



Región de Murcia

Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería y Pesca

Dirección General del Agua

**DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL DE
«PROYECTOS RELATIVOS A COLECTORES
DE PLUVIALES Y TANQUES DE TORMENTAS
PARA EVITAR VERTIDOS AL MAR MENOR».**

Diciembre de 2018.

Empresa consultora:

 **prointec**

DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL DE «PROYECTOS RELATIVOS A COLECTORES DE PLUVIALES Y TANQUES DE TORMENTAS PARA EVITAR VERTIDOS AL MAR MENOR».

0. Índice del documento

1. Introducción y antecedentes	1
1.1 El Mar Menor un espacio a proteger	2
1.2 Proyectos ambientales para la evitar vertidos de aguas pluviales contaminadas al Mar Menor	3
2. Medidas preventivas, correctoras y compensatorias de los proyectos	3
2.1 Compensación de la pérdida de reservas de carbono por transformación de los suelos	3
2.2 Cálculo de la huella de carbono de alcance 1 de las obras	7
2.3 Compensación de emisiones directas responsabilidad del promotor por la obras en la fase de obras	17
2.4 Aplicación del objetivo de cubrir mediante energías alternativas el consumo de electricidad del bombeo de agua	19
2.5 Justificación de la alternativa seleccionada	19
2.6 Análisis de los escenarios futuros de clima y diseño de proyectos «a prueba de clima» ...	50
3. Resumen y conclusiones	58

Índice de tablas

Tabla 1: Objetivos principales de los proyectos analizados	3
Tabla 2: Superficie de suelo natural transformado por los proyectos (en hectáreas) y pérdida estimada de fijación de CO ₂ (en toneladas)	4
Tabla 3: Total de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (en kg CO ₂ equivalente).	9
Tabla 4: Estaciones meteorológicas en el ámbito de estudio y series de datos	21
Tabla 5: Valores máximos de precipitación según periodo de retorno	23

Índice de figuras

Figura 1: Región de Murcia: Mix energético actual. Consumos de energía primaria y energía final en 2014.	5
Figura 2: Serie histórica del agua depurada en la Region de Murcia	17
Figura 3: Volumen en (hm ³) y destino del agua depurada en la Región de Murcia. Año 2017.	18
Figura 4: Colectores y tanque de tormenta en Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100)	26

Figura 5: Colectores y tanque de tormenta en Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).	28
Figura 6: Colector de pluviales en el barrio de Los Pescadores (T.M. de San Javier, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).	29
Figura 7: Colector de pluviales en el barrio de Los Pescadores (T.M. de San Javier, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).	30
Figura 8: Colectores de pluviales sur y norte y embalse de laminación para reducción de vertidos al Mar Menor (T.M. de San Javier, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).	31
Figura 9: Colectores de pluviales sur y norte y embalse de laminación para reducción de vertidos al Mar Menor (T.M. de San Javier, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).	32
Figura 10: Colectores y tanque de tormentas en Islas Menores-Mar de Cristal (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).	33
Figura 11: Colectores y tanque de tormentas en Islas Menores-Mar de Cristal (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).	34
Figura 12: Colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).	35
Figura 13: Colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).	36
Figura 14: Proyecto del sistema de tratamiento de aguas de tormentas de la EDAR de Torre-Pacheco (T.M. Torre-Pacheco, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100 y T=500).	37
Figura 15: Colectores y tanque de tormentas en Los Nietos (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).	39
Figura 16: Colectores y tanque de tormentas en Los Nietos (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).	40
Figura 17: Localización de puntos de datos del visor del Proyecto C3E en el ámbito.	42
Figura 18: Zona inundable en proyecto Playa Honda.	47
Figura 19: Perfil longitudinal de los colectores en el proyecto de Playa Honda.	48
Figura 20: Características de los escenarios RCP	51
Figura 21: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la temperatura máxima.	53
Figura 22: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la duración de las olas de calor. ...	53
Figura 23: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la precipitación.	54
Figura 24: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la precipitación.	55
Figura 25: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la duración del periodo seco.	56
Figura 26: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio en el número de días de lluvia.	57



1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia, a través de la Dirección General del Agua, ha iniciado el 2018 los «Proyectos relativos a colectores de pluviales y tanques de tormentas para evitar vertido al Mar Menor», basados en sistemas separativos para la recogida de aguas pluviales, para dar cumplimiento a los requerimientos de la *Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor*, que recoge en su Objeto y ámbito de aplicación (Artículo 1):

Esta ley tiene por objeto la adopción de medidas urgentes para la ordenación y sostenibilidad de las actividades agrarias y garantizar su aplicación en el entorno del Mar Menor y la protección de sus recursos naturales, mediante la eliminación o reducción de las afecciones provocadas por vertidos, arrastres de sedimentos y cualesquiera otros elementos que puedan contener contaminantes perjudiciales para la recuperación de su estado ecológico.

Además, según se establece en esta misma norma (Artículo 17, Vertidos de aguas pluviales):

3. En el caso de vertidos de aguas pluviales, las autoridades competentes deberán velar por evitar la introducción de contaminantes al Mar Menor, mediante la imposición de medidas de prevención o de tratamiento de esas aguas, tales como sistemas para la eliminación de sólidos y flotantes (grasas, aceites, hidrocarburos, etc.), u otros sistemas o tratamientos encaminados a reducir y eliminar la contaminación.

4. Las infraestructuras necesarias para este objetivo se someterán a procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Las medidas o tratamientos propuestos deberán demostrar haber sido eficientes en la práctica y demostrado su eficacia como drenaje urbano sostenible, siendo necesario incluir estudios de viabilidad económica y ambiental.

5. En prevención de estos vertidos de pluviales los ayuntamientos deberán integrar en sus redes de saneamiento la recogida y canalización de estas aguas a través de redes separativas y la posterior gestión de las mismas destinada a evitar su vertido al Mar Menor, mediante el diseño de alternativas viables, en las que se priorizarán los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS).

Los tanques de tormentas proyectados forman parte de las técnicas de drenaje urbano sostenible, en sistemas de alcantarillado separativos. Estas estructuras se emplean para regular los caudales circulantes por la red durante los episodios de lluvias, para, posteriormente, evacuarlos de forma controlada. Se han diseñado con los objetivos de reducir la contaminación movilizada hacia el medio receptor, reducir el riesgo de inundación aguas abajo y posibilitar la laminación de los caudales excedentarios.

La Dirección General del Agua ha venido desarrollando trabajos técnicos específicos para abordar la problemática de los vertidos de pluviales en el Mar Menor, que se han concretado en los siguientes proyectos, para los que se inició el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental en 2018 (Expediente EIA 20180069), y que son objeto de análisis en el presente informe:

1. Proyecto de colectores y tanque de tormenta en Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar, Murcia). 2018.
2. Proyecto de colector de pluviales en el barrio de Los Pescadores (T.M. de San Javier, Murcia). 2017.
3. Proyecto de colectores de pluviales sur y norte y embalse de laminación para reducción de vertidos al Mar Menor (T.M. de San Javier, Murcia). 2017.



4. Proyecto de colectores y tanque de tormentas en Islas Menores-Mar de Cristal (T.M. Cartagena, Murcia). 2017.
5. Proyecto de colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia). 2017.
6. Proyecto del sistema de tratamiento de aguas de tormentas de la EDAR de Torre-Pacheco (T.M. Torre-Pacheco, Murcia). 2017.
7. Proyecto de colectores y tanque de tormentas en Los Nietos (T.M. Cartagena, Murcia). 2016.

En la tramitación ambiental de los proyectos realizada durante 2018, interviniendo como órgano ambiental la Dirección General del Medio Ambiente y Mar Menor (Consejería de Empleo, Universidades, Empresa y Medio Ambiente de la Región de Murcia), se solicitó informe a la Dirección General de Medio Natural, en concreto al Servicio de Fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático de la Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio Ambiente (OISMA), que emitió con fecha 02/10/2018 su «Informe relativo a la consideración del cambio climático en el procedimiento de evaluación ambiental seguido al proyecto de “Colectores de pluviales y tanques de tormenta para evitar vertidos al Mar Menor”. Expediente EIA 20180069».

A continuación, se repasan los contenidos de los requerimientos realizados desde la OISMA, completando las medidas preventivas, correctoras y compensatorias incluidas en los Documentos Ambientales de los objetos en proceso de aprobación, en lo relativo a reducción de emisiones y a la vista de las tendencias en las variables climáticas.

1.1 El Mar Menor un espacio a proteger

La determinación de la localización de las propuestas recogidas en los proyectos analizados se ha realizado considerando los condicionantes medioambientales relacionados con la calidad del medio intervenido y la protección legal de determinados enclaves. Así, cada documento ambiental sometido al procedimiento de evaluación ambiental, recoge un inventario ambiental que permite excluir las soluciones que puedan representar una afección significativa sobre los elementos y factores ambientales de interés para la conservación, identificados:

- Hábitats de Interés Comunitario (HIC).
- Enclaves de fauna protegida, amenazada, en régimen de protección especial o de interés para la conservación.
- Espacios protegidos y Red Natura 2000.
- Montes de Utilidad Pública y terrenos forestales de interés.
- Vías pecuarias.
- Lugares de Interés Geológico (LIG).
- Corredores ecológicos, cursos fluviales.

El Mar Menor es una de las mayores lagunas litorales de Europa y la más grande de la Península Ibérica, con singulares valores ambientales que han determinado su incorporación a los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR) y Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM), así como la declaración del Paisaje Protegido de los Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor, del Parque Regional de Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar, de la ZEPA “Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar” (ES0000175), del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) “Mar Menor” (ES6200030), en fase de declaración de Zona de Especial Conservación (ZEC), y de la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) “Mar Menor” (ES0000260).



1.2 Proyectos ambientales para la evitar vertidos de aguas pluviales contaminadas al Mar Menor

Los objetivos de los siete (7) proyectos analizados, referidos arriba, se han orientado a establecer medidas de protección para los valores ambientales del Mar Menor, favoreciendo el uso sostenible de sus espacio ribereños.

Tabla 1: Objetivos principales de los proyectos analizados
<ul style="list-style-type: none">▪ Establecer medidas de prevención o de tratamiento de las aguas pluviales (con sistemas para la eliminación de sólidos y flotantes: grasas, aceites, hidrocarburos, etc.), para reducir y eliminar su carga contaminante antes de su tratamiento en EDAR y su vertido al Mar Menor.
<ul style="list-style-type: none">▪ Definir sistemas de drenaje urbano orientados a minimizar la afección por vertidos de aguas pluviales contaminadas, favoreciendo la recuperación del estado ecológico de las aguas y playas del Mar Menor.
<ul style="list-style-type: none">▪ Concretar sistemas de drenaje urbano que permita recoger la escorrentía superficial en los episodios de tormenta, definiendo redes y sistemas separativos para el tratamiento independiente de aguas residuales y pluviales.
<ul style="list-style-type: none">▪ Concretar tanque de tormentas para recoger el agua de escorrentía de los primeros minutos de los aguaceros locales, recogiendo la carga contaminante arrastrada por el agua.
<ul style="list-style-type: none">▪ Establecer sistemas de recogida de pluviales que permitan reducir la carga hidráulica de las EDAR receptoras de pluviales y la carga contaminante a tratar.
<ul style="list-style-type: none">▪ Contribuir a la definición de un sistema general de drenaje que evite los episodios locales de inundación de espacios urbanos y edificios.
<ul style="list-style-type: none">▪ Realizar una tramitación medioambiental (*) que permita garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad ambiental y protección del entorno requeridos por la planificación territorial y la normativa.
Nota: (*) Todos los proyectos han iniciado la correspondiente tramitación medioambiental.

2. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS DE LOS PROYECTOS

2.1 Compensación de la pérdida de reservas de carbono por transformación de los suelos

El informe de la OISMA recoge indicaciones relativas a la compensación de la pérdida de reservas de carbono vinculadas a la transformación de los suelos que pasan de suelos agrícolas (o naturales) a tanques de tormenta. Según indica el informe: «Los cambios en el uso del suelo suponen pérdidas en las reservas y en la capacidad de remoción de CO₂ a consecuencia de la sustitución de suelo agrícola por infraestructuras que tendrán unas reservas de carbono en suelo y vegetación».

Siguiendo la indicación del informe de la OISMA, para estimar las pérdidas por la destrucción del carbono contenido en el suelo se ha utilizado la cifra media de 21 t de carbono/hectárea, equivalente a 75,6 t de CO₂/hectárea.

Para la estimación de la superficie natural transformada se han revisado los siete proyectos objeto de análisis. Se ha considerado la superficie afectada de terreno natural para el conjunto de las



conducciones proyectadas o parcelas no construidas (incluyendo solares urbanos), no considerándose las superficies correspondientes a las superficies ya pavimentadas o asfaltadas, en las que se abrirán zanjas para instalar las conducciones y que serán posteriormente repuestas para mantener su servicio urbano y viario.

En la siguiente tabla se reflejan los valores obtenidos en cada proyecto y el total estimado para los siete proyectos conjuntamente.

Tabla 2: Superficie de suelo natural transformado por los proyectos (en hectáreas) y pérdida estimada de fijación de CO₂ (en toneladas)		
<i>Proyecto</i>	<i>Superficie suelo natural ocupada (ha)</i>	<i>Pérdida estimada de fijación de CO₂ (t)</i>
Colectores y tanque de tormenta en Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar, Murcia).	0,43	32,81
Colector de pluviales en el barrio de Los Pescadores (T.M. de San Javier, Murcia).	0,02	1,59
Colectores de pluviales sur y norte y embalse de laminación para reducción de vertidos al Mar Menor (T.M. de San Javier, Murcia).	1,43	108,11
Colectores y tanque de tormentas en Islas Menores-Mar de Cristal (T.M. Cartagena, Murcia).	0,66	49,90
Colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia).	0,15	11,34
Proyecto del sistema de tratamiento de aguas de tormentas de la EDAR de Torre-Pacheco (T.M. Torre-Pacheco, Murcia).	1,44	108,79
Colectores y tanque de tormentas en Los Nietos (T.M. Cartagena, Murcia).	0,03	1,97
Superficie estimada arquetas y elementos complementarios (todos los proyectos)	0,50	37,80
Totales estimados (*)	4,66 ha	352,30 t CO₂ (*)
Nota: (*) En la estimación de la pérdida de fijación de CO ₂ se ha utilizado la cifra media de 75,6 t de CO ₂ /hectárea.		

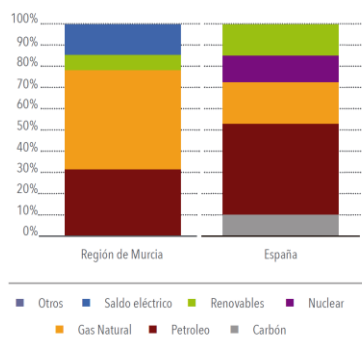
La compensación se ha concretado en la reducción de emisiones por desarrollo de fuentes de energía renovables (entre otras: hidráulica, eólica, solar, biomasa, biogás, geotérmica).

El análisis se realiza a partir de los datos oficiales contenidos en los documentos del *Plan Energético de la Región de Murcia 2016-2020* (2016. En tramitación para su aprobación y sustitución del vigente *Programa Integral de Ahorro y Eficiencia en la Energía en la Región de Murcia 2010-2016*).

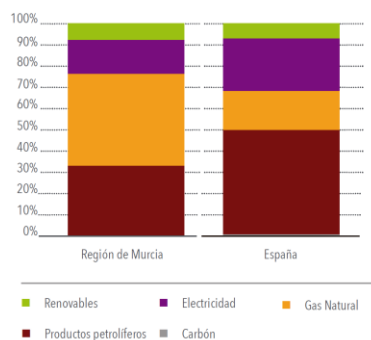
Los principales datos globales de la configuración del mix energético en la Región de Murcia, según la documentación del Plan Energético en tramitación, quedan recogidos en la siguiente figura, manteniéndose actualmente, tanto los porcentajes de consumo de energía primaria y final, como los objetivos de reducción:

MIX ENERGÉTICO ACTUAL

ENERGÍA PRIMARIA. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN 2014



ENERGÍA FINAL. CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN 2014



METAS

Consumo Ep origen renovable	=	Actual	7,31%	Escenario tendencial		Escenario óptimo*	
Consumo Ep Total		Meta 2020	9,00%				
Producción electricidad renovable	=	Actual	26,12%	Consumo Ef origen renovable	=	Actual	6,98%
Producción electricidad Total		Meta 2020	30,00%	Consumo Ef Total		Meta 2020	22,05%
Disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero	=	460.000 t equ CO ₂		Disminución del consumo de energía final	=	165 ktep	

* En el caso de que se instalase el 50% de la potencia que hay en proyecto actualmente 1.768,5 MW

Figura 1: Región de Murcia: Mix energético actual. Consumos de energía primaria y energía final en 2014.

Fuente: Plan Energético de la Región de Murcia 2016-2020. Región de Murcia. 2018.

Dadas las características de los ámbitos intervenidos, espacios urbanos con alta ocupación del terreno y baja disponibilidad de espacios vacantes para albergar instalaciones e infraestructuras de drenaje. Las soluciones planteadas en los proyectos están dirigidas a resolver una problemática específica, que requiere de instalaciones necesariamente conectadas a la red de saneamiento y drenaje existente en cada localidad. Estas condiciones hacen técnicamente difícil el establecimiento de incorporar medidas complementarias de generación energética mediante energías renovables en los puntos de localización de los tanques de tormenta definidos. No obstante, la Dirección General del Agua contempla como compromiso en este sentido, la definición de medidas complementarias a desarrollar conjuntamente con los Ayuntamientos implicados, en el marco del II Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia.

En este mismo año, desde la Consejería de Empleo, Universidades, Empresa y Medio Ambiente; Dirección General de Energía y Actividad Industrial y Minera (Región de Murcia), se han concedido ayudas destinadas a impulsar proyectos de ahorro, eficiencia energética y energías renovables, por importe de 4,19 M€ (ayudas cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, FEDER), que permitirán contribuir a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a



la atmósfera de 38.048 toneladas equivalentes de CO₂ (tCO₂eq)¹, representando un ahorro anual estimado de energía primaria para la Región de 11,39 ktep (miles de toneladas equivalentes de petróleo²), con una reducción de emisiones de GEI estimada en 15.144 tep.

Los proyectos financiados de fomento de la generación y autoconsumo de energía de fuentes renovables supondrán la instalación de 3.368,13 kilovatios y una reducción anual de GEI de 22.897 tCO₂eq.

Complementariamente, el Plan Energético contempla en su programa operativo, el «Impulso de la eficiencia energética en Estaciones depuradoras de aguas residuales». Por ello, la compensación de emisiones generadas por los proyectos analizados en el entorno del Mar Menor, se vincula a los valores de reducción de emisiones de GEI e incremento de energías renovables para la producción eléctrica relativos a las instalaciones a implantar con el desarrollo previsto del II Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia (promovido por la Dirección General del Agua, Región de Murcia; en tramitación para su aprobación definitiva) que recoge entre sus objetivos básicos: «Aumento de la eficiencia energética y del uso de energías renovables».

El II Plan incluirá en su redacción final los aspectos recogidos en el Documento de Alcances para la elaboración del Estudio Ambiental Estratégico (emitido por la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente; Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental; con fecha 05/04/2017), que indica que «*Es de interés ambiental que se tengan en cuenta los principios y criterios ambientales de sostenibilidad contemplados en el Anexo A*». En este anexo, en su punto 5, relación con la Gestión de la Energía, se establece:

- 1. Promover el ahorro energético y la instalación de energías renovables, en las infraestructuras previstas (eficiencia energética, selección de lámparas, equipos de ahorro de energía, sistemas de apagado y encendido de la instalación) además de la minimización de la contaminación lumínica.*
- 2. Aumentar la eficiencia energética en el proceso de desarrollo y gestión de los diferentes programas del Plan.*

Atendiendo a los factores de emisión³ utilizados para determinar el valor total de compensación de CO₂ resultante de la implementación de sistemas de suministro eléctrico basado en el empleo de energías renovables, se estima en 0,3 kg CO₂ la compensación por kWh eléctrico instalado frente al actual mix energético de abastecimiento en la Región de Murcia (asimismo, se considera que la

¹ El equivalente de CO₂ o equivalente de dióxido de carbono (CO₂eq) es una medida de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), cuya masa es medida en referencia al CO₂ (dióxido de carbono). Como unidad se utiliza tCO₂eq que supone un volumen de emisión de gas de efecto invernadero equivalente a una tonelada de CO₂.

² tep = energía que rinde una tonelada de petróleo.

³ Para calcular las emisiones de contaminantes atmosféricos se utilizan los factores de emisión, expresados en kilogramos de contaminante (CO₂, en este caso), emitido a la atmósfera por kWh eléctrico consumido, GJ de energía producida o por kg de combustible consumido.

Los factores de emisión utilizados en las estimaciones referidas en el presente informe, provienen de los documentos oficiales editados por el Ministerio para la Transición Ecológica, entre ellos el trabajo titulado: «Factores de emisión. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono». 2018.

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-446710.pdf



compensación vinculada a la producción de agua depurada se sitúa en torno a 0,4 kg CO₂eq/m³ de agua depurada a disposición para nuevos usos).

Considerando el valor obtenido de toneladas de CO₂ a compensar, como resultado de la pérdida estimada de fijación de CO₂ (t) asociada a la superficie suelo natural ocupada (ha), que como se refleja en la Tabla 1 es de 352,296 t, se requiere la dotación de 1,17 GWh eléctricos renovables dentro del II Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia.

Para entender mejor la dimensión referida y la aportación de los sistemas de depuración en la generación de energía eléctrica renovable, baste con resaltar los datos facilitados por la Entidad de Saneamiento de la Región de Murcia (Esamur) y Aguas de Murcia en la Depuradora Murcia-Este, donde se plantearon dos objetivos con la instalación de una planta de cogeneración en 2012, para suministrar energía térmica y eléctrica. Así, en el año 2017, la planta ha permitido el suministro del 100% de la energía térmica necesaria en el proceso de digestión y suministrar el 40% de la demanda eléctrica de toda la instalación, al haber generado 6,06 GWh (resultado complementario a la reducción de un 2,6 % de la demanda de la instalación con la implantación de medidas de eficiencia energética en sus procesos).

2.2 Cálculo de la huella de carbono de alcance 1 de las obras

Se considera de interés completar el cálculo de la pérdida de reservas de carbono asociada a los proyectos por ocupación de terrenos naturales o no urbanizados (pavimentados o asfaltados), con las emisiones de GEI derivadas de las obras en los siete proyectos para la mejora ambiental del Mar Menor, permitiendo establecer actuaciones y medidas suficientes de compensación.

Para la estimación de emisiones totales de GEI se ha utilizado la herramienta de cálculo denominada hueCO₂ (Huella de Carbono de la construcción de obras públicas)⁴, desarrollada en 2014 por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Fundación Biodiversidad), en colaboración con Tecniberia. Este software contiene una base de datos de factores de emisión, relativos a los principales materiales y maquinaria que intervienen en una obra pública.

Se ha procedido a calcular las emisiones de CO₂ en función de las unidades de obra. Las emisiones totales son indicadas en el apartado específico a cada proyecto constructivo.

Para el análisis de los datos obtenidos, se ha realizado una repartición entre los participantes principales en las emisiones de CO₂ a la atmósfera, para las distintas obras.

Hay que comentar que el origen de las emisiones está en relación a diferentes procesos de combustión, ya sean los necesarios para la fabricación del cemento presente en el hormigón, la fabricación del acero, o los motores de combustión de la maquinaria presente en obra.

De esta manera, en el comentario de cada proyecto se han agrupado las partidas en diferentes categorías, asociadas a los principales procesos de generación de emisiones (por ejemplo, se crea un grupo para las emisiones asociadas a los hormigones utilizados, con distintas resistencias y composiciones, y que es el resultado de la adición de las emisiones de las distintas unidades de obra que contienen hormigones).

De la misma manera se han creado los grupos de acero (donde se incluyen las adiciones de aceros, fundiciones dúctiles y otros metales minoritarios), PVC (muy presente en conducciones), áridos,

⁴ Esta herramienta informática está disponible en la página web de Tecniberia (Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos): www.hueco2.tecniberia.es/.



maquinaria (emisiones pro combustión) y una última categoría de otros que incluye el resto de participantes minoritarios, en el cálculo de las emisiones.



Los valores de emisión por proyecto y el total para el conjunto de los siete proyectos analizados se refleja en la siguiente tabla, resultando un valor total de 20.972.642 kg CO₂ equivalente.

En los siguientes subapartados se recoge la contribución de cada tipología de unidad de obra a cada uno de los proyectos.

EMISIONES GEI POR PROYECTO	Emisiones Kg CO₂
Los Cuarteros	7.718.777
Los Pescadorers	386.667
San Javier	3.731.452
Islas Menores y Mar de Cristal	2.422.967
Playa Honda	4.093.256
Torre Pacheco	1.715.541
Los Nietos	903.965
TOTAL EMISIONES GEI	20.972.624

Tabla 3: Total de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (en kg CO₂ equivalente).

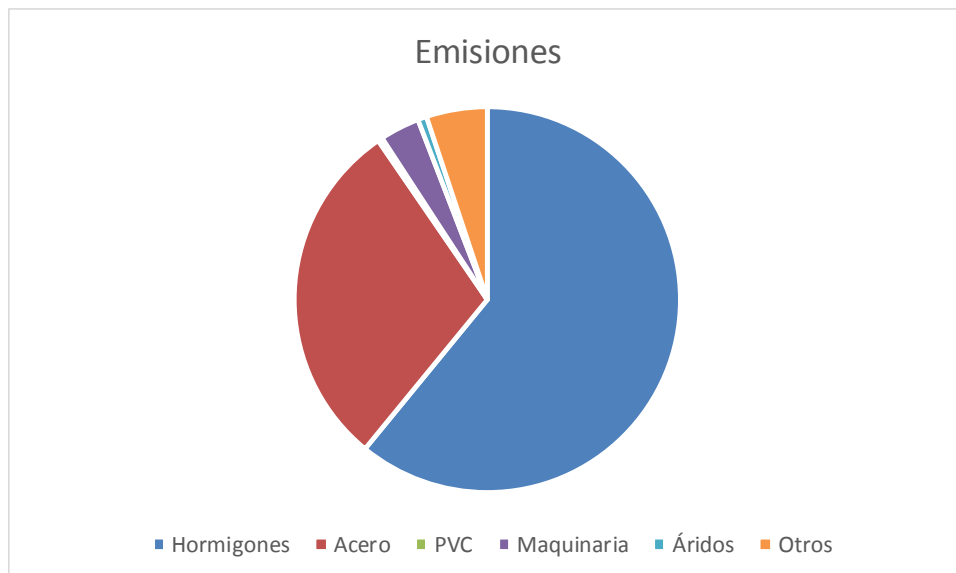
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los proyectos y los factores de emisión facilitados por la metodología HueCO₂ (MITECO-Tecniberia. 2018).



- **Proyecto de colectores y tanque de tormenta en Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar, Murcia).**

El total de emisiones asciende a 7.718,7 toneladas de CO₂. El hormigón (61%) y el acero (30%) utilizado monopolizan prácticamente las emisiones, siendo los demás componentes minoritarios.

	Emisiones	%
Hormigones	4.702.135	61
Acero	2.278.438	30
PVC	29.695	0
Maquinaria	257.075	3
Áridos	57.428	1
Otros	394.007	5
TOTAL	7.718.777	100

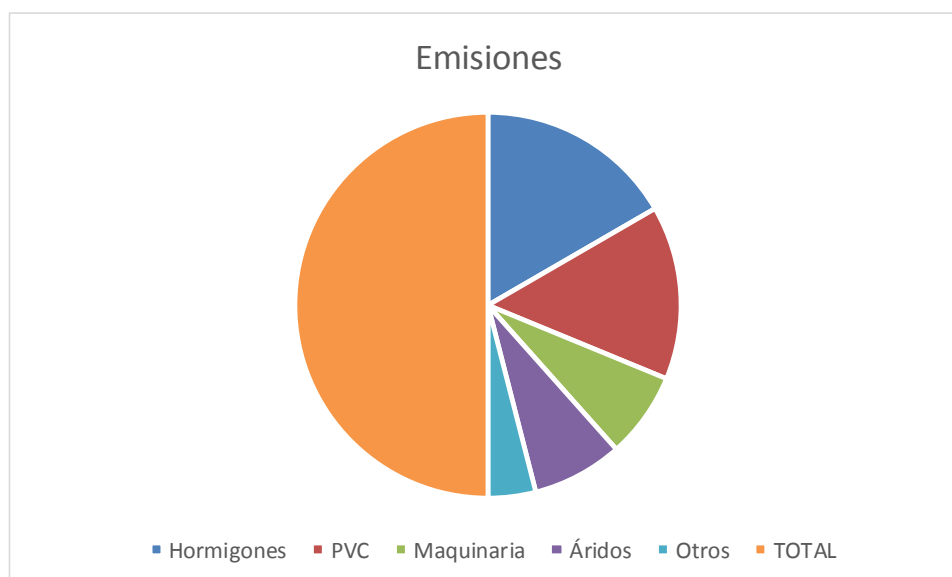




▪ **Proyecto de colector de pluviales en el barrio de Los Pescadores (T.M. de San Javier, Murcia).**

El total de emisiones asciende a 386.667 Kg de CO₂. Se observa que el causante principal de las emisiones es el hormigón asociado (33,3%), seguido del PVC, que es utilizado como un material preferente en la construcción de conducciones en esta obra. Los áridos utilizados en la obra y la maquinaria utilizada para la ejecución contribuyen aproximadamente en la misma proporción.

	Emisiones	%
Hormigones	128.710	33,3
PVC	112.740	29,2
Maquinaria	55.687	14,4
Áridos	58.688	15,2
Otros	30.843	8,0
TOTAL	386.667	100,0

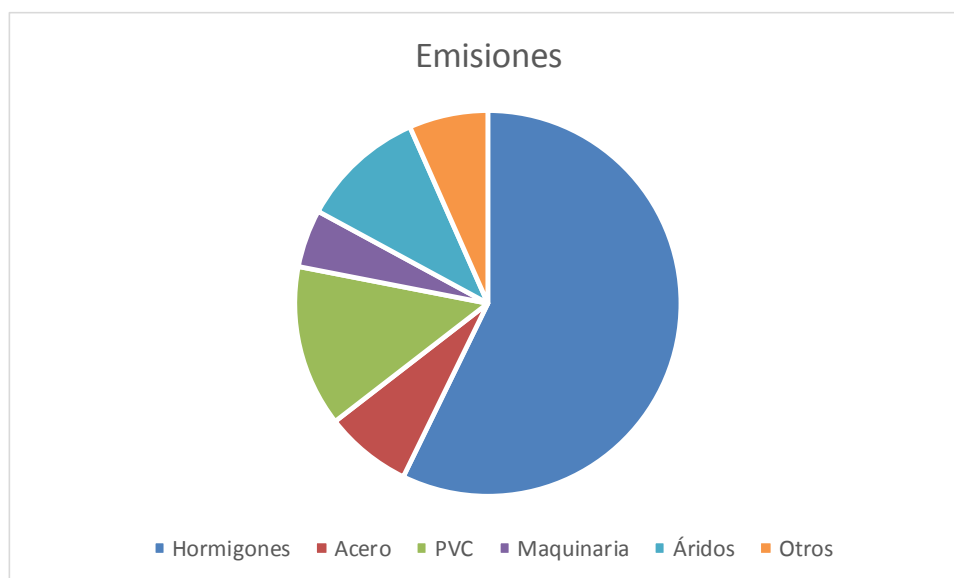




- **Proyecto de colectores de pluviales sur y norte y embalse de laminación para reducción de vertidos al Mar Menor (T.M. de San Javier, Murcia).**

El total de emisiones asciende a 3.731,4 toneladas de CO₂. Destaca la emisión asociada a la utilización de hormigones, con un 57%. El PVC asociado a distintas conducciones contribuye con un 14%. Los áridos y el acero no son tan relevantes como en otras obras, como tampoco lo es la maquinaria.

	Emisiones	%
Hormigones	2.134.927	57
Acero	272.591	7
PVC	505.367	14
Maquinaria	181.148	5
Áridos	390.560	10
Otros	246.858	7
TOTAL	3.731.452	100

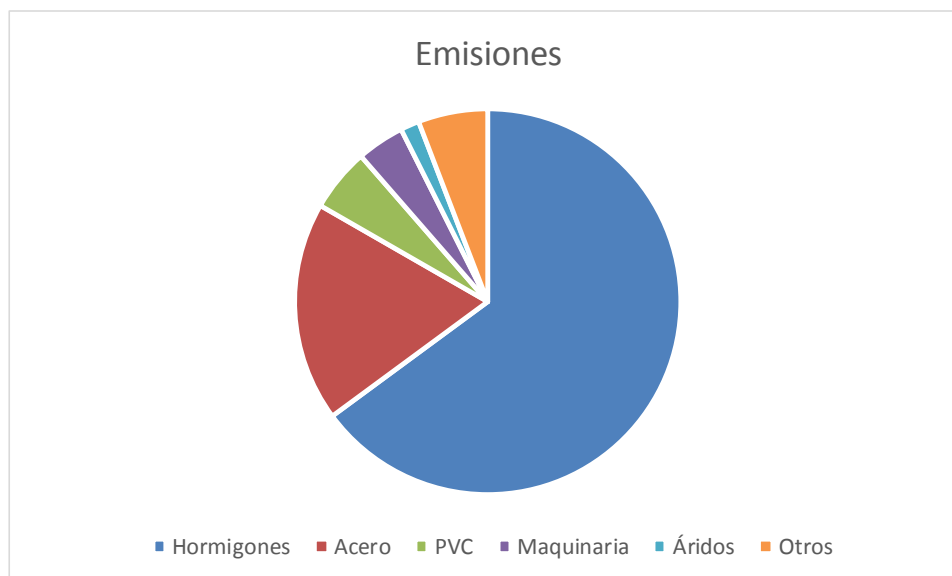




- **Proyecto de colectores y tanque de tormentas en Islas Menores-Mar de Cristal (T.M. Cartagena, Murcia).**

El total de emisiones asciende a 1.572,4 toneladas de CO₂. El hormigón utilizado es el responsable de la mayor parte de emisiones, con un 65%. El acero como componente estructural contribuye con un 18%. El PVC, la maquinaria y los áridos contribuyen en menor medida que en otras obras.

	Emisiones	%
Hormigones	1.572.364	65
Acero	446.148	18
PVC	128.413	5
Maquinaria	96.619	4
Áridos	38.170	2
Otros	141.254	6
TOTAL	2.422.967	100

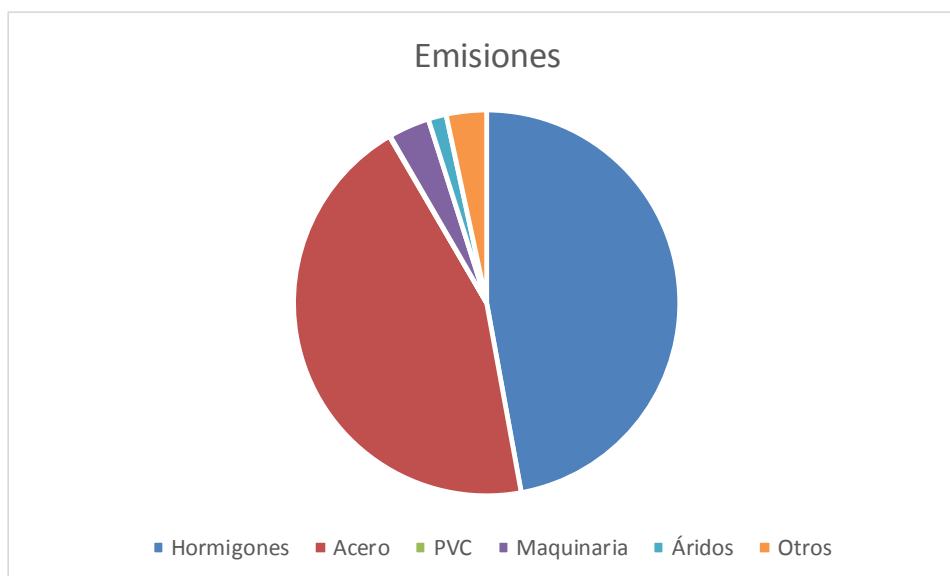




▪ **Proyecto de colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia).**

El total de emisiones asciende a 4.093,2 toneladas de CO₂. El hormigón (47%) y el acero (44%) utilizado monopolizan prácticamente las emisiones, siendo los demás componentes minoritarios.

	Emisiones	%
Hormigones	1.929.091	47
Acero	1.820.137	44
PVC	2.550	0
Maquinaria	141.323	3
Áridos	61.908	2
Otros	138.247	3
TOTAL	4.093.256	100

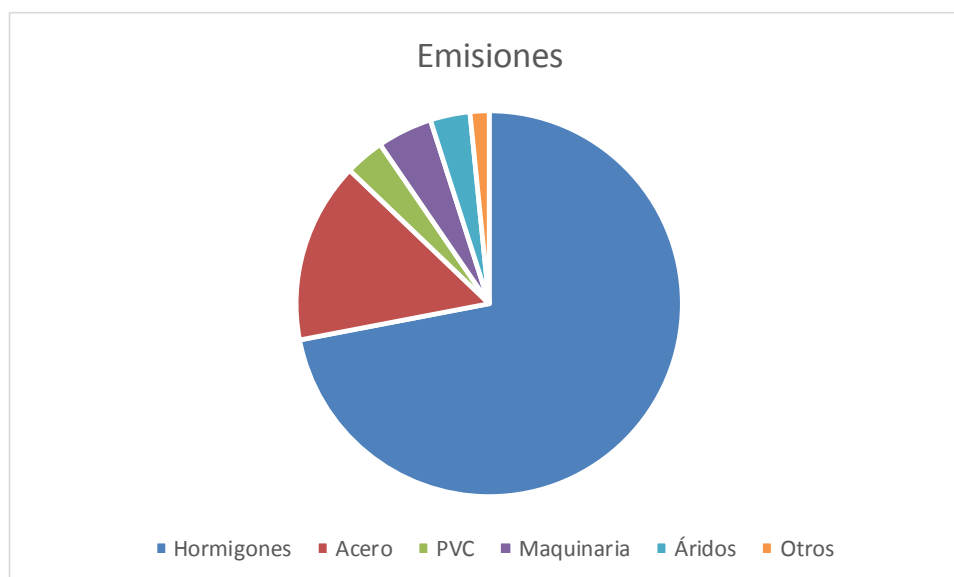




- **Proyecto del sistema de tratamiento de aguas de tormentas de la EDAR de Torre-Pacheco (T.M. Torre-Pacheco, Murcia).**

El total de emisiones asciende a 1.715,5 toneladas de CO₂. Se observa que el causante principal de las emisiones es el hormigón asociado (72%) a las distintas construcciones. El acero contribuye con un 15%.

	Emisiones	%
Hormigones	1.234.980	72
Acero	260.120	15
PVC	56.624	3
Maquinaria	79.300	5
Áridos	57.120	3
Otros	27.397	2
TOTAL	1.715.541	100

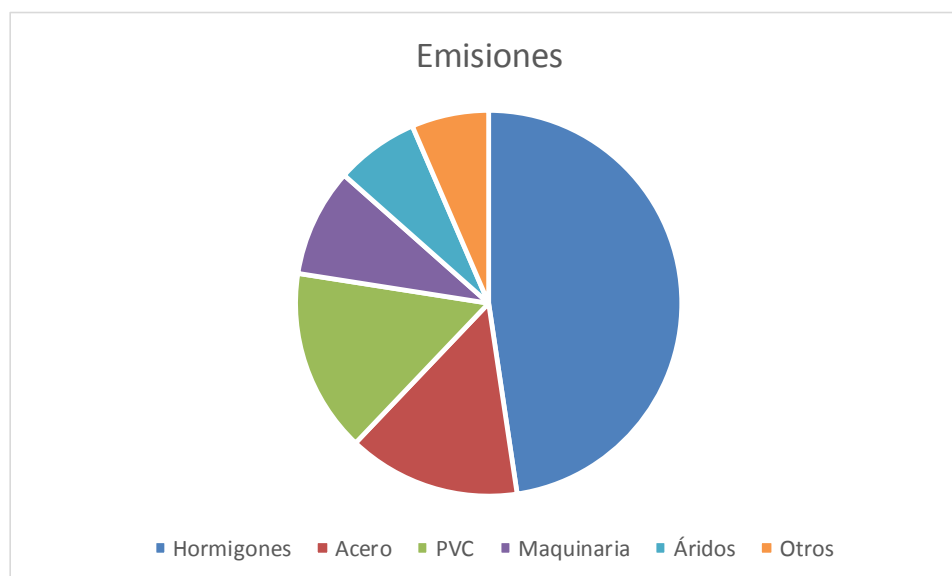




▪ **Proyecto de colectores y tanque de tormentas en Los Nietos (T.M. Cartagena, Murcia).**

El total de emisiones asciende a 903.965 Kg de CO₂. Se observa que el causante principal de las emisiones es el hormigón asociado (48%), seguido del PVC (15%) y el acero (14%), prácticamente en la misma proporción.. Los áridos utilizados en la urbanización y la maquinaria utilizada para la ejecución completan la lista.

	Emisiones	%
Hormigones	430.648	48
Acero	130.732	14
PVC	138.976	15
Maquinaria	82019	9
Áridos	63.122	7
Otros	58.468	6
TOTAL	903.965	100





2.3 Compensación de emisiones directas responsabilidad del promotor por la obras en la fase de obras

El trabajo de estimación de las emisiones de GEI a compensar como resultado de las obras relativas a los siete proyectos analizados, se ha orientado a conseguir los porcentajes de reducción alineados con la propuesta de la Unión Europea (2014): reducir el 40 % de las GEI en 2030, lo que supone para los sectores difusos de nuestro país, entre los que se encuentra el sector residencial, la obligación de una reducción del 26 %. Así, siendo coherentes con el acuerdo señalado, se propone establecer para el conjunto de las actuaciones, una reducción o compensación del 26 % de las emisiones GEI generadas por las obras de urbanización.

En primer lugar, los proyectos han incorporado equipos disponibles en el mercado, que presentan los mejores valores de eficiencia energética, reduciendo las emisiones GEI (emisiones evitadas). Complementariamente, los valores de emisión estimados se compensarán con el empleo de energías renovables o, si no fuera suficiente, con una absorción equivalente a la reducción de emisiones necesaria, mediante la creación de sumideros (esta última opción solo se utilizará si resultaran no viables las opciones anteriores de compensación con energías renovables o emisiones evitadas).

Los valores de compensación referidos arriba (apartado 2.1) para diferentes aspectos toman relevancia para valorar las posibilidades de compensación de las emisiones derivadas por las obras de los proyectos considerados. Es importante resaltar de la compensación vinculada a la producción de agua depurada reutilizada para nuevos usos: en torno a 0,4 kg CO₂eq/m³ de agua a disposición.

Según datos facilitados por ESAMUR (Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia), el tratamiento de aguas residuales con sistemas de saneamiento y depuración adecuado alcanzó en la Región de Murcia el 99.4 % del total generado (105,5 hm³; que se corresponden con 2.069.402 habitantes equivalentes). La serie histórica del volumen de agua depurada en la Región de Murcia se muestra en la siguiente figura:

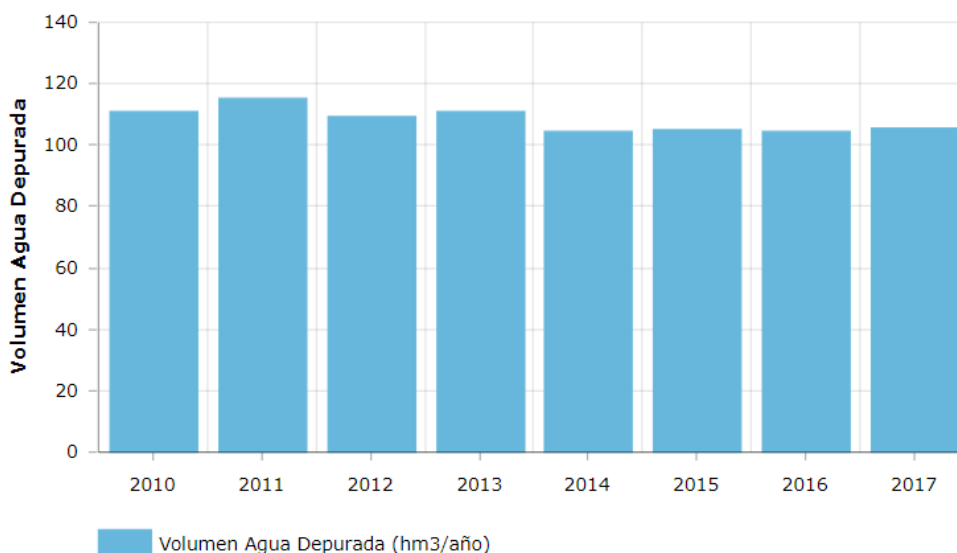


Figura 2: Serie histórica del agua depurada en la Región de Murcia.

Fuente: ESAMUR. 2018.



Según la misma fuente, la reutilización del agua depurada (con garantías sanitarias suficientes para poder ser utilizada con seguridad⁵), alcanza un valor del 96,97 % del total generado en la Región de Murcia, con un reparto que se muestra en la siguiente figura:

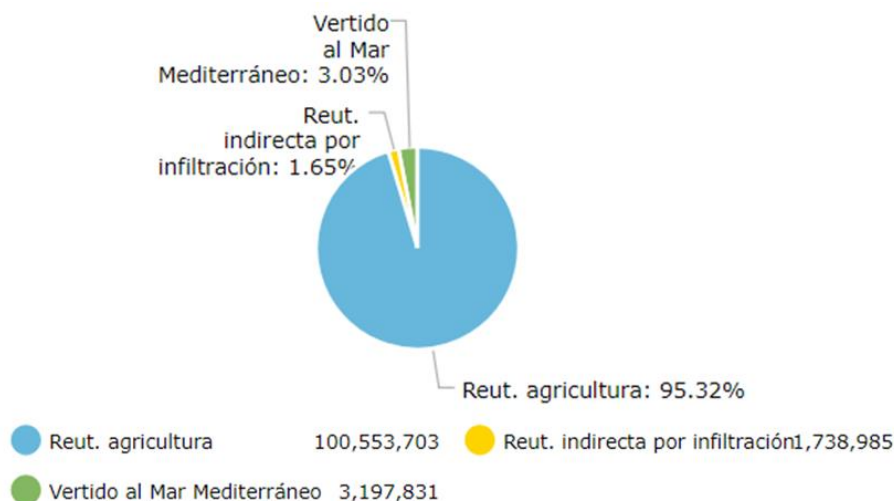


Figura 3: Volumen en (hm³) y destino del agua depurada en la Región de Murcia. Año 2017.

Fuente: ESAMUR. 2018.

De los volúmenes indicados y considerando el valor de compensación 0,4 kg CO₂eq/m³ de agua tratada con sistemas de saneamiento y depuración adecuados, se obtiene un valor total de reducción de emisiones de GEI que alcanza 40.917.075 kg CO₂eq.

El valor de compensación se encuentra en permanente mejora ya que desde el Gobierno Regional (Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca), a través ESAMUR se han elaborado un total de 12 proyectos con los que reducir el consumo energético y la huella de carbono en las estaciones depuradoras de la Región de Murcia, mediante la instalación de placas fotovoltaicas (con el requisito de disponibilidad de espacio físico suficiente). En esta misma línea se está desarrollando el Proyecto Life Renewat Edar (financiado por la Unión Europea), con la participación de ESAMUR, en desarrollo en la EDAR de Archena, en la que se reutiliza el 100 % del agua depurada con fines agrícolas y el 35 % del coste total de la explotación está referido a los costes energéticos. La implantación del sistema inteligente de control de la energía renovable aplicado sobre el tratamiento biológico como principal consumidor energético en la planta depuradora permitirá reducir el coste por metro cúbico de agua tratada en un 24 % (de 0,4 €/m³ a 0,3 €/m³).

⁵ Los pasados días 21 y 22 de noviembre de 2018 se han celebrado en Lorca las XIV jornadas técnicas de saneamiento y depuración 'Regeneración de aguas: Generando confianza', donde se ha analizado la próxima normativa europea de reutilización de aguas que va a comenzar a debatirse en el Parlamento y en el Consejo Europeo, así como en el proceso de la reutilización de agua, el desafío que supone, y los riesgos y los controles de los productos agrícolas.



2.4 Aplicación del objetivo de cubrir mediante energías alternativas el consumo de electricidad del bombeo de agua

Los proyectos no recogen instalaciones individualizadas para la generación de energía renovable en cada ámbito, sin embargo sí está prevista la compensación de la energía consumida en el alumbrado público y otros elementos como la sala de bombeo.

En este sentido, el II Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia prevé la instalación de una potencia de energía renovable en el conjunto de instalaciones y equipamientos en torno a 1.010 kW.

2.5 Justificación de la alternativa seleccionada

La evaluación ambiental realizada ha valorado la alternativa cero, o de no realización del proyecto. En la actualidad, en los ámbitos intervenidos, se han identificado problemas de contaminación derivados de los sistemas de saneamiento (inadecuados o insuficientes), que conlleva el arrastre de contaminantes por lavado de las superficies que alcanzan el medio receptor (Mar Menor), sin tratamiento adecuado de depuración. La no realización de los proyectos no permite resolver esta problemática, ni dar cumplimiento a la normativa de protección del enclave protegido, entre las que destaca la *Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor*, que «tiene por objeto la adopción de medidas urgentes para la ordenación y sostenibilidad de las actividades agrarias y garantizar su aplicación en el entorno del Mar Menor y la protección de sus recursos naturales, mediante la eliminación o reducción de las afecciones provocadas por vertidos, arrastres de sedimentos y cualesquiera otros elementos que puedan contener contaminantes perjudiciales para la recuperación de su estado ecológico» (Artículo 1).

Por tanto, **la alternativa cero o de no realización del proyecto queda descartada como solución adecuada para abordar la problemática de protección del espacio protegido del Mar Menor, derivados del vertido de aguas contaminadas sin tratamiento previo adecuado, conforme a los objetivos de calidad ambiental requeridos por la normativa.**

Se presenta en primer lugar la definición del problema generado por las lluvias torrenciales en un ámbito, así como de los sistemas de tratamiento de la contaminación arrastrada por el lavado de las superficies del terreno durante los primeros minutos de lluvia, según lo recogido en el «*Manual Nacional de Recomendaciones para el Diseño de Tanques de Tormenta*» (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014).

Una red de saneamiento de tipo unitario es aquella por la que circulan tanto las aguas residuales como las aguas pluviales por los mismos conductos. Dado que los caudales de lluvia pueden ser muy superiores a los de las aguas residuales, este tipo de redes disponen de determinados puntos donde es posible verter al exterior el volumen de agua que supera un cierto umbral (aliviaderos al medio), generándose contaminación del medio receptor, ya que, aunque el agua residual se mezcle con una importante cantidad de agua de lluvia, la contaminación lavada de la superficie de la cuenca por la escorrentía y la resuspensión de sedimentos de la red de saneamiento determina que estos desbordamientos tengan un importante grado de contaminación.

Para dar respuesta a esta problemática los **proyectos analizados se basan en sistemas separativos**, que recogen por redes independientes las aguas residuales y las pluviales, permitiendo que la contaminación lavada en superficie pueda ser retendida antes de su adecuado tratamiento. Así, los propios colectores pueden sobredimensionarse para incrementar el tiempo de retención, incorporándose depósitos específicos, denominados tanques o depósitos de tormenta.

Un tanque o depósito de tormenta puede definirse como aquella infraestructura hidráulico-sanitaria destinada a optimizar la gestión de los flujos de los sistemas unitarios en tiempo de lluvia mediante estrategias de control de contaminación y tratamiento de los mismos; se pueden definir



como infraestructuras de regulación y tratamiento (IRT). Esta gestión de los flujos de aguas residuales (mezcla de aguas residuales de tiempo seco y aguas de escorrentía pluvial) permitirá evitar la llegada de las primeras aguas de lluvia, las más contaminadas, al medio receptor, minimizando los vertidos de los sistemas de saneamiento. La regulación de los caudales hacia la EDAR permitirá que ésta sufra menos sobrecargas hidráulicas y los flujos de contaminantes tengan menos oscilaciones, permitiendo que trabaje de forma más eficiente en tiempo de lluvia.

La expresión tanque de tormentas puede substituirse por tanque “anti-vertidos” o depósito “anti-DSU” (anti Desbordamientos de los Sistemas Unitarios).

Hay que considerar, además, que el consenso actual respecto a la evolución climática para España augura un aumento de la temperatura media, una notable disminución de las precipitaciones, un incremento de su torrencialidad, la modificación de los periodos estacionales y el avance de la desertización (aumento de la temperatura del suelo y riesgo de incendios, y disminución de la humedad). Por ello, las infraestructuras dependientes de las condiciones climáticas y, especialmente las relacionadas con el agua, van a quedar sobre o infra dimensionadas, y las condiciones constructivas en los asentamientos deberán modificarse para adaptarse a condiciones climáticas distintas.

Según establece la Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor, en su Artículo 17 (Vertidos de aguas pluviales), para evitar la introducción de contaminantes al Mar Menor:

3. En el caso de vertidos de aguas pluviales, las autoridades competentes deberán velar por evitar la introducción de contaminantes al Mar Menor, mediante la imposición de medidas de prevención o de tratamiento de esas aguas, tales como sistemas para la eliminación de sólidos y flotantes (grasas, aceites, hidrocarburos, etc.), u otros sistemas o tratamientos encaminados a reducir y eliminar la contaminación.

4. Las infraestructuras necesarias para este objetivo se someterán a procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Las medidas o tratamientos propuestos deberán demostrar haber sido eficientes en la práctica y demostrado su eficacia como drenaje urbano sostenible, siendo necesario incluir estudios de viabilidad económica y ambiental.

5. En prevención de estos vertidos de pluviales los ayuntamientos deberán integrar en sus redes de saneamiento la recogida y canalización de estas aguas a través de redes separativas y la posterior gestión de las mismas destinada a evitar su vertido al Mar Menor, mediante el diseño de alternativas viables, en las que se priorizarán los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS).

Los siete proyectos analizados han realizado un análisis pormenorizado de alternativas, considerando los siguientes aspectos:

- Características climáticas del ámbito: régimen de lluvias, escorrentía, inundabilidad, torrencialidad (duración del aguacero y frecuencia con la que ocurre, precipitación máxima en 24 horas), etc.
- Condicionantes técnicos definidos por las redes y sistemas de saneamiento y depuración existentes a los que se complementa.
- Distribución existente y consolidada de edificios y viarios en la trama urbana objeto de análisis.
- Disponibilidad de suelo vacante para albergar instalaciones o elementos de SUDS.



- Aplicabilidad de soluciones y elementos complementarios a la red existente o la propuesta, considerando los aspectos anteriores.
- Adaptación al cambio climático.

El régimen de lluvias en el ámbito estudiado, entorno del Mar Menor, se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones esporádicas de gran intensidad, lo que ha llevado al planteamiento de soluciones como las presentadas en los proyectos, para establecer sistemas de retención de contaminantes presentes en la superficie del terreno que es arrastrada con las primeras aguas del aguacero (lluvia impetuosa, repentina y de corta duración), permitiendo reducir la carga contaminante del agua que llega a las depuradoras en los primeros minutos, así como sobrecarga hidráulica de las depuradoras asociadas.

Cada uno de los proyectos analizados incorpora un detallado **estudio hidráulico y cálculos justificativos hidráulicos** para el dimensionamiento de las redes de colectores, tanques de tormenta o balsa de laminación, según el caso. A partir de los datos de pluviometría obtenidos de la red de estaciones de la zona de influencia de los proyectos, que disponen de series extensas de datos:

<i>Indic.</i>	<i>Nombre</i>	<i>Fechas</i>	<i>Años</i>	<i>UTM X</i>	<i>UTM Y</i>	<i>Dist. (km)</i>
7026	Cartagena (Pozo Estrecho)	1933-2008	63	676924	4175783	20
7024J	Fuente Álamo (Balsapintada)	1995-2008	13	666806	4180589	28
7020	Murcia (Corvera)	1953-2008	55	662073	4188481	32
7029	Murcia (Sucina)	1954-1990	36	680849	4195504	15
7031	Murcia (San Javier)	1970-2017	47	693425	4184666	3
7026X	Torre Pacheco CCA	1972-2004	32	679088	4178790	18
7028I	Torre Pacheco (Torre Blanca)	1975-2017	42	684622	4183230	11
7023X	Fuente Álamo	1933-2008	75	661516	4177040	35
7025	Murcia (Los Martínez del Puerto)	1954-2008	54	668874	4188241	25
7016	El Algar	1935-2015	57	693847	4164941	3

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (Centro Meteorológico Territorial en Murcia).

Estos estudios incluyen la delimitación de las cuencas vertientes, lo que permite estimar el caudal que va a caer sobre la cuenca procedente de las lluvias, permitiendo con la utilización de los distintos coeficientes de escorrentía según el tipo de terreno, obtener los valores de intensidad media de precipitación. A continuación, se presenta un tabla comparativa de los caudales obtenidos, utilizando las precipitaciones Pd(T) obtenidas con modelos para determinar la precipitación máxima para un periodo de retorno determinado (MAXPLUWIN, en este caso) y la distribución de Gumbel y Gumbel modificado por los factores de frecuencia (se muestran los resultados obtenidos, como ejemplo, para el proyecto de Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar).



	MAXPLUWIN	GUMBEL Y GUMEL MODIF.
PERIODO DE RETORNO	Q (m³/s)	Q (m³/s)
T=5 años	13,704	20,680
T=10 años	18,745	29,243
T=25 años	26,166	46,690
T=100 años	50,918	97,120



Tabla 5: Valores máximos de precipitación según periodo de retorno.

Fuente: Proyecto de colectores y tanque de tormenta en Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar, Murcia). PIMA, 2018.

Posteriormente, a partir de los valores resultantes puede calcularse la capacidad hidráulica de la red de saneamiento existente en cada localidad objeto del nuevo proyecto y la nueva red propuesta, además del volumen del tanque de tormentas⁶.

El volumen del tanque de tormentas se puede establecer en función de una de las siguientes variables:

- Capturar la lluvia correspondiente al primer lavado de la cuenca.
- Como depósito decantador.

En los proyectos analizados y dada la cercanía a la laguna del Mar Menor, el criterio que prioriza es el de almacenar las aguas del primer lavado de la red, que normalmente presenta una mayor contaminación por arrastre de los sedimentos depositados en la cuenca urbana entre dos episodios de lluvia consecutivos.

La solución final adoptada en cada caso, se encaja en el modelo hidráulico comprobando de manera principal las siguientes consideraciones, cuando hay conexión con una EDAR:

- 1) Que los caudales que alcanzar la EDAR final receptora durante los episodios de lluvia de los periodos de retorno de hasta 50 años son almacenados en los depósitos proyectados y no desbordan en ningún caso al medio receptor.
- 2) Que el encaje bajo las condiciones óptimas de dichos depósitos no provoca la entrada en carga, junto con el posterior desbordamiento, de la red de saneamiento del núcleo urbano que desemboca en la EDAR.

Las Descargas de los Sistemas Unitarios (DSU) pueden llegar a producir impactos significativos en el medio receptor en los periodos de lluvia intensa, al concentrar las aguas residuales urbanas y aguas de escorrentía que lavan viarios, pavimentos, tejados, etc., al transportar contaminantes de todo tipo, con características y concentraciones muy diversas. Por otro lado, durante la primera fase del evento lluvioso es donde se concentra la mayor parte de la contaminación, por ello resulta imprescindible conducir estas aguas hasta la EDAR para su tratamiento. Si el fenómeno de lluvia continua, la concentración de contaminantes disminuye significativamente minimizándose el impacto si se produce alivio o DSU al medio receptor.

Los dispositivos anti-DSU como infraestructuras de regulación y tratamiento del aliviadero de la EDAR permiten laminar y regular los caudales generados en tiempo de lluvia evitando su vertido e,

⁶ Son diversas las publicaciones que analizan cuál debe de ser el volumen considerado en un tanque de tormentas. Entre las consultadas para los proyectos se encuentran las siguientes:

- Manual Nacional de Recomendaciones para el Diseño de Tanques de Tormenta del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014.
- Norma Alemana ATV A-128: 7,5 -15 l/s, duración de lluvia de 20 minutos o 10-30 l/s/ha sin establecer ningún tiempo de retención.
- Normas para Redes de Saneamiento del Canal de Isabel II (CYII). 2016.
- Confederación Hidrográfica del Norte: 20-40 m³/ha neta. Estrategia de Nivel N2 (dimensionamiento basado en la modelización hidrológica-hidráulica)



incluso, realizar un cierto grado de depuración sobre los volúmenes que finalmente se descarguen al medio receptor. Siguiendo las indicaciones de EPA (United States Environmental Protection Agency; Storm Water Management Model, SWMM), para cuencas urbanas se estima necesaria la retención de al menos 10 mm (l/m²) de lluvia para que el «*first flush*» o primer lavado sea capaz de lavar sustancias fácilmente movilizables (material soluble, polvo y limos) y de al menos 15 mm (l/m²) de lluvia para lavar sustancias más difíciles de movilizar (aceites, grasas y otros hidrocarburos).

De esta forma, el Tanque de Tormentas o dispositivo anti-DSU como infraestructura de regulación y tratamiento del aliviadero de la EDAR permite laminar y regular los caudales generados en tiempo de lluvia evitando su vertido e, incluso realizar un cierto grado de depuración sobre los volúmenes que finalmente se descarguen al medio receptor. Por tanto, el conjunto de infraestructuras proyectadas en cada caso (tanque de tormentas, colectores, balsa de regulación), funcionan de forma integrada controlando las cargas hidráulicas y de contaminación que llegan a la depuradora, en su caso, o cauce receptor final, reduciendo significativamente la afección negativa sobre la calidad del agua y ambiental del medio receptor.

Hay que destacar que en el diseño de las actuaciones se consideraron otras soluciones de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), tales como los presentados en el documento «La Gestión Integral del Agua de Lluvia en Entornos Edificados. GIAE» (Tragsa. 2015). Atendiendo a las características de los entornos intervenidos, la cantidad de agua de lluvia a retener, así como la componente básica de retención de contaminantes arrastrados en los primeros minutos del aguacero, se ha considerado la solución de tanques de tormenta y colectores, como una solución que cumple los requisitos ambientales requeridos para este conjunto de actuaciones, que tienen como objetivo fundamental evitar la introducción de contaminantes en el Mar Menor.

Desde la Dirección General del Agua, en el ámbito de sus competencias, se favorecerá la implantación de las medidas complementarias a las adoptadas en los proyectos analizados, basadas en sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), que puedan promover los Ayuntamientos en cumplimiento de su planeamiento de ordenación.

El efecto del cambio climático referido al incremento del nivel del mar, también ha sido considerado en el análisis de alternativas de cada proyecto. Los estudios realizados por el Ministerio para la Transición Ecológica para la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación en la Demarcación Hidrográfica del Segura (en proceso de actualización), han atendido a la recopilación y análisis de la información fácilmente disponible en relación a topografía y red hidrográfica, geomorfología e identificación de zonas aluviales y torrenciales, información histórica, usos del suelo, identificación de las infraestructuras hidráulicas existentes, influencia del cambio climático y la recopilación de los estudios existentes sobre riesgo y/o peligrosidad por inundaciones, completándose con un estudio hidráulico simplificado como estudio complementario.

Todo ello se ha concretado en la definición de información pública sobre las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI), así como en Mapas de Peligrosidad (Zonas inundables), recogiendo Inundaciones de Origen Marino⁷.

En las siguientes figuras se muestra la cartografía que incluye el ámbito de cada proyecto, mostrando la delimitación del área incluida en la zona inundable del Mapa de Peligrosidad referido.

⁷ Información pública sobre las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI); Inundaciones de Origen Marino:

http://www.chsegura.es/chs/cuenca/gestioninundacion/visor_marinojs.jsp?accesible=false

El Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables se crea mediante el *Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación*.



En primer lugar se muestra la zona de actuación, seguida de la zona inundable definida para los periodos de retorno de 100 y 500 años (resaltadas en color y).

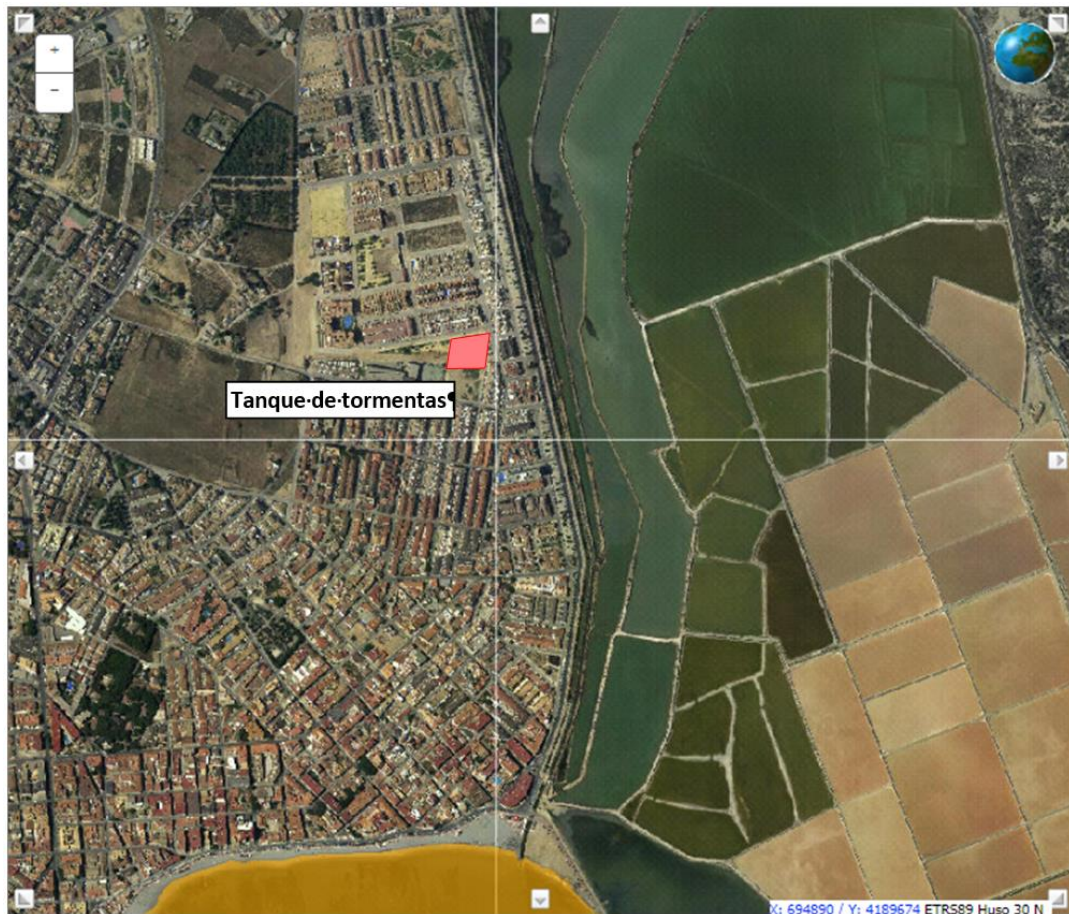


Figura 4: Colectores y tanque de tormenta en Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).



Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.





Figura 5: Colectores y tanque de tormenta en Los Cuarteros (T.M. San Pedro del Pinatar, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.



Figura 6: Colector de pluviales en el barrio de Los Pescadores (T.M. de San Javier, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.



*Figura 7: Colector de pluviales en el barrio de Los Pescadores (T.M. de San Javier, Murcia).
Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).*

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.

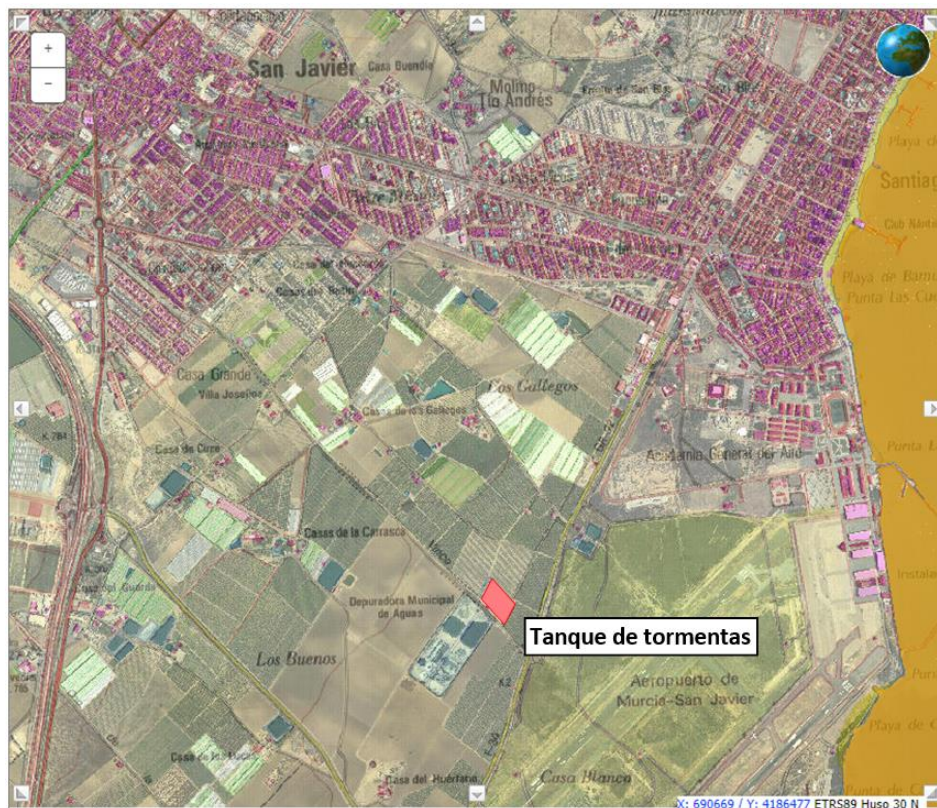
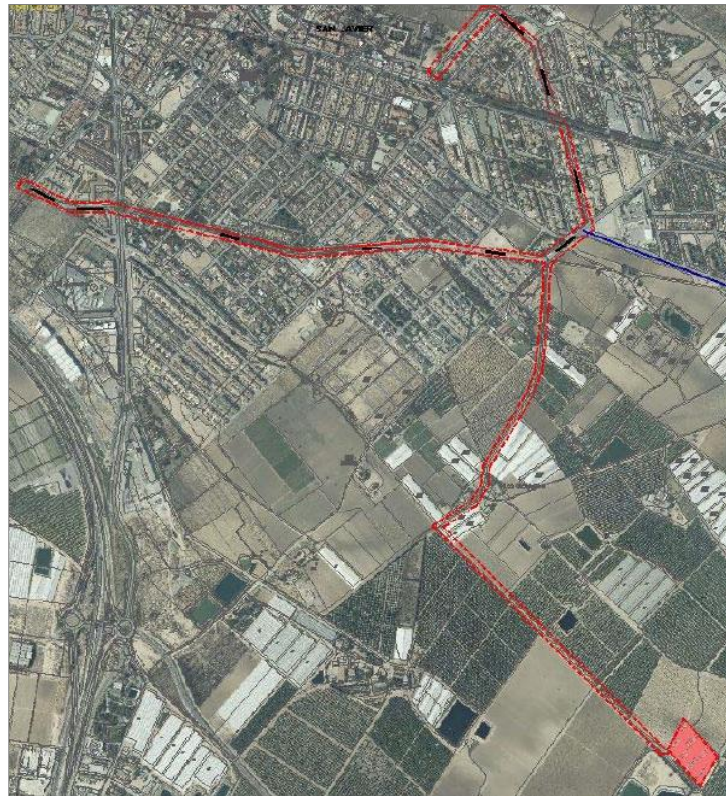


Figura 8: Colectores de pluviales sur y norte y embalse de laminación para reducción de vertidos al Mar Menor (T.M. de San Javier, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.

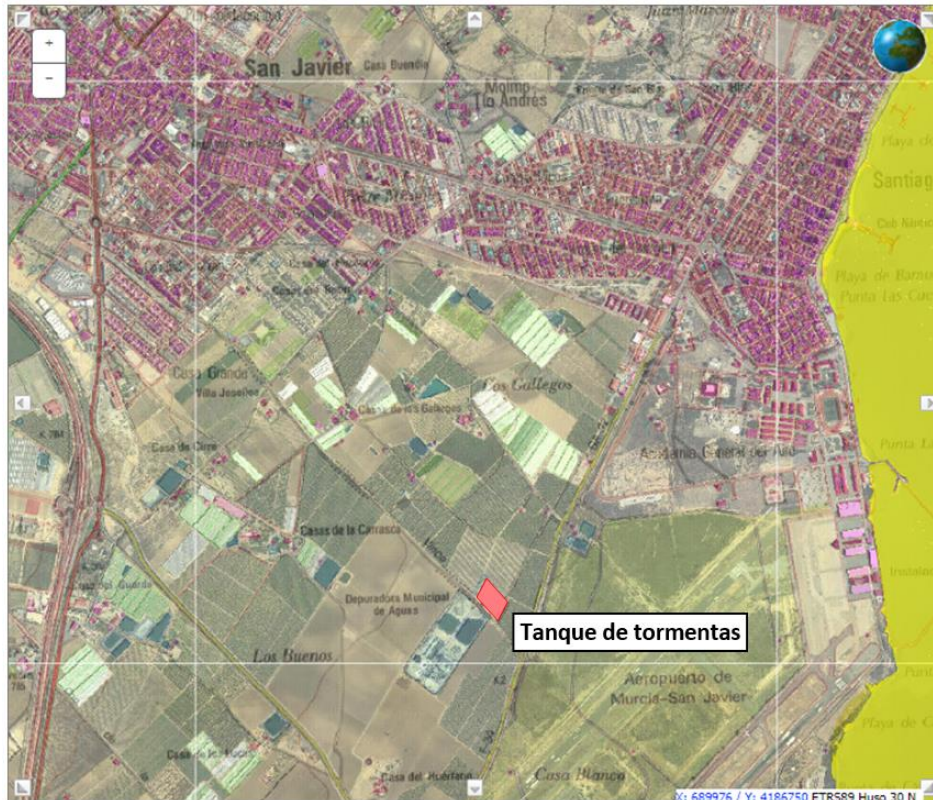


Figura 9: Colectores de pluviales sur y norte y embalse de laminación para reducción de vertidos al Mar Menor (T.M. de San Javier, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.

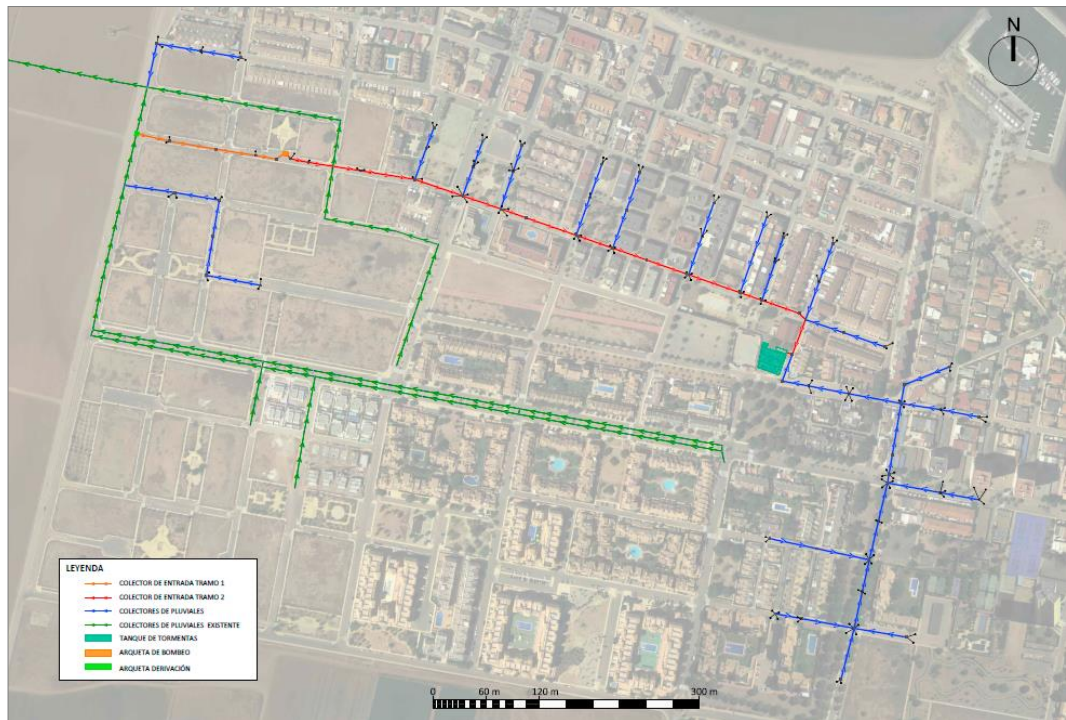


Figura 10: Colectores y tanque de tormentas en Islas Menores-Mar de Cristal (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.



Figura 11: Colectores y tanque de tormentas en Islas Menores-Mar de Cristal (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.

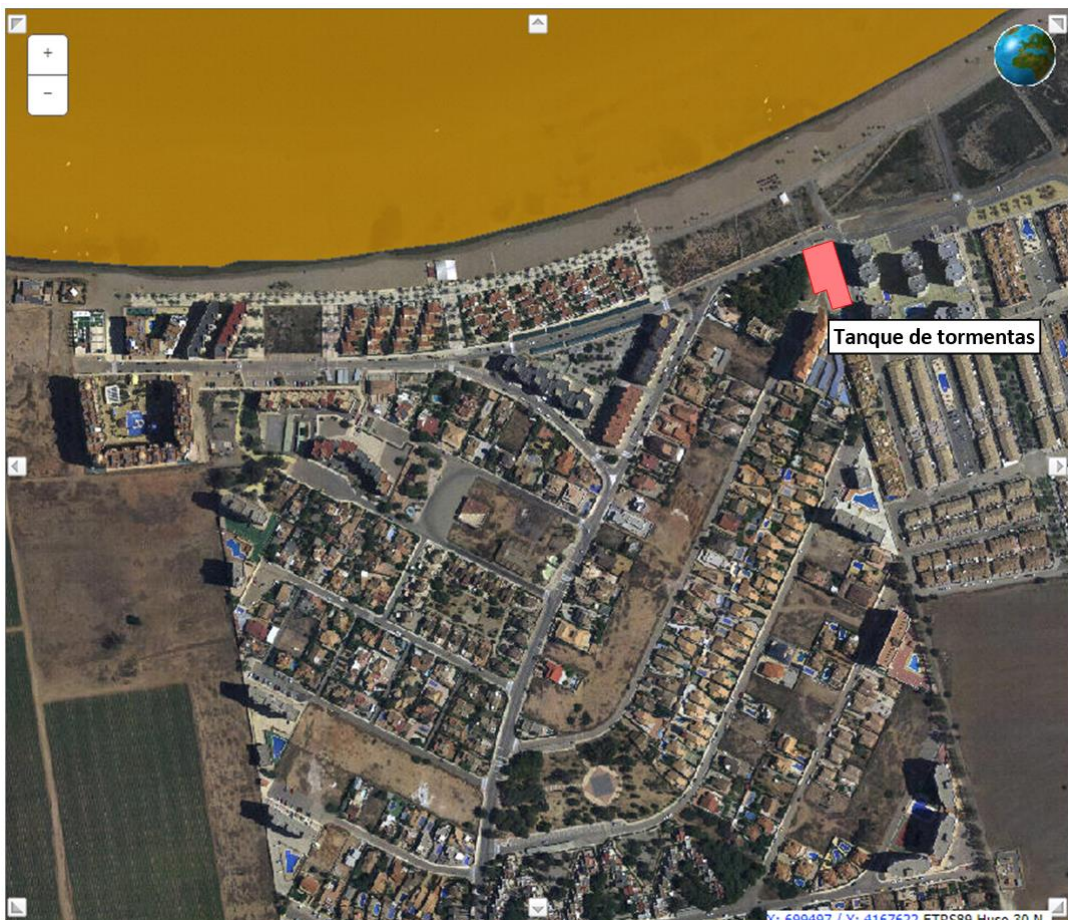


Figura 12: Colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.

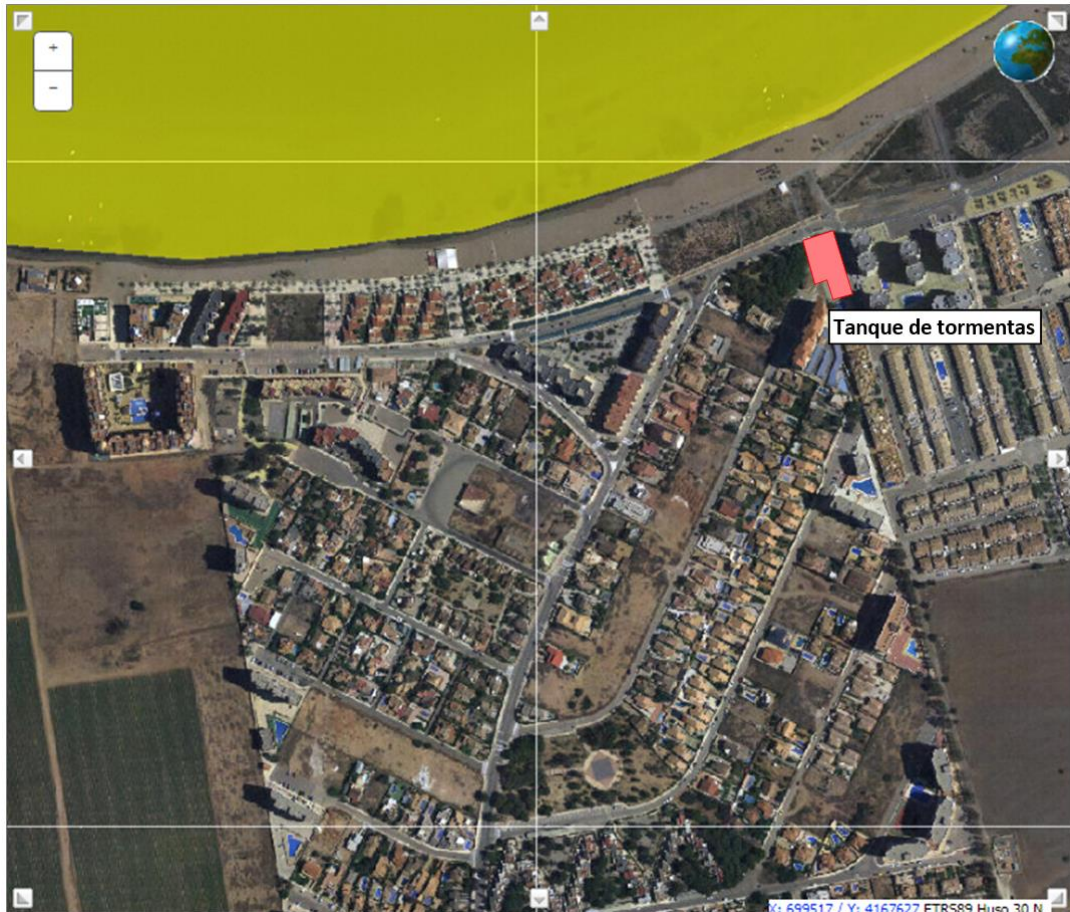


Figura 13: Colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.

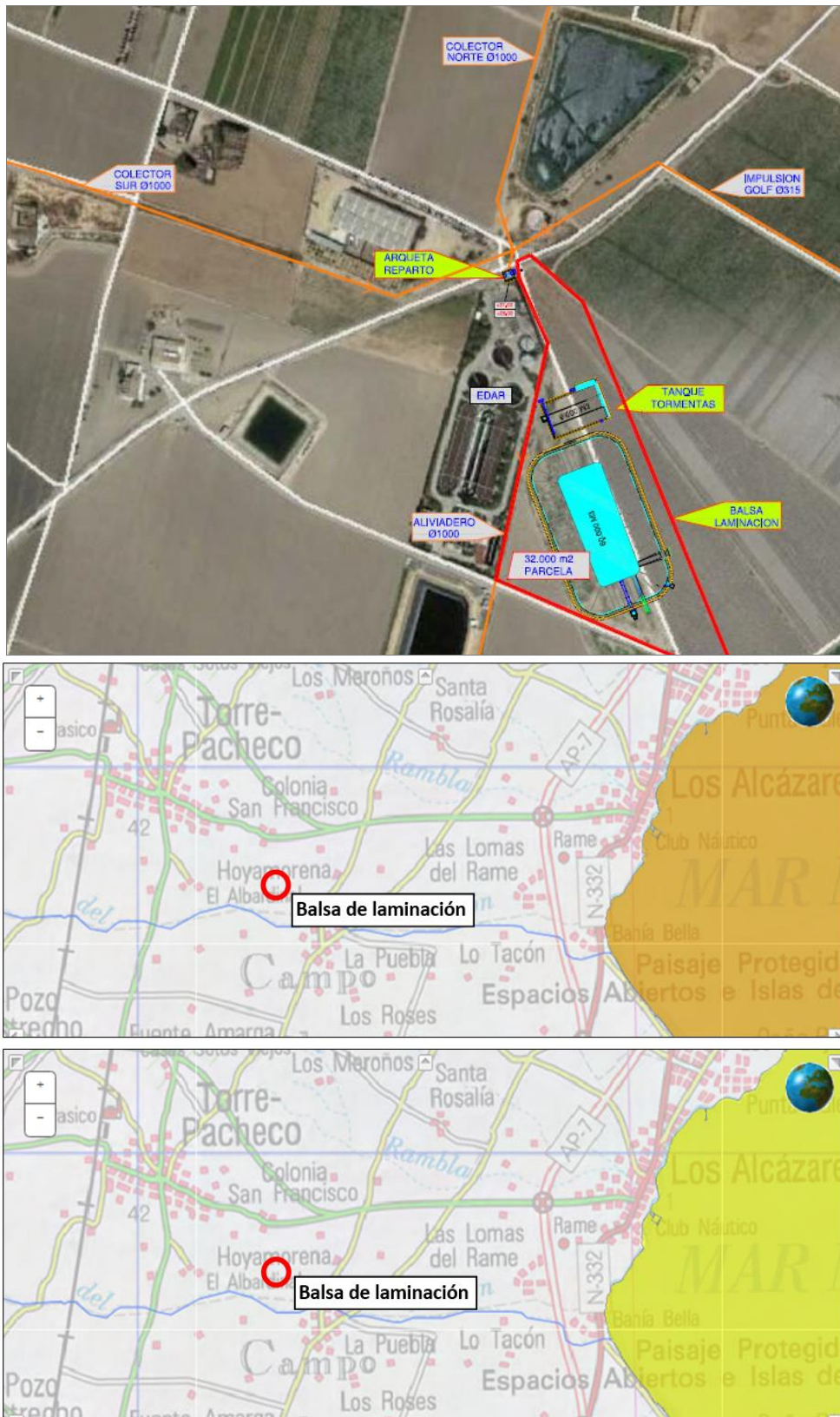


Figura 14: Proyecto del sistema de tratamiento de aguas de tormentas de la EDAR de Torre-Pacheco (T.M. Torre-Pacheco, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100 y T=500).



Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.

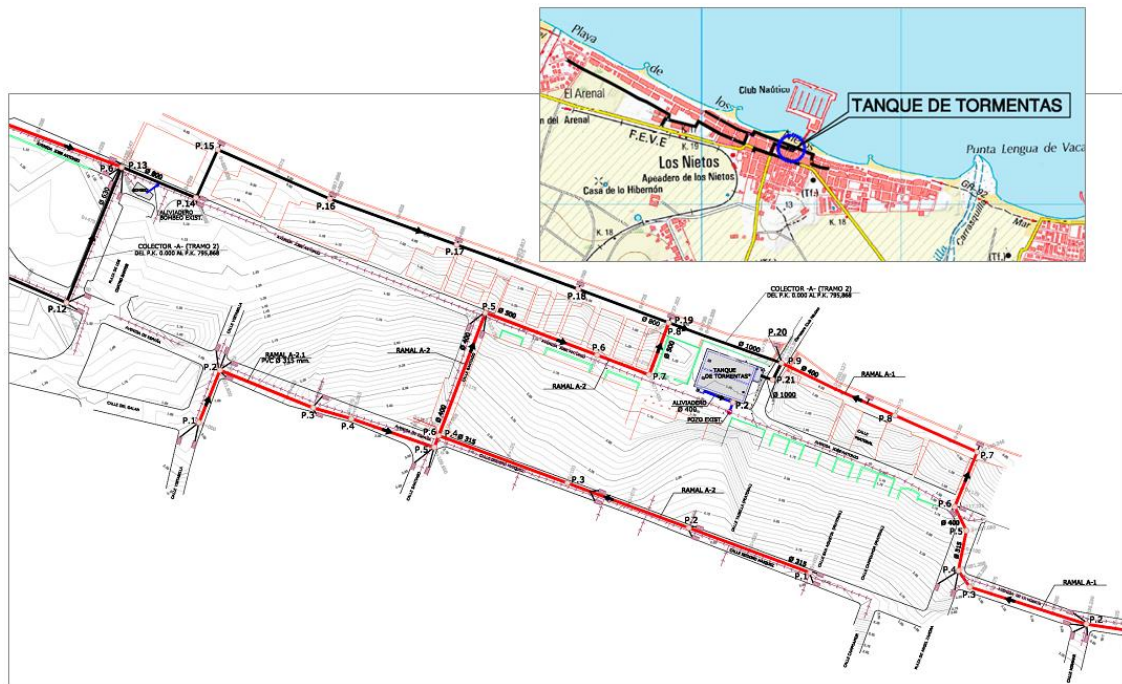


Figura 15: Colectores y tanque de tormentas en Los Nietos (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=100).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.



Figura 16: Colectores y tanque de tormentas en Los Nietos (T.M. Cartagena, Murcia). Proyecto en relación con la zona de inundación marina (T=500).

Fuente: Visor Áreas de riesgo potencial significativo de inundaciones de origen marino. Ministerio para la Transición Ecológica. 2018.



De las figuras anteriores puede concluirse que ninguno de los siete proyectos de protección del Mar Menor, objeto de análisis, incorpora elementos (colectores, tanques de inundación, balsas de laminación, elementos auxiliares) que se encuentren afectados por la zona inundable delimitada para un periodo de retorno de 100 y 500 años, en la cartografía actual de Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI), elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica.

El informe de la Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio Ambiente (OISMA) incluye un análisis sobre el nivel medio del Mar Menor en escenarios futuros asociados a la combinación de la marea astronómica, meteorológica y el incremento del nivel del mar por calentamiento global (cambio climático) para el conjunto de años horizontes 2, 5, 10, 20 y 50 años vista, en relación con el Proyecto básico de rehabilitación y musealización del Balneario Floridablanca San Pedro del Pinatar (Murcia), en el que se incluye un detallado estudio con el título «Cambio climático, nivel medio del mar y cota de inundación».

Respecto a este proyecto el informe de la OISMA llega a la siguiente conclusión: *«en el escenario más desfavorable en los próximos 50 años podremos encontrar el nivel de Mar Menor 113 centímetros por encima del nivel cero marítimo actual y en el caso extremal de 142 centímetros. Se desprende, por tanto, de este informe que la cota de diseño óptima para la plataforma de balneario de Floridablanca sea como mínimo de 120 cm sobre el nivel medio del mar actual y por tanto válida la cota del proyecto básico de 120 cm».*

Se aporta una imagen que muestra la zona inundable, por ejemplo, en relación con el proyecto de Playa Honda, si bien no se corresponde con la información oficial, habiéndose delimitado un área de inundación que supondría que el nivel del mar alcanzaría una cota en torno a 4,30 m (no se aclara el origen de la imagen corregida sobre la base mostrada en el visor oficial, cuyas imágenes son las que se adjunta en el presente documento).

Si se observa la figura recogida en el visor oficial (siguiente figura A), la zona inundable (T100) no incluye el ámbito definido para la construcción del tanque de tormentas. La imagen B de la siguiente figura muestra el nivel mostrado en el informe de la OISMA. La tercera figura (C), muestra el trazado de los colectores previstos en el proyecto (en el ejemplo tomado, Playa Honda), así como la localización del tanque de tormentas.

En las tres figuras se ha marcado con una flecha el nivel previsible definido por la OISMA. Atendiendo a los perfiles longitudinales del proyecto (mostrados a continuación) se comprueba que el punto indicado con la flecha (según el informe de la OISMA el nivel del mar esperado), corresponde a un valor de la cota del terreno de 4,38 m, un valor muy alejado de la estimación antes referida en el proyecto del balneario.

En relación con el nivel del mar esperado en los distintos escenarios relacionados con el cambio climático, además de la cartografía de riesgos de inundación marina recogida arriba, se incluyen los datos resultantes del proyecto «Cambio Climático en la Costa Española (C3E)»⁸, en el periodo 2009-2012, desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) para el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Oficina Española de Cambio Climático), en el marco de la Acción Estratégica de Energía y Cambio Climático, Plan Nacional.

La base metodológica del proyecto C3E ha sido la utilizada en la elaboración de la cartografía de riesgos de inundación marina, presentada arriba, incorporando en las estimaciones realizadas el componente del cambio climático, considerando entre los numerosos factores incluidos en los cálculos, el nivel del mar y el oleaje.

⁸ Los resultados del proyecto pueden obtenerse en el visor disponible en <http://www.c3e.ihcantabria.com/>.



Los valores de las dinámicas estimados al siglo XXI se han obtenido mediante dos aproximaciones distintas: la extrapolación histórica de la tendencia a corto/medio plazo (a los años 2020, 2030 y 2040) o las proyecciones para los escenarios de cambio climático A2, A1B y B1, para los períodos 2010/2039, 2040/2069 y 2070/2100, respectivamente.

Los valores resultantes en el punto situado frente al Cabo de Palos (Punto 161) o frente al brazo de tierra que cierra el Mar Menor (punto 162), se muestran en las siguientes tablas, que recogen valores de subida del nivel del mar de 4,818 cm, como valor medio.



Figura 17: Localización de puntos de datos del visor del Proyecto C3E en el ámbito.

Fuente: Proyecto Cambio Climático en la costa española: C3E. Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria). 2018.



Cambio Climático en la Costa Española



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Oficina Española de Cambio Climático



INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL
 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

		VALORES ANUALES													
		Histórico				Proyecciones									
		Actualidad	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100			
						B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	
Punto	161														
Longitud:	-0.68														
Latitud:	37.62														
VIENTO	PW(W/m2)	media	255,719	-7,896	-9,776	-11,655	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	23,298	-1,078	-1,335	-1,592	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLEAJE	Hs (m)	media	0,967	-0,019	-0,023	-0,028	0,001	-0,005	-0,005	-0,006	-0,007	-0,006	-0,007	-0,008	-0,011
		desviación	0,044	0,007	0,008	0,01	-0,002	-0,002	0	0,002	0,002	0,003	0	0	0,003
	Hs95% (m)	media	2,005	-0,02	-0,025	-0,03	0,006	-0,006	-0,004	-0,013	-0,013	-0,005	-0,014	-0,013	-0,015
		desviación	0,151	0,012	0,015	0,018	-0,008	-0,01	-0,004	0,005	0,006	0,009	0,002	0,001	0,006
	Hs12 (m)	media	3,977	-0,194	-0,24	-0,286	0,047	0,021	0,022	-0,003	-0,005	-0,003	-0,016	-0,006	-0,007
		desviación	0,8	0,02	0,024	0,029	-0,026	-0,028	-0,04	0,013	-0,013	-0,01	-0,005	-0,015	-0,013
	Tp (s)	media	5,248	-0,023	-0,028	-0,033	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,105	-0,033	-0,041	-0,049	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FE (kW/m)	media	2,49	-0,119	-0,147	-0,175	0,043	0,09	0,172	0,024	0,046	0,071	0,024	0,074	0,118
		desviación	0,406	0,036	0,045	0,053	-0,024	-0,026	-0,01	0,018	0,003	0,02	0,003	0,005	0,016
	Dir FE (°)	media	87,578	1,684	2,085	2,485	-2,026	-3,613	-5,513	-3,074	-3,851	-4,07	-3,062	-5,612	-7,543
		desviación	10,892	2,611	3,233	3,854	-0,605	-1,977	-2,485	0,062	-1,094	-1,535	-2,338	-3,493	-2,913
	Hs extremal (m)	Hs50	6,717	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		umbral	3,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,75	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv escala Pareto	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media Forma Pareto	-0,027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,065	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poisson Media		2,298	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Poisson Desv		0,194	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NIVEL DEL MAR	Referencia Alicante (cm)	1,692	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rango marea (cm)	38,069	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MSL (cm)	Media	2,234	1,329	3,044	4,818	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,491	0	0,004	0,018	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MM95% (cm)	Media	5,42	-1,903	-2,357	-2,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	2,911	-0,168	-0,208	-0,248	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MM extremal (m)	MM50	0,337	-0,016	-0,035	-0,055	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		umbral	0,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,046	-0,004	-0,008	-0,013	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv escala Pareto	0,013	0,003	0,006	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media Forma Pareto	-0,139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,086	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poisson Media		1,987	-0,254	-0,571	-0,888	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Poisson Desv		0,47	0,097	0,222	0,349	-	-	-	-	-	-	-	-	-	



Región de Murcia
Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería y Pesca
Dirección General del Agua



Cambio Climático en la Costa Española



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Oficina Española de Cambio Climático

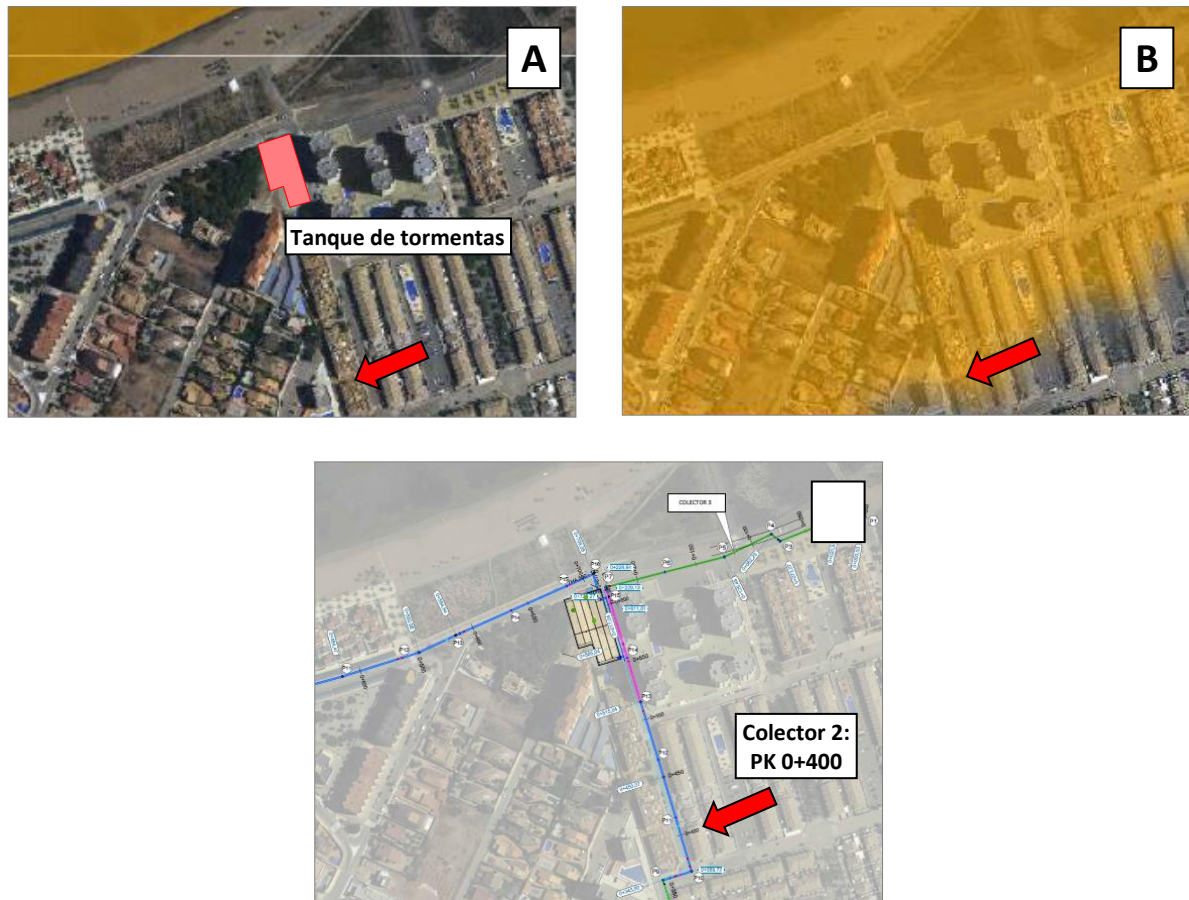


INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL
 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

		VALORES ANUALES													
		Histórico				Proyecciones									
		Actualidad	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100			
						B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	
Punto	162														
Longitud:	-0.67														
Latitud:	37.71														
VIENTO	PW(W/m2)	media	194,456	-6,43	-7,961	-9,492	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	18,18	4,019	4,976	5,933	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLEAJE	Hs (m)	media	0,868	-0,027	-0,034	-0,04	0,004	0,004	0,01	-0,001	0	0,003	-0,001	0,003	0,005
		desviación	0,05	0,01	0,013	0,015	-0,003	-0,004	-0,001	0,002	0,001	0,003	0	0	0
	Hs95% (m)	media	1,872	-0,022	-0,027	-0,032	0,014	0,019	0,04	0,005	0,011	0,019	0,005	0,022	0,033
		desviación	0,184	0,018	0,022	0,026	-0,013	-0,016	-0,011	0,008	0,001	0,005	-0,001	-0,005	-0,004
	Hs12 (m)	media	4,095	-0,239	-0,296	-0,353	0,05	0,017	0,016	-0,004	-0,011	-0,007	-0,019	-0,011	-0,013
		desviación	0,942	0,016	0,02	0,023	-0,025	-0,03	-0,044	0,015	-0,013	-0,01	-0,007	-0,015	-0,017
	Tp (s)	media	5,155	-0,043	-0,053	-0,064	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,121	-0,017	-0,021	-0,025	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FE (kW/m)	media	2,092	-0,134	-0,166	-0,197	0,045	0,07	0,134	0,027	0,041	0,063	0,025	0,072	0,109
		desviación	0,474	0,048	0,059	0,07	-0,033	-0,04	-0,027	0,017	-0,006	0,004	-0,011	-0,019	-0,012
	Dir FE (°)	media	68,545	-0,38	-0,471	-0,561	-0,283	0,174	0,341	-0,144	0,182	0,421	0,014	0,279	0,789
		desviación	3,561	0,613	0,759	0,906	0,327	-0,076	-0,149	-0,158	-0,159	-0,25	-0,3	-0,299	-0,399
	Hs extremal (m)	Hs50	7,284	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		umbral	3,455	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media escala Pareto		0,83	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desv escala Pareto		0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Media Forma Pareto		-0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desv Forma Pareto		0,072	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Poisson Media		2,245	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Poisson Desv		0,192	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NIVEL DEL MAR	Referencia Alicante (cm)	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rango marea (cm)	38,056	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MSL (cm)	Media	2,234	1,329	3,044	4,818	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,491	0	0,004	0,018	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MM95% (cm)	Media	5,42	-1,903	-2,357	-2,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	2,911	-0,168	-0,208	-0,248	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MM extremal (m)	MM50	0,337	-0,016	-0,035	-0,055	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		umbral	0,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,046	-0,004	-0,008	-0,013	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv escala Pareto	0,013	0,003	0,006	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media Forma Pareto		-0,139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desv Forma Pareto		0,086	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Poisson Media	1,987	-0,254	-0,571	-0,888	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Poisson Desv	0,47	0,097	0,222	0,349	-	-	-	-	-	-	-	-	-	



Región de Murcia
Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería y Pesca
Dirección General del Agua



*Figura 18: Zona inundable en proyecto Playa Honda.
Proyecto de colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia). INESTEC,
2017.*

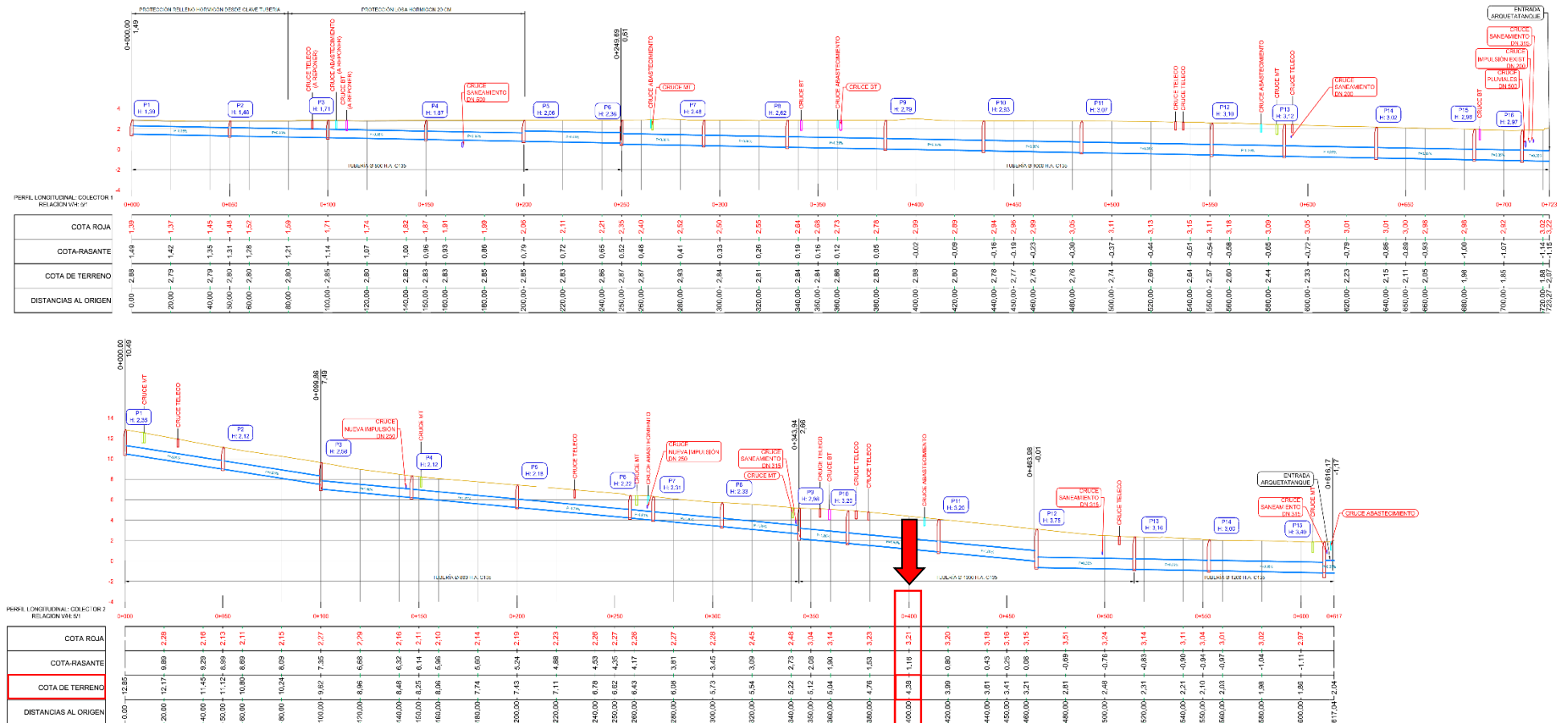


Figura 19: Perfil longitudinal de los colectores en el proyecto de Playa Honda.



Región de Murcia
Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería y Pesca
Dirección General del Agua

Proyecto de colectores y tanque de tormentas en Playa Honda (T.M. Cartagena, Murcia). INESTEC, 2017.

2.6 Análisis de los escenarios futuros de clima y diseño de proyectos «a prueba de clima»

A continuación, se esbozan los escenarios futuros de clima en el ámbito de los proyectos, a partir de los resultados del IPCC-AR5⁹. En primer lugar, hay que considerar que el clima global es la respuesta a las estructuras a gran escala en la superficie de la Tierra (distribución tierra-océano, topografía, etc.) y al calentamiento diferencial para diferentes latitudes y épocas del año. Así, los climas regionales representan el resultado de la interacción del clima a gran escala con los detalles a escala regional, con la limitación de que se puede simular razonablemente bien el clima global aunque no se acierte a captar en la simulación los detalles del clima a escala regional.

Con la regionalización estadística de las proyecciones climáticas se trata de establecer una serie de relaciones empíricas y/o estadísticas entre el predictando (variables locales de interés en la zona de estudio) y aquellas variables mejor simuladas (geopotencial, temperatura o parámetros derivados) por los modelos climáticos en baja resolución o predictores, con base en la idea que subyace en este tipo de técnica de regionalización de que el clima regional está condicionado por el estado climático a gran escala y las características fisiográficas regionales/locales, si bien, una de las limitaciones principales de la regionalización estadística radica en la formulación de la hipótesis de que las relaciones estadísticas establecidas entre los predictores y el predictando en el clima actual continuarán siendo válidas en las condiciones futuras del clima. Adicionalmente, los métodos de regionalización estadística tienden a subestimar la varianza y, con frecuencia, no representan bien los sucesos extremos.

Aunque la regionalización estadística puede aplicarse de diversas maneras, la información presentada se centra en las técnicas estadísticas utilizadas en AEMET: a) el método de regresión, basado en la construcción de un modelo de regresión lineal múltiple (RLM) entre las variables proporcionadas por el modelo climático y la variable climática de interés en la zona de estudio y b) el método de análogos basado en la búsqueda de campos sinópticos análogos, bajo la hipótesis de que los valores de las variables serán parecidos en situaciones sinópticas análogas.

Hay que considerar que los campos de temperatura son más suaves y su comportamiento estadístico es más próximo a la normalidad, por lo que es bastante factible la regionalización basada en modelos de regresión. Sin embargo, no ocurre así con la precipitación, cuyo comportamiento estadístico se aleja bastante de la normalidad, especialmente en el caso de las precipitaciones diarias, las estimas vendrán acompañadas de mayor incertidumbre, pues, no hay que olvidar que sobre la precipitación influyen muchos factores locales o mesoescalares. Sin embargo, cuando se trata de estimar valores de precipitación integrados, como volúmenes mensuales de precipitación en cuencas hidrográficas, al ser estas variables más próximas a la normalidad, la utilización de modelos de regresión dan resultados aceptables.

El método de regresión múltiple es de fácil aplicación, ya que no necesita grandes requerimientos de computación y, normalmente, está indicado para zonas heterogéneas o con orografía compleja. Ahora bien, exige la disposición de series suficientemente largas de datos climáticos homogéneos

⁹ «Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España (AEMET, 2017)». Generación de proyecciones regionalizadas de cambio climático para España realizadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), mediante la utilización tanto de métodos estadísticos como dinámicos. Las proyecciones se han obtenido a partir de los modelos globales participantes en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, de sus siglas en inglés) y del proyecto CORDEX (acrónimo inglés de COordinated Regional Downscaling EXperiment).



y, como sucede en el resto de los métodos estadísticos, la obtención de proyecciones climáticas implica la aceptación de la hipótesis de que el modelo tenga validez bajo las condiciones futuras de cambio climático.

El método de análogos es un método estadístico sencillo que se basa en la búsqueda, en un registro histórico, de aquellas situaciones sinópticas (centros de acción y superficies frontales en un momento determinado) similares o análogas a la del denominado día problema, es decir, día de la simulación a gran escala que quiere regionalizarse. De esta forma, el método incluye: a) obtención de una clasificación sinóptica de situaciones atmosféricas; b) selección de predictores para cada variable, clase y punto de observación; y c) obtención de las proyecciones.

Finalmente, la regionalización dinámica ha experimentado un gran avance con el programa CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment), coordinado por el Grupo de Trabajo sobre Clima Regional (GTCR) del Programa Mundial de Investigación del Clima (World Climate Research Programme, WCRP), para desarrollar un marco mejorado dirigido a generar proyecciones climáticas a las escalas requeridas por los estudios regionales de evaluación de impactos y adaptación de cualquier región terrestre del planeta. Una parte esencial de CORDEX es la evaluación de múltiples modelos regionales en un período de referencia de 20 años (1989-2007) analizando las fortalezas y debilidades de estos modelos y para su uso en la producción de proyecciones futuras del cambio climático regional en los que el forzamiento es proporcionado por múltiples modelos climáticos y distintos escenarios de emisiones utilizados. Se basa en modelos globales y escenarios del último informe AR5 del IPCC (modelo CMIP5).

En el Quinto Informe IPCC se han definido 4 nuevos escenarios de emisión, las denominadas Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5W/m². Las cuatro trayectorias RCP comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6), 2 escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0), correspondientes con un valor de concentración y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, GEI (RCP8.5). Los nuevos RCP pueden contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XX frente a los escenarios de emisión utilizados en el IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4), que no contemplaban los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendentes a mitigar las emisiones.

Figura 20: Características de los escenarios RCP

Escenario	Forzamiento Radiativo (Wm ⁻²)	CO ₂ eq atmosférico (ppm)	¿Cuándo?
RCP8.5	8.5	> 1370	~2100, en aumento
RCP6.0	6.0	850	Estabilización después de 2100
RCP4.5	4.5	650	Estabilización después de 2100
RCP2.6	2.6	490	Pico antes de 2100 y después declina

Fuente: Quinto informe de evaluación del IPCC (2013).

Atendiendo al análisis regional de interés para el ámbito en que se enmarcan los proyectos, la Región de Murcia, los resultados obtenidos con los tres modelos de cálculo (regresión, análogos, Cordex), permiten obtener resultados coherentes en relación con los principales parámetros estudiados. Así, en las siguientes gráficas (regionalización estadística por regresión), a modo de



resumen, se presentan los resultados obtenidos de evolución (hasta el año 2011), respecto a valores anuales relativos a: i) cambios esperados en la temperatura máxima; ii) cambios en la duración de las olas de calor; iii) cambios en la precipitación media; iv) cambios en las precipitaciones intensas; v) cambios en la duración del periodo seco (días); y vi) cambios en el número de días de lluvia.

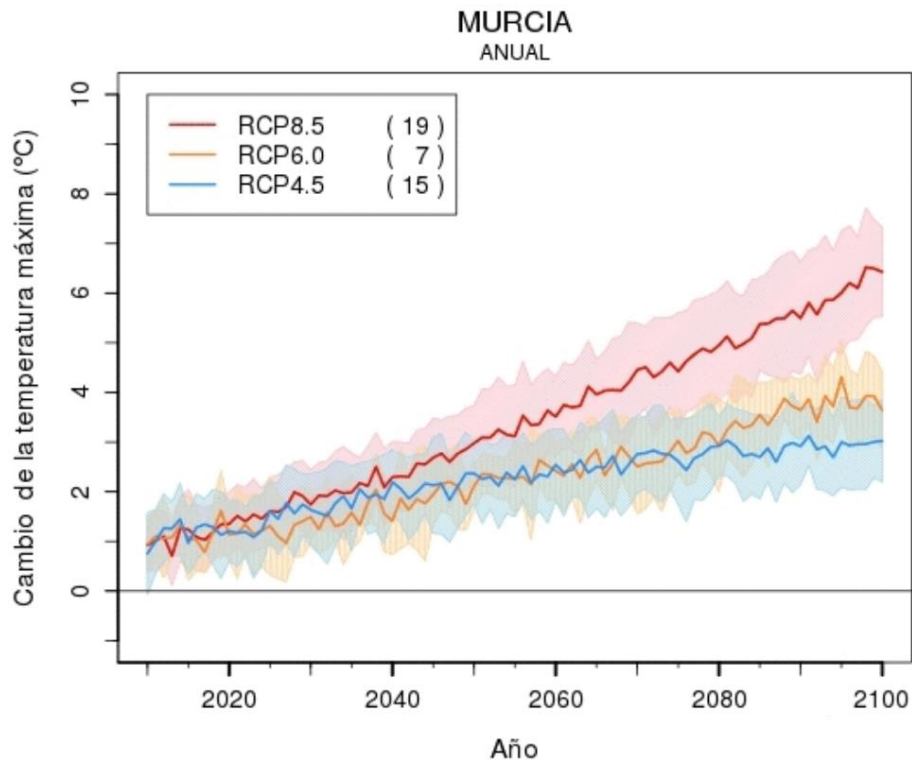


Figura 21: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la temperatura máxima.
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). 2018.

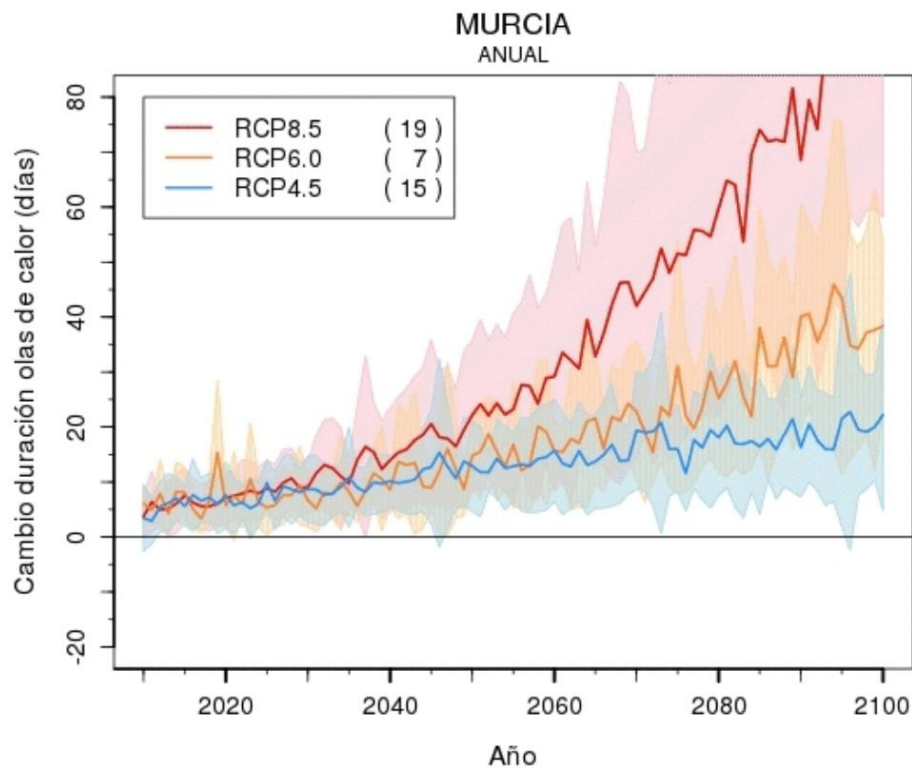


Figura 22: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la duración de las olas de calor.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). 2018.

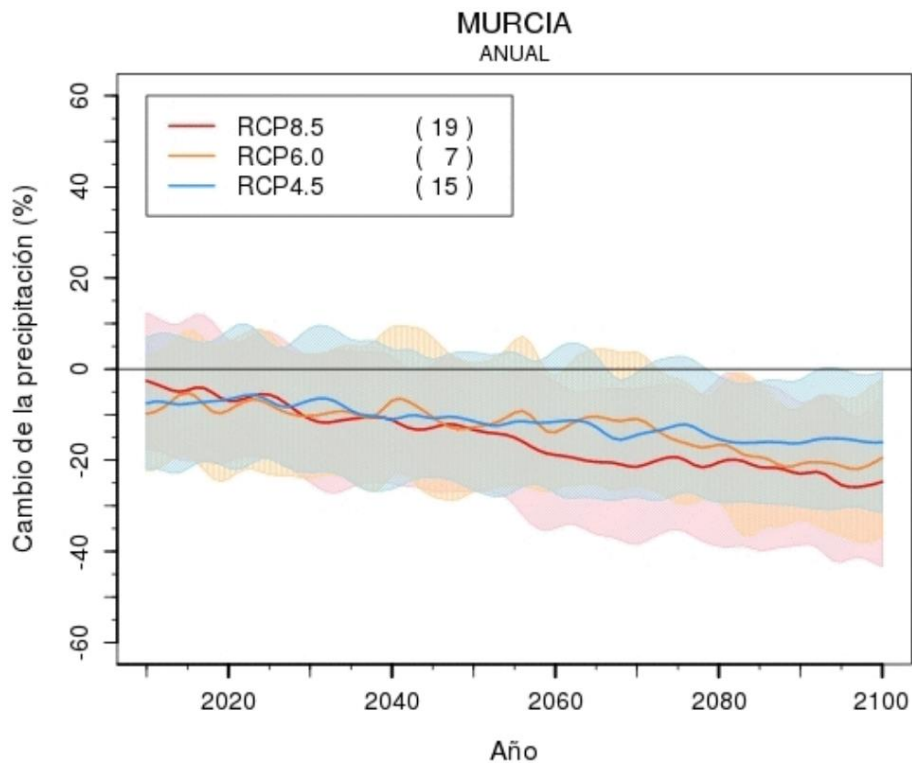


Figura 23: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la precipitación.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). 2018.

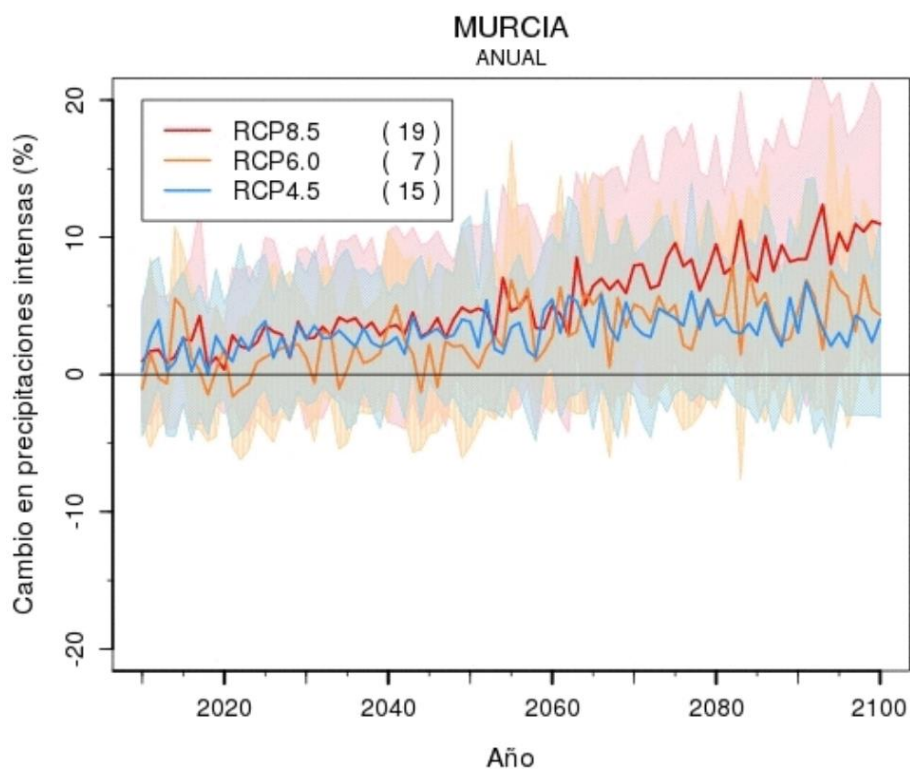




Figura 24: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la precipitación.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). 2018.

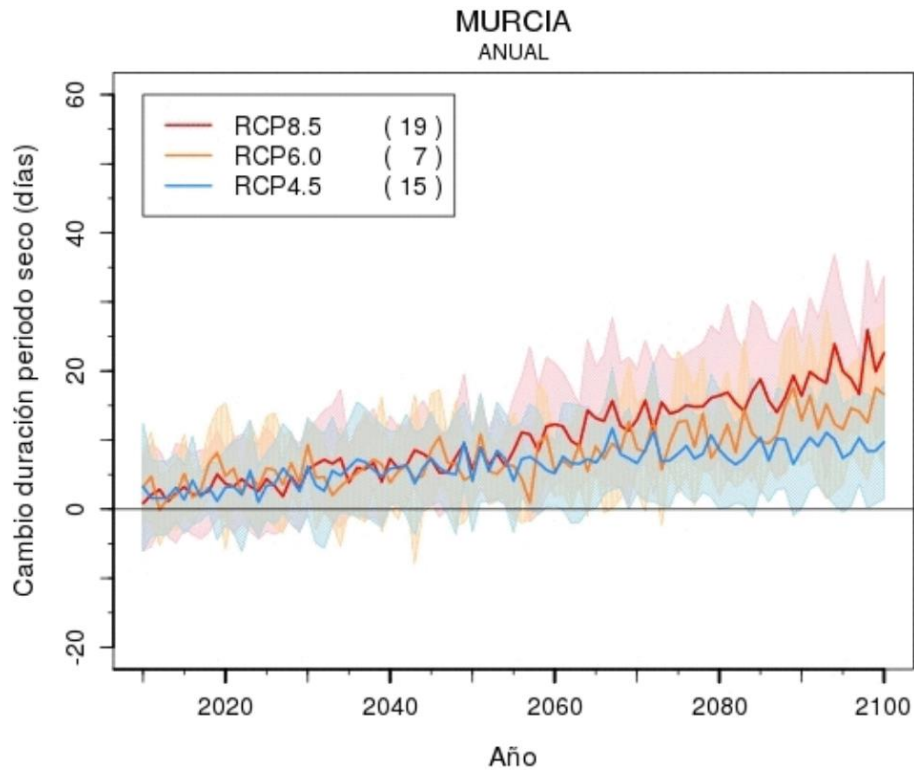


Figura 25: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio de la duración del periodo seco.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). 2018.

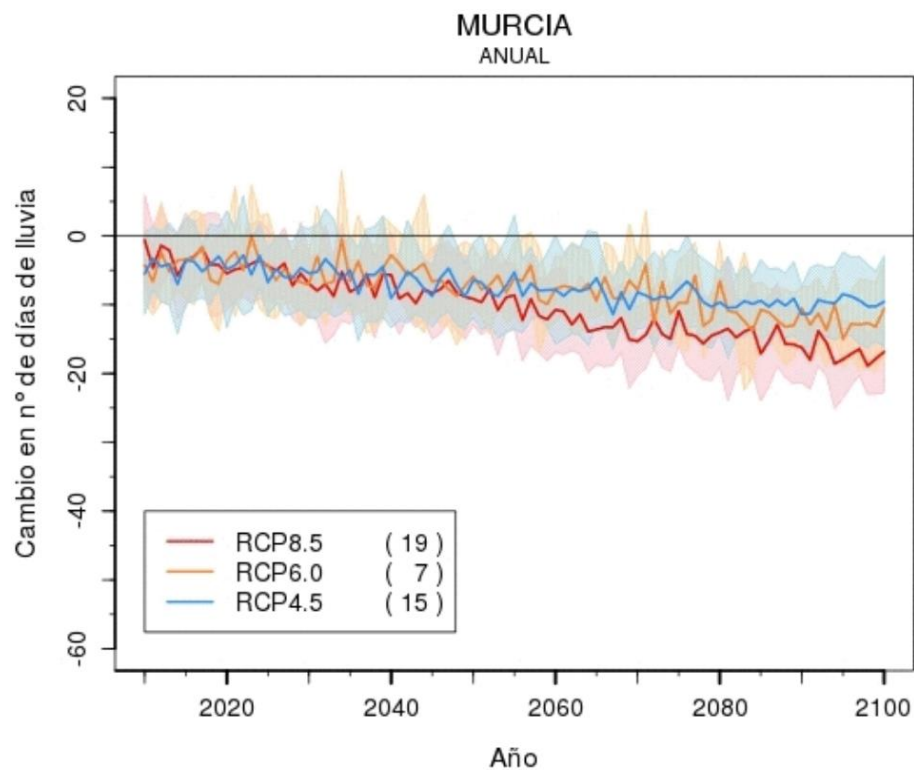




Figura 26: Proyección climática (Región de Murcia): Cambio en el número de días de lluvia.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). 2018.



3. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia, a través de la Dirección General del Agua, ha iniciado el 2018 los «Proyectos relativos a colectores de pluviales y tanques de tormentas para evitar vertido al Mar Menor», basados en sistemas separativos para la recogida de aguas pluviales, para dar cumplimiento a los requerimientos de la *Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor*.

Además, los proyectos permiten dar cumplimiento a la normativa de protección ambiental del espacio protegido del Mar Menor, así como a la población residente, respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad ambiental exigibles, según el análisis y evaluación ambiental que se ha realizado para cada uno de los proyectos.

Se ha descartado en cada uno de los proyectos, la alternativa cero o de no actuación, por no dar respuesta adecuada a la necesaria reducción de vertidos contaminantes al Mar Menor, para garantizar el mantenimiento de sus valores ambientales.

Los tanques de tormentas proyectados forman parte de las técnicas de drenaje urbano sostenible, en sistemas de alcantarillado separativos. Permiten regular los caudales circulantes por la red durante los episodios de lluvias, para, posteriormente, evacuarlos de forma controlada. Su diseño permite cumplir los objetivos de reducir la contaminación movilizada hacia el medio receptor, posibilitando la laminación de los caudales excedentarios más contaminados.

Mediante metodologías de cálculo aceptadas (utilizando factores de emisión; HueCO₂), se ha realizado una estimación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI, calculados como toneladas de CO₂ equivalente emitidos a la atmósfera) y se realizan propuestas específicas para su compensación, en coherencia y alineados con los objetivos de reducción y compensación propuestos por la Unión Europea en sus acciones de lucha contra el cambio climático.

Las propuestas de instalación de energías renovables en 1.010 kW, que (recogidas en el II Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia, promovido por la Dirección General del Agua) y la alta tasa de depuración (99,4 %) y reutilización (96,97 %) en la Región de Murcia, hacen posible la compensación completa de los GEI emitidos por las obras proyectadas y la ocupación de terrenos sin urbanizar.

El análisis realizado sobre el diseño y localización de los tanques de tormenta, colectores y balsa de laminación proyectados, en relación con la peligrosidad y los riesgos de inundación marina vinculada al cambio climático (según la cartografía oficial del Ministerio para la Transición Ecológica y el proyecto C3E de IHCantabria, relativo a la afección del cambio climático en la costa española), permite concluir que para los periodos de retorno de 100 y 500 años (por encima de la vida útil de los proyectos analizados), los ámbitos de los proyectos no quedan dentro de los espacios afectados por el nivel de inundación, pudiendo determinarse que los proyectos han sido calculados «a prueba de clima».