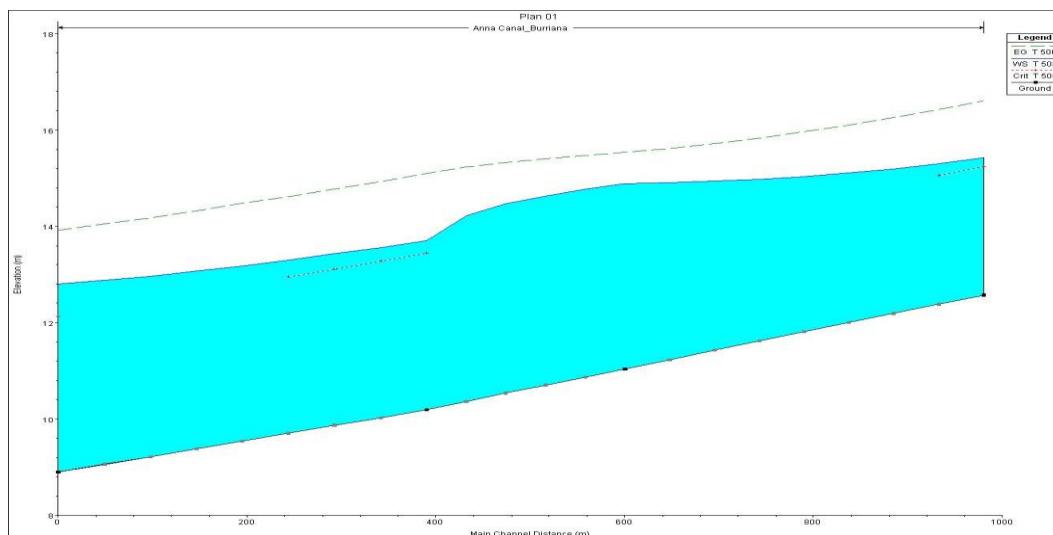


Fig. 37.- Perfiles obtenidos en el tramo final de la simulación en el río Anna, para calado normal, calado crítico y sección llena.

En la tabla y los perfiles se observa como las diferencias producidas entre caudales se ciñen al encauzamiento actual, ya que en el punto inicial del mismo los calados obtenidos apenas difieren en pocos centímetros. Se concluye por tanto que en el inicio de las actuaciones el calado no se halla condicionado por el puente de La Mota, por lo que iniciando la simulación en este punto la condición de contorno no provoca variaciones de calado en el tramo en el que los resultados adquieren importancia. Sin embargo, teniendo en cuenta que en dicho puente se han producido desbordes y reboses del mismo, se ha optado por imponer una condición de contorno de sección llena (cota 12,8 msnmm), que además es la más desfavorable, aunque con muy pocas diferencias, en el PK 390, punto final de la mejora de cauce.

## 8. Resultados

Una vez expuestos los datos de entrada del modelo, se ha procedido a efectuar las simulaciones para los cinco casos indicados. Los perfiles longitudinales completos y los calados alcanzados se presentan en el anexo correspondiente.

A la vista de los resultados, pueden realizarse las siguientes conclusiones:

- El canal de drenaje predimensionado es capaz de evacuar los caudales previstos con calados situados en general entre 2,15 y 2,50





metros. En la zona de Sant Gregori los calados se incrementan, respecto a la medida original, propuesta en el estudio del PAI, en aproximadamente 25 cm. Deberán revisarse las curvas de nivel propuestas en el PAI para adaptarlas al aumento de la sección transversal y del calado. Es adecuado, por tanto, efectuar la reserva de suelo de acuerdo al tirante máximo posible de la sección (el de sección llena), incluyendo un ligero sobreancho para solventar posibles cambios de trazado o posibles transiciones que se opte por incluir en el dimensionamiento definitivo del canal.

- El reperfilado y recrecido del cauce del río Anna es capaz de evacuar los caudales circulantes, por lo que se considera adecuado efectuar la reserva de suelo de acuerdo al tirante máximo posible de las diferentes secciones, incluyendo un sobreancho razonable para tener en cuenta posibles cambios en el trazado y sección que, en este caso, puedan aparecer.
- El funcionamiento observado en la avenida de 500 años no es el más adecuado para un canal, puesto que el número de Froude es demasiado elevado para un régimen subcrítico (0,95), por lo que en el diseño definitivo será necesario bajar la pendiente y disponer transiciones para conseguir un número de Froude más estable y adecuado. Como la mejora de cauce proyectada cuenta con cierta holgura en calado, y no es objetivo del modelo el simular procesos de detalle, se ha optado por no variar lo expuesto en el modelo, sino simplemente indicar que será necesario ubicar transiciones, dejando a potestad de diseños más detallados el ubicar las mismas.
- En la confluencia (PK 1080) se observa, para la avenida de 100 años, una sobreelevación de calado provocada por el estrechamiento que supone el cambio de capacidad de la mejora (de 1222 m<sup>3</sup>/s a 550 m<sup>3</sup>/s), en el punto de confluencia entre el cauce actual y el canal de drenaje adicional. En la avenida de 500 años, sin embargo, el modelo no recoge una sobreelevación de calado sino un nivel crítico.

Ello es provocado porque para 100 años el caudal derivado en el canal es escaso, por lo que el flujo presenta un alto grado de





continuidad longitudinal (la mayor parte del agua no cambia de dirección); produciéndose por tanto el efecto que en un tramo continuo de canal tendría un estrechamiento en régimen subcrítico (sobreelevación aguas arriba).

Para 500 años, en cambio, el caudal derivado en el canal supera al que continúa por el río, por lo que la continuidad longitudinal del flujo se rompe, siendo una bifurcación en sentido estricto. En el programa dicha bifurcación se modeliza igualando energías, lo que unido a la diferencia de caudales y a la derivación lateral propicia un régimen crítico. En la realidad se producirá un vertido lateral del cauce hacia el canal, por lo que aparecerá un régimen crítico a la entrada del mismo, pudiendo determinarse el calado en dicho punto mediante un balance de energías y calados en la confluencia, iterando diferentes repartos de caudales, a partir del cual se determinarán las dimensiones y tipología del vertedero para que funcione correctamente.

Como la sobreelevación de calado en la avenida de 100 años es considerable (en la realidad se produciría para esa cota un vertido hacia el canal considerable, por lo que no es probable que se alcancen calados tan elevados), y no siendo objetivo del modelo obtener en detalle el funcionamiento de la actuación, sino simplemente establecer de forma aproximada y holgada la franja de territorio a reservar para la futura ubicación de la infraestructura; se ha optado por mantener la sección definida y tomar como cota más desfavorable en este punto la de 100 años, considerándose del margen de la seguridad esta solución.

- La mejora de cauce propuesta en el río Anna puede considerarse como una alternativa a la propuesta recogida en el PATECAS, ya que comprende las zonas en las cuales ésta actúa, dimensionando la obra para un caudal mayor. Por tanto puede considerarse que, **si la mejora propuesta en el presente estudio es dimensionada definitivamente y ejecutada correctamente, se lograrán como mínimo los efectos que preveía la mejora propuesta en el PATECAS. Esta actuación puede**, por tanto, **sustituir con ventaja a la planteada**





**en el PATECAS**, ya que logra objetivos respecto a la inundabilidad iguales o superiores a ésta.

- La ampliación de sección propuesta en la zona de Sant Gregori no presenta desventajas respecto a la original, ya que como se constata en las simulaciones es capaz de evacuar los caudales para los que diseñó la actuación inicial en Sant Gregori, presentando láminas de agua inferiores en 30 cm para 100 años y en 40 cm para 500 años.

Como conclusión final puede decirse que **la medida propuesta permite eliminar los desbordes producidos en el río Anna para la avenida de 500 años de periodo de retorno, logrando efectos idénticos o superiores a aquellos previstos en el PATECAS y en el estudio de inundabilidad del PAI Sant Gregori.**

Esta medida beneficia al núcleo urbano y áreas urbanizables de Burriana, así como al núcleo urbano de Les Alqueries y a la zona sureste del término municipal de Vila-real. Dado el ámbito que comprende esta medida y los beneficiados por la misma, no puede repercutirse el coste de esta actuación a los sectores urbanizables de Burriana.

Ya que en PATRICOVA se halla propuesta una medida en el mismo ámbito, pudiendo considerarse la presente como la redefinición de la inicialmente propuesta en PATRICOVA, que se revela como insuficiente al aumentar la escala; **la ejecución de dicha medida debería correr a cargo del agente a quien PATRICOVA asignó la ejecución de la medida original**, es decir, la *Dirección General del Agua de la Conselleria de Agricultura, Pesca, Alimentación i Agua. Dicha medida deberá ser impulsada por este agente, en coordinación con los entes municipales de Burriana, Les Alqueries y Vila-real*. En un anexo se presenta la ficha de dicha actuación, en el formato de PATRICOVA, tras su redefinición.

### 5.3.3 BARRANCO DE BETXÍ Y MARJAL DE NULES-BURRIANA

En el caso de la marjal de Nules-Burriana, el riesgo de inundación es debido a la propia **configuración geomorfológica del terreno como marjal**, funcionando como semiendorreísmo local que acumula las aguas de lluvia y las





aguas de los cauces que a ella vierten, dificultando su salida al mar. En el caso del barranco de Betxí, vertiente a la misma, el riesgo es provocado por la insuficiencia (inexistencia aguas abajo de la AP-7) de un cauce capaz de evacuar las avenidas.

Respecto al riesgo de inundación asociado a la marjal es necesario destacar lo siguiente:

- La marjal es un **espacio protegido** catalogado como **LIC**, e incluido por tanto en la **Red Natura 2000** europea; y como **Zona Húmeda de la Comunidad Valenciana**.
- La corrección del riesgo de inundación de la marjal, a escala global, originaría la pérdida de los valores naturales y ecológicos que motivaron su declaración como espacio protegido.
- El riesgo de inundación se limita a la propia cubeta de la marjal, ya que los límites de la misma se hallan más elevados que la restinga de cierre.
- El área en riesgo de inundación no afecta de forma generalizada a ningún desarrollo urbanístico (únicamente de forma localizada al sector Pedrera-Port), ni resulta empeorada por ninguno de ellos.

En cuanto al riesgo asociado al cono aluvial del barranco de Betxí, aguas arriba de su final junto a la AP-7, es suficiente indicar que no afecta a ningún desarrollo urbanístico o zona que se pretenda reclasificar.

Por tanto se concluye que **no se debe tomar**, respecto a la marjal de Nules-Burriana y el barranco de Betxí, **ninguna medida correctora de carácter general**, puesto que únicamente afecta tangencialmente a un sector y la corrección global del riesgo de inundación originaría la pérdida de los valores naturales y ecológicos del entorno.

Cabe destacar que en la actualidad se está tramitando un **Plan Especial de zonificación y usos en la marjal de Nules-Burriana**, a cargo de la Conselleria





*d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient* y los ayuntamientos de Burriana y Nules. En dicho estudio se analizarán posibles actuaciones en los barrancos cuya cuenca vertiente finaliza en la marjal, evaluándose su efecto en estudios de inundabilidad específicos que se realizarán dentro del marco de dicho plan. Los riesgos futuros en la zona de marjal, y las medidas correctoras a adoptar en la misma para obtenerlos, se definirán en dicho plan.

Es decir, los riesgos de inundación que se producen en la marjal de Nules-Burriana pueden resultar modificados a medio plazo por las actuaciones derivadas del Plan Especial citado. Dicha modificación puede provocar un cambio en las condiciones de inundabilidad de algunas zonas de Burriana, en particular las más cercanas a la marjal, lo que puede afectar a algunas medidas propuestas o condiciones de adecuación impuestas. En el presente estudio no puede tenerse en cuenta ninguna medida, ya que en la actualidad dicho Plan Especial se halla en sus inicios, no conociéndose aún ninguna actuación propuesta.

Por ello se ha optado por no suponer ninguna medida, por desconocimiento, y realizar todas las determinaciones a partir de esta hipótesis. Esta situación deberá ser redefinida, sin embargo, cuando se conozcan más detalles del Plan Especial de la marjalería, ya que ello puede suponer un cambio en algunas de las medidas propuestas en el presente estudio, o en las condiciones a las futuras edificaciones que se cabría imponer en algunas zonas si no se realizara ningún estudio.

#### 5.3.4 MEDIDAS PROPUESTAS ESPECÍFICAMENTE POR SECTOR

Hasta ahora la situación se ha examinado desde un punto de vista global, es decir, abordando los problemas de inundabilidad con una visión de conjunto de todo el proceso de inundación, intentando corregir los riesgos con medidas a gran escala. Ello es sin duda conveniente, ya que los principales riesgos detectados en Burriana vienen provocados por fenómenos a escala supramunicipal, por lo que tomar medidas a dicha escala es lo más adecuado técnica y económicamente, al adecuar la escala del riesgo con la de la medida que lo corrige. Corregir riesgos globales únicamente con medidas a escala local deriva en una pléyade de pequeñas actuaciones con efectos muy





concretos y diversos cuya ejecución y adecuación mutua se vuelve muy complicada, por lo que es posible que aparezcan efectos secundarios imprevisibles que provoquen una situación aún peor a la original.

Sin embargo no puede perderse de vista que uno de los principales objetivos del presente estudio es garantizar que todos los desarrollos urbanísticos previstos cuya reclasificación depende del nuevo Plan General queden a salvo del riesgo de inundación. Ello no sólo exige la corrección de dicho riesgo, sino el corregirlo con medidas cuyo plazo de ejecución no sea superior al del propio sector. Dicho plazo de ejecución queda determinado no sólo por el tamaño de la medida, sino también por el agente ejecutor y el proceso trámite de la misma.

Estos últimos factores juegan en contra de las medidas grandes, ya que precisan de un proceso de trámite, financiación y planeamiento complejo. A esta circunstancia se une, en el presente estudio, el hecho de implicar a varios agentes de ámbitos distintos, lo que difiere aún más su puesta en marcha.

Ello provoca que, si se adscribe el desarrollo de un sector concreto a una medida mucho más amplia que él, se impida el mismo, ya que a su propia trámite, ya de por sí complicada, se le une otra cuya complejidad puede resultar incluso superior. Este error, que se produce en ocasiones en los desarrollos urbanísticos, suele derivar en un aplazamiento indefinido del desarrollo concreto y por tanto del crecimiento del municipio donde se ubica; o peor aún, en una situación de peligro por ignorar dicho riesgo, que en caso de la inundabilidad puede acabar midiendo el coste de los daños en vidas humanas.

Por ello, en el presente estudio se incluye un apartado destinado exclusivamente a proponer medidas correctoras de carácter más concreto, examinando la situación en que queda cada sector que se pretende reclasificar en el presente Plan General respecto a los riesgos de inundabilidad determinados anteriormente.

Este análisis debe excluir a los sectores ya aprobados definitivamente, ya que dicha aprobación supone una reclasificación ya asumida y, por tanto, independiente del Plan General y del presente estudio. No es objetivo del





presente estudio revisar, criticar ni realizar análisis o determinación alguna respecto a cómo se corrige el riesgo de inundación en dichos sectores; ya que se ha realizado durante el proceso de tramitación; y también porque si el sector se halla aprobado definitivamente no es posible ligar su desarrollo a la ejecución de nuevas medidas ni revocar dicha aprobación.

**En aquellos sectores aprobados definitivamente que cuenten con un estudio de inundabilidad propio el presente documento se limitará a recoger dichas medidas**, como se ha hecho en un apartado anterior, y a adjuntar las condiciones que dichos sectores, respecto a la inundabilidad, deben cumplir. **El presente estudio no supone para ellos ni aumento ni disminución de las obligaciones fijadas previamente para su desarrollo.**

En un plano adjunto a este documento se presentan los riesgos de inundación resultantes tras la ejecución de las medidas ya aprobadas en dichos sectores (ninguna de las cuales se ha realizado a día de hoy). **Dicho plano se limita a reflejar lo que los planos de los estudios de inundabilidad propios de cada sector, todos previamente aprobados, han recogido en sus planos.** No se ha efectuado ninguna determinación adicional, limitándose a reflejar lo indicado en estos estudios. Por lo tanto, **ni el autor del presente estudio se responsabiliza de dicho plano ni puede ser responsabilizado de los errores que en él puedan existir, ya que éstos serían los errores de los estudios de inundabilidad anteriores, aprobados definitivamente, al constituir dicho plano una simple recopilación.**

**En aquellos sectores aprobados definitivamente que no cuenten con un estudio de inundabilidad propio el presente estudio se limitará a verificar la existencia de dicho riesgo y a indicar que, de acuerdo al artículo 24 de PATRICOVA, se deberán imponer condiciones de adecuación de las futuras edificaciones** que se sitúen en ellos, condiciones que deberán cumplir como mínimo lo prescrito en el Capítulo III, Sección Segunda de PATRICOVA. **Dichas condiciones deberán describirse en las fichas de planeamiento y gestión oportunas**, y tenidas en cuenta cuando se establezca la ordenación pormenorizada de dichos sectores.





### 5.3.4.1 SUELO URBANO

El suelo urbano puede dividirse según la fecha de su definición (entre suelo urbano existente en el planeamiento vigente y suelo urbano de nueva creación en el planeamiento propuesto), y según su grado de desarrollo (consolidado o semiconsolidado por edificaciones, urbanizado sin consolidar o no urbanizado).

#### 5.3.4.1.1 SUELO URBANO PROCEDENTE DEL PLANEAMIENTO VIGENTE

Dado que este suelo urbano procede del planeamiento vigente, ya aprobado y homologado, el incluirlo en el planeamiento propuesto no supone una reclasificación, sino una asunción de la clasificación vigente. Por ello, **independientemente de su grado de desarrollo, debe aplicársele el artículo 24 de PATRICOVA**, que establece que en dicho suelo los ayuntamientos deberán **verificar la incidencia del riesgo de inundación e imponer, cuando proceda, condiciones de adecuación de las futuras edificaciones; impulsando con las restantes administraciones la realización de aquellas actuaciones de defensa que sean más prioritarias.**

El suelo urbano procedente del planeamiento vigente se puede clasificar según su grado de desarrollo, como se ha indicado. En Burriana los suelos urbanos procedentes del planeamiento vigente son los siguientes:

- 1) Suelo consolidado o semiconsolidado por edificaciones
  - a) Casco urbano
  - b) Ensanche
  - c) Vora Riu (residencial y terciario)
  - d) Camí Alqueries
  - e) Primer ensanche este (residencial y terciario)
  - f) Camí del Port





- g) Playa (tanto la zona situada entre el río Anna y el puerto como la que se encuentra junto a la marjal)
  - h) Llombai
  - i) Carabona
  - j) Marazzi
- 2) Suelo urbano urbanizado sin consolidar
- a) Novenes de Calatrava
- 3) Suelo urbano no urbanizado
- a) Zonas localizadas del término municipal situadas entre suelo urbano consolidado, siendo la agrupación más importante la situada en el margen izquierdo del río Anna

**Todas las áreas anteriores, salvo el área industrial de Carabona y la terciaria de Marazzi, se hallan expuestas al riesgo de inundación** total o parcialmente. En todas las áreas anteriores, salvo el suelo urbano situado junto a la marjal (dentro de la zona conocida como "Playa"), el riesgo procede del río Anna, en tanto que en la marjal el riesgo procede de la propia zona húmeda. **En estas áreas el nuevo Plan General deberá imponer condiciones de adecuación a las futuras edificaciones** que se levanten.

Según los estudios de inundabilidad previos, una vez se ejecuten las medidas correctoras previstas en el sector SUPOR-1 el riesgo de inundación se verá reducido, pero no eliminado, persistiendo en las mismas zonas en las que actualmente se presenta.

Tras la ejecución de todas las medidas correctoras previstas en el presente documento, la situación sí sufre un cambio apreciable, ya que los desbordes que actualmente sufre el río Anna no se producirán y el extremo norte del área inundada por la marjal quedará retenido por Pedrera Port. **Tras la ejecución de**





**dichas medidas únicamente permanecerá en riesgo el suelo urbano situado junto a la marjal, por lo que deberán seguirse imponiendo en él condiciones de adecuación a las futuras edificaciones.**

#### 5.3.4.1.2 SUELO URBANO DE NUEVA CREACIÓN EN EL PLANEAMIENTO PROPUESTO

**En el planeamiento propuesto no se establece suelo urbano de nueva creación,** es decir, no se reclasifica en el nuevo Plan General de Burriana suelo de urbanizable o no urbanizable a urbano, por lo que no es necesario realizar ninguna consideración al respecto. En todo caso la reclasificación se hubiera hallado sujeta a los condicionantes de los artículos 22 (si procediera de suelo no urbanizable) o 23 (si procediera de suelo urbanizable).

#### 5.3.4.2 SUELO URBANIZABLE

A continuación se presentan dos tablas en las cuales se indica toda la información referente al estado de aprobación e inundabilidad en dichos sectores.

Denominación tradicional	Denominación actual	Tipo de suelo	Estado de aprobación del PAI	Estudio de inundabilidad previo
SUR R1-PRR 1.2	R-1	Residencial	Aprobado definitivamente	No
SUPOR 1	R-2	Residencial	Aprobado definitivamente	Sí (2003-2004)
RONDA 1	R-3	Residencial	Sin aprobar	No
RONDA 2	R-4	Residencial	Sin aprobar	No
SANT GREGORI	R-5	Residencial	Aprobado definitivamente	Sí (2003)
JARDINES DE MALVARROSA	R-6	Residencial	Sin aprobar	Sí (2007-2009)
PEDRERA-PORT	R-7	Residencial	Sin aprobar	No
SANTA BÁRBARA	R-8	Residencial	Sin aprobar	No
NPI5	I-1	Industrial	Aprobado definitivamente	No
LLOMBAI-MONGES	I-2	Industrial	Aprobado definitivamente	No
RONDA 3	T-1	Terciario	Sin aprobar	No
EL ARENAL	T-2	Terciario	Sin aprobar	No

Tabla 22.- Suelo urbanizable en Burriana: estado de aprobación del PAI y estudio de inundabilidad





Denominación tradicional	Denominación actual	Possible origen del riesgo	Situación actual	Medidas planteadas previamente
SUR R1-PRR 1.2	R-1	Río Anna	En riesgo todo el sector	-
SUPOR 1	R-2	Río Anna	En riesgo todo el sector	Elevación de cota y zona verde deprimida
RONDA 1	R-3	Río Anna	Sin riesgo	-
RONDA 2	R-4	Río Anna	Sin riesgo	-
SANT GREGORI	R-5	Río Anna	En riesgo su zona sur	Encauzamiento de crecidas
JARDINES DE MALVARROSA	R-6	Río Anna	En riesgo todo el sector	Elevación de cota, zona verde junto a cauce y elevación de camino
PEDRERA-PORT	R-7	Río Anna y marjal	En riesgo sus extremos norte y sur	-
SANTA BÁRBARA	R-8	Río Mijares	En riesgo su extremo norte	-
NPI5	I-1	Río Anna	En riesgo zona norte	-
LLOMBAI-MONGES	I-2	Río Anna	En riesgo zona norte	-
RONDA 3	T-1	Río Anna	Sin riesgo	-
EL ARENAL	T-2	Río Anna	En riesgo todo el sector	-

Tabla 23.- Suelo urbanizable en Burriana: origen del riesgo, situación actual y medidas previstas

El suelo urbanizable puede dividirse, de acuerdo al tratamiento de la inundabilidad que debe realizarse en el presente Plan General, en las siguientes categorías:

- 1) Suelo urbanizable con programa aprobado y estudio de inundabilidad específico aprobado
- 2) Suelo urbanizable con programa aprobado sin estudio de inundabilidad específico
- 3) Suelo urbanizable sin programa aprobado pero con estudio de inundabilidad específico aprobado
- 4) Suelo urbanizable sin programa aprobado ni estudio de inundabilidad
  - a) Con clasificación procedente del planeamiento vigente
  - b) Reclasificado en el planeamiento propuesto





A continuación se indican qué sectores pertenecen a cada una de las divisiones, y qué tratamiento del riesgo de inundación debe realizarse, desde el presente Plan General, en cada uno de ellos.

#### **5.3.4.2.1 SUELO URBANIZABLE CON PROGRAMA APROBADO Y ESTUDIO DE INUNDABILIDAD**

En el nuevo Plan General hay dos sectores urbanizables con programa aprobado y estudio de inundabilidad, en concreto los siguientes:

- SUPOR-1
- Sant Gregori

**A dichos sectores les es de aplicación el artículo 24 de PATRICOVA**, por ser suelo urbanizable con programa aprobado.

Para estos dos sectores se han elaborado sendos estudios de inundabilidad específicos que han propuesto diferentes medidas para corregir el riesgo de inundación dentro de sus ámbitos. En este estudio se recogerán dichas medidas, así como el efecto que, en dichos estudios específicos, se les otorgó sobre el riesgo de inundabilidad.

Dado que **una vez ejecutadas las medidas dichos sectores, según sus estudios, quedan a salvo del riesgo de inundación** (condición que debieron cumplir para, en su momento, ser reclasificados), la aplicación del artículo 24 de PATRICOVA **no puede establecer condiciones de ordenación de las futuras edificaciones**. **Sí deben ser impulsadas las medidas correctoras propuestas en dichos estudios**, de acuerdo a las resoluciones aprobatorias de los mismos, por lo que **el ayuntamiento debe exigir la ejecución de las mismas** previa o simultáneamente al inicio de las obras de urbanización.

#### **5.3.4.2.2 SUELO URBANIZABLE CON PROGRAMA APROBADO SIN ESTUDIO DE INUNDABILIDAD**

Los sectores situados dentro de esta tipología **se hallan sujetos**, al igual que el caso anterior, **al artículo 24 de PATRICOVA**.





Los sectores urbanizables con programa aprobado sin estudio de inundabilidad son los siguientes:

- SUR R1
- NPI 5
- Llombai – Monges

En estos sectores, en cumplimiento del artículo citado, debe verificarse la incidencia del riesgo de inundación e imponer, cuando proceda, condiciones de adecuación de las futuras edificaciones.

En este caso, **de acuerdo a la situación actual, los tres sectores se hallan expuestos al riesgo de inundación**, provocado por el río Anna, para un periodo de retorno de 500 años, de forma completa en el caso de SUR R1 y de forma parcial en los otros dos casos (en el caso de NPI 5 la afección se produce, de forma muy limitada, en su extremo norte). Por tanto **se deberán imponer condiciones de adecuación en los tres sectores**, debiendo quedar reflejada esta circunstancia en las fichas de planeamiento y gestión correspondientes.

**Tras la ejecución de todas las medidas correctoras previstas en el presente documento, ninguno de los sectores permanece en riesgo de inundación**, por lo que una vez las medidas finalicen no será necesario imponer condiciones de adecuación a futuras edificaciones en ninguno de los sectores anteriores.

#### **5.3.4.2.3 SUELO URBANIZABLE SIN PROGRAMA APROBADO PERO CON ESTUDIO DE INUNDABILIDAD APROBADO**

En este caso se encuentra únicamente el sector denominado como **Jardines de la Malvarrosa**, cuyo programa se halla actualmente en tramitación. **Es por tanto de aplicación el artículo 23 de PATRICOVA**, que exige un estudio de inundabilidad específico.

**Dicho sector, sin embargo, elaboró un estudio de inundabilidad específico que fue aprobado** en 2009 por la Conselleria competente. Dado que **la condición necesaria que establece PATRICOVA**, la elaboración de un estudio





de inundabilidad específico, **ya ha sido cumplida**, no es necesaria ninguna actuación adicional, ni cabe imponer nuevos condicionantes por inundabilidad al desarrollo. Por tanto únicamente **debe reflejarse, en las fichas de planeamiento y gestión oportunas, que se exigirá la realización de las medidas correctoras que en su estudio de inundabilidad se especifiquen; cumpliendo los condicionantes del artículo 23 de PATRICOVA y de su capítulo IV.**

#### **5.3.4.2.4 SUELO URBANIZABLE SIN PROGRAMA APROBADO NI ESTUDIO DE INUNDABILIDAD**

Los sectores que se encuentren en esta situación se subdividen, a su vez, en dos clases distintas:

- a) Sectores cuya clasificación procede del planeamiento vigente, y por tanto es asumida por el propuesto, no siendo necesario establecer en el presente estudio medidas correctoras al no haber reclasificación.
- b) Sectores cuya clasificación cambia en el planeamiento propuesto, de decir, son reclasificados por el nuevo Plan General, por lo que es necesario eliminar el riesgo de su ámbito con medidas correctoras propuestas en el presente estudio, en aplicación del artículo 22 de PATRICOVA.

Los sectores urbanizables que no cuentan con un programa aprobado ni con un estudio de inundabilidad aprobado son los siguientes:

- Ronda (R3, R4 y T1)
- Pedrera Port
- Santa Bárbara
- El Arenal

De estos sectores, el único que no se reclasifica en el planeamiento propuesto (en el vigente es urbanizable), es el sector conocido como El Arenal,





mientras que los restantes sectores suponen una reclasificación de suelo. **La problemática asociada a los mismos se especifica en posteriores apartados.**

#### 5.3.4.3 SUELO NO URBANIZABLE

El suelo no urbanizable **se halla sometido**, respecto a la inundabilidad, **a las disposiciones del artículo 22 de PATRICOVA**. Este artículo establece la imposibilidad de reclasificar como urbano o urbanizable este suelo si existe riesgo de inundación, así como limitaciones en los usos de suelo dependiendo del riesgo de inundación (en riesgos 5 y 6 se permiten usos que en los riesgos 2, 3 y 4 no serían tolerados). No se establece ninguna indicación sobre el riesgo de inundación 1 ya que éste se halla sujeto al artículo 21 de PATRICOVA, debiendo ser clasificado como suelo no urbanizable de especial protección, prohibiéndose cualquier tipo de edificación, además de las restricciones habituales para este tipo de suelo.

#### 5.3.4.4 SECTORES RONDA (R3, R4 Y T1)

Estos sectores han sido declarados urbanizables en el planeamiento propuesto, por lo que **se hallan sujetos en primer lugar al artículo 22 de PATRICOVA** (debe eliminarse el riesgo de inundación en ellos para que puedan ser objeto de reclasificación); **y una vez sean reclasificados al artículo 23 de PATRICOVA**, por lo que serán objeto de estudios de inundabilidad específicos con carácter previo a su programación.

Los sectores denominados como “Ronda” se sitúan al norte del río, entre la zona urbana adyacente al mismo y la ronda de circunvalación nordeste que prevé el nuevo Plan General. El hecho de estar separados del encauzamiento actual, así como la circunstancia de que los desbordes del río Anna se produzcan hacia la margen derecha, provoca que **estos sectores no se hallen sujetos al riesgo de inundación, con posible excepción de zonas muy limitadas en sus extremos meridionales, más cercanos al río**. Por ello **la única medida correctora a imponer en estos sectores será el volcar sus zonas verdes en su parte meridional y más cercana al río, para alejar las edificaciones de las zonas en riesgo**, tal y como se ha venido realizando en otros desarrollos de la zona. Esta medida, al no imponer cargas adicionales a las propias del sector (que





debe en todo caso destinar un área a zona verde) no supone un sobrecoste, sino únicamente una restricción en cuanto al libre albedrío del repartidor para ubicar dichas zonas verdes.

**El desarrollo urbanístico de estos sectores no provoca un incremento significativo en el riesgo de inundación aguas abajo, ya que su extensión es muy reducida por lo que el aumento de caudal en el cauce es despreciable. Tampoco se empeora la situación de las áreas situadas inmediatamente aguas abajo de los sectores (en este caso las áreas situadas entre los mismos y el cauce y la zona verde situada al este) ya que éstas se hallan, actualmente, ya en riesgo de inundación por el rebose del encauzamiento del Anna, siendo el aumento de calados provocado por estos sectores despreciable. Asimismo, la escasa magnitud de los desarrollos provoca que la escorrentía retirada por los colectores (que de acuerdo a PATRICOVA deberán ejecutarse en dichos desarrollos) compensará cualquier aumento que la mayor impermeabilidad del terreno pudiera provocar.**

Los condicionantes indicados deberán quedar reflejados en las fichas de planeamiento y gestión de los sectores anteriores, puesto que son condición necesaria para el desarrollo de los mismos. En todo caso deberá quedar reflejado que, en cumplimiento al artículo 23 de PATRICOVA, **deberá elaborarse un estudio de inundabilidad específico con carácter previo a su programación, suponiendo una concreción de lo descrito en este documento a mayor escala**, y que podrá adoptar las medidas propuestas en el presente documento (siempre tras su definición a mayor escala) o proponer otras distintas si lo considera más conveniente a la ordenación pormenorizada del sector.

#### 5.3.4.5 SECTOR PEDRERA PORT

Al igual que en el caso de los sectores denominados como Ronda, el sector Pedrera Port es un **suelo urbanizable de nueva creación en el planeamiento propuesto**. Por ello **su reclasificación como urbanizable se halla sujeta a las condiciones del artículo 22 de PATRICOVA** (por lo que hay que proponer en el presente documento actuaciones para eliminar el riesgo como condición para la reclasificación) **y, una vez reclasificado, su desarrollo se halla sujeto a las**





**condiciones del artículo 23** (por el que previamente a la programación del sector deberá realizarse un estudio de inundabilidad específico).

El sector Pedrera Port se ubica junto al Grao de Burriana, formando un segundo bloque de edificaciones, salvo una porción del mismo que se sitúa más cercana a la costa, en segunda línea de playa. Por su ubicación se halla entre las áreas afectadas por las inundaciones del río Anna y de la marjal, de forma que se halla expuesto simultáneamente a ambos riesgos, que concurren en sus extremos.

El riesgo del río Anna es corregido por la medida definida anteriormente, pero como se ha comentado el horizonte previsto para la ejecución de dicha medida es posterior a la previsible ejecución de Pedrera Port. Debe plantearse por tanto una actuación alternativa para poder corregir el riesgo de inundación asociado al río Anna únicamente en este sector, de forma que su ejecución pueda adscribirse exclusivamente a este desarrollo, unificando por tanto el proceso de tramitación de la actuación y la urbanización, y el proceso de ejecución de urbanización y medida; identificando además al agente responsable de la correcta ejecución de la misma (en este caso el urbanizador).

En lo que respecta al riesgo procedente de la marjal de Nules-Burriana, en esta ocasión no hay prevista ninguna medida correctora de carácter general, por lo que debe obligatoriamente plantearse una medida de carácter localizado que permita contener la inundación de la marjal. Dicha medida no debe ocasionar variaciones en la inundabilidad del espacio protegido, ni debe afectar a sus valores ecológicos. Queda descartada por tanto una tipología de obra "dura" para la misma.

### 1. Corrección del riesgo asociado a la marjal de Nules-Burriana

Para corregir el riesgo de inundación asociado a la marjal de Nules-Burriana, dados los condicionantes expuestos previamente, la opción más adecuada es **contener el flujo entrante al extremo sur del sector mediante un área de retención, aprovechando que anexo al extremo sur del sector hay dispuesta una zona verde**, cuyo acondicionamiento como zona de retención de agua deberá ejecutarse a cargo del sector Pedrera Port.





Asimismo, deberá procederse a **una regularización de las cotas del sector**, actualmente más bajas que los terrenos adyacentes.

Para poder predimensionar el volumen necesario en dicha área de retención, es preciso determinar de forma aproximada cual es el volumen de agua que, en caso de inundación de la marjal, queda retenido en el terreno. Este cálculo se realiza a partir de las cotas de inundación, determinadas previamente, y de la topografía del terreno que resulta afectado por la misma. Dicha topografía es conocida también, puesto que se dispone de un MDT. De dicho MDT se ha extraído la zona del sector Pedrera Port en riesgo de inundación, y se ha obtenido la curva cota-volumen del mismo, que se presenta en la siguiente gráfica.

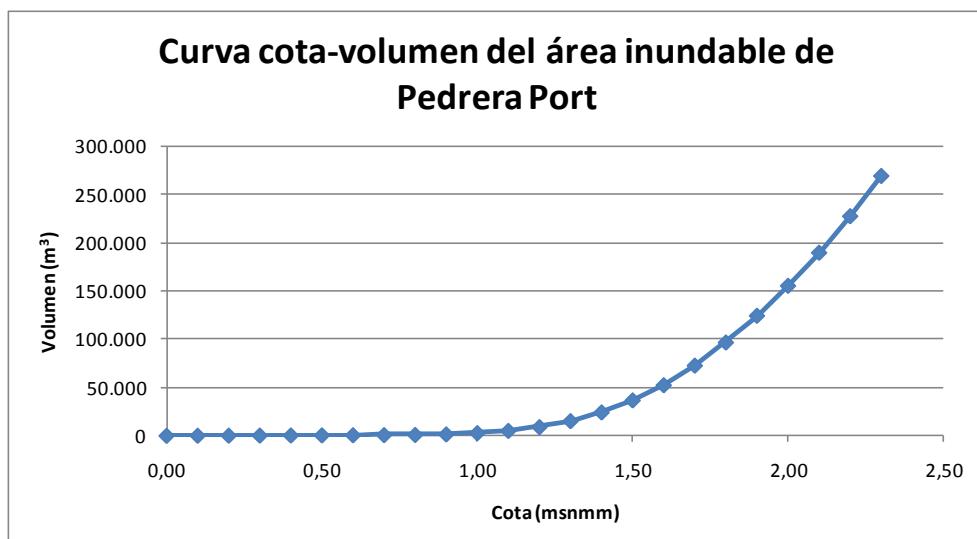


Fig. 38.- Curva cota-volumen del área inundable de Pedrera Port

A partir de dicha curva cota-volumen, con las cotas de inundación obtenidas anteriormente, se determina cual es el volumen de agua que se acumula en el terreno consultando la curva. Dichos volúmenes son los siguientes:

Periodo de retorno	Volumen (m³)
25 años	9.003
100 años	72.502
500 años	268.448

Tabla 24.- Volúmenes de agua acumulados en el terreno para cada periodo de retorno





Con lo que **se obtiene un volumen de agua entrante, para 500 años, en el entorno de 270.000 m<sup>3</sup>**. Dado que la zona verde cuenta con una superficie de aproximadamente 90.000 m<sup>2</sup>, es necesario alcanzar profundidades superiores a 3 metros, lo que obliga a tomar medidas para reducir el impacto visual. Dichas medidas, al igual que la profundidad final y la adecuación del área, deberán ser concretadas en las diferentes fases del proceso proyecto-construcción que se desarrollen a partir del presente estudio.

Para conocer de forma aproximada cómo evoluciona el volumen acumulado en la marjal, es necesario traducir los calados de inundación obtenidos para la zona este de la marjal a volúmenes en la zona inundada de Pedrera Port, operación muy sencilla en Excel, que arroja los siguientes resultados.

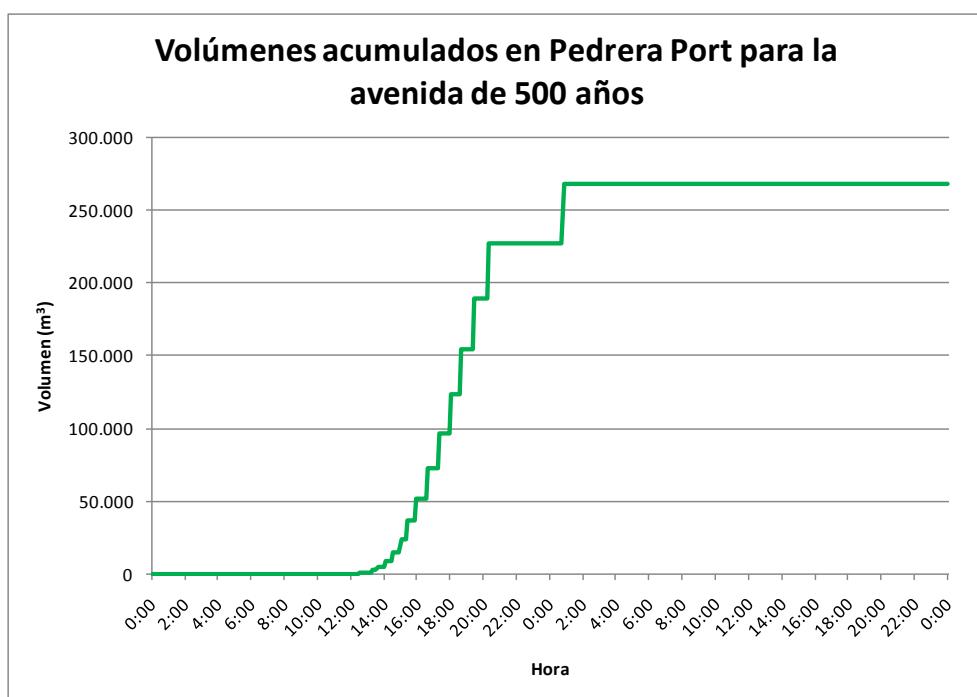


Fig. 39.- Volúmenes acumulados en Pedrera Port durante la avenida de 500 años de periodo de retorno

El modelo de la zona este de la marjal, como se ha indicado anteriormente, no tiene en cuenta el proceso de vaciado de la misma, ya que no afecta a ninguna otra área y no influye en el volumen máximo que se acumula en el terreno.





La determinación de este volumen se ha realizado sin tener en cuenta ningún mecanismo de vaciado simultáneo (mediante bombeo o mediante gravedad). Es dudoso que se pueda emplear durante la tormenta un mecanismo de vaciado por gravedad, ya que el nivel de agua del mar se halla ligeramente elevado sobre el nivel normal durante la tormenta (es común tomar un valor de 0,8 metros) lo que dificulta la evacuación por gravedad, que en ningún caso podría alcanzar las cotas más bajas de la zona de retención. En el caso de un sistema de vaciado por bombeo, indicar que deberá instalarse de forma obligada, ya que sin éste no sería posible evacuar toda el agua del área de retención una vez la tormenta haya finalizado. En los volúmenes anteriores no se tiene en cuenta el hecho de bombear el agua de forma simultánea, ya que ello queda del lado de la seguridad.

Un sistema de evacuación por gravedad, aunque no pueda ser empleado para el vaciado del área, también debería instalarse como elemento de alivio, para evitar reboses en el área de retención, en especial si se diera la circunstancia de dos tormentas muy próximas en el tiempo. Esta circunstancia queda favorecida por el hecho de que en el apartado siguiente se plantea la ejecución de un canal adyacente a la zona, y que puede materializarse teniendo en cuenta posibles vertidos desde la zona de retención; aunque en el presente documento, debido a la escala a la que se plantean las medidas, no se diseña ninguna estructura para que funcione como aliviadero, debiendo quedar ésta, sí se ejecuta, definida en estudios y proyectos realizados a mayor escala.

En el caso de que se tuviera en cuenta la acción de un bombeo de forma simultánea a la tormenta, habría que restar al hidrograma presentado anteriormente los volúmenes bombeados, que dependerían del caudal de las bombas que se instalen. Para diferentes caudales bombeados de forma simultánea a la entrada de caudal, el volumen máximo que sería necesario almacenar es el siguiente:





Caudal bombeado (m <sup>3</sup> /s)	Volumen necesario (m <sup>3</sup> )
0,1	263.720
0,2	259.148
0,3	254.805
0,4	250.557
0,5	246.309
0,6	242.061
0,7	237.813
0,8	233.585
0,9	229.409
1,0	225.233

Tabla 25.- Volúmenes de agua acumulados para un periodo de retorno de 500 años y diferentes hipótesis de caudales bombeados

Como se puede observar, el efecto de un posible bombeo, para los caudales indicados, no resulta decisivo para producir un decremento apreciable en el volumen de retención necesario.

Recapitulando, **para poner a salvo al sector Pedrera Port del riesgo de inundación que supone la marjal de Nules-Burriana, es necesario adecuar la zona verde anexa al límite meridional del sector como un área de retención de los flujos inundados, de forma que sea capaz de albergar un volumen mínimo de 270.000 m<sup>3</sup>**, lo que supone generar una depresión, respecto al terreno actual, de cómo mínimo 3 metros. **También se deberán prever los adecuados sistemas de vaciado de la misma.** Esta medida beneficia al sector Pedrera Port y al suelo urbano adyacente, sin producir ningún efecto negativo ni en el mismo ni en la marjal, ya que no se alteran las cotas de inundación.

**Dicha adecuación deberá ejecutarse con cargo al sector Pedrera Port,** debiendo quedar esta circunstancia reflejada inequívocamente en la correspondiente ficha de planeamiento y gestión.

La definición completa de esta medida deberá ser realizada en el correspondiente proyecto constructivo, que deberá tener en cuenta la ordenación pormenorizada del sector, quedando el desarrollo urbanístico supeditado a las circunstancias que expone el artículo 31 de la normativa urbanística de PATRICOVA.





Cabe recordar que la escala del presente documento se corresponde con el ámbito de todo el municipio, por lo que no se podrá considerar al autor del presente estudio ni al resto del equipo redactor del Plan General como responsables de aquellas circunstancias que se deriven de la no adecuación de todo lo descrito en este punto a una escala de trabajo adecuada al ámbito concreto de Pedrera Port, adecuación que deberá realizarse obligatoriamente en cumplimiento del artículo 23 de PATRICOVA.

## 2. Corrección del riesgo asociado al río Anna

El riesgo de inundación proveniente del río Anna afecta al extremo septentrional de Pedrera Port, y viene provocado por parte de los caudales que, habiendo desbordado en La Bota, no retornan al encauzamiento, cruzando la ronda de circunvalación sur y afectando a toda la zona costera entre el cauce del río y el puerto. A Pedrera Port afectan aquellos caudales que alcanzan la zona portuaria al sur de la avenida Jaime Chicharro.

Para poder estimar dichos caudales en avenida hay que tener en cuenta lo indicado en los estudios de inundabilidad previos, en los cuales se cifraba el caudal en el río Anna para 500 años, al final del municipio, en  $810 \text{ m}^3/\text{s}$ , procedentes del encauzamiento del río y de los caudales que retornan al cauce dentro de Burriana. Ello significa que un total de  $390 \text{ m}^3/\text{s}$  no pueden retornar al cauce en el casco urbano y continúan desbordados afectando, entre otras áreas, al sector Pedrera Port. Para las avenidas de 25 y 100 años el flujo desbordado no alcanza al sector.

Para estimar de forma sencilla qué parte de dicho caudal es la que se introduce en el sector, se ha asimilado el terreno a un plano inclinado, puesto que se ha observado en el MDT que las curvas de nivel, en general, son paralelas entre sí y a la línea de costa. Con esta simplificación el flujo presenta una distribución de caudales uniforme a lo largo de toda su extensión (zona de riesgo 6). Ello permite determinar el caudal entrante en Pedrera Port determinando qué parte de la línea de flujo intercepta el sector. Como puede observarse en el plano de riesgos, el caudal entrante a Pedrera Port es ligeramente superior a una cuarta parte del total, por lo que se puede estimar que, de  $390 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $105 \text{ m}^3/\text{s}$  son interceptados por el sector Pedrera Port. Estos





flujos se seguirán produciendo en tanto no se ejecute el canal de drenaje adicional descrito anteriormente para el río Anna.

Es decir, que **las medidas correctoras que se diseñen deben tener en cuenta la evacuación de un caudal de 105 m<sup>3</sup>/s.**

Para evacuar dichos caudales se proponen, en el presente estudio, las siguientes medidas:

- **El levantamiento general del sector, hasta igualar sus cotas con las del terreno circundante,** lo que supone dejar al sector en cotas situadas entre 3 y 4 metros, dependiendo del punto concreto.
- **La ejecución de una zona verde que circunde el sector y permita evacuar hacia el mar los caudales que acometen al mismo,** evitando que la mayor cota prevista ocasione un empeoramiento en la inundabilidad del terreno circundante.

Dicha zona verde de desagüe se iniciaría en el extremo noroeste del sector, en el cruce de la avenida Jaime Chicharro con el vial perimetral oeste de Pedrera, y evacuaría las aguas en dirección sur, junto a dicho vial, hasta alcanzar el vial perimetral sur del sector, discurriendo a partir de este punto en paralelo al mismo hasta alcanzar la línea de costa. Este recorrido se inicia aproximadamente a la cota 3 (nivel del terreno circundante), y tiene una longitud de 2400 metros. En el presente documento la capacidad de 105 m<sup>3</sup>/s se ha mantenido constante en todo el canal, ya que se trata de un predimensionamiento y queda del lado de la seguridad. En realidad en sus primeros metros no circulará todo ese caudal, ya que el mismo irá aumentando conforme se intercepte un flujo cada vez mayor, siendo igual a 105 m<sup>3</sup>/s en el punto en el que dejen de interceptarse caudales desbordados (coincidente con el límite de la zona en riesgo de inundación).

**No se considera** en este apartado un **vertido del canal al área de retención indicada en el punto anterior**, ya que en esta ocasión el volumen de agua es muy superior al anterior, por lo que se desaconseja retenerlo, debiendo ser evacuado sin solución de continuidad hacia el mar. Por **ello la vía de drenaje**





**aquí planteada se independiza del área de retención descrita en el punto anterior.** Como mucho se podrá ejecutar un aliviadero para permitir la evacuación de flujos desde la zona de retención al canal, pero no al contrario.

La zona verde se diseña con una sección transversal trapezoidal con pendientes muy tendías (4H : 1V) de forma que se integre paisajísticamente con el entorno. Dada la escasa pendiente del mismo, circunstancia empeorada por el hecho de que la zona verde debe ubicarse completamente en desmonte para no suponer una barrera al flujo y empeorar la inundabilidad del entorno, la franja de terreno a ocupar es considerablemente elevada para el caudal a evacuar, siendo de 60 metros. El comportamiento hidráulico de la sección ha sido simulado en el programa HEC-RAS, con las siguientes condiciones:

- 1) El modelo se compone de **una única sección, trapezoidal con pendientes laterales 4:1 y cubierta de césped** ( $n = 0,025$ ). La sección cuenta con un **ancho en solera de 44 metros, con una altura de 2 metros** (lo que implica un tirante máximo de 60 metros), **y un desnivel de solera de 1 metro en 2400 metros de recorrido** (pendiente longitudinal del 0,04% ó cuatro diezmilésimas).
- 2) La sección **se simula para 25, 100 y 500 años**. Para 25 y 100 no circula caudal por la zona verde, por lo que únicamente se tiene una inundación por reflujo del mar. Para 500 años circula un caudal de  $105 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- 3) El modelo se ha simulado enteramente en **régimen subcrítico**, con una **condición de contorno aguas abajo igual al nivel del mar en avenida** (0,8 msnmm), aunque **para 500 años se produce en realidad un vertido al mar en régimen crítico, al ser el calado crítico superior a 0,8 para dicho periodo de retorno**.

Las simulaciones se adjuntan en el anexo correspondiente. Puede observarse como la zona verde dispuesta es capaz, en las condiciones descritas, de evacuar el caudal. Se aprecia también la no aparición, en los 2400 metros de la zona verde, de un calado normal, debido a la baja pendiente,





que prolonga las curvas de remanso hacia aguas arriba, aunque el calado y la velocidad varían muy poco en los tramos situados más aguas arriba.

Por tanto, para la corrección del riesgo de inundación en el sector Pedrera Port debido al río Anna es necesario **ejecutar una zona verde deprimida en el borde del sector, dotándola de pendiente hacia el mar, de tal forma que pueda evacuar un caudal de 105 m<sup>3</sup>/s. Esta medida beneficia no sólo a Pedrera Port, sino al área urbana situada aguas abajo del sector, ya que los caudales encauzados no la alcanzan y se reduce de forma apreciable la cuenca vertiente a la misma.**

**Este beneficio, unido a la disminución de la escorrentía libre que producirá la red de colectores que, de acuerdo a PATRICOVA, deberá ejecutar el sector, compensa cualquier posible aumento de caudal que la impermeabilización de Pedrera Port produzca sobre la zona costera situada inmediatamente aguas abajo, ya que el caudal retirado por la actuación aquí planteada es muy superior al aumento de dicha impermeabilización ocasionado.** Esta adecuación deberá ejecutarse con cargo al sector Pedrera Port, debiendo quedar esta circunstancia reflejada inequívocamente en la correspondiente ficha de planeamiento y gestión.

La definición completa de esta medida deberá ser realizada en el correspondiente proyecto constructivo, que deberá tener en cuenta la ordenación pormenorizada del sector, quedando el desarrollo urbanístico supeditado a las circunstancias que expone el artículo 31 de la normativa urbanística de PATRICOVA.

**Esta medida produce, de cara al sector Pedrera Port, un efecto idéntico al canal de drenaje adicional del Anna anteriormente indicado.** Por ello, si dicho canal se ejecuta previamente al desarrollo urbanístico del sector Pedrera Port, esta medida no será necesaria, siempre y cuando el diseño del canal de drenaje sea el adecuado para eliminar los desbordes que actualmente se producen en el río Anna para 500 años de periodo de retorno.

Cabe recordar que la escala del presente documento se corresponde con el ámbito de todo el municipio, por lo que no se podrá considerar al autor del





presente estudio ni al resto del equipo redactor del Plan General como responsables de aquellas circunstancias que se deriven de la no adecuación de todo lo descrito en este punto a una escala de trabajo adecuada al ámbito concreto de Pedrera Port. En todo caso, de acuerdo al artículo 23 de PATRICOVA, el sector Pedrera Port deberá ser objeto de un estudio de inundabilidad específico con carácter previo a su programación, suponiendo una concreción de lo descrito en este documento a mayor escala, y que podrá adoptar las medidas propuestas en el presente documento (siempre tras su redefinición a mayor escala) o proponer otras distintas si lo considera más conveniente y adecuado a la ordenación pormenorizada del sector.

#### 5.3.4.6 SECTOR SANTA BÁRBARA

Al igual que en los dos sectores anteriores, Santa Bárbara **se halla sujeto a los artículos de PATRICOVA 22** (debe eliminarse el riesgo de inundación previamente a la reclasificación), **y 23** (debe elaborarse un estudio de inundabilidad específico con carácter previo a su programación). Por ello en el presente estudio deben proponerse medidas para eliminar cualquier riesgo de inundación que se detecte en el sector.

El sector Santa Bárbara se sitúa al norte de Sant Gregori, lindando con éste y con el río Mijares. Se trata de un sector destinado a un uso residencial eminentemente turístico, que incluye un campo de golf y una marina.

Por su ubicación, este sector cuenta con la singularidad de ser el único que **se halla dentro de la zona en riesgo de inundación asociada al delta del Mijares.**

Dado el carácter de zona protegida con el que cuenta dicha desembocadura y el caudal del río en avenida, considerablemente elevado a pesar de hallarse sujeto a laminación, cualquier obra de contención o evacuación de caudales debe descartarse. En su lugar, tal y como se ha indicado en el apartado anterior, **deberán disponerse zonas verdes en las áreas afectadas por el riesgo de inundación, integrando por tanto el mismo dentro de la actuación urbanística, alejando las edificaciones de las áreas en riesgo.**





Esta circunstancia puede ser solventada en Santa Bárbara de forma análoga a Sant Gregori, es decir, destinando a campo de golf las áreas afectadas por riesgo de inundación. En este caso, sin embargo, no es necesario ningún canal de drenaje, puesto que la inundación no es provocada por un flujo desbordado, sino por una sobre elevación de calados en la zona aledaña al cauce, por lo que no es necesario abrir ninguna vía de drenaje ya que el flujo termina retornando al cauce del Mijares.

**Deberá ubicarse**, por todo lo anterior, **el campo de golf previsto en el sector de Santa Bárbara en su extremo norte, colindante con el río Mijares, de forma que todas las áreas afectadas por el riesgo de inundación queden situadas dentro del campo**. El coste de esta medida puede considerarse nulo, ya que no se trata de realizar actuaciones adicionales a la propia urbanización del sector (que de todos modos contaría con un campo de golf) sino a establecer condicionantes a la ubicación de una de dichas actuaciones, es decir, el campo de golf. No es necesaria la ejecución de ninguna medida adicional ya que no se trata de un flujo desbordado y por tanto el cauce y sus zonas aledañas permiten contener el agua.

De acuerdo al artículo 23 de PATRICOVA, el sector Santa Bárbara deberá ser objeto de un estudio de inundabilidad específico con carácter previo a su programación, suponiendo una concreción de lo descrito en este documento a mayor escala, y que podrá adoptar las medidas propuestas en el presente documento (siempre tras su definición a mayor escala) o proponer otras distintas si lo considera más conveniente y adecuado a la ordenación pormenorizada del sector.

#### 5.3.4.7 SECTOR ARENAL

El sector denominado como "Arenal" se halla clasificado, en el planeamiento vigente, como urbanizable. Por lo tanto su inclusión como urbanizable en el nuevo Plan General de Burriana no constituye una reclasificación, por lo que **no se halla sujeto al artículo 22 de PATRICOVA y no es necesario**, por tanto, **proponer ninguna medida correctora en el presente estudio**.





Ya que se trata de un sector urbanizable en el planeamiento vigente, estando afectado por el riesgo de inundación, **se halla sujeto al artículo 23 de PATRICOVA**. Deberá por tanto ser objeto de un **estudio de inundabilidad específico con carácter previo a su programación**. Esta circunstancia deberá quedar reflejada en la ficha de planeamiento y gestión correspondiente.

Sin embargo, cabe destacar que, una vez ejecutado el canal de drenaje del río Anna, el sector deja de hallarse en riesgo de inundación, ya que los desbordes que afectan al mismo, procedentes del río Anna, no se producirán.

## 5.4 RIESGO RESULTANTE TRAS LAS ACTUACIONES

Una vez recopiladas todas las actuaciones previstas en los estudios de inundabilidad anteriores, y descritas todas aquellas propuestas en el presente estudio; únicamente resta, para finalizar el estudio hidráulico, resumir sus efectos, es decir, describir la situación resultante tras su ejecución, o situación futura, tal y como reflejan los planos correspondientes.

En el presente estudio se ha optado por dividir la situación futura en dos. Una de ellas teniendo en cuenta únicamente aquellas medidas propuestas por los estudios de inundabilidad aprobados previamente en Burriana, y otra de ellas teniendo en cuenta las medidas propuestas en el presente documento.

### 5.4.1 CON ACTUACIONES DE ESTUDIOS DE INUNDABILIDAD APROBADOS

En primer lugar, reseñar que el presente apartado constituye una **simple recopilación de las determinaciones efectuadas en estudios previos**. Es decir, **no se ha realizado comprobación alguna sobre los efectos que producen dichas actuaciones**, sino que únicamente **se enumeran aquellos que, en dichos estudios aprobados definitivamente, especifica que producen**. Por tanto no puede hacerse responsable al autor del presente estudio, ni a ninguno de los agentes responsables de la redacción del nuevo Plan General de Burriana, de cualquier error u omisión que presenten estos estudios, ya que su aprobación presupone la inexistencia de los mismos.





También indicar que, en aquellos sectores que propusieron más de una medida correctora, el efecto indicado es el producido conjuntamente por todas las actuaciones propuestas, sin desagregar el efecto de cada medida por separado, ya que en dichos estudios se presentan los resultados de esta forma.

A continuación se reproducen los efectos que tienen estas medidas, divididos por estudio de inundabilidad.

- 1) PAI Sant Gregori: Las medidas propuestas en el PAI Sant Gregori provocan una modificación en la margen izquierda del río Anna en su desembocadura, quedando delimitados los riesgos de esta zona por el vial perimetral sur del campo de Golf, y concentrándose en el canal de crecidas propuesto. No se afectan otros ámbitos.
- 2) SUPOR-1: Las medidas propuestas en el sector SUPOR-1 eliminan el riesgo en dicho ámbito, salvo en una zona en su límite meridional ya clasificada como urbana a fecha de redacción del estudio; y provocan asimismo una mejora en todo el casco urbano de Burriana, cuyo nivel de riesgo queda reducido de 4 a 6.
- 3) Jardines de la Malvarrosa: Las medidas propuestas en el sector eliminan el riesgo de inundación en el mismo. No afectan a otros ámbitos.

Por tanto los cambios producidos, respecto a la situación actual, una vez introducidas estas medidas, son los siguientes, indicando de qué estudio se han extraído las conclusiones:

- a. El sector SUPOR-1 no sufre riesgo de inundación, salvo una zona en su extremo meridional que ya estaba clasificada como urbana anteriormente a la elaboración del estudio (SUPOR-1).
- b. El núcleo urbano de Burriana ve su riesgo reducido de nivel 4 a nivel 6 (SUPOR-1).





- c. El sector Jardines de la Malvarrosa no sufre riesgo de inundación (Jardines de la Malvarrosa).
- d. El riesgo de inundación en el sector Sant Gregori se limita al canal de crecidas propuesto, con lo que queda integrado dentro de la actuación (Sant Gregori).

Dicha situación se alcanza tras la ejecución de todas las medidas propuestas en todos los sectores, de acuerdo a la resolución aprobatoria de los mismos.

#### **5.4.2 CON ACTUACIONES PROPUESTAS EN EL PRESENTE ESTUDIO**

Con las actuaciones anteriormente indicadas el riesgo en el término municipal de Burriana presenta una mejoría que, en caso del casco urbano, es importante, pero insuficiente para cumplir con las especificaciones de PATRICOVA, ya que sigue existiendo un riesgo remanente en el mismo, asociado fundamentalmente a la falta de capacidad del encauzamiento actual.

Las mejoras propuestas en el presente estudio, definidas en detalle en el apartado anterior, son las siguientes:

- Habilitar una zona verde en el extremo norte del sector Santa Bárbara.
- Ejecutar una mejora de cauce del río Anna desde el camino Darrer Sedeny, en Vila-real, hasta el encauzamiento actual; abriendo un canal de drenaje adicional para evacuar el caudal que, para la avenida de 500 años de periodo de retorno, no es capaz de trasegar el encauzamiento actual.
- Disponer una zona verde perimetral al sector Pedrera Port para que funcione como canal de evacuación de caudales desbordados en el río Anna.





- Disponer una zona verde en el extremo sur del sector Pedrera Port para que funcione como un área de retención de los volúmenes de agua entrantes desde la marjal de Nules-Burriana.

Con estas medidas, las zonas en riesgo de inundación, en la situación futura, serán las siguientes:

- En lo que respecta al río Mijares, la zona en riesgo de inundación sigue igual que en la situación actual. La disposición de la zona verde de Santa Bárbara en su extremo norte evita, eso sí, la ubicación de edificaciones en zonas en riesgo de inundación. Esta medida se ejecutará con cargo al sector Santa Bárbara.
- En cuanto al río Anna, la mejora de cauce y el canal de drenaje descritos permiten evitar todos los flujos desbordados que en la actualidad acometen sobre Burriana, por lo que en la situación futura el riesgo de inundación en el río Anna se limita, hasta el paso del mismo por Burriana, al cauce y al nuevo canal.

Aguas abajo del núcleo urbano, donde el cauce del Anna no puede ser mejorado ya que se halla protegido, la situación resultante depende de la ejecución de las medidas correctoras del sector "Jardines de la Malvarrosa". Si éstas no se ejecutan, la situación es idéntica a la expuesta en Sant Gregori (ya que el canal tiene el mismo efecto que la medida propuesta en dicho estudio) salvo por la zona en riesgo 6, que no aparece al haber sido derivados los caudales aguas arriba, hacia el canal de drenaje. Si éstas se ejecutan, la situación es idéntica a la expuesta en el estudio de Jardines de la Malvarrosa, que tiene en cuenta Sant Gregori, salvo por la zona en riesgo 6, que no aparece por las razones indicadas.

Esta medida, por afectar a varios términos municipales y ser una redefinición, a escala mayor, de la propuesta por PATRICOVA, no puede ser asumida por un ente municipal, por lo que no corresponde ejecutarla a cargo de Burriana, debiendo ocuparse de su financiación un ente supramunicipal (PATRICOVA prevé la ejecución de la medida a cargo de la Conselleria competente).





Destacar que, si se ejecuta el canal previamente al desarrollo de Pedrera Port, la zona verde perimetral para evacuar los caudales desbordados del Anna no es necesaria, ya que estos caudales han sido retirados por el canal.

- Por lo que respecta a la marjal de Nules-Burriana, el riesgo de inundación es idéntico al actual salvo por el hecho de quedar limitado por la zona verde dispuesta al sur de Pedrera Port, que retiene los volúmenes procedentes de la marjal.

Cabe reseñar que las medidas propuestas, una vez se ejecuten, provocan efectos análogos y superiores a los del canal de crecidas propuesto en Sant Gregori (el final del canal de drenaje es una ampliación del mismo), y a la mejora de cauce que el PATECAS preveía para La Bota (puesto que la misma comprende esa zona y se plantea para un caudal superior al del PATECAS). No influyen en ninguna de las restantes medidas planteadas en los estudios previos, que deberán ser ejecutadas tal y como se describen en los mismos incluso tras la ejecución del canal.

Con todas estas medidas tanto el núcleo urbano de Burriana como las áreas urbanizables previstas en el nuevo Plan General, así como toda la zona urbana costera salvo su sector meridional (junto al LIC marjal de Nules), queda libre del riesgo de inundación.

Con las medidas propuestas para los sectores Santa Bárbara y Pedrera Port, todas las zonas urbanizables que son reclasificadas en el nuevo Plan General de Burriana quedan a salvo del riesgo de inundación.

La situación resultante tras la aplicación de las medidas se presenta en el correspondiente plano y en la tabla de la página siguiente, en la que se recoge el efecto que tienen las medidas correctoras, tanto planteadas en estudios previos como en el presente, sobre todas las áreas de suelo situadas en Burriana.





ZONA / SECTOR		INFORMACIÓN GENERAL			ESTADO DE INUNDABILIDAD ACTUAL					ESTADO DE INUNDABILIDAD FUTURA						
NOMBRE	CÓDIGO	TIPO DE SUELO PLANEAMIENTO VIGENTE	TIPO DE SUELO PLANEAMIENTO PROPUESTO	PROGRAMA APROBADO DEFINITIVAMENTE	EN RIESGO	TIPO DE RIESGO	ORIGEN	ESTUDIO PREVIO APROBADO	ARTÍCULOS DE PATRICOVA APLICABLES	MEDIDAS PREVIAS	EN RIESGO TRAS MEDIDAS PREVIAS	TIPO DE RIESGO TRAS MEDIDAS PREVIAS	MEDIDAS EN PRESENTE ESTUDIO	EN RIESGO TRAS PRESENTE ESTUDIO	TIPO DE RIESGO TRAS PRESENTE ESTUDIO	ORIGEN
Casco urbano	SU-R1	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	4 y 6	Río Anna	No	24	-PATRICOOVA -PATECAS -Medidas SUPOR-1	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Ensanche	SU-R2	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	4 y 6	Río Anna	No	24	-PATRICOOVA -PATECAS -Medidas SUPOR-1	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Vora Riu	SU-R3	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Camí Alqueries	SU-R4	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Primer encanche este	SU-R5	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	4 y 6	Río Anna	No	24	-PATRICOOVA -PATECAS -Medidas SUPOR-1	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Camí del Port	SU-R6	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Novenes de Calatrava	SU-R7	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Playa (zona portuaria)	SU-R8	Urbano	Urbano	-	Sí (salvo zona sur)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (salvo zona sur)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Playa (marjalería)	SU-R8	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	3, 4 y 6	Marjal	No	24	-	Sí (todo)	3, 4 y 6	-	Sí (todo)	3, 4 y 6	Marjal
Llombai	SU-I1	Urbano	Urbano	-	Sí (zona norte)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (zona norte)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Carabona	SU-I2	Urbano	Urbano	-	No	0	-	No	24	-	No	0	-	No	0	-
Vora Riu	SU-T1	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Primer ensanche este	SU-T2	Urbano	Urbano	-	Sí (todo)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Marazzi	SU-T3	Urbano	Urbano	-	No	0	-	No	24	-	No	0	-	No	0	-
SUR R1 - PRR 1.2	R-1	Urbanizable	Urbanizable	Sí	Sí (todo)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
SUPOR-1	R-2	Urbanizable	Urbanizable	Sí	Sí (todo)	2 y 4	Río Anna	Sí (2003-2004)	24	-Elevación de cota -Zona verde deprimida -PATRICOOVA -PATECAS	No	0	-	No	0	-
Ronda 1	R-3	No urbanizable común	Urbanizable	No	Sí (límite sur)	6	Río Anna	No	22 Y 23	-	Sí (límite sur)	6	-Zonas verdes en extremo sur	No	0	-
Ronda 2	R-4	No urbanizable común	Urbanizable	No	Sí (límite sur)	6	Río Anna	No	22 Y 23	-	Sí (límite sur)	6	-Zonas verdes en extremo sur	No	0	-
Sant Gregori	R-5	Urbanizable	Urbanizable	Sí	Sí (zona sur)	4 y 6	Río Anna	Sí (2003)	24	-Canal de desagüe	No	0	-Ampliación canal de desagüe anterior	No	0	-
Jardines de la Malvarrosa	R-6	Urbanizable	Urbanizable	No	Sí (todo)	6	Río Anna	Sí (2007-2009)	23	-Elevación de cota -Elevación de camino y vial perimetral zona verde	No	0	-	No	0	-
Pedrera Port	R-7	No urbanizable común	Urbanizable	No	Sí (extremos)	4 y 6	Río Anna y marjal	No	22 Y 23	-	Sí (extremos)	4 y 6	-Zona verde deprimida -Zona verde con pendiente	No	0	-
Santa Bárbara	R-8	No urbanizable común	Urbanizable	No	Sí (zona norte)	1, 4 y 6	Río Mijares	No	22 Y 23	-	Sí (zona norte)	1, 4 y 6	-Zonas verdes en zona norte	No	0	-
NPI 5	Ind-1	Urbanizable	Urbanizable	Sí	Sí (extremo norte)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (extremo norte)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Llombai - Monges	Ind-2	Urbanizable	Urbanizable	Sí	Sí (zona norte)	6	Río Anna	No	24	-	Sí (zona norte)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-
Ronda 3	Ter-1	No urbanizable común	Urbanizable	No	Sí (límite sur)	6	Río Anna	No	22 Y 23	-	Sí (límite sur)	6	-Zonas verdes en extremo sur	No	0	-
El Arenal	Ter-2	Urbanizable	Urbanizable	No	Sí (todo)	6	Río Anna	No	23	-	Sí (todo)	6	-Mejora de cauce -Canal de drenaje	No	0	-

Tabla 26.- Estados de inundabilidad actual y futuro por área urbana o urbanizable de Burriana





## 6 CONCLUSIONES

El presente estudio de inundabilidad se ha elaborado para garantizar el cumplimiento de la normativa urbanística de PATRICOVA en el Plan General de Burriana. El estudio realiza un análisis de la problemática que, en la actualidad, presenta Burriana respecto al riesgo de inundación.

Burriana presenta extensas áreas inundables producto de los diferentes cauces que lo atraviesan y de la marjal existente en la parte sur de su término municipal. **Los principales problemas de inundabilidad son provocados por el río Anna**, cuya área potencialmente inundable abarca todo el casco urbano y la zona marítima hasta el puerto; y la marjal de Nules-Burriana, cuya área potencialmente inundable afecta a todo el litoral sur del término municipal.

El riesgo de inundación debido al río Anna es provocado por los **desbordamientos que se producen en el tramo conocido como La Bota**, en el cual la capacidad del río sufre un gran descenso; así como por la falta de capacidad del encauzamiento actual para evacuar caudales de avenida asociados a periodos de retorno por encima de 100 años.

El riesgo de inundación provocado por la marjal se debe a la propia **geomorfología del terreno**, que ha creado una amplia zona deprimida en la cual, ante la falta de drenaje, permanecen las aguas en caso de avenida.

En el término municipal de Burriana se han realizado varios estudios de inundabilidad centrados en desarrollos urbanísticos concretos, que proponen diversas medidas para la corrección del riesgo de inundación en los mismos, siendo aprobadas por PATRICOVA.

Para la corrección del riesgo que sufre el casco urbano de Burriana, y sus zonas urbanizables situadas alrededor, debido al río Anna es necesario **aumentar la capacidad en los puntos de ruptura y abrir una nueva vía de salida al mar**, ante la insuficiencia de la actual. Para ello se plantea en el presente estudio ejecutar una **mejora de cauce** en el tramo de La Bota para una capacidad de 1222 m<sup>3</sup>/s, continuando ésta hasta el encauzamiento actual; así como un **canal de drenaje adicional** para evacuar el caudal que en la





actualidad no es capaz de trasegar en encauzamiento actual, es decir, 672 m<sup>3</sup>/s.

Esta medida ha sido planteada, aunque con menor detalle y una tipología más sencilla, por PATRICOVA, por lo que la medida propuesta en el presente estudio es una redefinición de la propuesta en PATRICOVA, reemplazándola una vez se apruebe el mismo.

Para evitar la afección que produce el **riesgo de inundación asociado a la marjal** de Nules-Burriana, en los sectores que se prevé reclasificar como urbanizables, es necesario disponer una **zona de retención junto al extremo norte del área protegida**, de forma que los volúmenes que excedan el límite de protección queden retenidos en este espacio.

También será necesario, en aquellos sectores situados junto a cauces, la disposición de zonas verdes aledañas a los mismos para impedir la ocupación del terreno afectado por el riesgo de inundación.

Todas estas medidas **no sólo eliminan el riesgo en todas las zonas reclasificadas a urbanizables en el nuevo Plan General, sino que eliminan el riesgo de inundación de todo el casco urbano y la zona marítima situada al norte del LIC Marjal de Nules, así como en parte del municipio de Les Alqueries**, por lo que estas medidas deben ser consideradas como beneficiosas para toda la ciudad de Burriana y para Les Alqueries.

Burriana, a Enero de 2012

El autor del estudio:

Gerardo M. Fernández Alagarda

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Nº Colegiado. 17.892

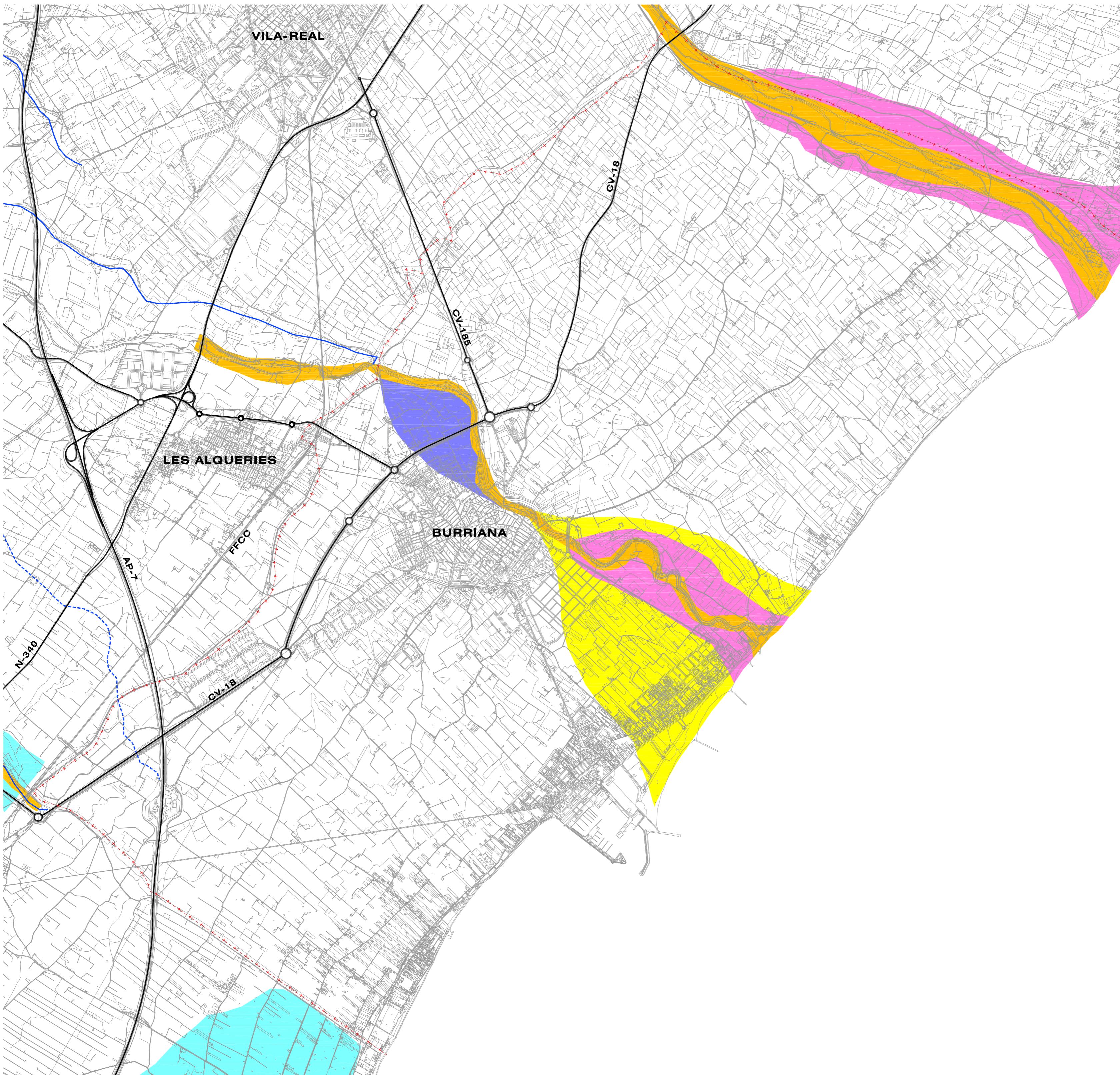




## **DOCUMENTO PLANOS: CARTOGRAFÍA DE LAS ZONAS DE RIESGO**

- 7.1 RIESGO ACTUAL SEGÚN PATRICOVA
- 7.2 RIESGO SIN MEDIDAS CORRECTORAS
- 7.3 RIESGO TRAS MEDIDAS CORRECTORAS PREVIAS
- 7.4 RIESGO TRAS MEDIDAS CORRECTORAS DEL ESTUDIO
- 7.5 CAUCES
- 7.6 CONOS DE INUNDACIÓN
- 7.7 ZONAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA SIN MEDIDAS CORRECTORAS
- 7.8 ZONAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA CON MEDIDAS CORRECTORAS
- 7.9 VÍAS DE INTENSO DESAGÜE SIN MEDIDAS CORRECTORAS
- 7.10 VÍAS DE INTENSO DESAGÜE CON MEDIDAS CORRECTORAS
- 7.11 MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS EN EL PRESENTE ESTUDIO





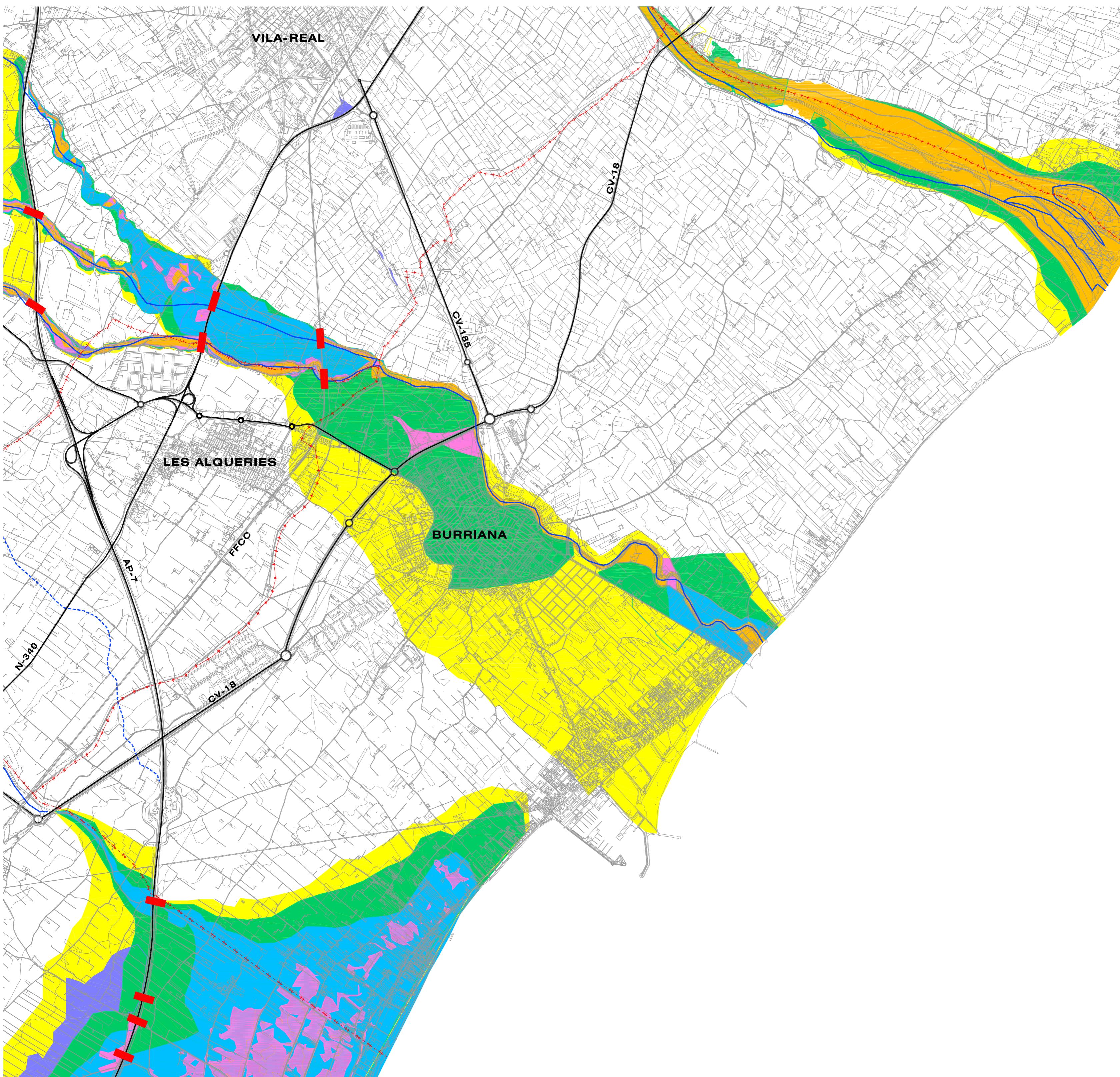
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

riesgo actual según patricova

escala 1:25.000

enero 2012



LEYENDA	
-+-- TÉRMINOS MUNICIPALES	CAUCES
— VÍAS DE COMUNICACIÓN	— VAGUADAS
ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN:	
RIESGO 1. Frecuencia menor de 25 años; calado > 0,8m.	RIESGO 4. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado < 0,8m.
RIESGO 2. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado > 0,8m.	RIESGO 5. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado > 0,8m.
RIESGO 3. Frecuencia menor de 25 años; calado < 0,8m.	RIESGO 6. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado < 0,8m.
OBRA DE PASO	



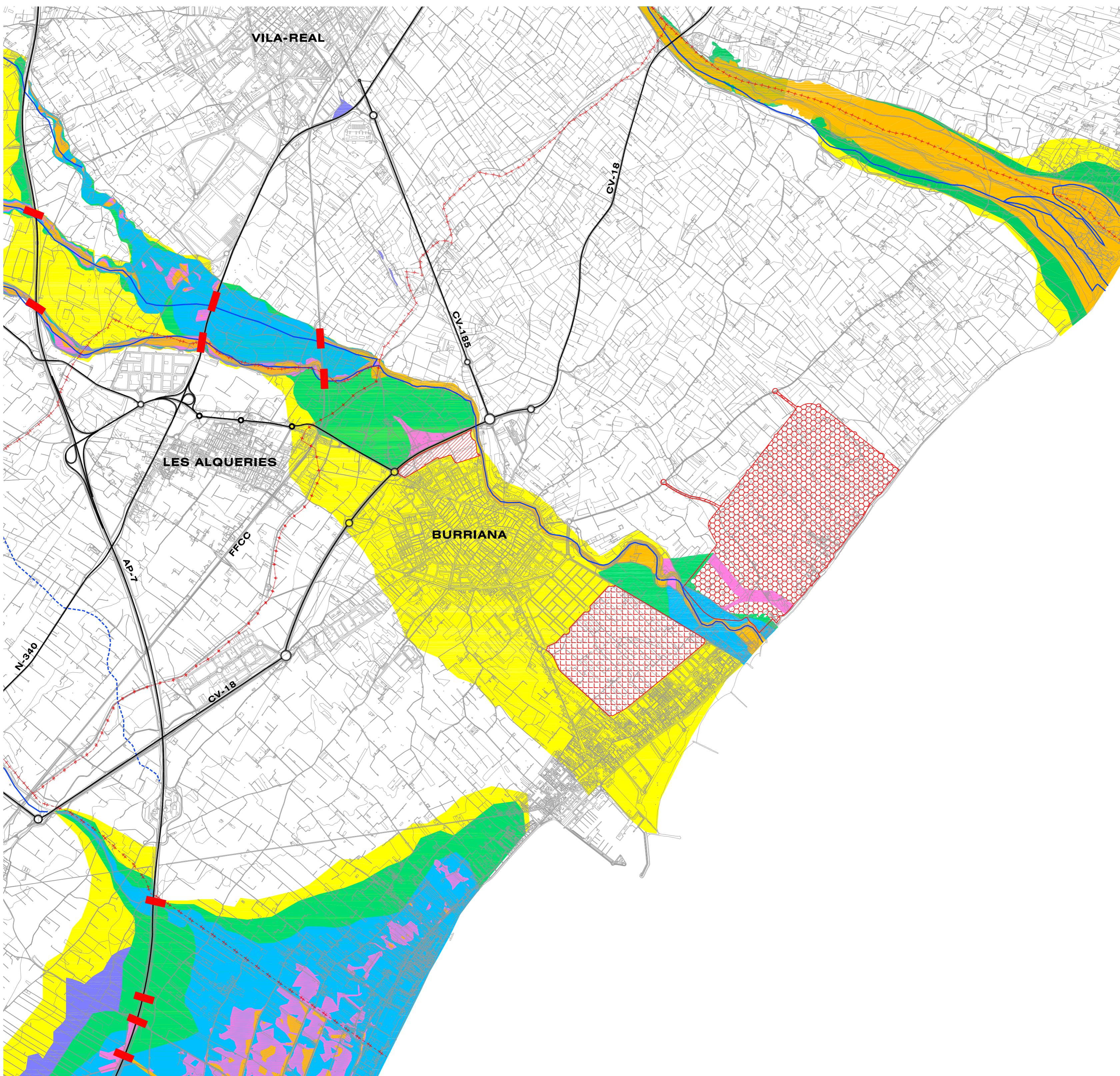
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

riesgo sin medidas correctoras

escala 1:25.000

enero 2012



LEYENDA	
-+-- TÉRMINOS MUNICIPALES	CAUCES
— VÍAS DE COMUNICACIÓN	DASHED VAGUADAS
ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN:	
RIESGO 1. Frecuencia menor de 25 años; calado < 0,8m.	RIESGO 4. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado < 0,8m.
RIESGO 2. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado > 0,8m.	RIESGO 5. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado > 0,8m.
RIESGO 3. Frecuencia menor de 25 años; calado < 0,8m.	RIESGO 6. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado < 0,8m.
OBRA DE PASO	
SUPOR-1	JARDINES DE MALVARROSA
SANTA BÁRBARA	



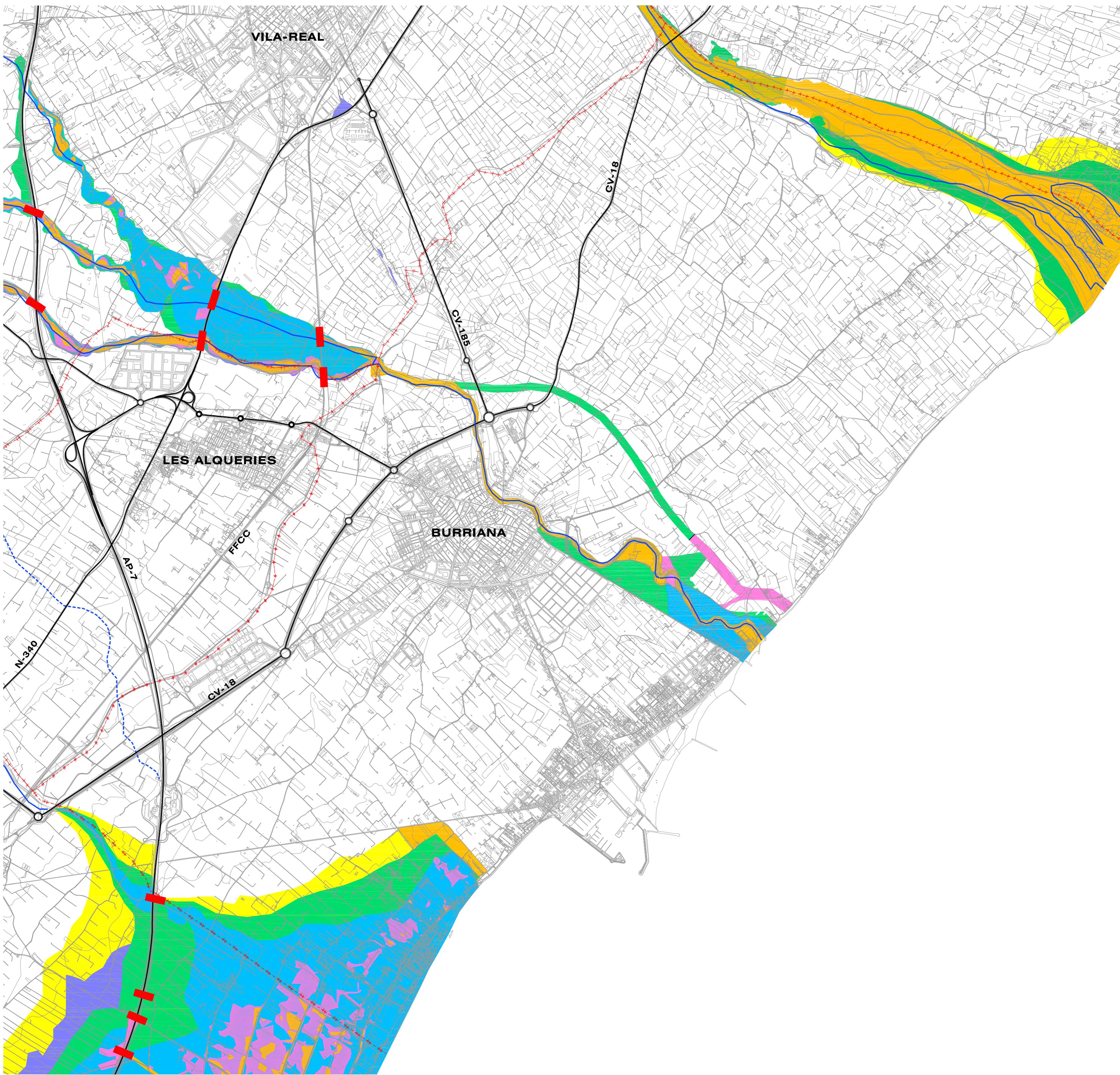
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

riesgo tras medidas correctoras previas

escala 1:25.000

enero 2012



LEYENDA	
-+--	TÉRMINOS MUNICIPALES
—	VÍAS DE COMUNICACIÓN
—	CAUCES
-----	VAGUADAS
ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN:	
■	RIESGO 1. Frecuencia menor de 25 años; calado > 0,8m.
■	RIESGO 2. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado > 0,8m.
■	RIESGO 3. Frecuencia menor de 25 años; calado < 0,8m.
■	RIESGO 4. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado < 0,8m.
■	RIESGO 5. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado > 0,8m.
■	RIESGO 6. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado < 0,8m.
■	OBRA DE PASO



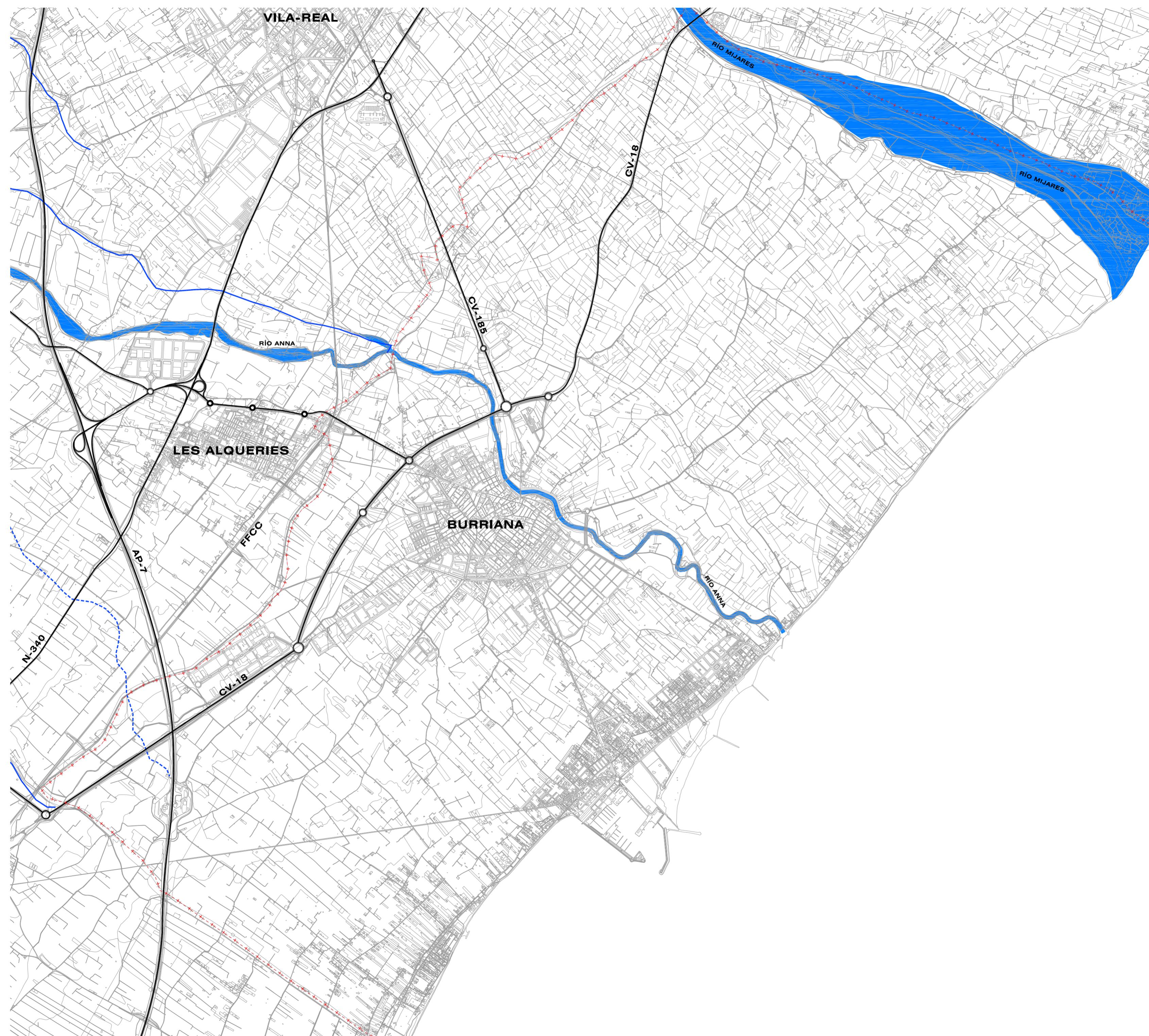
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

riesgo tras medidas correctoras del estudio

escala 1:25.000

enero 2012



LEYENDA	
	TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA
	VÍAS DE COMUNICACIÓN
	CAUCES
	VAGUADAS
	RÍOS MIJARES Y ANNA



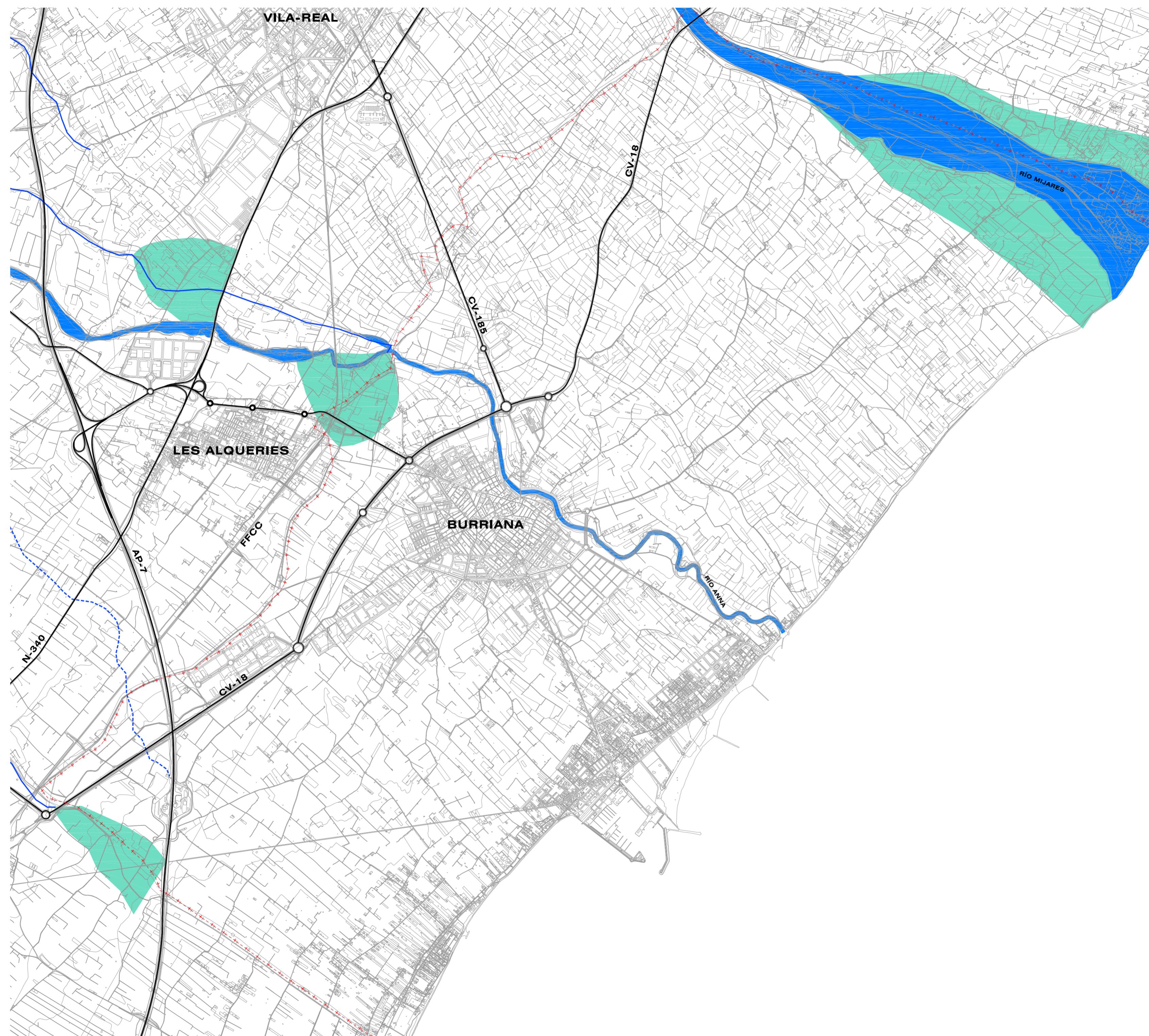
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

cauces

escala 1:25.000

enero 2012



LEYENDA	
<span style="color:red">---</span>	TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA
<span style="color:black">—</span>	VÍAS DE COMUNICACIÓN
<span style="color:blue">———</span>	CAUCES
<span style="color:blue">-----</span>	VAGUADAS
<span style="color:blue">■</span>	RÍOS MIJARES Y ANNA
<span style="color:green">■</span>	CONOS DE INUNDACIÓN



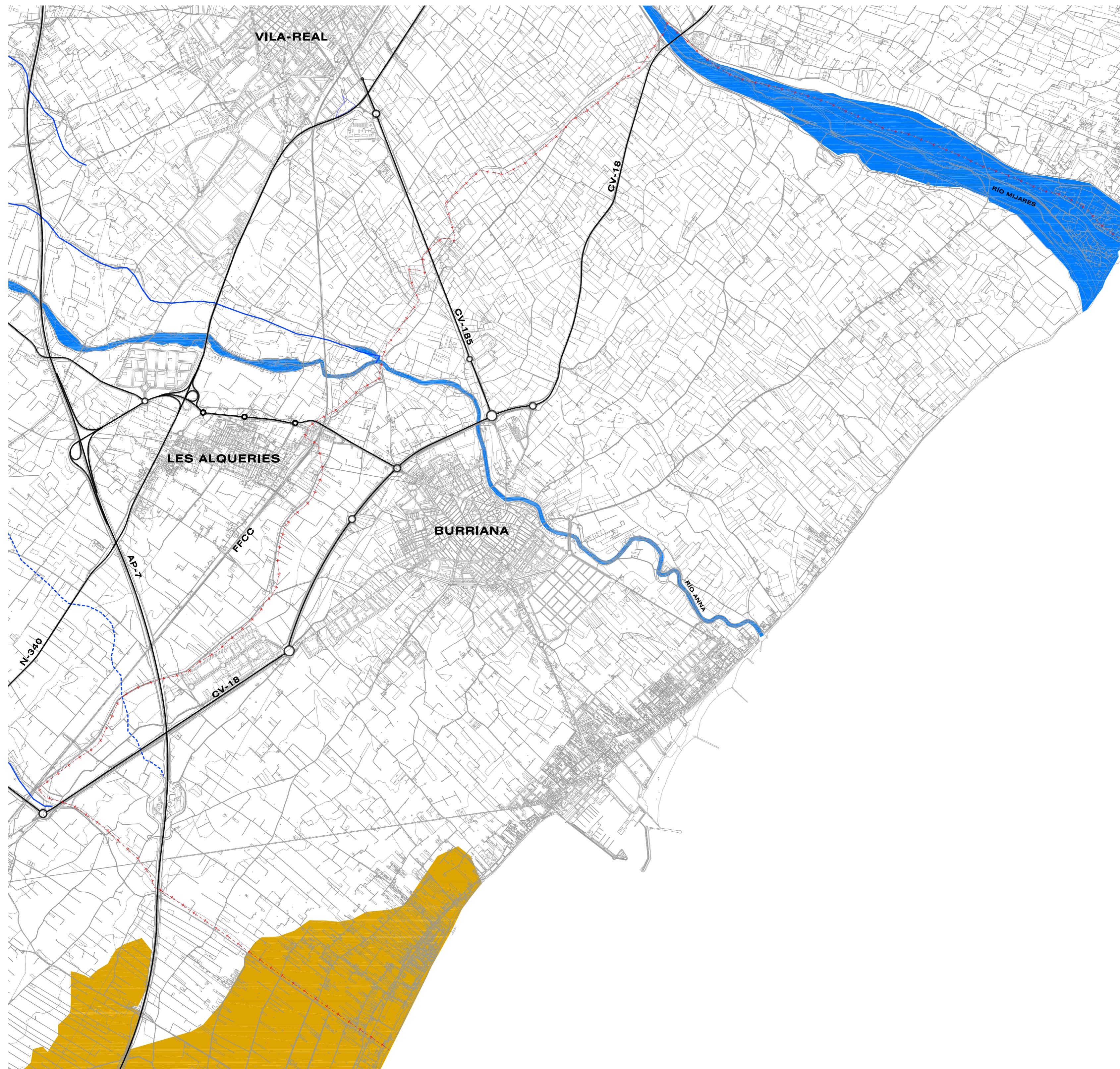
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

conos de inundación

escala 1:25.000

enero 2012



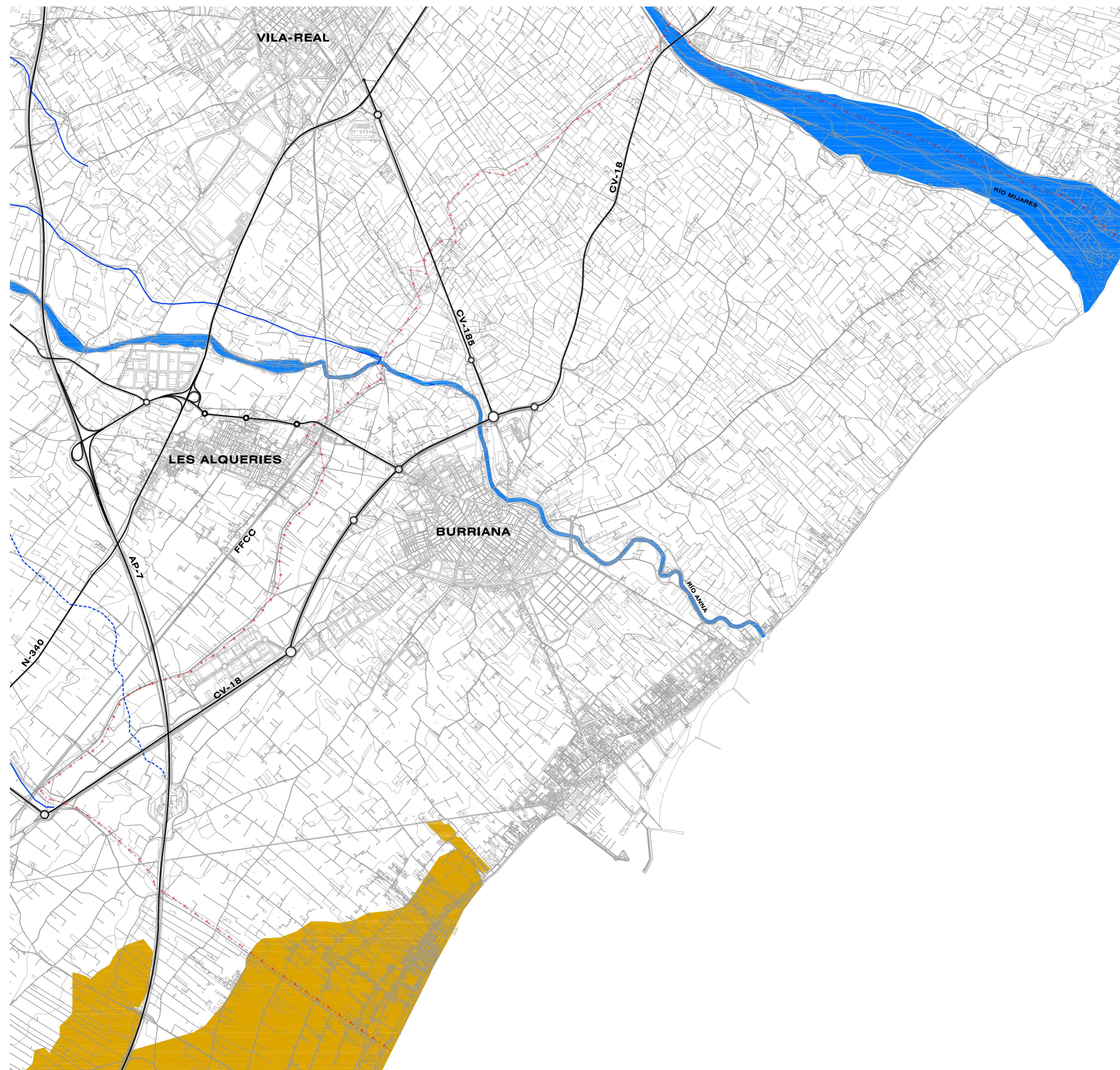
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

zonas de acumulación de agua sin medidas correctoras

escala 1:25.000

enero 2012



LEYENDA	
-+--	TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA
—	VÍAS DE COMUNICACIÓN
—	CAUCES
-----	VAGUADAS
■	RÍOS MIJARES Y ANNA
■	ZONAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA



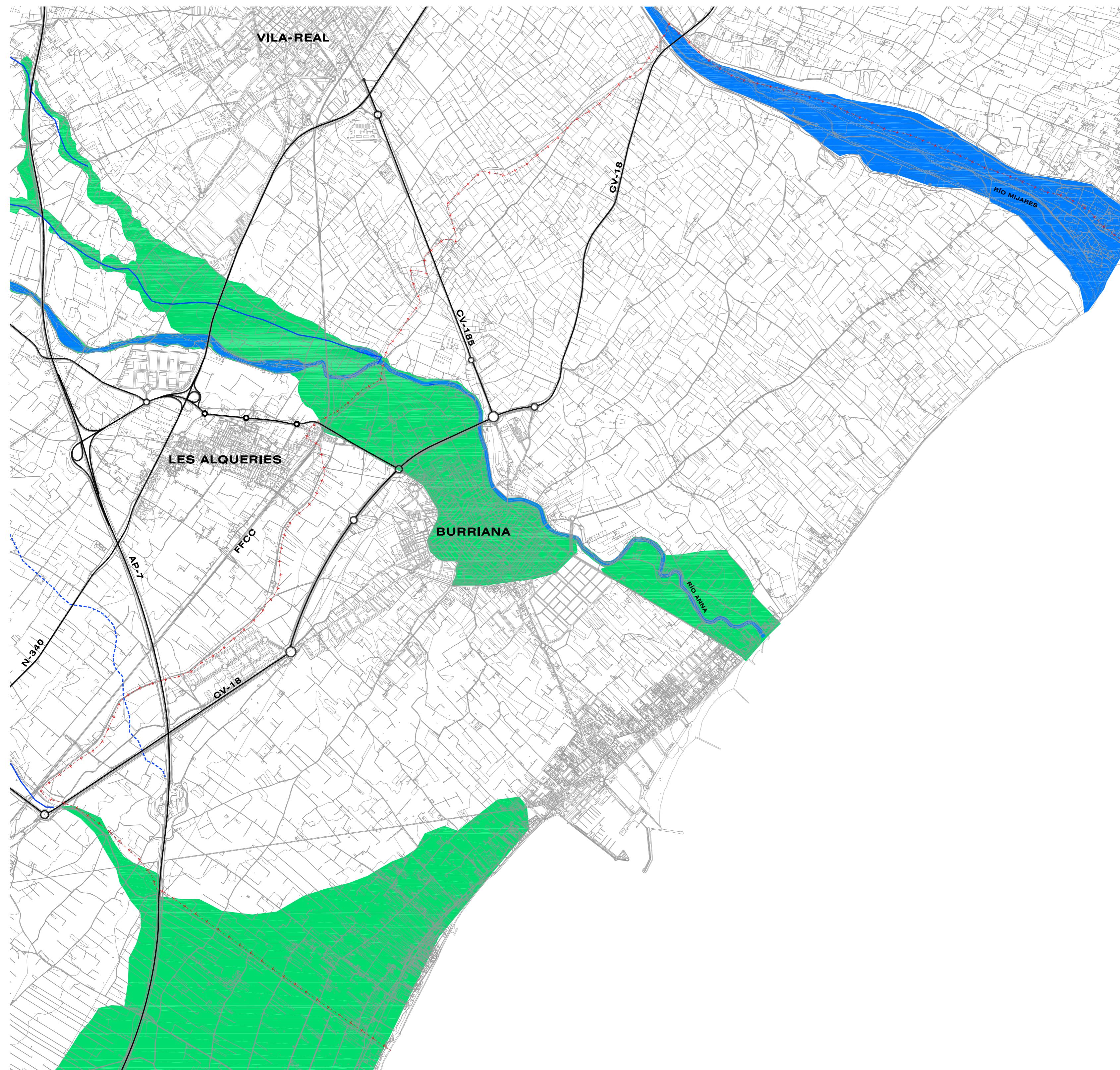
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

zonas de acumulación de agua  
con medidas correctoras

escala 1:25.000

enero 2012



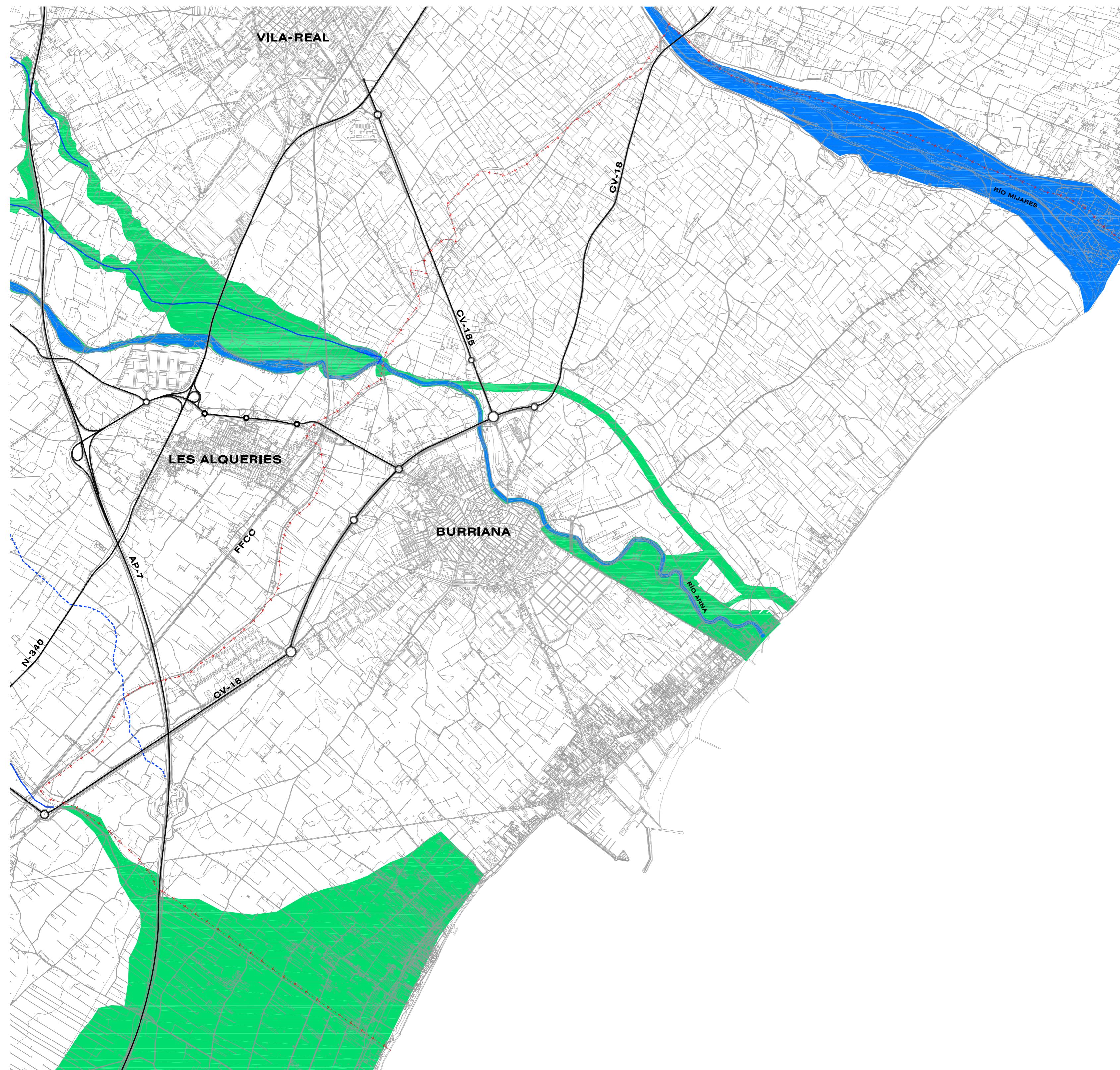
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

vías de intenso desagüe sin medidas correctoras

escala 1:25.000

enero 2012



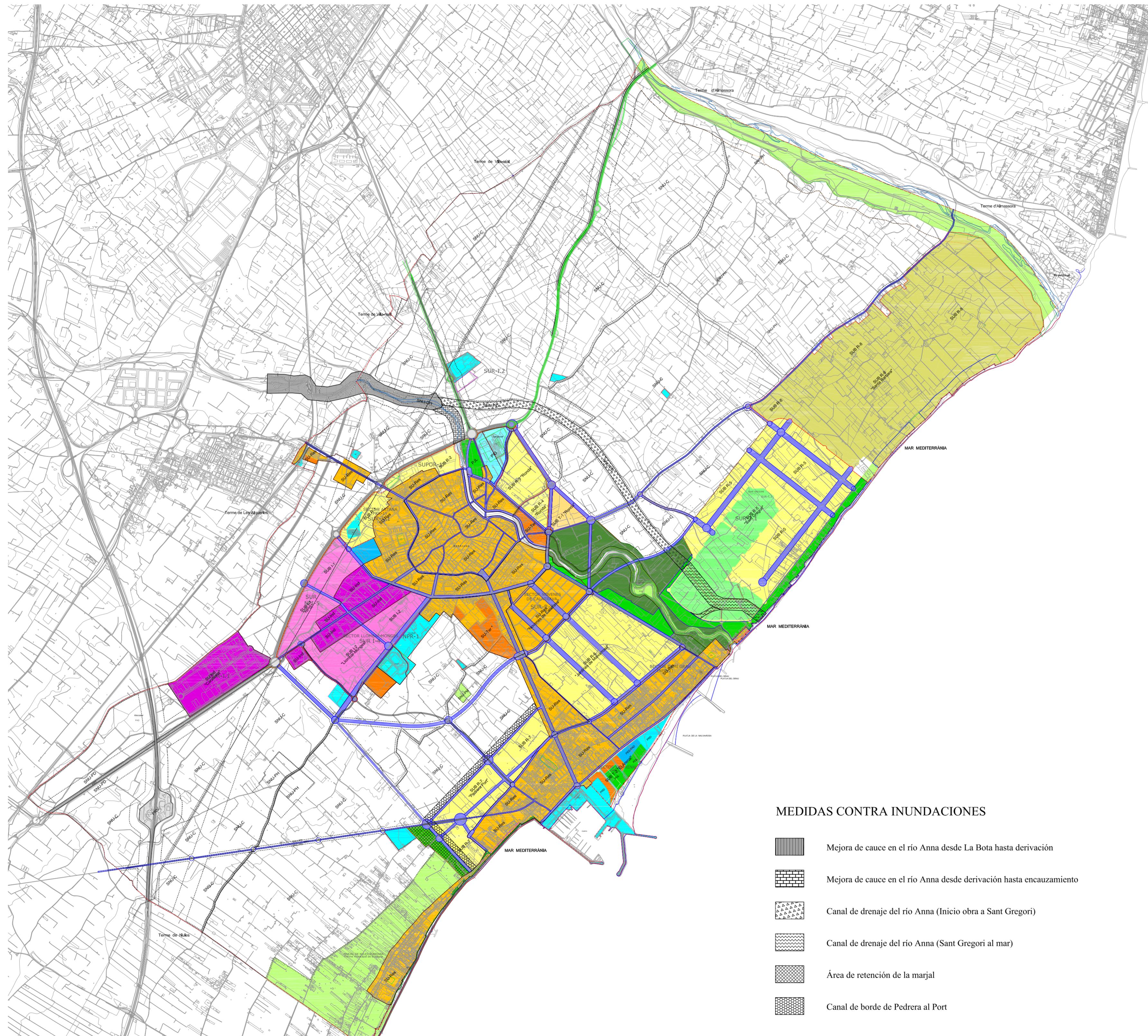
plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

vías de intenso desagüe con medidas correctoras

escala 1:25.000

enero 2012



## CLASES DE SUELO

SU	Suelo Urbano
SUB	Suelo Urbanizable
SNU	Suelo No Urbanizable

Límite de clase de suelo

## ZONAS DE CALIFICACIÓN URBANÍSTICA

Límite de Zona de Calificación Urbanística

Límite de Zona en Suelo No Urbanizable

### 1. EN SUELO URBANO

Se detallará en el documento de exposición al público del P.G.

	Suelo Urbano Res (Residencial)
	Suelo Urbano Ter (Terciario)
	Suelo Urbano Ind (Industrial)

Mediante Estudio de Detalle será susceptible de cambio de uso Residencial o mixto Residencial/Terciario, al finalizar la vida útil de las industrias

### 2. EN SUELO URBANIZABLE

	Uso Dominante Residencial
	Uso Dominante Terciario
	Uso Dominante Industrial
	R8* - Condicionado a su declaración como Actuación Territorial Estratégica

### 3. EN SUELO NO URBANIZABLE

RC-1	Régimen Común
RC-2	Régimen Común en Núcleo Rural
PH	Protección Histórica, Artística y Arqueológica
PA	Protección Agrícola
PD	Protección de Infraestructuras y de Dominios Públicos
PM	Protección Medio Ambiental
DM	Protección Dominio Público Marítimo-Terrestre
DH	Protección Dominio Hídrico

Protección Medio-Ambiental y Dominio Público Marítimo-Terrestre

Parque Natural Municipal (PQL)

EN CUALQUIER CLASE DE SUELO LAS DOTACIONES ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

Delimitación zona de Servidumbre de Protección

## ZONAS VERDES

	PQL Parques de la Red Primaria
	PJL Jardines de la Red Primaria

## EDUCATIVO CULTURAL

	PED Educativo-Cultural Red Primaria
	SERVICIOS PÚBLICOS

	PRD Deportivo-Recreativo Red Primaria
	INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS URBANOS
	PTD Asistencial Red Primaria

	PAD Administrativo-Institucional Red Primaria
	PID Infraestructura-Servicio Urbano Red Primaria

## EQUIPAMIENTOS PRIVADOS

	PRD Golf
--	----------

## COMUNICACIONES

	PRV Red viaria Primaria Supramunicipal
--	--

Dominio público 8m

Línea de edificación 50 m

	PRV Red viaria Primaria Municipal
--	-----------------------------------

	Plan Especial-Paraje Natural Municipal
--	--



plan general de burriana  
evaluación ambiental estratégica

## estudio de incidencia al régimen de corrientes: inundabilidad

medidas correctoras propuestas en el presente estudio

escala 1:25.000

enero 2012