



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Estudio de las medidas de adaptación al cambio climático  
de los Puertos de Interés General de la Comunidad  
Valenciana

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

AUTOR/A: Folch Ruiz, Alejandro

Tutor/a: Gómez Martín, María Esther

Cotutor/a: Molines Llodrá, Jorge

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# MEMORIA

## Estudio de las medidas de adaptación al cambio climático de los Puertos de Interés General de la Comunidad Valenciana

*Autor:* Alejandro Folch Ruiz  
*Tutora:* M. Esther Gómez Martín  
*Cotutor:* Jorge Molines Llodrá

Valencia, septiembre de 2022



## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	4
1.1.	SITUACIÓN DE LOS PUERTOS DE INTERÉS GENERAL.....	4
1.2.	MARCO DE ESTUDIO .....	4
1.3.	CAMBIO CLIMÁTICO.....	5
1.4.	OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS).....	6
1.4.1.	ANTECEDENTES .....	6
1.4.2.	CREACIÓN.....	7
1.4.3.	ODS 13: ACCIÓN POR EL CLIMA.....	7
1.5.	MARCO REGULATORIO .....	8
1.5.1.	ACUERDO DE PARÍS.....	8
1.5.2.	INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC).....	8
1.5.3.	PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .....	10
1.6.	METODOLOGÍA EMPLEADA .....	12
1.6.1.	ETAPA 1: CONTEXTO Y OBJETIVOS .....	13
1.6.2.	ETAPA 2: INFORMACIÓN CLIMÁTICA .....	13
1.6.3.	ETAPA 3: VULNERABILIDADES Y RIESGOS.....	13
1.6.4.	ETAPA 4: MEDIDAS DE ADAPTACIÓN .....	14
2.	CONTEXTO Y OBJETIVOS .....	14
2.1.	INTRODUCCIÓN .....	14
2.2.	OBJETIVO GENERAL .....	16
2.3.	HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN.....	16
2.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS PUERTOS .....	16
2.4.1.	ACTIVOS Y OPERACIONES CRÍTICAS.....	16
2.4.2.	PUERTO DE CASTELLÓN .....	16
2.4.3.	PUERTO DE SAGUNTO.....	20
2.4.4.	PUERTO DE VALENCIA.....	24
2.4.5.	PUERTO DE GANDÍA.....	27
2.4.6.	PUERTO DE ALICANTE.....	30
3.	CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA .....	32
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	32
3.2.	VARIABLES CLIMÁTICAS MÁS RELEVANTES .....	33
3.2.1.	TEMPERATURA ATMOSFÉRICA.....	33
3.2.2.	PRECIPITACIÓN .....	33
3.2.3.	VIENTO.....	34
3.2.4.	NIVEL DEL MAR.....	34

3.2.5.	OLEAJE .....	34
3.2.6.	TORMENTAS .....	35
3.3.	CONDICIONES CLIMÁTICAS DE BASE .....	35
3.3.1.	TEMPERATURA ATMOSFÉRICA.....	35
3.3.2.	PRECIPITACIÓN .....	36
3.3.3.	VIENTO.....	36
3.3.4.	NIVEL DEL MAR.....	36
3.3.5.	OLEAJE .....	37
3.3.6.	TORMENTAS .....	37
3.4.	CONDICIONES CLIMÁTICAS FUTURAS .....	38
3.4.1.	ESCENARIOS DE EMISIONES .....	38
3.4.2.	HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN.....	41
3.4.3.	TEMPERATURA ATMOSFÉRICA.....	42
3.4.4.	PRECIPITACIÓN .....	42
3.4.5.	VIENTO.....	43
3.4.6.	NIVEL DEL MAR.....	43
3.4.7.	OLEAJE .....	44
3.4.8.	TORMENTAS .....	44
4.	EVALUACIÓN DE RIESGOS .....	44
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	45
4.2.	DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD (P) .....	45
4.3.	DETERMINACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS (C) .....	46
4.4.	EVALUACIÓN DEL RIESGO .....	47
4.4.1.	RIESGOS ASOCIADOS A LA TEMPERATURA .....	48
4.4.2.	RIESGOS ASOCIADOS AL RESTO DE VARIABLES.....	49
4.5.	RIESGOS INDIRECTOS.....	53
4.5.1.	RECURSOS HÍDRICOS .....	53
4.5.2.	ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS.....	53
4.5.3.	INCENDIOS .....	53
4.5.4.	SALUD HUMANA.....	53
4.5.5.	SECTOR AGRARIO.....	53
4.5.6.	TURISMO .....	54
4.5.7.	RECURSOS COSTEROS.....	54
4.5.8.	ENERGÍA.....	54
4.5.9.	SOCIEDAD .....	54
4.5.10.	PATRIMONIO CULTURAL .....	55
5.	ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN.....	55

5.1.	INTRODUCCIÓN .....	55
5.1.1.	DESARROLLO RESILIENTE AL CLIMA ( <i>Climate Resilient Development</i> ) .....	55
5.1.2.	TIPOS DE MEDIDAS .....	56
5.2.	EL ROL DE LA INCERTIDUMBRE.....	56
5.2.1.	EVITAR LA “MALA ADAPTACIÓN” .....	57
5.2.2.	MEDIDAS A CORTO Y LARGO PLAZO .....	57
5.2.3.	INCLUIR LA INCERTIDUMBRE EN EL DISEÑO .....	57
5.2.4.	INCORPORAR LA FLEXIBILIDAD AL DISEÑO .....	57
5.2.5.	INCORPORAR LA REDUNDANCIA.....	58
5.2.6.	CONSIDERAR LAS CONSECUENCIAS DEL FALLO.....	58
5.3.	MEDIDAS APLICABLES .....	58
5.3.1.	GENERALES .....	59
5.3.2.	PUERTO DE VALENCIA.....	61
5.3.3.	PUERTO DE CASTELLÓN .....	61
5.3.4.	PUERTO DE ALICANTE .....	62
5.4.	VALORACIÓN ECONÓMICA.....	63
6.	CONCLUSIONES.....	65
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	65

## 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se pretende realizar una introducción del estudio, exponiendo los motivos que motivan su realización, describiendo el alcance y el marco de actuación.

En este sentido, se hablará del origen del cambio climático, su afectación en los puertos, los principales organismos y las leyes que tratan de combatir el cambio climático, la importancia de los Puertos de Interés General y la metodología empleada en el desarrollo del trabajo.

### 1.1. SITUACIÓN DE LOS PUERTOS DE INTERÉS GENERAL

Los Puertos de Interés General forman parte del sistema portuario estatal, generando un 20% del PIB del sector transporte, que representa un 1,1% del PIB español. La estabilidad de sus obras de abrigo y atraque es fundamental para mantener la operativa portuaria y que se puedan realizar con seguridad las operaciones de carga y descarga, entre otras.

Las acciones del oleaje, niveles de mar y viento condicionan tanto la estabilidad de los diques de abrigo como las operaciones portuarias en la actualidad. Además, en el futuro las acciones climáticas cambiarán y por tanto la adaptación de los puertos es fundamental para garantizar la continuidad de la cadena logística.

En ese sentido, según la Organización Europea de Puertos Marítimos (ESPO), el cambio climático es la segunda prioridad medioambiental de los puertos europeos, solo por detrás de la calidad del aire y seguida por la eficiencia energética (Dr Martí Puig et al., 2021).



Figura 1. Principales prioridades medioambientales de los puertos europeos. Fuente: (Dr Martí Puig et al., 2021).

La reducción de los impactos debidos al cambio climático se puede llevar a cabo mediante medidas de mitigación de emisiones y/o mediante medidas de adaptación de infraestructuras.

### 1.2. MARCO DE ESTUDIO

Dada la importancia de los puertos para la economía nacional, en este estudio se analizarán los Puertos de Interés General de una comunidad autónoma con puertos de gran importancia: la Comunidad Valenciana.

La Comunidad Valenciana cuenta con **cinco Puertos de Interés General**, de norte a sur: **Castellón, Sagunto, Valencia, Gandía y Alicante**. El puerto de mayor importancia es Valencia, seguido de Castellón.

La Autoridad Portuaria de Valencia gestiona los recintos portuarios de Sagunto, Valencia y Gandía; la Autoridad Portuaria de Castellón gestiona el Puerto de Castellón y, finalmente, la Autoridad Portuaria de Alicante gestiona el Puerto de Alicante.

Posteriormente se muestra una imagen con la ubicación de cada uno de estos cinco puertos en el territorio de la Comunidad Valenciana.



Figura 2. Ubicación de los Puertos de Interés General de la Comunidad Valenciana. Fuente: elaboración propia.

### 1.3. CAMBIO CLIMÁTICO

Un cambio climático se define como la **variación** en el estado del **sistema climático terrestre**, formado por la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, la litosfera y la biosfera, que perdura durante periodos de tiempo suficientemente largos (décadas) hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Puede afectar tanto a los valores medios meteorológicos como a su variabilidad y extremos.

Los cambios climáticos han existido desde el inicio de la historia de la Tierra, han sido graduales o abruptos y se han debido a causas diversas, como las relacionadas con los cambios en los parámetros orbitales, variaciones de la radiación solar, la deriva continental, periodos de vulcanismo intenso, procesos bióticos o impactos de meteoritos. El cambio climático actual es antropogénico y se relaciona principalmente con la intensificación del efecto invernadero debido a las emisiones industriales procedentes de la quema de combustibles fósiles (Wikipedia, 2021).

Por otra parte, la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*, en su artículo 1, define el cambio climático como un “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (IPCC, 2014).

A continuación, se muestran unos datos recientes de carácter global:

- El año 2019 fue el segundo año más caluroso de la historia y marcó el final de la década más calurosa (2010-2019) que se haya registrado jamás.
- Los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de otros gases de efecto invernadero en la atmósfera aumentaron hasta niveles récord en 2019.
- El cambio climático está afectando a todos los países de todos los continentes. Está alterando las economías nacionales y afectando a distintas vidas. Los sistemas



meteorológicos están cambiando, los niveles del mar están subiendo y los fenómenos meteorológicos son cada vez más extremos.

- A pesar de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2020 debido a las restricciones de movimiento y las recesiones económicas derivadas de la pandemia de la COVID-19, esta mejora solo es temporal. El cambio climático no va a pausarse y cuando la economía mundial comience a recuperarse de la pandemia, se espera que las emisiones vuelvan a niveles mayores.

## 1.4. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

### 1.4.1. ANTECEDENTES

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) comenzaron a desarrollarse en la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible*, celebrada en Río de Janeiro en el año 2012. La finalidad era crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con que se enfrenta el mundo.

Los ODS sustituyen a los **Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)**, con los que se emprendió en el año 2000 una iniciativa mundial para abordar la indignidad de la pobreza. Los ODM eran objetivos medibles acordados universalmente para hacer frente a la pobreza extrema y el hambre, prevenir las enfermedades mortales y extender la enseñanza primaria a todos los niños, entre otras prioridades del desarrollo.



Figura 3. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Fuente: (Naciones Unidas, s. f.-a).

Durante 15 años los ODM impulsaron el progreso en varios ámbitos importantes: reducir la pobreza económica, suministrar el acceso al agua y saneamiento, disminuir la mortalidad infantil y mejorar la salud materna. Además, iniciaron un movimiento mundial destinado a la educación primaria universal, inspirando a los países a invertir en sus generaciones futuras. Los ODM lograron enormes avances en la lucha contra el VIH/SIDA y otras enfermedades tratables, como la malaria y la tuberculosis.

El legado y los logros de los ODM han ofrecido lecciones y experiencias valiosas para comenzar a trabajar en busca de nuevos objetivos, aunque la labor está lejos de concluir. Es necesario seguir esforzándose para poner fin al hambre, lograr la plena igualdad de género, mejorar los servicios de salud y hacer que todos los niños sigan cursando estudios después de la enseñanza primaria.

### 1.4.2. CREACIÓN

En 2015, la ONU aprobó la **Agenda 2030** sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. Los ODS se adoptaron por todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas en el marco de la Agenda 2030 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030. Esta serie de objetivos constituye el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos.



Figura 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: (Naciones Unidas, s. f.-b).

Los 17 ODS están interrelacionados, lo que significa que el éxito de uno afecta el de otros. Responder a la amenaza del cambio climático que repercute en la forma en que se gestionan los frágiles recursos naturales. Lograr la igualdad de género o mejorar la salud ayuda a erradicar la pobreza; y fomentar la paz y sociedades inclusivas reducirá las desigualdades y contribuirá a que prosperen las economías.

Siguiendo la premisa de no dejar a nadie atrás, los países se han comprometido a acelerar el progreso para aquellos más atrasados. Así pues, todo el mundo es necesario para alcanzar estos objetivos ambiciosos. Se necesita la creatividad, el conocimiento, la tecnología y los recursos financieros de toda la sociedad para conseguir los ODS en cada contexto.

### 1.4.3. ODS 13: ACCIÓN POR EL CLIMA

El objetivo es **adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos**. Como se ha presentado anteriormente, el cambio climático actual es consecuencia de la actividad humana y está amenazando nuestra forma de vida y el futuro del planeta.

Los fenómenos meteorológicos extremos y el aumento del nivel del mar están afectando a las personas y al desarrollo de la economía en todos los países. Si no se controla, el cambio climático anulará muchos de los avances logrados en los últimos años en materia de desarrollo.

Es necesario adoptar ahora medidas que generarán más puestos de trabajo, una mayor prosperidad y una vida mejor, al tiempo que reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero y reforzarán la resiliencia al clima.

Las **metas** relativas al objetivo 13 son las siguientes:

- 1) Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.
- 2) Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.
- 3) Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

Este trabajo se centra especialmente en la segunda meta del ODS 13, referente a incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales (NACIONES UNIDAS s.f.).

## 1.5. MARCO REGULATORIO

### 1.5.1. ACUERDO DE PARÍS

El Acuerdo de París es un tratado internacional sobre el cambio climático jurídicamente vinculante. Fue adoptado por 196 Partes en la COP21 en París, el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

Su objetivo es limitar el calentamiento mundial a muy por debajo de 2, preferiblemente a 1,5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales.

Para alcanzar este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen alcanzar el máximo de las emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible para lograr un planeta con clima neutro para mediados de siglo.

El Acuerdo de París es un hito en el proceso multilateral del cambio climático porque, por primera vez, un acuerdo vinculante hace que todos los países se unan en una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos (CMNUCC, s. f.).

#### 1.5.1.1. Funcionamiento

La aplicación del Acuerdo de París requiere una transformación económica y social, basada en la mejor ciencia disponible. El Acuerdo de París funciona en un ciclo de cinco años de medidas climáticas cada vez más ambiciosas llevadas a cabo por los países. En 2020, los países presentaron sus planes de acción climática conocidos como contribuciones determinadas a nivel nacional (*Nationally Determined Contribution, NDC*).

En sus contribuciones determinadas a nivel nacional, los países comunican las medidas que tomarán para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero con el fin de alcanzar los objetivos del Acuerdo de París. Los países también comunican en dichas contribuciones las acciones que tomarán para crear **resiliencia** y **adaptarse** a los efectos del aumento de las temperaturas.

### 1.5.2. INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático es el organismo intergubernamental de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Normalmente es conocido por el acrónimo en inglés IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) y en la actualidad tiene una gran influencia.



Figura 5. Logo del IPCC. Fuente: (Wikipedia, 2021).

Esta entidad científica creada en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Tiene por objeto proporcionar información objetiva, clara, equilibrada y neutral del estado actual de conocimientos sobre el cambio climático a los responsables políticos y otros sectores interesados.

El IPCC elabora **informes** que contribuyen al trabajo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el principal tratado internacional sobre el cambio climático. Los informes del IPCC cubren la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender la base científica del riesgo del cambio climático inducido por el hombre, sus potenciales impactos y opciones para la adaptación y mitigación (Wikipedia, 2021) (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.).

#### 1.5.2.1. Organización

El Panel del IPCC está formado por representantes designados por gobiernos y organizaciones. Se incentiva la participación de delegados con experiencia apropiada. Las sesiones plenarias del IPCC y de los grupos de trabajo del IPCC se tienen al nivel de representantes gubernamentales. Organizaciones No Gubernamentales e intergubernamentales pueden ser autorizadas a asistir como observadores. Las sesiones del Consejo del IPCC, los talleres y las reuniones de expertos son accesibles con autorización exclusivamente.

En la estructura del IPCC, destacan los grupos de trabajo que existen, cada uno orientado a la investigación sobre un determinado tema.

- **Grupo de Trabajo I (Working Group I, WGI):** evalúa los aspectos científicos del sistema climático y del cambio climático.
- **Grupo de Trabajo II (WGII):** evalúa la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos y naturales al cambio climático, sus consecuencias y las opciones de adaptación.
- **Grupo de Trabajo III (WGIII):** evalúa las opciones para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, así como otras políticas de mitigación del cambio climático.

#### 1.5.2.2. Informes de Evaluación

- **Sexto Informe de Evaluación**

El Sexto Informe de Evaluación (*Sixth Assessment Report, AR6*) es el último de una serie de informes que evalúan la información científica, técnica y socioeconómica relativa al cambio climático. Tres grupos de trabajo (WGI, WGII y WGIII) han trabajado en los siguientes temas:

- La base científica física (WGI)
- Impactos, adaptación y vulnerabilidad (WGII)
- Mitigación del cambio climático (WGIII).

El primer estudio se publicó en 2021, el segundo informe en febrero de 2022 y el tercero en abril de 2022. El informe final de síntesis deberá estar terminado a finales de 2022 (Wikipedia, 2022a).

### 1.5.3. PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 forma parte del **Marco Estratégico del Energía y Clima en España**, que aglutina un conjunto de instrumentos, entre los que destacan:

- Ley de Cambio Climático y Transición Energética
- Estrategia a Largo Plazo para una Economía Moderna, Competitiva y Climáticamente neutra en 2050
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030
- Estrategia de Transición Justa

Estos documentos incluyen también referencias a la adaptación al cambio climático y poseen evidentes relaciones con el nuevo PNACC.

Así pues, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 constituye el **instrumento de planificación básico para promover la acción coordinada y coherente frente a los efectos del cambio climático en España**.

En el PNACC se definen objetivos, criterios, ámbitos de trabajo y líneas de acción para fomentar la adaptación y la resiliencia frente al cambio de clima. Además, se incorporan nuevos compromisos internacionales y contempla el conocimiento más reciente sobre los riesgos derivados del cambio climático.

El PNACC 2021-2030 ha sido el resultado de un **proceso colectivo** de análisis y reflexión, que se inició con una primera fase de evaluación en profundidad del primer PNACC (2006-2020). Esta evaluación se alimentó de fuentes complementarias (incluyendo las opiniones, valoraciones y sugerencias de las personas que desarrollan su actividad profesional en el campo de la adaptación en España) y el análisis del cumplimiento de las acciones previstas en el primer PNACC.

En una segunda fase se han recogido las ideas y sugerencias de personas expertas y actores clave en el campo de la adaptación utilizando diversos formatos: talleres deliberativos, formularios *online* y consultas de carácter bilateral a las principales administraciones públicas responsables de aplicar políticas y medidas de adaptación.

En el **capítulo 4** se describe el **objetivo principal**, que radica en promover la acción coordinada y coherente frente a los efectos del cambio climático en España con el fin de evitar o reducir los daños presentes y futuros resultantes del cambio climático y crear una economía y una sociedad más resilientes.

El PNACC explicita una serie de **principios orientadores** en su **capítulo 5**, que deberán guiar las políticas y medidas en materia de adaptación, como la consideración de las dimensiones social y territorial, el fundamento en la mejor ciencia y conocimiento disponibles, la transversalidad y la integración en los diferentes campos de la gestión pública o la cooperación institucional. Además, se destaca la necesidad de considerar una serie de principios básicos de carácter universal como el respeto a los derechos humanos y la justicia intergeneracional.



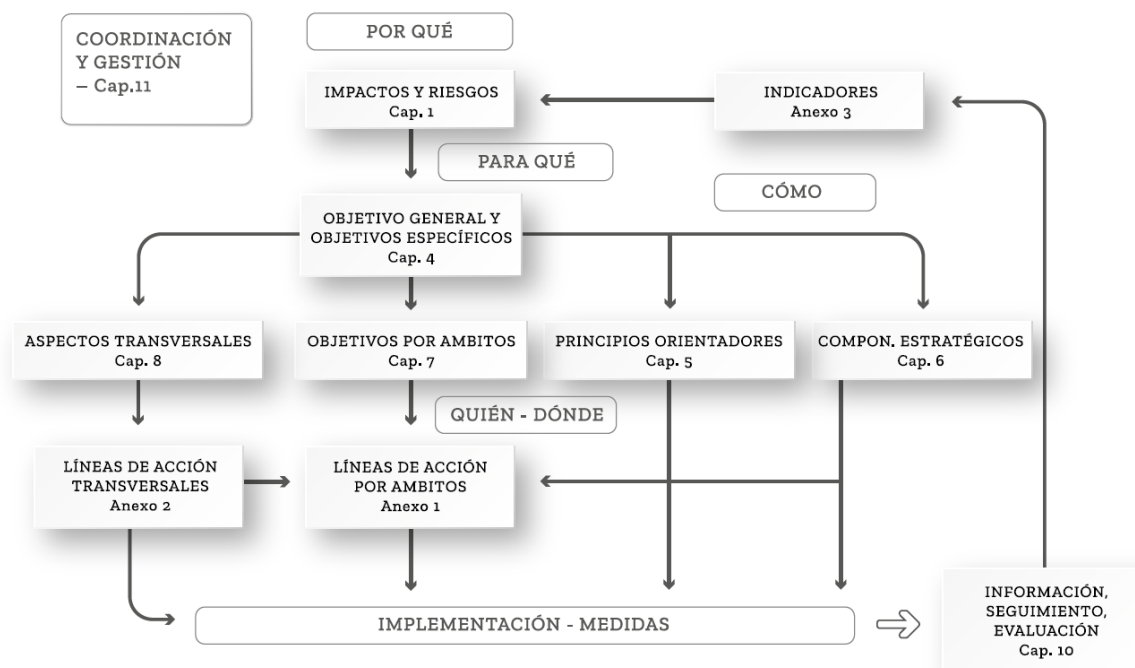


Figura 6. Relaciones entre las diferentes partes del PNACC 2021-2030. Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020a).

A continuación, en el **capítulo 6** se identifican 4 **componentes estratégicos** que facilitan la definición y desarrollo de iniciativas eficaces en materia de adaptación: la generación de conocimiento, la integración de la adaptación en planes, programas y normativa sectorial, la movilización de actores y el seguimiento y la evaluación.

Con objeto de facilitar la integración de las actuaciones de adaptación en los distintos campos de la gestión pública y privada, el PNACC define 18 **ámbitos de trabajo** en el **capítulo 7**, concretando objetivos para cada uno de ellos. Entre estos ámbitos de trabajo se encuentran:

- Clima y escenarios climáticos
- Salud humana
- Agua y recursos hídricos
- Patrimonio natural
- Biodiversidad y áreas protegidas
- Agricultura
- Ganadería
- Pesca
- Acuicultura
- Alimentación
- **Costas y medio marino**
- Sector forestal
- Desertificación
- Caza
- Pesca continental

Para cada uno de los ámbitos de trabajo citados, en el anexo 1 del PNACC se definen **líneas de acción** que concretan el trabajo a desarrollar para alcanzar los objetivos. Las líneas de acción se presentan en forma de fichas que incluyen una justificación de su interés y una breve descripción sobre su orientación. Asimismo, se identifican algunos de los principales departamentos de la administración responsable o colaboradores en su desarrollo y se definen indicadores, que facilitarán, más adelante la evaluación sobre el grado de cumplimiento de las líneas definidas.

Por otro lado, como complemento a la acción de carácter sectorial, el PNACC define 7 **aspectos transversales** en el **capítulo 8**, que deberán ser impulsados en los diferentes ámbitos de trabajo:

- La profundización en los componentes geográfico y social de la vulnerabilidad frente al cambio climático

- El análisis de los efectos transfronterizos
- La perspectiva de género
- La prevención de la maladaptación y los incentivos perversos
- El análisis de los costes y beneficios de la acción y la inacción
- La orientación a la acción

La naturaleza de las acciones de adaptación al cambio climático es variada y hay una gran cantidad de áreas de gestión pública, unidades administrativas y actores concernidos. Como consecuencia, las fuentes de **financiación** de las líneas de acción contenidas en este plan deben ser también diversas. Así pues, se reseñan los principales instrumentos y líneas de trabajo orientadas a reforzar la financiación de la adaptación.

En el **capítulo 10**, el PNACC refuerza de forma notable los instrumentos de información y seguimiento de las políticas públicas de adaptación y del propio plan, incluyendo:

- Informes sobre riesgos climáticos
- Informes sectoriales de adaptación
- Informes de seguimiento del PNACC

La adaptación al cambio climático requiere de la participación de la sociedad española mediante una acción coordinada y coherente. Por lo tanto, se requiere un sistema de gobernanza que favorezca la intervención de todos los actores involucrados, así como una planificación detallada y orientada a la acción. En el **capítulo 11**, el PNACC define dos instrumentos básicos para organizar la **planificación y programación** en materia de adaptación: los programas de trabajo y los planes sectoriales o territoriales.

La coordinación del PNACC 2021-2030 es responsabilidad de la **Oficina Española de Cambio Climático (OECC)**, perteneciente al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Sin embargo, su definición, desarrollo y evaluación es una tarea colectiva. Con objeto de facilitar la coordinación, el asesoramiento y la participación en materia de adaptación, el PNACC contempla varios foros específicos de carácter estable: **Grupo de Trabajo de Impactos y Adaptación** Comité de Impactos, Riesgos y Adaptación (CIRA) y Seminarios del PNACC (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020b).

## 1.6. METODOLOGÍA EMPLEADA

El procedimiento que se va a seguir está basado en la guía de planificación de la adaptación al cambio climático (*Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*) del PIANC. Propone una metodología determinada por cuatro etapas.

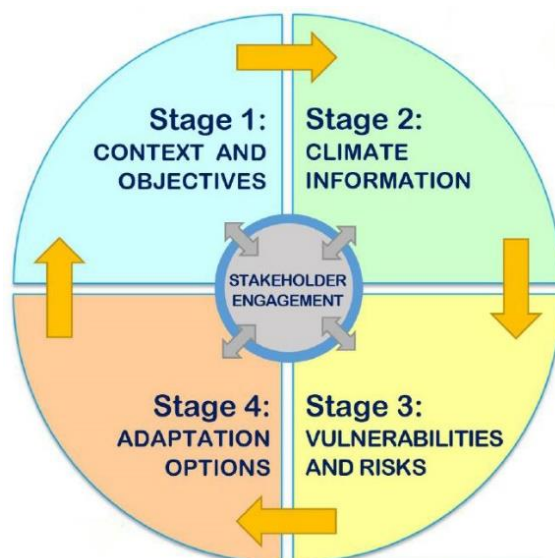


Figura 7. Etapas en el proceso de adaptación al cambio climático. Fuente: (PIANC, 2020a).

### 1.6.1. ETAPA 1: CONTEXTO Y OBJETIVOS

La etapa 1 describe los pasos preparatorios necesarios para comprender qué activos, operaciones y sistemas son críticos dentro de un puerto y podrían verse afectados por el cambio climático, para destacar las interdependencias, y para identificar las partes interesadas. Esta comprensión permite acordar los objetivos de adaptación al cambio climático.

### 1.6.2. ETAPA 2: INFORMACIÓN CLIMÁTICA

Los futuros cambios en el clima afectarán a muchos de los activos, operaciones y sistemas de infraestructuras críticas para la navegación marítima identificados en la Etapa 1. Los pasos de la Etapa 2 ayudan a identificar qué parámetros y procesos climáticos son relevantes y cómo se prevé que cambien en diferentes escenarios de cambio climático.

Antes de pasar a la Etapa 3 para identificar y evaluar los riesgos asociados al peligro climático, es necesario cotejar y revisar los datos para comprender tanto los cambios de aparición lenta como los aumentos previstos en la frecuencia o gravedad de los fenómenos meteorológicos, oceanográficos o hidrológicos extremos.

A continuación, se pueden hacer comparaciones con las condiciones de referencia, teniendo en cuenta las pautas o tendencias existentes, y las incertidumbres o limitaciones de los datos.

### 1.6.3. ETAPA 3: VULNERABILIDADES Y RIESGOS

La etapa 3 reúne la información cotejada sobre los activos, operaciones y sistemas críticos (de la etapa 1) y la comprensión de los cambios proyectados en los parámetros y procesos climáticos a los que estos activos, operaciones y sistemas son susceptibles (de la etapa 2), para identificar y evaluar los riesgos potenciales asociados al cambio climático.

Con el fin de tomar decisiones adecuadas sobre las opciones de adaptación, los siguientes pasos implican entender cómo el cambio climático puede afectar a los riesgos existentes o introducir otros nuevos. Por lo tanto, se pretende identificar, cuantificar y comparar los riesgos climáticos (es decir, los cambios proyectados que tienen el potencial de causar daños, interrupciones o efectos negativos similares) con la situación de referencia, destacando a su vez los futuros cambios en la vulnerabilidad de los activos, operaciones o sistemas críticos.



La evaluación de la vulnerabilidad puede ser un ejercicio en sí mismo o puede utilizarse para determinar el alcance de un análisis de riesgos más específico. Un análisis de riesgos del cambio climático explora la **probabilidad** relativa (posibilidad o probabilidad) de que se produzca el **peligro** climático y la naturaleza y la aceptabilidad relativa de las **consecuencias** asociadas (impactos).

#### 1.6.4. ETAPA 4: MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

En esta fase se establecen una serie de pasos para identificar, examinar y, en su caso, evaluar las posibles opciones de adaptación y resiliencia.

Las opciones comprenden medidas para hacer frente a los riesgos identificados anteriormente, agrupadas en medidas físicas, institucionales y sociales. Estas etapas culminan con el desarrollo de "itinerarios de adaptación". Una vía de adaptación describe una secuencia de acciones (medidas, modificaciones u otras intervenciones) que se aplican en respuesta a los cambios en las condiciones meteorológicas, hidrográficas u oceanográficas.

El enfoque global de la adaptación al cambio climático puede presentarse entonces como una estrategia de adaptación. La aplicación de las medidas de adaptación, y su posterior rendimiento en el cumplimiento de los objetivos de la estrategia, se basan en el seguimiento.

## 2. CONTEXTO Y OBJETIVOS

El primer paso es comprender qué activos y operaciones pueden ser afectados por el cambio climático en los puertos de interés general de la Comunidad Valenciana, para destacar las interdependencias e identificar a los actores más esenciales. Ese conocimiento permitirá acordar una serie de objetivos de adaptación al cambio climático.

Por lo tanto, para conocer los puertos objeto de estudio se realizará una descripción general de los mismos, incluyendo sus condiciones generales, instalaciones y los activos y operaciones que requieren ser considerados por considerarse más potencialmente afectados por las consecuencias del cambio climático.

Para obtener una información más detallada y ampliada, consultar el **Anejo 1. Contexto y Objetivos**.

### 2.1. INTRODUCCIÓN

España posee unos **8.000 km de costa**, siendo el país de la Unión Europea con una mayor longitud litoral. El desarrollo socioeconómico de España siempre ha estado íntimamente ligado al mar y la costa. Tradicionalmente los principales usos vinculados al mar han sido la **pesca** y el **transporte marítimo**. Sin embargo, cada vez son más los usos y actividades que se desarrollan en el mar y la costa, como la acuicultura, el turismo, el aprovechamiento energético de olas, viento y mareas o la desalinización del agua.

Las zonas costeras han ido ganando atractivo con el paso de los años, cosa que ha supuesto una importante migración hacia el litoral español. A principios del siglo XX únicamente se utilizaba el 12% del suelo litoral español. En 1950 la ocupación había llegado al 20%. En 1988 esta ascendió al 55% con nuevas ciudades, instalaciones agrícolas e industriales. En 2006, más del **75% de la costa** estaba **urbanizada**. Esta desmesurada urbanización ha sido ocasionada por el modelo socioeconómico desarrollado en el turismo de sol y playa.

Según la UE, dentro del sector turístico, el costero es el más importante en términos de flujos y generación de renta. Las zonas costeras son las más demandadas y la **región Mediterránea** es el principal destino del mundo, representando un tercio de los ingresos totales del turismo.

Sin embargo, el sector turístico depende en gran medida de la buena conservación de las costas. Los procesos de urbanización y el desarrollo de las actividades turísticas crean un conjunto de presiones sobre el medio. En el caso de la costa mediterránea española, una tercera parte de la costa tiene totalmente edificado su primer kilómetro de mar a tierra (Losada Rodríguez et al., 2014b).

En cuanto a **tráfico marítimo**, España se encuentra en una situación geográfica próxima al eje de una de las rutas marítimas más importantes del mundo. Este hecho beneficia a nuestro país y le permite afianzarse como área estratégica en el transporte marítimo internacional y como plataforma logística del sur de Europa.

Por otro lado, la actividad del **sistema portuario español de carácter estatal** aporta alrededor del 20% del PIB del sector del transporte, representando el **1,1% del PIB español**. Además, genera un empleo directo de más de 35.000 puestos de trabajo y de unos 110.000 de forma indirecta.

Por todo ello, los puertos constituyen nodos esenciales en la red de comercio global y tienen un papel fundamental, permitiendo el flujo e intercambio de mercancías y apoyando la economía local y regional. Los puertos de interés general tienen una gran importancia como eslabones de las cadenas logísticas y de transporte en España. Cerca del **60% de las exportaciones** y el **85% de las importaciones** pasan por ellos, lo que representa el 53% del comercio exterior español con la *Unión Europea* y el 96% con terceros países (Puertos del Estado, 2021).



Figura 8. Puerto de Valencia. Fuente: (Cinco Días, 2021).

El cambio climático ya supone una amenaza a para el futuro desarrollo de los puertos, donde intervienen muchos elementos que se encuentran potencialmente afectados por diferentes acciones climáticas que, a su vez producirán impactos en dichos elementos.

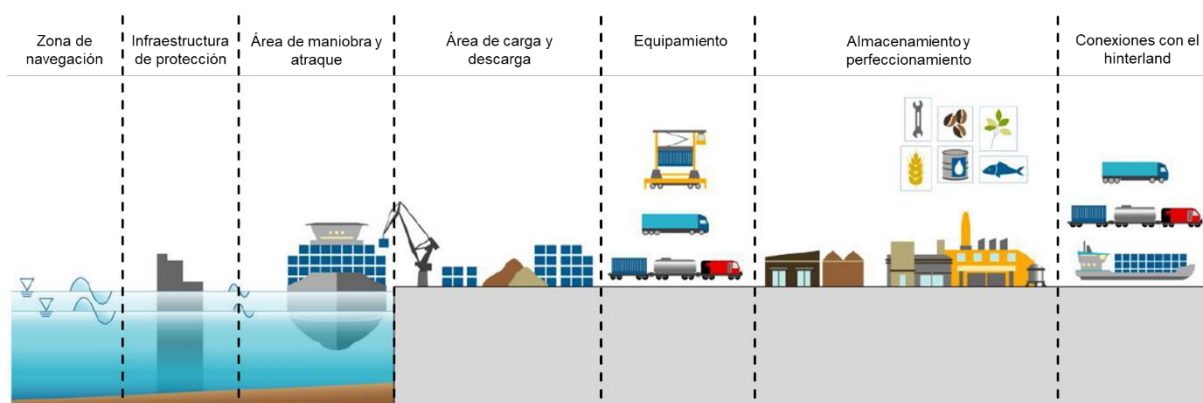


Figura 9. Conjunto de elementos de un puerto tipo. Fuente: (PIANC, 2020a).

Además, la **ubicación** de los puertos en las costas supone una alta exposición a una gran variedad de peligros y su vida útil de larga duración los convierte en altamente sensibles a los cambios en las condiciones climáticas. En el *Anejo 1. Contexto y Objetivos* aparece una tabla que muestra las interacciones entre los parámetros y procesos climáticos y los activos y operaciones portuarias representativas

A parte de los impactos físicos directos, los puertos deberán identificar y adaptarse a un conjunto de **impactos económicos indirectos**. Los efectos del cambio climático en otras industrias pueden provocar que algunos puertos experimenten cambios en la naturaleza, las cantidades y los tiempos de las mercancías que se transportan, o incluso en el tráfico de pasajeros.

## 2.2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo último y esencial es crear una transición hacia **puertos resilientes**, capaces de afrontar con garantías las inclemencias del futuro clima, evitando en la medida de lo posible una interrupción en la cadena de suministro y, en consecuencia, de la economía.

## 2.3. HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN

Se consideran dos horizontes temporales centrados en las próximas décadas: **2030 y 2050**. De este modo, se contemplan tanto los escenarios operativos en el medio plazo como los enfocados en la gestión en el largo plazo, que es relevante para la planificación y gestión de inversiones, vinculadas a los instrumentos de planificación portuaria.

## 2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PUERTOS

### 2.4.1. ACTIVOS Y OPERACIONES CRÍTICAS

Por una parte, generalmente los **activos críticos** corresponden a las obras de abrigo más exteriores del puerto, así como las terminales donde haya elementos que pueden ser afectados por algún fenómeno meteorológico, como las terminales de contenedores o de graneles sólidos, donde hay gran cantidad de activos.

Por otra parte, **operaciones** como el dragado de mantenimiento, el practicaaje, los servicios a los buques, la programación, la planificación de los pasajes, el atraque, la manipulación de la carga o incluso los usos recreativos requieren ser tomadas en consideración.

### 2.4.2. PUERTO DE CASTELLÓN

#### 2.4.2.1. Introducción

El Puerto de Castellón está gestionado por la **Autoridad Portuaria de Castellón**. Se trata un puerto con un gran crecimiento en el sistema portuario estatal, siendo el noveno en volumen de tráfico, el segundo en tráfico de graneles sólidos y el séptimo en tráfico de graneles líquidos, según los datos del 2021.



El puerto se sitúa en la ciudad de Castellón, dentro del término municipal de Castellón. A continuación, se detallan sus coordenadas y se presenta una imagen del puerto para conocer su situación en la Comunidad Valenciana.

- Latitud: 39° 58' Norte
- Longitud: 0° 01' Este



Figura 10. Ubicación del Puerto de Castellón. Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.2.2. Sectores relevantes

Las principales mercancías con las que se opera en el área de influencia del puerto de Castellón son:

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| - Combustibles minerales       | - Plantas                        |
| - Aceites                      | - Cereales                       |
| - Materias bituminosas y ceras | - <b>Productos cerámicos</b>     |
| - Sal                          | - Papel                          |
| - Azufre                       | - Cartón y plástico              |
| - Tierras                      | - Vehículos y accesorios         |
| - Cales y cementos             | - Fundición                      |
| - Frutas                       | - Hierro y acero                 |
| - Hortalizas                   | - Productos químicos inorgánicos |

#### 2.4.2.3. Tráfico

El puerto de Castellón cerró 2021 con un nuevo récord de tráfico al rebasar los 21,2 millones de toneladas, superando así ligeramente el registro de 2018, el único año en se habían superado los 21 millones. Este acontecimiento se ha logrado, fundamentalmente, por una razón: el tirón de los graneles sólidos gracias a la **importación de materias primas cerámicas**.

Esto ha permitido al recinto portuario crecer un 14,5% respecto a 2020, cuando se vio muy afectado por la parálisis mundial derivada de la pandemia de coronavirus y superar en un 2,4% el registro de 2019, sin el condicionante de la pandemia (castellónplaza, 2022).

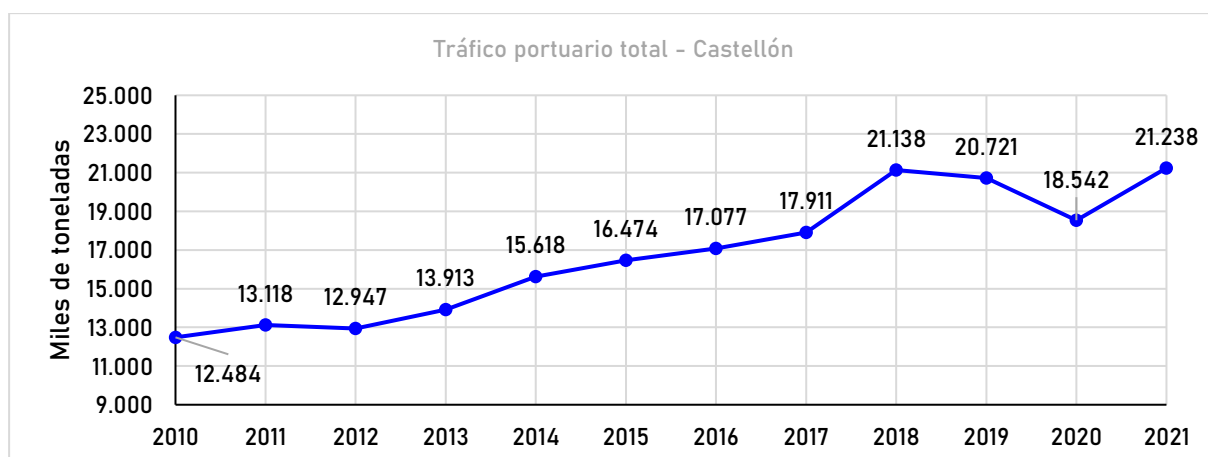


Figura 11. Tráfico portuario total del Puerto de Castellón. Fuente: (Puertos del Estado, 2022).

#### • Distribución general del tráfico

Atendiendo a la distribución anual promedio por tipo de mercancías de los últimos 10 años, el Puerto de Castellón es un puerto con el tráfico diversificado, pero mayoritariamente especializado en graneles líquidos.

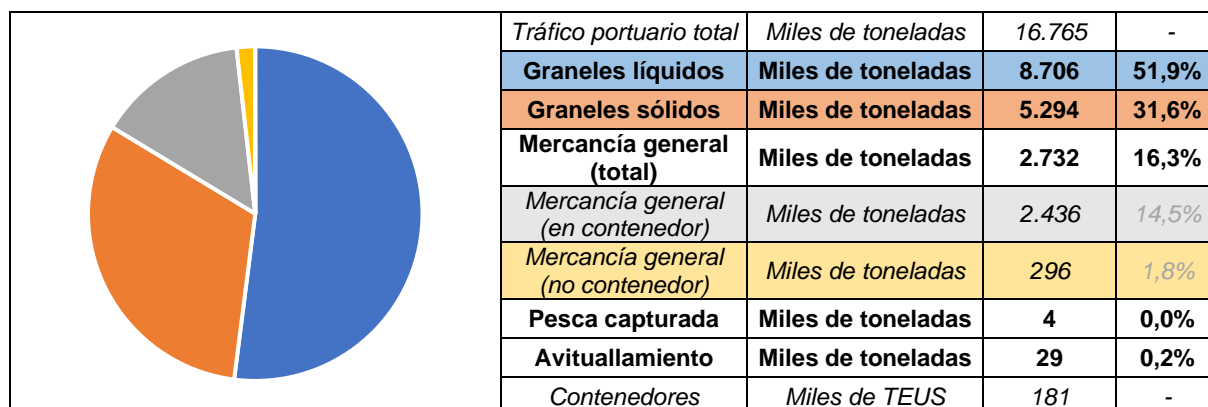


Tabla 1. Distribución del tráfico promedio anual en el Puerto de Castellón. Fuente: (Puertos del Estado, 2022).

#### 2.4.2.4. Usos

En este capítulo se informa acerca de la distribución de usos en las diferentes terminales que configuran el Puerto de Castellón.



Figura 12. Usos del Puerto de Castellón. Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.2.5. Análisis DAFO

Según el plan estratégico 2020-2024, en el análisis DAFO se recogen una serie de aspectos que determinan la situación actual del Puerto de Castellón.

La parte negativa corresponde a las debilidades y amenazas que suponen retos a superar en el futuro, algunos de los cuales están condicionados por el cambio climático.

	Interno	Externo
Negativo	<p><b>DEBILIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexiones interiores y exteriores del puerto</li> <li>- Infraestructura tecnológica de la Autoridad Portuaria y del puerto anticuada y limitada</li> <li>- Falta de competitividad y poca flexibilidad de los servicios portuarios</li> <li>- Comunidad portuaria desagregada y sin mentalidad de clúster</li> <li>- Tráfico de contenedores muy ligado a la cerámica y desbalanceado (export)</li> </ul>	<p><b>AMENAZAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Políticas proteccionistas de países de destino</li> <li>- Proximidad de puertos competidores</li> <li>- Endurecimiento de la normativa medioambiental y transición energética</li> <li>- Incipiente crisis económica</li> <li>- Concentración de empresas en grandes grupos globales</li> <li>- Países emergentes muy competitivos. Incertidumbre en el sector cerámico</li> <li>- Demanda de una mayor calidad de vida de la sociedad</li> <li>- Incertidumbre política nacional</li> </ul>

Tabla 2. Análisis DAFO del Puerto de Castellón (Debilidades y Amenazas). Fuente: (PortCastelló, 2020).

La parte positiva corresponde a las fortalezas y oportunidades del Puerto de Castellón, una serie de aspectos a potenciar.

	Interno	Externo
Positivo	<p><b>FORTALEZAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad de espacios para nuevas infraestructuras portuarias, zona logística y estación intermodal</li> <li>- Personal de estiba cualificado y especializado en graneles sólidos y Project cargo</li> <li>- Acceso a Madrid y Zaragoza</li> <li>- Hinterland: tráficos cautivos (cerámica, BP, UBE)</li> <li>- Foreland: buenas conexiones en el mediterráneo y África</li> <li>- Buena situación financiera y con capacidad de inversión</li> <li>- Equipo de la Autoridad Portuaria comprometido con la sostenibilidad, integración con la Comunidad Portuaria</li> </ul>	<p><b>OPORTUNIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fomento de la diversificación de tráficos</li> <li>- Potenciación de sectores vinculados a la interacción puerto-ciudad (turismo, náutica deportiva, oferta recreativa y cultural, megayates)</li> <li>- Crecimiento sostenible</li> <li>- Impulso a la industria 4.0 en la comunidad portuaria. Transformación digital</li> <li>- Atracción de industria de valor añadido</li> <li>- Desarrollo de la ZAL</li> <li>- Retención y atracción del talento</li> </ul>

Tabla 3. Análisis DAFO del Puerto de Castellón (Fortalezas y Oportunidades). Fuente: (PortCastelló, 2020).

#### 2.4.2.6. Objetivos

El Puerto de Castellón está al servicio del sector de la cerámica y su actividad está muy ligada a él. Por lo tanto, la adaptación a los fenómenos del cambio climático tiene como uno de sus principales objetivos **mantener el desarrollo económico del sector de la cerámica**, de manera que ambos puedan crecer simultáneamente.

### 2.4.3. PUERTO DE SAGUNTO

#### 2.4.3.1. Introducción

El Puerto de Sagunto es uno de los tres puertos gestionados por la **Autoridad Portuaria de Valencia**. Aunque tradicionalmente el puerto ha estado especializado en el tráfico de productos siderúrgicos, este recinto portuario se caracteriza hoy en día por su polivalencia y se ha abierto a nuevos tráficos como el gas natural, vehículos, contenedores y granel sólido. Sagunto se ha consolidado como el **principal clúster siderúrgico a nivel nacional**.

El Puerto de Sagunto se encuentra en la localidad de Sagunto, en su término municipal. A continuación, se detallan sus coordenadas y se presenta una imagen del puerto para conocer su situación en la Comunidad Valenciana.

- Latitud: 39° 39' Norte
- Longitud: 0° 13' Oeste



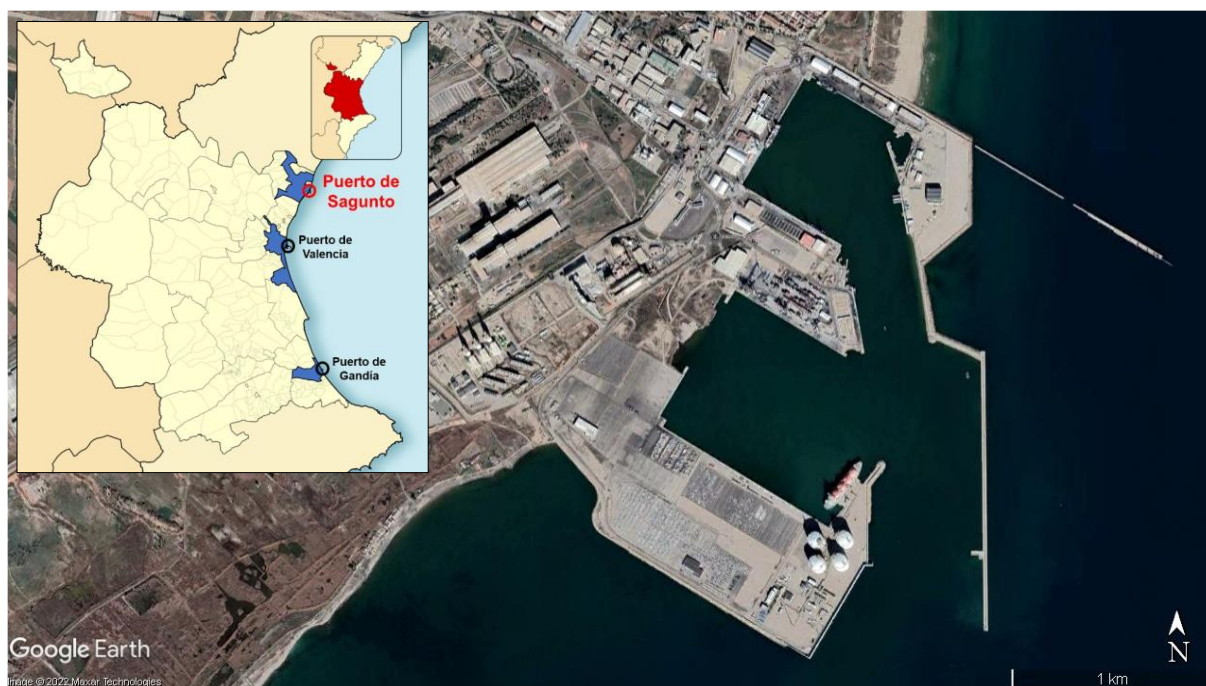


Figura 13. Ubicación del Puerto de Sagunto. Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.3.2. Sectores relevantes

A continuación, se presentan los principales sectores o actividades relevantes en el desarrollo económico local que se apoyan en el puerto para su desarrollo:

- **Sector energético.** Gas natural.
- **Sector siderúrgico.** Productos intermedios para otros sectores como la construcción, la automoción y los electrodomésticos.
- Sector cementero.
- Sector de abonos/fertilizantes.
- **Sector automoción.**
- Sector agroalimentario (Valenciaport, 2020).

#### 2.4.3.3. Tráfico

El año **2021** ha finalizado con cifras muy positivas para el puerto de Sagunto, que ha superado los **7,5 millones de toneladas** y los 57.000 TEUs, con unos crecimientos por encima del 25% en ambos casos. En comparación con 2019, antes de la pandemia, el incremento ha sido del 8,11% y el 7,93% respectivamente.

Cabe destacar la subida de los TEUs llenos dedicados a la exportación, que pasaron de 20.335 en 2020 a 27.430 en 2021, un 34,89% más. En cambio, se movilizaron 97.600 automóviles, un 8,9% menos que en 2020.

En cuanto a los graneles líquidos, se ha registrado un incremento del 50,66%, mientras que los sólidos han aumentado en un 2,67%. En total, el crecimiento de la mercancía no contenerizada ha sido del 17,93%, mientras que la contenerizada ha aumentado en un 21,33%.

El puerto se está posicionando en el Mediterráneo Occidental dentro del área industrial y de hecho, se han manipulado 2.526.180 toneladas de productos siderometalúrgicos, un 30,45% más.

Igualmente, el sector de la energía ha logrado mover dos millones de toneladas, con un crecimiento del 57%, mientras que la industria agroalimentaria, con 601.436 toneladas, se



mantiene en cifras similares a 2020. En cuanto al sector de los vehículos y otros elementos del transporte, se ha llegado a las 587.163 toneladas, un 4% más (CdS, 2022).

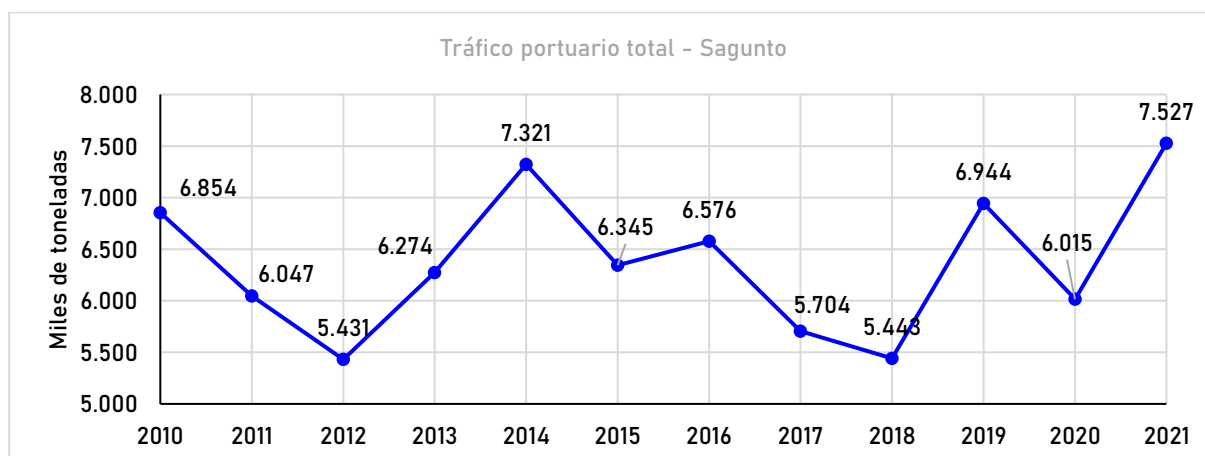


Figura 14. Tráfico portuario total del Puerto de Sagunto. Fuente: (Valenciaport, 2020).

#### • Distribución general del tráfico

Atendiendo a la distribución por tipo de mercancías del año 2021, el Puerto de Sagunto es un puerto con el tráfico especializado tanto en mercancía general que no va en contenedor, como en graneles sólidos.

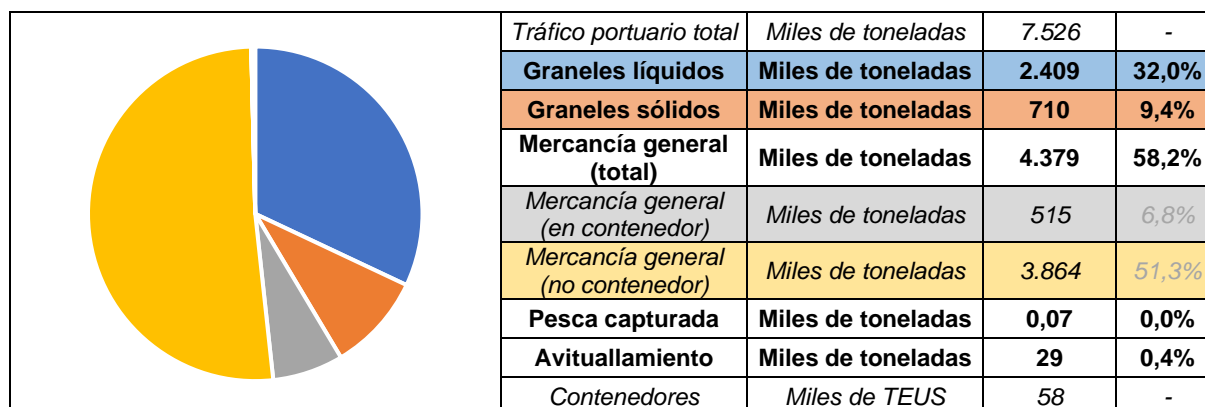


Tabla 4. Distribución del tráfico promedio anual en el Puerto de Sagunto. Fuente: (Valenciaport, 2020).

#### 2.4.3.4. Usos

El espacio portuario está estructurado en zonas que reúnen las características necesarias para poder atender cada tipo de tráfico.

Algunas de estas zonas están articuladas en forma de terminales especializadas. Asimismo, se dispone de instalaciones caracterizadas por su polivalencia para diversos tipos de tráficos.

A continuación, puede observar los diversos usos de las terminales e instalaciones portuarias en el Puerto de Sagunto.



Figura 15. Usos del Puerto de Sagunto. Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.3.5. Análisis DAFO

La parte negativa corresponde a las debilidades y amenazas que suponen retos a superar en el futuro, algunos de los cuales están condicionados por el cambio climático.

	Interno	Externo
Negativo	<b>DEBILIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia descendente del tráfico total</li> <li>- No destaca en ningún tipo de tráfico</li> <li>- Zonas del puerto en estado de abandono</li> </ul>	<b>AMENAZAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proximidad de puertos competidores</li> <li>- Endurecimiento de la normativa ambiental y de transición energética</li> <li>- Incipiente crisis económica</li> <li>- Incertidumbre política nacional</li> </ul>

Tabla 5. Análisis DAFO del Puerto de Sagunto (Debilidades y Amenazas). Fuente: elaboración propia.

La parte positiva corresponde a las fortalezas y oportunidades del Puerto de Castellón, una serie de aspectos a potenciar.

	Interno	Externo
Positivo	<b>FORTALEZAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad de espacios</li> <li>- Construcción de una gran factoría de creación de baterías del grupo Volkswagen en el entorno del puerto</li> <li>- Importancia de ArcelorMittal en el tráfico de productos siderometalúrgicos</li> </ul>	<b>OPORTUNIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agotamiento de la capacidad del Puerto de Valencia</li> <li>- Reforzar la creación de valor compartido con la ciudad</li> </ul>

Tabla 6. Análisis DAFO del Puerto de Sagunto (Fortalezas y Oportunidades). Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.3.6. Objetivos

El Puerto de Sagunto deberá formar parte de la estrategia de adaptación al cambio climático de la Autoridad Portuaria de Valencia con el objetivo para **crear un puerto resiliente**.

## 2.4.4. PUERTO DE VALENCIA

### 2.4.4.1. Introducción

El Puerto de Valencia es uno de los tres puertos de interés general que gestiona la **Autoridad Portuaria de Valencia**. Se trata de uno de los principales puertos españoles en volumen de tráfico, siendo el primero en tráfico de contenedores. En ese sentido, es el cuarto puerto de Europa y el número 27 de todo el mundo, datos que lo consolidan a la **infraestructura portuaria europea más importante del mediterráneo** (Levante-EMV, 2022).

El Puerto de Valencia se encuentra en la ciudad de Valencia, dentro del término municipal de Valencia. A continuación, se detallan sus coordenadas y se presenta una imagen del puerto para conocer su situación en la Comunidad Valenciana.

- Latitud: 39° 26,9' Norte
- Longitud: 0° 18,1' Oeste



Figura 16. Ubicación del Puerto de Valencia. Fuente: elaboración propia.

### 2.4.4.2. Sectores relevantes

A continuación, se presentan los principales sectores o actividades relevantes en el desarrollo económico local que se apoyan en el puerto para su desarrollo:

- Materiales de construcción. Se incluyen en este apartado los productos cerámicos, mármol y piedra tallada.
- Sectores del mueble, calzado, juguetes y textil.
- Sector gran consumo (alimentación, hogar e higiene), en especial bebidas, frutas, verduras y pescado congelado.
- Sector químico. Fritas, pigmentos y desechos/desperdicios del plástico entre otros.
- Papel y pasta.
- Sector de automoción y sus componentes.
- Sector agroalimentario: Aceite vegetal, cereales y su harina (maíz y trigo) entre otros.
- Sector turismo. Tráfico de ferries y cruceros (Valenciaport, 2020).

### 2.4.4.3. Tráfico

Posteriormente se recogen algunos de los principales hitos del Puerto de Valencia en el año 2021, en términos de tráfico de mercancías.

- Se alcanzaron los 5.604.478 TEUs gracias al tirón export/import de las empresas españolas. Los contenedores crecieron un 3,25% respecto a 2020 y un 3% con 2019. En ese aspecto, el Puerto de Valencia reafirma su posición como cuarto puerto de Europa, adelantando al griego de El Pireo.
- Destacaron los contenedores llenos de carga (exportación) que avanzan un 13,89% y los de descarga (importación) que aumentan un 17,38% respecto al año anterior. En cambio, los TEUs de tránsito caen un 3,45%.
- En total se movilizaron 85.269.726 toneladas, un 5,42% y un 5,18% más que en 2020 y 2019, respectivamente.
- China se convirtió en el principal socio comercial de Valenciaport y Estados Unidos fue el país más importante para las exportaciones.
- Creció la actividad en todos los sectores productivos. Destacan los materiales de construcción (+24,61%), productos siderometalúrgicos (+18,41%) y la industria agroalimentaria (+17,53%) (Valenciaport, 2022).

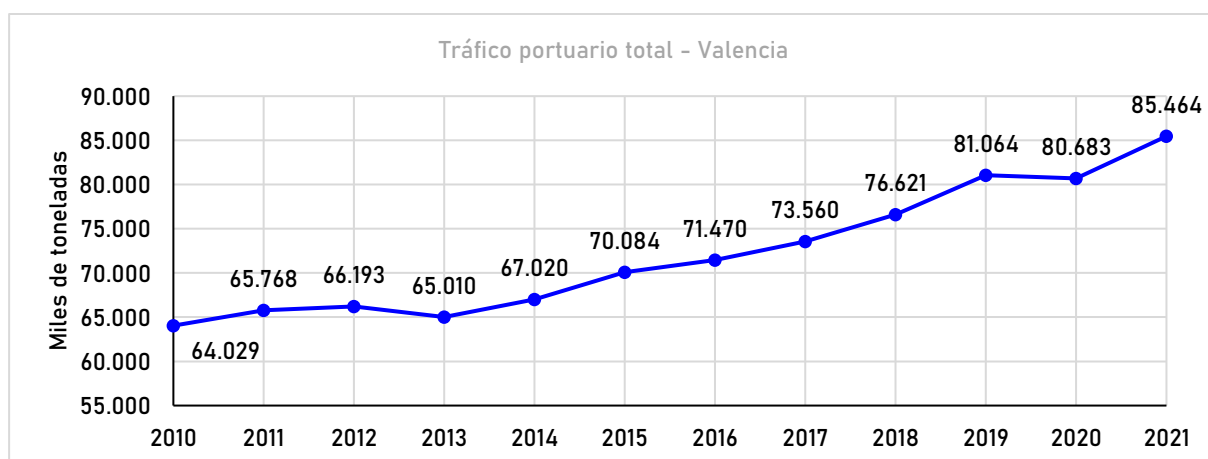


Figura 17. Tráfico portuario total del Puerto de Valencia. Fuente: (Puertos del Estado, 2022).

#### 2.4.4.4. Usos

Las grandes dimensiones del Puerto de Valencia le convierten en un recinto que acoge gran variedad de usos. La figura siguiente muestra una imagen con los diferentes usos existentes en cada una de las zonas del puerto. Como cabía esperar, destaca la presencia de espacios dedicados a la manipulación de mercancía general en contenedor.





Figura 18. Usos del Puerto de Valencia. Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.4.5. Análisis DAFO

La situación actual del puerto de Valencia está definida por la aproximación al límite de su capacidad (7,5 millones de TEUS/año) y los problemas de congestión que ocasiona, así como la controversia que existe en torno a la construcción de la futura terminal de contenedores en el área abrigada de la ampliación Norte.

Con respecto al análisis DAFO, dichos aspectos se han tenido en cuenta para su elaboración.

	Interno	Externo
Negativo	<p><b>DEBILIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemas de capacidad y congestión en lo referente al almacenamiento de mercancías</li> <li>- Falta de acceso Norte (tanto viario como ferroviario)</li> <li>- Conexión ferroviaria con Zaragoza</li> <li>- Falta de acceso Norte</li> </ul>	<p><b>AMENAZAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Competencia nacional con el Puerto de Algeciras y el de Barcelona</li> <li>- Oposición al desarrollo de la futura terminal Norte y la Zona de Actividades Logísticas (ZAL)</li> <li>- Endurecimiento de la normativa medioambiental y transición energética</li> <li>- Incipiente crisis económica</li> <li>- Incertidumbre política nacional</li> </ul>

Tabla 7. Análisis DAFO del Puerto de Valencia (Debilidades y Amenazas). Fuente: elaboración propia.

La parte positiva está definida por la apuesta del Puerto de Valencia por el contenedor, así como la descarbonización de sus operaciones y la sostenibilidad como base de crecimiento.

	Interno	Externo
Positivo	<b>FORTALEZAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Puerto natural de Madrid</li> <li>- Principal puerto español en tráfico de contenedores</li> <li>- Participación en proyectos de sostenibilidad medioambiental</li> <li>- Compromiso con los ODS</li> <li>- 6% de los contenedores salen del puerto en ferrocarril</li> </ul>	<b>OPORTUNIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyo del gobierno estatal para la construcción de la nueva terminal Norte</li> <li>- Desarrollo de una autopista ferroviaria con Madrid</li> <li>- Desarrollo de la ZAL</li> <li>- Reforzar la creación de valor compartido con la ciudad</li> </ul>

Tabla 8. Análisis DAFO del Puerto de Valencia (Fortalezas y Oportunidades). Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.4.6. Objetivos

El Puerto de Valencia puede establecer gran cantidad de objetivos futuros, centrados en la adaptación al cambio climático para crear un puerto resiliente. A continuación, se plasman algunos ejemplos:

- Garantizar un desarrollo óptimo de la futura terminal norte, considerando los efectos del cambio climático.
- Acercar a la sociedad la actividad del puerto, para que sea percibido como un aliado en el crecimiento de la ciudad.
- Implementar medidas de adaptación al cambio climático, así como asegurar la implicación y responsabilidad de la comunidad portuaria.

#### 2.4.5. PUERTO DE GANDÍA

##### 2.4.5.1. Introducción

El Puerto de Sagunto es uno de los tres puertos gestionados por la **Autoridad Portuaria de Valencia**. Atiende un tráfico de mercancía general convencional, con un alto grado de especialización en la manipulación de mercancías como: bobinas y pasta de papel, madera de importación y productos agrícolas de la zona. Se trata del puerto de interés general con menor volumen de tráfico en la Comunidad Valenciana.

El Puerto de Gandía se encuentra en la localidad de Gandía, en su término municipal. A continuación, se detallan sus coordenadas y se presenta una imagen del puerto para conocer su situación en la Comunidad Valenciana.

- Latitud: 39° 39' Norte
- Longitud: 0° 13' Oeste



Tabla 9. Ubicación del Puerto de Gandía. Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.5.2. Sectores relevantes

Seguidamente se presentan los principales sectores o actividades relevantes en el desarrollo económico local que se apoyan en el puerto para su desarrollo:

- **Papel y pasta.**
- Sector químico.
- Tableros de madera.
- Sector alimentario (frutas y hortalizas) (Valenciaport, 2020).

#### 2.4.5.3. Tráfico

En el año 2021, el Puerto de Gandía gestionó un total de 210.507 toneladas de mercancías, el 99 % de las cuales corresponden a mercancía general que no va en contenedor. La tendencia descendente de tráfico desde que se inició la pandemia no ha cambiado.

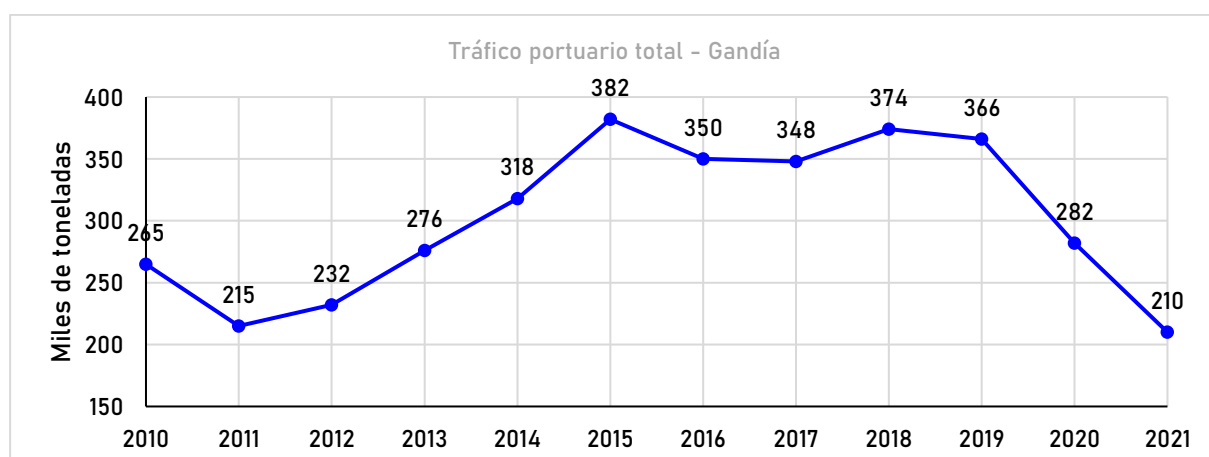


Figura 19. Tráfico portuario total del Puerto de Gandía. Fuente: (Valenciaport, 2020).

#### • Distribución general del tráfico

Atendiendo a la distribución por tipo de mercancías del año 2021, el Puerto de Gandía es un puerto con el tráfico especializado tanto en mercancía general que no va en contenedor, especialmente en pasta de papel.



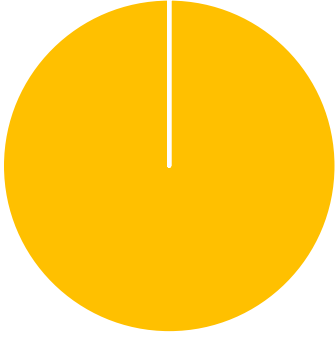
	Tráfico portuario total	Miles de toneladas	211	-
	<b>Graneles líquidos</b>	<b>Miles de toneladas</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
	<b>Graneles sólidos</b>	<b>Miles de toneladas</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
	<b>Mercancía general (total)</b>	<b>Miles de toneladas</b>	<b>209</b>	<b>99,2%</b>
	Mercancía general (en contenedor)	Miles de toneladas	0	0%
	Mercancía general (no contenedor)	Miles de toneladas	209	99,2%
	<b>Pesca capturada</b>	<b>Miles de toneladas</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4%</b>
	<b>Avituallamiento</b>	<b>Miles de toneladas</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4%</b>
	Contenedores	Miles de TEUS	0	-

Tabla 10. Distribución del tráfico promedio anual en el Puerto de Sagunto. Fuente: (Valenciaport, 2020).

#### 2.4.5.4. Usos

En este capítulo se informa acerca de la distribución de usos en las diferentes terminales que configuran el Puerto de Gandía.

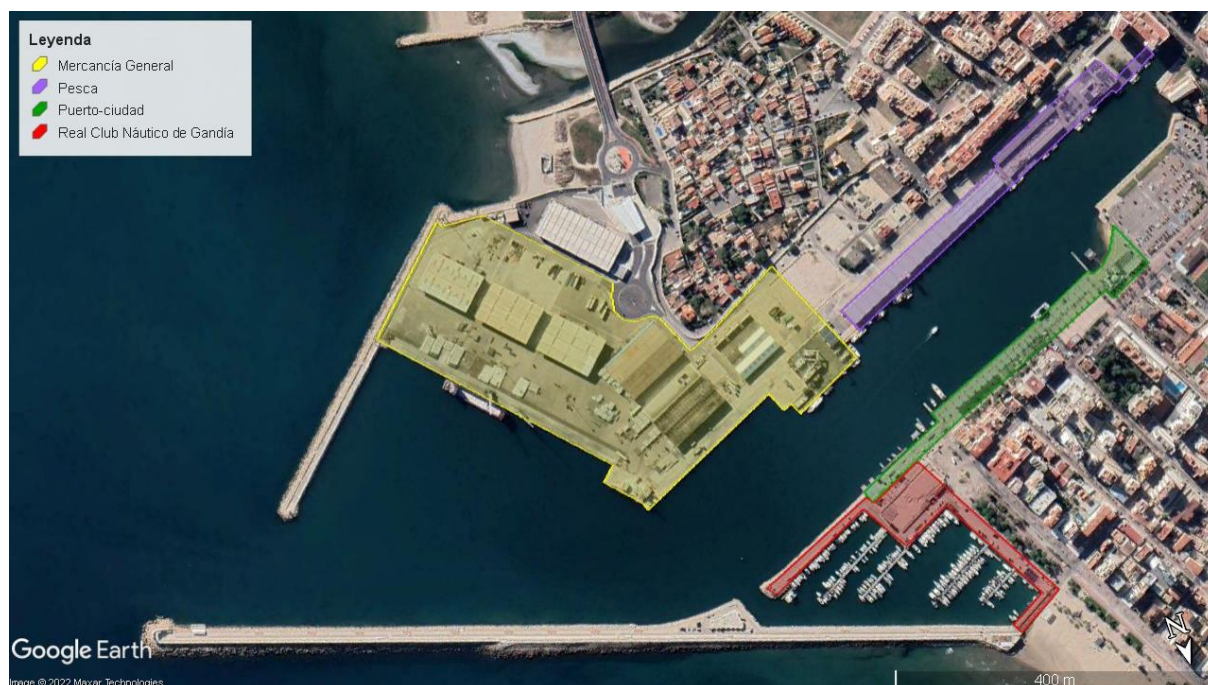


Figura 20. Usos del Puerto de Gandía. Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.5.5. Análisis DAFO

La parte negativa corresponde a las debilidades y amenazas que suponen retos a superar en el futuro, algunos de los cuales están condicionados por el cambio climático.

	Interno	Externo
Negativo	<p><b>DEBILIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia descendente del tráfico total</li> <li>- No dispone de espacios extra</li> </ul>	<p><b>AMENAZAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Endurecimiento de la normativa ambiental y de transición energética</li> <li>- Incipiente crisis económica</li> <li>- Incertidumbre política nacional</li> </ul>

Tabla 11. Análisis DAFO del Puerto de Gandía (Debilidades y Amenazas). Fuente: elaboración propia.

La parte positiva está definida por la apuesta del Puerto de Valencia por el contenedor, así como la descarbonización de sus operaciones y la sostenibilidad como base de crecimiento.



	Interno	Externo
Positivo	<b>FORTALEZAS:</b> - Especialización en el tráfico de pasta de papel - Puerto que más pesca mueve entre los gestionados por la Autoridad Portuaria de Valencia	<b>OPORTUNIDADES:</b> - Ampliación sur del puerto - Reforzar la creación de valor compartido con la ciudad

Tabla 12. Análisis DAFO del Puerto de Gandía (Fortalezas y Oportunidades). Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.5.6. Objetivos

El Puerto de Gandía deberá formar parte de la estrategia de adaptación al cambio climático de la Autoridad Portuaria de Valencia con el objetivo para **crear un puerto resiliente**.

### 2.4.6. PUERTO DE ALICANTE

#### 2.4.6.1. Introducción

El Puerto de Alicante está gestionado por la **Autoridad Portuaria de Alicante**. Ocupa el puesto número 23 en tráfico total de mercancías y el puesto 17 tráfico de graneles sólidos.

El Puerto de Alicante se encuentra en la ciudad de Alicante, en el término municipal de Alicante. A continuación, se detallan sus coordenadas y se presenta una imagen del puerto para conocer su situación en la Comunidad Valenciana.

- Latitud: 39° 20,17' Norte
- Longitud: 0° 29,26' Oeste



Figura 21. Ubicación del Puerto de Alicante. Fuente: Google Earth.

#### 2.4.6.2. Sectores relevantes

Las principales mercancías con las que se opera en el área de influencia del puerto de Alicante pertenecen a los siguientes sectores, en orden de importancia:

- Minerales no metálicos
- Agro-ganadero y alimentario
- Materiales de construcción
- Vehículos y elementos de transporte
- Otras mercancías
- Químicos
- Abonos
- Siderometalúrgico
- Energético

### 2.4.6.3. Tráfico

El Puerto de Alicante mantiene una tendencia descendente. Con 2,64 millones de toneladas de tráfico total, cerró el año pasado con un 9,2% menos de volumen total que antes de la pandemia y su menor carga desde 2015. Una caída que la propia Autoridad Portuaria de Alicante atribuye al descenso del tráfico de granel sólido, causado por la construcción de la nueva terminal de graneles en sus instalaciones (El Economista, 2022).

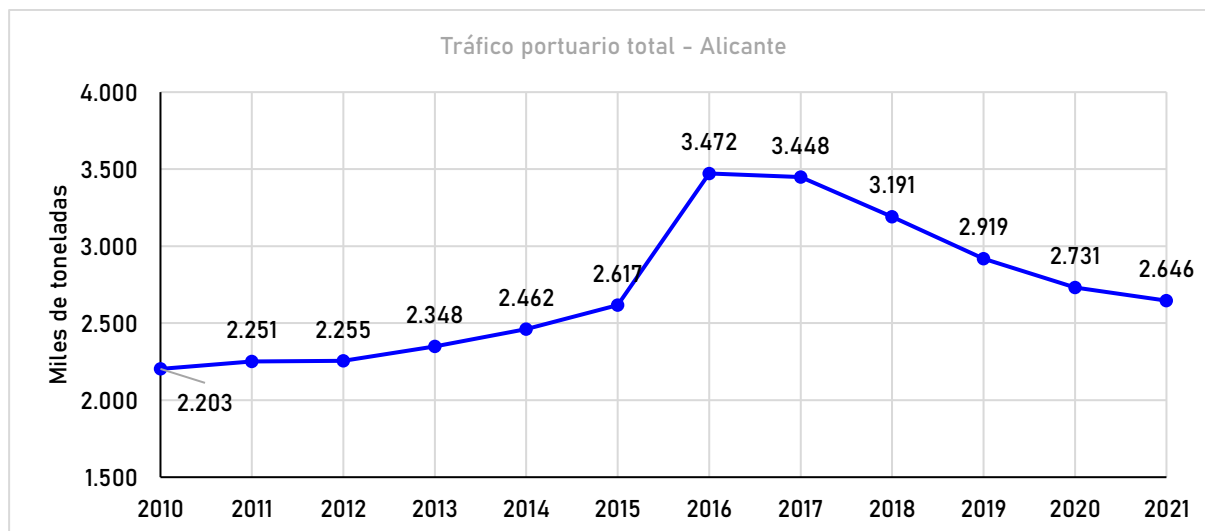


Figura 22. Tráfico portuario total en el Puerto de Alicante. Fuente: (Puertos del Estado, 2022).

### 2.4.6.4. Usos

El Puerto de Alicante dispone de espacios para aumentar la capacidad de manipulación de mercancías, que pueden desarrollarse en un futuro. La figura siguiente muestra la distribución de los usos en la superficie terrestre del puerto.



Figura 23. Usos del Puerto de Alicante. Fuente: elaboración propia.

### 2.4.6.5. Análisis DAFO

La parte negativa corresponde a las debilidades y amenazas que suponen retos a superar en el futuro, algunos de los cuales están condicionados por el cambio climático.

	Interno	Externo
Negativo	<b>DEBILIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia descendente del tráfico total</li> <li>- No destaca en ningún tipo de tráfico</li> <li>- Zonas del puerto en estado de abandono</li> </ul>	<b>AMENAZAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proximidad de puertos competidores</li> <li>- Endurecimiento de la normativa ambiental y de transición energética</li> <li>- Incipiente crisis económica</li> <li>- Incertidumbre política nacional</li> </ul>

Figura 24. Análisis DAFO del Puerto de Alicante (Debilidades y Amenazas). Fuente: elaboración propia.

La parte positiva está definida por la apuesta del Puerto de Valencia por el contenedor, así como la descarbonización de sus operaciones y la sostenibilidad como base de crecimiento.

	Interno	Externo
Positivo	<b>FORTALEZAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad de espacio</li> <li>- Óptima infraestructura del transporte: puerto, autopistas, carreteras y aeropuerto</li> <li>- Modernización de la terminal de graneles sólidos (EIFFAGE)</li> <li>- Nueva terminal polivalente (JSV). Impulso del puerto como nexo de unión entre Europa, el Mediterráneo y África</li> </ul>	<b>OPORTUNIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impulso a la industria 4.0 en la comunidad portuaria</li> <li>- Reforzar la creación de valor compartido con la ciudad</li> </ul>

Figura 25. Análisis DAFO del Puerto de Alicante (Fortalezas y Oportunidades). Fuente: elaboración propia.

#### 2.4.6.6. Objetivos

El principal objetivo del Puerto de Alicante a corto plazo es revertir la tendencia negativa de tráfico. Eso se puede lograr gracias a las actuaciones que se están llevando a cabo en la terminal de graneles sólidos y la reciente concesión para la adecuación de una terminal polivalente: la concesión para la adecuación de una nueva terminal multipropósito a la empresa JSV y la renovación de la terminal de graneles sólidos realizada por EIFFAGE.

En ese aspecto, el puerto da pasos adelante para aumentar su resiliencia y poder ganar protagonismo en la Comunidad Valenciana.

La adaptación al cambio climático debe incluirse en los instrumentos de planificación portuaria con el objetivo de conformar un puerto con instalaciones e infraestructuras resilientes.

### 3. CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

La finalidad de este anejo es conocer y analizar, por una parte, el clima actual y las tendencias de las últimas décadas y, por otra parte, los cambios proyectados en el clima futuro en el contexto de la Comunidad Valenciana.

Para disponer de información más detallada, consultar el **Anejo 2. Cambio Climático en la Comunidad Valenciana**.

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

El clima terrestre está caracterizado por una serie de variables. En su conjunto proporcionan la evidencia empírica para apoyar la ciencia del clima a predecir con garantías el cambio futuro. En general, se emplean para orientar las medidas de mitigación y adaptación, evaluar los riesgos climáticos, atribuir los fenómenos climáticos a causas subyacentes y apoyar los servicios climáticos.



La **región mediterránea** alberga una diversidad biológica y una riqueza sociocultural excepcionales, procedentes de tres continentes. La naturaleza del Mar Mediterráneo semicerrado y la compleja topografía implican características fisiográficas y ecológicas únicas.

La región ha sufrido continuos **cambios en las actividades humanas** a lo largo de varios milenios, y en la actualidad alberga a más de **500 millones de personas** con una alta concentración de asentamientos urbanos e infraestructuras industriales cerca del nivel del mar. La región es el principal destino turístico del mundo y constituye un sitio de paso de una de las rutas marítimas más transitadas.

El cambio climático interactúa fuertemente con otros problemas medioambientales en la cuenca mediterránea, derivados de la urbanización, el cambio de uso del suelo, la sobrepesca, la contaminación, la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas terrestres y marinos (IPCC WGII, 2022b).

### 3.2. VARIABLES CLIMÁTICAS MÁS RELEVANTES

Las variables climáticas objeto de análisis se consideran relevantes en el ámbito portuario, y su variación debida al cambio climático se considera relevante para el desarrollo futuro de los puertos de interés general de la Comunidad Valenciana.

Las Autoridades Portuarias ya deberían ser conscientes de algunos parámetros y procesos climáticos de relevancia, debido a episodios pasados que han causado daño o interrupción en la actividad portuaria. A continuación, se describen y justifican los parámetros más relevantes a estudiar:

#### 3.2.1. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA

La temperatura atmosférica es uno de los elementos constitutivos del clima que se refiere al **grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados**, así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas. Constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos de clima (Wikipedia, 2022b).

La temperatura es un factor que determina las **condiciones de trabajo en el exterior**, como en las terminales de un puerto, especialmente en los meses de verano. Los trabajadores pueden estar expuestos a unas temperaturas que afecten a su salud, impidiendo el desarrollo de sus actividades en plenas facultades, teniendo efectos indirectos. Por otro lado, un aumento de la temperatura o la aparición de olas de calor de mayor duración producirán un mayor **consumo energético** en las instalaciones portuarias.

Además, fuera de los límites del puerto, el aumento prolongado de la temperatura y la falta de precipitación provocarán sequías, que a su vez también pueden limitar la exportación de determinados productos agrícolas en los puertos.

#### 3.2.2. PRECIPITACIÓN

La precipitación es cualquier forma de **hidrometeoro** que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye únicamente la **lluvia, llovizna, nieve, aguanieve y granizo**. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre se denomina pluviosidad, o monto pluviométrico (Wikipedia, 2022c).

Una fuerte precipitación pone a prueba los sistemas de **drenaje** de las terminales. Normalmente está acompañada de fuertes viento y oleaje, en forma de temporal. Por lo tanto, el drenaje debe estar correctamente dimensionado para evitar un agotamiento de la capacidad que cause inundaciones en las terminales. Además, los equipos necesitan tener sus

instalaciones eléctricas correctamente selladas para evitar filtraciones de agua. Estos sucesos pueden tener un impacto en la operativa portuaria, condicionando, por ejemplo, la **visibilidad**.

### 3.2.3. VIENTO

El viento es el **flujo del aire** a gran escala en la atmósfera terrestre. En la atmósfera, el viento es el movimiento en masa del aire de acuerdo con las diferencias de presión atmosférica. Por lo tanto, se puede definir como la compensación de las diferencias de presión atmosférica entre dos puntos (Wikipedia, 2022f).

El viento suele venir acompañado de precipitación, en forma de temporal. De esa manera se pueden superar ciertos umbrales que imposibiliten el correcto desarrollo de la actividad portuaria, por ejemplo, en la operación de grúas portacontenedores. Además, es la principal fuente generadora de **oleaje**.

### 3.2.4. NIVEL DEL MAR

El nivel del mar es considerado como la combinación de tres factores: el nivel medio del mar, la marea astronómica y la marea meteorológica, es decir, la sobreelevación generada por fenómenos atmosféricos.

La **marea astronómica** es un fenómeno dirigido por las acciones atractivas del sol y la luna que produce un movimiento periódico de ascenso y descenso de las aguas del mar. La **marea meteorológica** aparece como consecuencia de la presión atmosférica o la acción del viento. Los cambios en las tormentas junto con el aumento del nivel medio del mar, ambos como consecuencia del cambio climático, tendrán un papel importante a la hora de modificar la frecuencia y magnitud de los niveles extremos del mar.

Otra gran preocupación es el aumento de los niveles del mar extremos debido al aumento de tormentas y a las mayores olas que se superponen sobre el nivel medio del mar en aumento.

Es importante señalar que el nivel medio del mar es una **variable de cambio lento pero continuo en el tiempo**. Las mayores influencias que actúan sobre el nivel del mar son de largo plazo, y van acompañadas de un sustancial retraso entre la causa y efecto.

El **nivel del mar relativo** tiene en cuenta la suma de las **componentes global, regional y local** de la subida del nivel del mar. La componente global depende de la masa y el volumen de agua presente en las cuencas oceánicas (Fraile Jurado & Fernández Díaz, 2016).

Las componentes regional y local tienen que ver con los modos naturales de variabilidad del clima y los movimientos verticales de la corteza terrestre, entre los que se encuentran los movimientos tectónicos, el ajuste por isostasia glacial y la subsidencia inducida por causas naturales o antropogénicas (Losada Rodríguez et al., 2014a).

### 3.2.5. OLEAJE

El oleaje es la **alteración de la superficie del mar** producida por la actuación continua del **viento** sobre una superficie durante un periodo de tiempo determinado. Por ejemplo, cuando se produce un temporal y soplan fuertes vientos, éstos transmiten energía al mar generando el oleaje.

En la zona de generación, el oleaje se propaga en direcciones aleatorias e independientes, cuya interferencia da lugar a un aspecto desordenado y caótico de la superficie. Este tipo de oleaje se denomina **mar de viento** o tipo *sea*. Cuando el oleaje abandona esa zona, mediante procesos de dispersión radial y frecuencial, se va ordenando en torno a ciertas direcciones y concentrando su energía en periodos más altos, de manera que llega a la costa de forma limpia y ordenada. En este caso se denomina **mar de fondo** o tipo *swell*. La franja costera absorbe

la mayor parte de la energía transportada por el oleaje, que es finalmente disipada fundamentalmente por rotura.

El oleaje es un proceso bastante complejo de estudiar y generalmente se utilizan parámetros agregados que lo caractericen, como la **altura de ola**, el **período** o la **dirección**. El análisis estadístico de estos parámetros permite conocer el clima marítimo de una zona, que son las condiciones de largo plazo de la dirección, frecuencia, energía y eventos extremos de las olas.

### 3.2.6. TORMENTAS

Una tormenta es un fenómeno meteorológico asociado al **desarrollo vertical de nubosidad acompañado de descargas eléctricas (rayos), precipitación y rachas de viento intensas en superficie**. Las descargas eléctricas pueden ser nube-nube, nube-tierra y nube-ionosfera (Wikipedia, 2022e).

La importancia de este fenómeno viene dada por el **solapamiento o agrupación con otros fenómenos**: la subida del nivel del mar junto con fuerte viento y precipitación, en forma de temporal marítimo. En estos eventos suelen producirse un oleaje de gran intensidad que registra una altura de ola significativa elevada, con olas que pueden ser incluso el doble de esta y que podrían provocar graves daños tanto en la costa como en las infraestructuras portuarias.

## 3.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS DE BASE

Existen diversas fuentes de datos históricos observados, medidos o modelados de forma retrospectiva proporcionan la base de **referencia** con la que se pueden evaluar las posibles implicaciones del futuro cambio climático.

La información se proporcionará en forma de valores medios para el conjunto de la Comunidad Valenciana. Posteriormente se muestra el espacio aproximado para obtener los resultados.

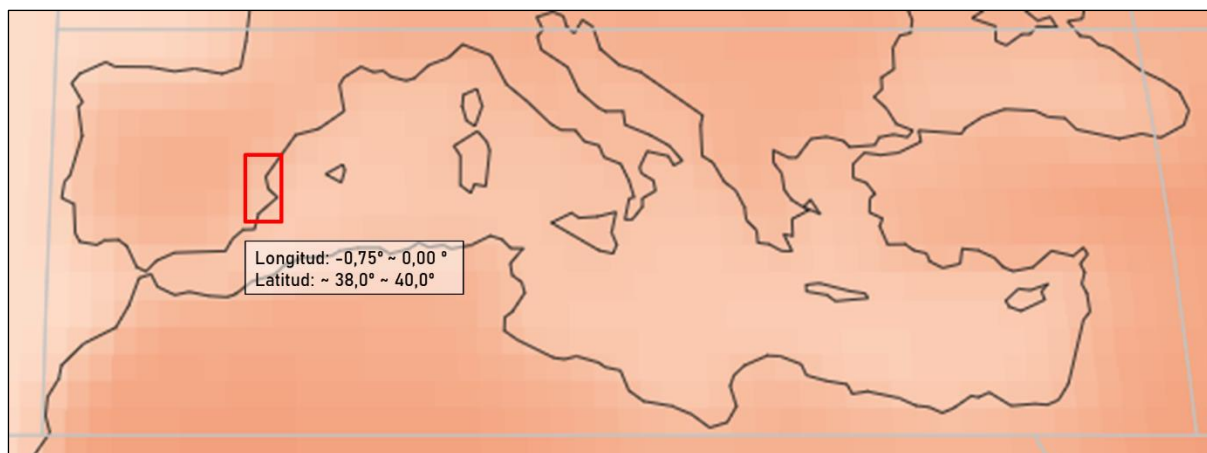


Figura 26. Región Mediterránea. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

### 3.3.1. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA

Las tendencias que se han observado en relación con este parámetro son las siguientes:

- **Incremento de las temperaturas**
- **Alargamiento de los veranos**
- **Aumento de la cantidad de noches tórridas**
- **Aumento en la duración de las olas de calor**

Según la información recogida por los modelos del Atlas del IPCC, seguidamente se muestran datos históricos de la temperatura media del aire y la cantidad de días con temperaturas

elevadas (superiores a 35°C). Se trata de valores medios en la Comunidad Valenciana, para tener una referencia y realizar una posterior evaluación.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	REFERENCIA	
Temperatura media del aire (°C)	CMIP6	1981-2010	16,1
	CORDEX Europe	1981-2010	16,3
Días con temperaturas superiores a 35 °C	CMIP6	1981-2010	7,1
	CORDEX Europe	1981-2010	7,3

Tabla 13. Resumen de resultados de temperatura. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

### 3.3.2. PRECIPITACIÓN

La tendencia que se han observado en relación con este parámetro es la siguiente:

- **Disminución de las precipitaciones:** el volumen global de las precipitaciones se ha reducido moderadamente, pero se están produciendo cambios significativos en su reparto anual, con una tendencia al adelanto de las lluvias de primavera y a la reducción de las lluvias de verano.

Según la información recogida por los modelos del Atlas del IPCC, seguidamente se muestran datos históricos de la precipitación total y precipitación máxima diaria. Se trata de valores medios en la Comunidad Valenciana, para tener una referencia y realizar una posterior evaluación. En relación con la precipitación máxima diaria hay diferencia entre los modelos porque la rejilla del *CORDEX Europe* tiene más nodos.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	REFERENCIA	
Precipitación total (mm/día)	CMIP6	1981-2010	1,4
	CORDEX Europe	1981-2010	1,2
Precipitación máxima diaria (mm)	CMIP6	1981-2010	33
	CORDEX Europe	1981-2010	53,1

Tabla 14. Resumen de resultados de precipitación. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

### 3.3.3. VIENTO

La tendencia que se han observado en relación con este parámetro es la siguiente:

- **Estabilidad:** el viento es una variable que generalmente no ha experimentado cambios en las últimas décadas a nivel de la Región Mediterránea y en concreto, en la Comunidad Valenciana.

La tabla siguiente recoge los datos observados en las figuras anteriores. La variación entre los valores de los modelos radica nuevamente en la mayor cantidad de nodos que tiene la rejilla del *CORDEX Europe*.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	REFERENCIA	VALOR
Velocidad del viento (m/s)	CMIP6	1981 – 2010	4,3
	Cordex Europe	1981 – 2010	3,4

Tabla 15. Resumen de resultados de viento. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

### 3.3.4. NIVEL DEL MAR

La tendencia que se han observado en relación con este parámetro es la siguiente:

- **Aumento del nivel del mar:** en los mares que rodean la costa española, el nivel medio del mar presenta una tendencia ascendente generalizada, con valores que oscilan entre los **1,5 mm/año** del **Mar Mediterráneo**. En concreto, el nivel medio del mar en

el Mediterráneo ha subido  $1,4 \pm 0,2$  mm anuales durante el siglo XX y se ha acelerado a  $2,4 \pm 0,5$  mm anuales para el periodo 1993-2012 (IPCC WGII, 2022b).

### 3.3.5. OLEAJE

El oleaje sufre una variación a lo largo de la costa española. En el Mar Mediterráneo el clima marítimo es más suave y se caracteriza por alturas de ola media de 1-1,5 m y periodos de pico medios de 6 segundos (Losada Rodríguez et al., 2014a).

En el caso del puerto de Valencia, la altura de ola significativa media mensual tiene un valor que oscila sobre los 0,5 m, considerando la información del punto SIMAR 2081113.

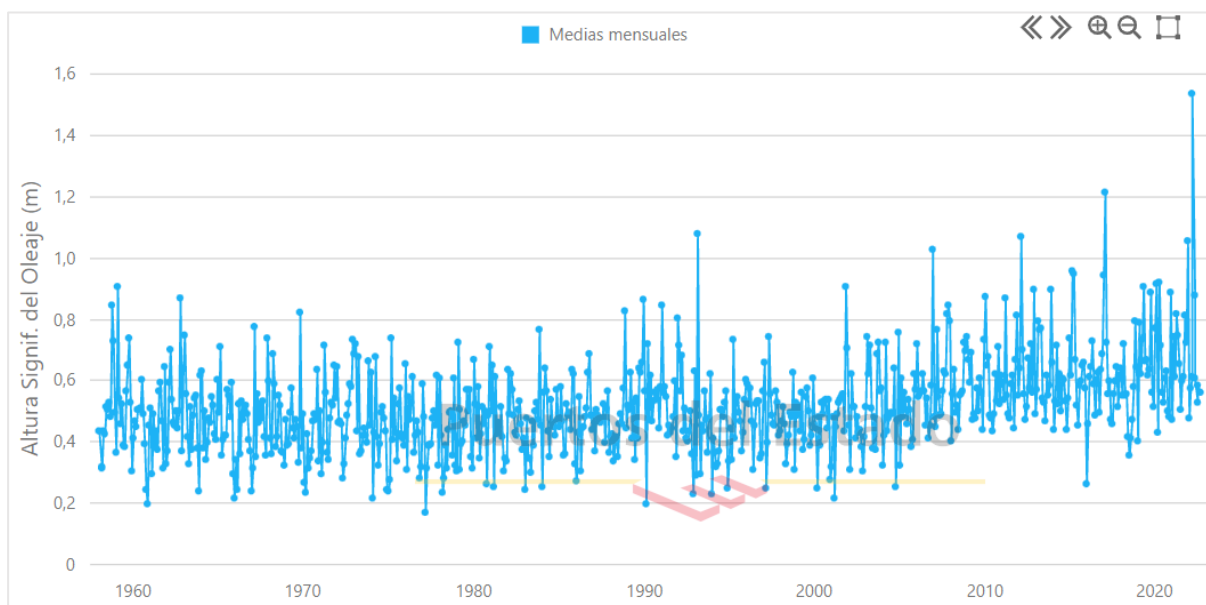


Figura 27. Altura de ola significativa media (mensual) 1958-2022 - Punto SIMAR 2081113. Fuente:(Puertos del Estado, s. f.).

### 3.3.6. TORMENTAS

Las tormentas son episodios que agrupan los efectos de determinadas variables analizadas anteriormente. En esencia, se trata de fuertes vientos con precipitaciones intensas y forman parte de diferentes conceptos como la **DANA** (Depresión Aislada en Niveles Altos) o **gota fría, temporal**, o incluso ciclón tropical mediterráneo (*Mediterranean hurricane, medicane*).

Cuando suceden estos eventos, es muy probable que se produzca un **oleaje** de gran intensidad. Además, hay que sumar el constante **aumento** del **nivel del mar** que poco a poco va reduciendo el francobordo de los diques.

En una situación de aumento del nivel del mar debido al cambio climático, junto con pleamar, la reducción de francobordo en los diques sería considerable. El **peligro** radica en dicha **agrupación** junto con eventos extremos de oleaje vinculados a un temporal marítimo provocarían mayores caudales de rebase.

En un periodo de tiempo relativamente reciente, se han producido severos temporales marítimos. El último de ellos, generado por una borrasca que fue nombrada como “Gloria”, provocó durante los días **19, 20, 21 y 22 de enero de 2020** precipitaciones generalizadas en la Comunidad Valenciana, que fueron de nieve en cotas superiores a unos 500 metros al principio del episodio, rachas de viento muy fuertes y un **histórico temporal marítimo**.

El aspecto más significativo de esa situación fue el extraordinario temporal marítimo, que generó importantes impactos en la costa, afectando a numerosos edificios e infraestructuras



públicas y privadas situadas en primera línea de playa, con olas que han llegado a registrar 8,44 m de altura de ola significativa en la boya de Puertos del Estado situada frente a Valencia, superando ampliamente el récord anterior de 6,45 m, registrado en 2017.

Con este máximo histórico, el mayor dato medido en el Mediterráneo occidental obtenido por la boya de Valencia, se puede estimar que se pudieron haber producido olas con altura máxima de hasta 13,5 metros.

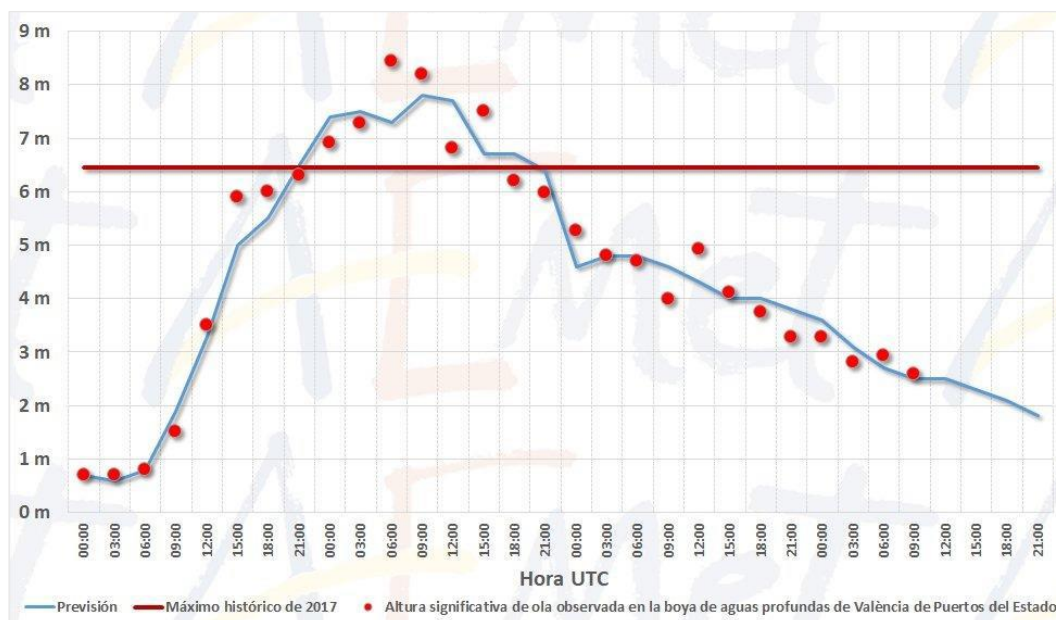


Figura 28. Altura de ola significativa prevista y observada (19, 20, 21 y 22 de enero de 2020). Fuente: (AEMET, 2020).

Para más información acerca de otros temporales, consultar el *Anejo 2. Cambio Climático en la Comunidad Valenciana*.

### 3.4. CONDICIONES CLIMÁTICAS FUTURAS

Para comprender cómo podría afectar el cambio climático a los activos y operaciones vinculados a los puertos, se necesitan **proyecciones** de los cambios futuros en los parámetros y procesos climáticos pertinentes.

Al igual que ocurre con los datos de referencia, existen muchas fuentes de información diferentes sobre las proyecciones del cambio climático con distintas resoluciones espaciales y temporales. También hay **incertidumbre**, y para muchos parámetros y procesos, los niveles de incertidumbre aumentan significativamente con el **tiempo**.

#### 3.4.1. ESCENARIOS DE EMISIONES

Un escenario es una descripción de cómo puede desarrollarse el futuro, basada en un conjunto coherente de suposiciones sobre los principales factores impulsores, como la demografía, los procesos económicos, la innovación tecnológica, la gobernanza, los estilos de vida y las relaciones entre estas fuerzas impulsoras.

Los escenarios también pueden definirse únicamente en función de las fuerzas motrices geofísicas, como las emisiones o la abundancia de los gases de efecto invernadero (GEI), los aerosoles o los patrones de uso de la tierra. Los escenarios no son predicciones, sino que proporcionan una investigación de lo que ocurriría considerando las implicaciones de varios desarrollos y acciones (IPCC WGI, 2021a).

Los escenarios de cambio climático permiten considerar diversos **niveles de incertidumbre**. Para ello, ofrecen una visión de las consecuencias climáticas respectivas de una serie de **posibles condiciones futuras**, desde un escenario optimista en el que se aplican medidas eficaces de control de las emisiones a nivel mundial, hasta la continuación de las emisiones habituales o una situación de "ausencia de políticas".

Es importante señalar que los escenarios no son predicciones, aunque resultan útiles para entender las implicaciones de determinadas vías de desarrollo económico y acciones a ejecutar (PIANC, 2020b).

La referencia de posibles estados climáticos futuros descritos por estos escenarios constituye una herramienta para desarrollar respuestas en forma de medidas de adaptación que reconozcan y den cabida a estas incertidumbres.

#### 3.4.1.1. **Representative Concentration Pathways (RCP)**

En el **Quinto Informe del IPCC** se definieron cuatro nuevos escenarios de emisión: las Trayectorias de Concentración Representativas (*Representative Concentration Pathways, RCP*). Éstas se identifican por el forzamiento radiativo (FR) total que producirían en el año 2100. El forzamiento radiativo es la diferencia entre la insolación (luz solar) absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio, es decir, es el calor extra que la atmósfera retendrá como resultado de emisiones adicionales de gases de efecto invernadero, medido en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) (Wikipedia, 2021).

Los escenarios consideran el impacto de concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero y cubren el periodo de 1850 a 2100. Las cuatro trayectorias, que fueron objeto de una amplia modelización e investigación climática, describen cuatro futuros climáticos diferentes. Los RCP están etiquetados según un posible rango de valores de **forzamiento radiativo antropogénico en el año 2100**.

ESCENARIO	DESCRIPCIÓN
<b>RCP 2.6</b>	Es una vía de emisiones optimista que representa escenarios en la literatura que conducen a niveles de concentración de GEI muy bajos.
<b>RCP 4.5</b>	Es un escenario de estabilización en el que las emisiones de GEI alcanzan su punto máximo en 2040 y el forzamiento radiativo antropogénico total se estabiliza antes de 2100 mediante el empleo de una serie de tecnologías y estrategias para reducir las emisiones de GEI
<b>RCP 6.0</b>	Es un escenario de estabilización en el que las emisiones de GEI alcanzan su punto máximo en torno a 2080 y el forzamiento radiativo antropogénico total se estabiliza después de 2100
<b>RCP 8.5</b>	Es la vía más pesimista, caracterizada por el aumento de las emisiones de GEI a lo largo del tiempo, y representa los escenarios de la literatura que conducen a altos niveles de concentración de GEI

Tabla 16. Descripción de los escenarios RCP. Fuente: elaboración propia.

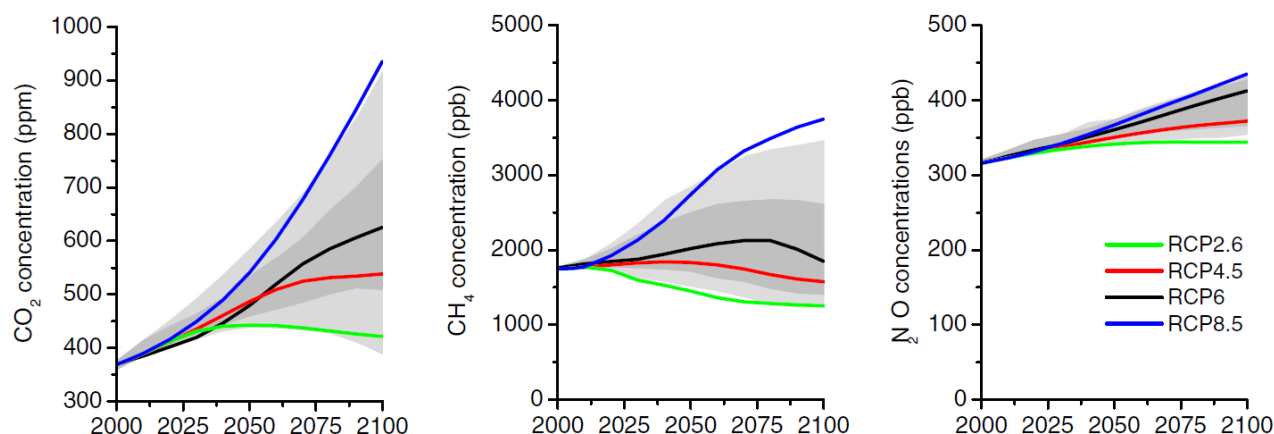


Figura 29. Trayectorias de concentración representativas (van Vuuren et al., 2011).

### 3.4.1.2. Shared Socio-Economic Pathways (SSP)

En el **Sexto Informe del IPCC** se establece un nuevo rango de escenarios basados en las “Trayectorias Socioeconómicas Compartidas” (*Shared Socio-economic Pathways, SSP*). El conjunto de nuevos escenarios reconoce que los niveles de forzamiento radiativo pueden ser alcanzados por diferentes vías de emisiones de CO<sub>2</sub>, gases de efecto invernadero (GEI) diferentes del CO<sub>2</sub>, aerosoles y uso del suelo. El conjunto de SSP establece relaciones entre niveles de forzamiento global y de pautas socioeconómicas:

- **SSP1: Sostenibilidad**
- **SSP2: Mitad del camino**
- **SSP3: Rivalidad regional**
- **SSP4: Desigualdad**
- **SSP5: Desarrollo impulsado por combustibles fósiles**

### 3.4.1.3. Combinación de escenarios

Ante la variedad de escenarios descrita, se utilizó una nueva modelización integrando las pautas socioeconómicas futuras con los niveles de forzamiento radiativo a final de siglo.

**SSPX-Y** es la abreviatura de un escenario, donde **X** es la numeración de la familia **socioeconómica** SSP (1 a 5) que se utilizó para desarrollar la vía de emisiones, e **Y** indica el valor aproximado de **forzamiento radiativo** alcanzado en 2100. Los escenarios SSPX-Y abarcan el rango nominal de 1,9 a 8,5 W/m<sup>2</sup>. Para cuantificar los escenarios SSPX-Y se utilizó una serie de modelos de evaluación integrada diferentes, pero cada modelo de evaluación integrada cuantificó tanto los futuros socioeconómicos (uso de la energía, uso del suelo, población, etc.) como varios futuros de emisiones dentro del mismo marco de modelización, mejorando así la coherencia entre los antecedentes socioeconómicos y sus futuros de emisiones resultantes. En cambio, el marco SSPX-RCPY combina los futuros socioeconómicos de SSP y los futuros de emisiones y concentraciones de RCP de forma aleatoria (IPCC WGI, 2021a).

A continuación, se presenta una tabla con el conjunto de los cinco SSPX-Y más empleados, configurando relaciones entre pautas socioeconómicas y niveles de forzamiento radiativo global a finales del siglo XXI.

SSPX-Y	DESCRIPCIÓN	CALENTAMIENTO ESTIMADO	
		2041 - 2060	2081 - 2100
SSP1-1.9	<b>Sostenibilidad – Emisiones de GEI muy bajas</b>	1,6 °C	1,4 °C
	Las emisiones de CO <sub>2</sub> se reducen a cero en 2050		
SSP1-2.6	<b>Sostenibilidad – Emisiones de GEI bajas</b>	1,7 °C	1,8 °C

	Las emisiones de CO <sub>2</sub> se reducen a cero en 2075		
<b>SSP2-4.5</b>	<b>Mitad del camino – Emisiones de GEI intermedias</b>	2,0 °C	2,7 °C
	Las emisiones de CO <sub>2</sub> se sitúan en torno a los niveles actuales hasta 2050, y luego disminuyen, pero no llegan a ser netas en 2100		
<b>SSP3-7.0</b>	<b>Rivalidad regional - Emisiones de GEI altas</b>	2,1 °C	3,6 °C
	Las emisiones de CO <sub>2</sub> se duplican en 2100		
<b>SSP5-8.5</b>	<b>Desarrollo impulsado por combustibles fósiles – Emisiones de GEI muy altas</b>	2,4 °C	4,4 °C
	Las emisiones de CO <sub>2</sub> se triplican en 2075		

Tabla 17. Combinación de escenarios SSPX-Y. Fuente: (Wikipedia, 2022d).

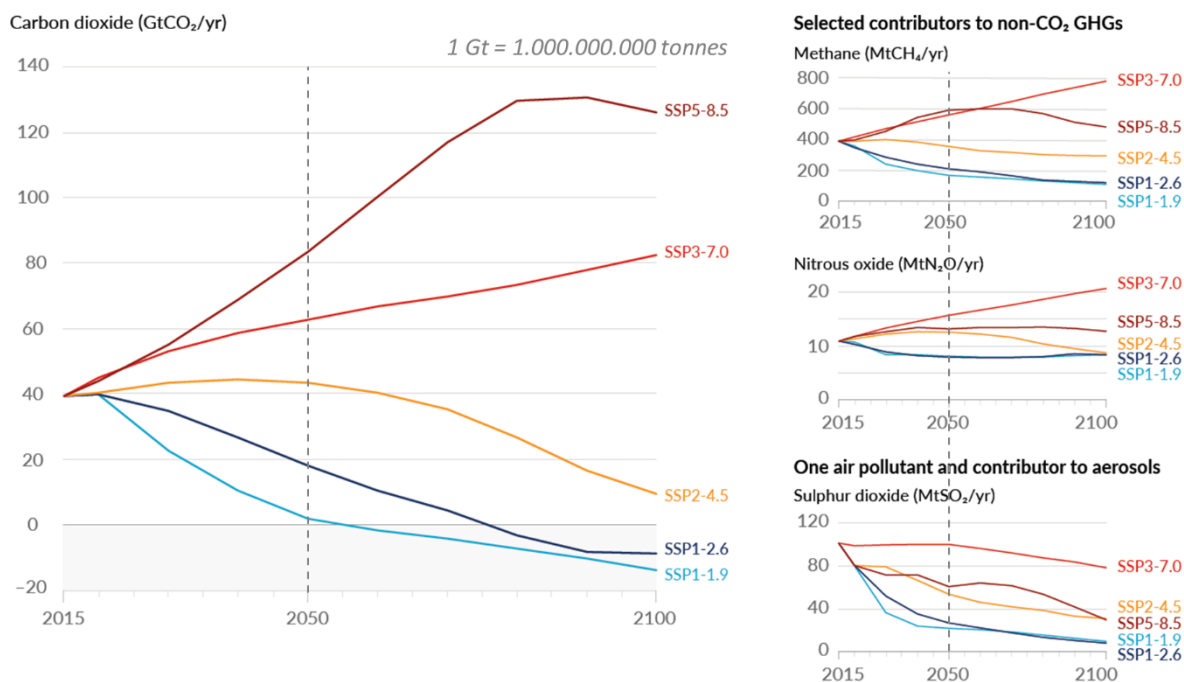


Figura 30. Futuras emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (izquierda) y de un subconjunto de factores clave no relacionados con el CO<sub>2</sub> (derecha), en cinco escenarios ilustrativos. Fuente: (Allan et al., 2021).

#### 3.4.1.4. Consideraciones

A nivel general, los escenarios no presentan diferencias en los próximos 10 años. En el entorno del año 2050 es cuando divergen significativamente. Si la planificación de un puerto considera menos de 30 años, el número de escenarios puede simplificarse usando una agrupación de las proyecciones. La recomendación es la siguiente (PIANC, 2020b):

- **Corto plazo (< 10 años):** datos históricos.
- **Medio plazo (10-30 años):** número de escenarios climáticos reducido → SSP2-4.5 / RCP4.5 y SSP5-8.5 / RCP8.5.
- **Largo plazo (> 30 años):** todos los escenarios climáticos.

#### 3.4.2. HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN

Se contemplan tanto los escenarios operativos en el corto plazo como los enfocados en la gestión en el medio plazo, que es relevante para la planificación y gestión de inversiones, vinculadas a los instrumentos de planificación portuaria.

Por lo tanto, en este estudio se plantean dos horizontes temporales para la planificación y gestión portuaria. Para el corto plazo se fija el año **2030**. En este periodo se trata de incluir medidas que consideren el cambio climático en los instrumentos de planificación portuaria, de

manera que, para el medio plazo, con año horizonte **2050**, se puedan plantear y llevar a cabo medidas de mayor envergadura.

### 3.4.3. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA

Las tendencias que se han proyectado en relación con este parámetro son las siguientes:

- **Aumento de las temperaturas máximas y mínimas**

El aumento de la temperatura media es claro y progresivo a lo largo del siglo XXI, siendo mayor en verano y para el escenario de cambio climático más emisor (RCP8.5). Las temperaturas máximas y mínimas del verano y otoño presentan un incremento más intenso que las del invierno y primavera. La Comunidad Valenciana es una de las zonas donde se produce mayor calentamiento (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020a).

- **Mayor número de días cálidos**
- **Aumento en la duración de las olas de calor**

Los cambios mayores se producirían tanto en las comunidades del levante español, como en la Región de Murcia, en Baleares y especialmente en Canarias (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020a).

Es muy probable que la frecuencia de las olas de calor aumente durante el siglo XXI independientemente del escenario de emisiones en cada región europea, y para los niveles de calentamiento global de 1,5°C y 2°C. Se prevé que el estrés térmico debido tanto a las altas temperaturas como a la humedad, que afecta a la mortalidad y la capacidad laboral, aumente en todos los escenarios de emisiones y calentamiento global para mediados de siglo (IPCC WGI, 2021c).

Como resumen de toda la información, la tabla siguiente muestra valores orientativos de los cambios que se esperan en un futuro relacionados con esta variable.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	2030	2050	
			SSP2-4.5 / RCP4.5	SSP5-8.5 / RCP8.5
Temperatura media del aire (°C)	CMIP6	17,3	17,8	18,4
	CORDEX Europa	17,2	17,6	18,1
Días con temperaturas superiores a 35 °C	CMIP6	11,7	14	17,3
	CORDEX Europa	11,3	14,9	17,4

Tabla 18. Resumen de proyecciones de temperatura. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

### 3.4.4. PRECIPITACIÓN

Las tendencias que se han proyectado en relación con este parámetro son las siguientes:

- **Disminución moderada de las precipitaciones**

Las precipitaciones tienden a disminuir en la mayor parte de España, siendo mayores en la parte noroeste de la Península y en los archipiélagos. En la Comunidad Valenciana se podrían alcanzar disminuciones del 10% en el año 2050 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020a).

- **Lluvias torrenciales e inundaciones**

La reducción de las precipitaciones medias anuales no conllevará necesariamente una disminución de los extremos. De hecho, se prevé un aumento de episodios de lluvias torrenciales e inundaciones y se está empezando a apreciar una ligera **intensificación** de los **fenómenos meteorológicos extremos** como la gota fría y los **temporales marítimos**.



Como resumen de toda la información, la tabla siguiente muestra valores orientativos de los cambios que se esperan en un futuro relacionados con esta variable.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	2030	2050	
			SSP2-4.5 / RCP4.5	SSP5-8.5 / RCP8.5
Precipitación total (mm/día)	CMIP6	1,4	1,3	1,3
	Cordex Europe	1,2	1	1,1
Precipitación máxima diaria (mm)	CMIP6	33,2	33,1	34
	Cordex Europe	51,7	53,2	54,5

Tabla 19. Resumen de proyecciones de precipitación. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

### 3.4.5. VIENTO

Las tendencias que se han proyectado en relación con este parámetro son las siguientes:

- **Disminución ligera en la velocidad media del viento**

El viento sufrirá una reducción ligera en su velocidad media, pero eso no significa que existan tormentas acompañadas de rachas de viento fuerte, capaces de provocar daños físicos.

Como resumen de toda la información, la tabla siguiente muestra valores orientativos de los cambios que se esperan en un futuro relacionados con esta variable.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	2030	2050	
			SSP2-4.5 / RCP4.5	SSP5-8.5 / RCP8.5
Velocidad del viento (m/s)	CMIP6	4,3	4,2	4,2
	Cordex Europe	3,3	3,3	3,3

Tabla 20. Resumen de proyecciones de viento. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

### 3.4.6. NIVEL DEL MAR

Las tendencias que se han proyectado en relación con este parámetro son las siguientes:

- **Aumento del nivel del mar**

Se prevé que el nivel del mar Mediterráneo siga subiendo durante las próximas décadas y siglos, con confianza alta, alcanzando probablemente entre **0,15 - 0,33 m en 2050**, y

- entre 0,3 - 0,6 m para el escenario SSP1-1,9 en 2100.
- entre 0,6 - 1,1 m para el escenario SSP5-8,5 en 2100 (en relación con 1995-2014)

No pueden excluirse valores incluso superiores y el proceso es irreversible a escala de siglos a milenios. Los riesgos de inundaciones costeras aumentarán en las zonas bajas a lo largo del 37% del litoral mediterráneo que actualmente alberga a 42 millones de personas. Se prevé que el número de personas expuestas a la subida del nivel del mar aumente hasta 2050, especialmente en la región del sur y el este del Mediterráneo, y puede alcanzar hasta un 130% en comparación con el presente en 2100 (IPCC WGII, 2022b).

Como resumen de toda la información, la tabla siguiente muestra valores orientativos de los cambios que se esperan en un futuro relacionados con esta variable.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	2030	2050	
			SSP2-4.5 / RCP4.5	SSP5-8.5 / RCP8.5
Aumento del nivel del mar (m)	CMIP6	0,1	0,2	0,3

Tabla 21. Resumen de proyecciones de nivel del mar. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).



### 3.4.7. OLEAJE

Las tendencias que se han proyectado en relación con este parámetro son las siguientes:

- **Estabilidad con ligera tendencia a disminuir**

Los resultados de las proyecciones a futuro muestran que el valor de la altura de ola y el periodo de pico tiende a **disminuir** tanto a corto como a largo plazo, en la mayor parte de la costa española, incluyendo la Comunidad Valenciana.

Existe concordancia en el signo del cambio de la altura de ola significativa media en la mayoría de los modelos climáticos. Esta concordancia disminuye cuando se analizan los valores extremos, principalmente a corto plazo (Ramírez Pérez et al., 2019).

### 3.4.8. TORMENTAS

Las tendencias que se han proyectado en relación con este parámetro son las siguientes:

- **Aumento de la frecuencia y severidad de los fenómenos extremos**

El calentamiento global está provocando un aumento de la temperatura del Mar Mediterráneo en verano, generando gran cantidad de vapor de agua, un acontecimiento que traerá lluvias de gran intensidad en la recta final de verano e inicio de otoño, en forma de DANAS.

La liberación de calor latente del cambio de fase o estado del agua actúa como suministro de energía para los sistemas convectivos, por ello, **el agua cálida es el mejor «combustible» para el desarrollo de las nubes de tormenta**. Ante un escenario de cambio climático, en el que el mar está cada vez más cálido, las DANAs suponen una situación de peligro, especialmente en los meses de septiembre y octubre (Eltiempo.es, 2020).

En general, cuantificar el efecto del cambio climático en las tormentas extremas es un reto, en parte porque las tormentas extremas son raras, de corta duración y locales, y los eventos individuales están muy influenciados por la variabilidad estocástica.

El alto grado de variabilidad aleatoria hace que la detección y atribución de las tendencias de las tormentas extremas sea más incierta que la detección y atribución de las tendencias de otros aspectos del entorno en el que evolucionan las tormentas (por ejemplo, las tendencias de la temperatura a mayor escala).

Proyectar los cambios en las tormentas extremas es también un **reto** debido a las limitaciones en la capacidad de los modelos para representar con precisión los procesos físicos a pequeña escala que pueden impulsar estos cambios. A pesar de los desafíos, se han hecho progresos desde el Quinto Informe de Evaluación (IPCC WGI, 2021b).

Sin embargo, se puede asegurar que se proyecta un aumento de la frecuencia y severidad de fenómenos extremos como los temporales, las DANAs o los *medicanes* que potencialmente pueden afectar a las costas valencianas.

## 4. EVALUACIÓN DE RIESGOS

La finalidad de este capítulo es identificar los peligros presentes y futuros en los puertos de interés general de la Comunidad Valenciana y realizar una evaluación de los riesgos que entrañan.

Se reúne la información sobre los puertos y la comprensión de los cambios proyectados en los parámetros y procesos climáticos a los que los activos y operaciones son susceptibles, para identificar y evaluar los riesgos potenciales asociados al cambio climático.

Un análisis de riesgos del cambio climático explora la **probabilidad** relativa (posibilidad o probabilidad) de que se produzca el **peligro** climático y la naturaleza y la aceptabilidad relativa de las **consecuencias** asociadas (impactos).

Para disponer de información más detallada, consultar el **Anejo 3. Evaluación de Riesgos**.

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

La **ubicación** de los puertos en las costas y ríos supone una alta exposición a una gran variedad de peligros. Además, su vida útil de larga duración los convierte en altamente sensibles a los cambios en las condiciones climáticas.

El conjunto de peligros que genera el **cambio climático** tiene un **gran impacto** potencial en **los puertos** y compromete su actuación futura causando retrasos e interrupciones en la operativa portuaria o daños en las infraestructuras y activos. Como consecuencia, la economía regional, las cadenas de suministro y la población costera podrían verse especialmente afectadas.

Con la firma del Acuerdo de París por parte de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC) en 2015, se fomentaba la mitigación y adaptación al cambio climático. El esfuerzo de las *Naciones Unidas* y la creciente preocupación en el sector portuario se refleja en iniciativas como el *Programa de Acción Climática de los Puertos del Mundo* (*World Ports Climate Action Program, WPCAP*), que está integrado por puertos como el de Valencia (*World Port Sustainability Program, 2021*). Este tipo de iniciativas mejoran la resiliencia a los cambios en el clima a través de estrategias de adaptación, aunque se encuentren todavía en la etapa de planificación en la mayoría de los puertos.

Con respecto a la **adaptación**, el primer paso necesario es analizar los **riesgos** del cambio climático para obtener información acerca de la resiliencia de un determinado puerto y la necesidad de inversiones en las próximas décadas. Actualmente, pocos estudios han abordado este tema.

#### 4.2. DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD (P)

Hay muchas **incertidumbres** inherentes a la ciencia del clima, incluso en la proyección de **futuros cambios** en las emisiones de GEI y en la escala a la que se modelan los cambios. Por lo tanto, no es posible tener la certeza de que un determinado escenario de cambio climático se vaya a realizar.

En los casos en los que se ha identificado el potencial de un cambio en la vulnerabilidad bajo un determinado escenario, es por tanto necesario determinar la probabilidad relativa de que se produzca el peligro o se supere el umbral. La tabla siguiente ilustra cómo puede describirse y calificarse la probabilidad en términos cualitativos, cuantificarse utilizando una escala simple de 1 a 5 y presentarse utilizando un código de colores, tras un análisis inicial.

DESCRIPCIÓN DE LA PROBABILIDAD	CALIFICACIÓN	
Se espera que la amenaza climática se produzca, que se supere el umbral o que haya otro impacto significativo dentro del horizonte de planificación de la adaptación en todos los escenarios de cambio climático investigados.	Casi seguro	5
Es probable que se produzca la amenaza climática, que se supere el umbral o que se produzca otro impacto significativo dentro del horizonte de planificación de la adaptación en algunos de los escenarios de cambio climático investigados.	Probable	4
Es posible que se produzca la amenaza climática, que se supere el umbral o que se produzca otro impacto significativo dentro del horizonte de planificación de la adaptación en algunos de los escenarios de cambio climático investigados.	Posible	3

El peligro climático podría producirse, o podría superarse el umbral o podría haber otro impacto dentro del horizonte de planificación de la adaptación en uno o más de los escenarios de cambio climático investigados.	Improbable	2
No se espera que el peligro climático (o la superación del umbral o la manifestación de un impacto) se produzca, salvo en circunstancias excepcionales, dentro del horizonte de planificación de la adaptación en la mayoría de los escenarios de cambio climático investigados.	Raro	1

Tabla 22. Determinación de la probabilidad. Fuente: (PIANC, 2020a).

### 4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS (C)

Los peligros climáticos son fuentes de daño que pueden afectar a los activos, las operaciones y los sistemas de los puertos de muchas maneras diferentes. Los riesgos se pueden clasificar en cuatro grupos:

- **Riesgos físicos** (para la integridad de los activos, el estado, el riesgo físico)
- **Riesgos operativos** (para la seguridad, la protección, los retrasos, los cierres)
- **Riesgos empresariales** (para la continuidad, la reputación, la eficiencia, las finanzas)
- **Riesgos medioambientales** (contaminación, peligros, servicios del ecosistema)

La consecuencia global de un peligro de cambio climático para un activo, operación o sistema crítico es una función de la naturaleza del impacto o impactos, su magnitud y gravedad. Estas características pueden derivarse y describirse utilizando diferentes enfoques que van desde la opinión de los expertos o los métodos estadísticos simples hasta la modelización y la evaluación detalladas.

**Las partes interesadas deben participar en la identificación y evaluación de los posibles impactos del cambio climático y sus consecuencias.** Aunque los intereses y prioridades de las partes interesadas pueden ser diferentes de los de la Autoridad Portuaria, es esencial que se reconozcan para que se puedan reconocer y explorar posibles medidas de adaptación que beneficien a todos.

La tabla siguiente ilustra cómo se deriva la calificación de las consecuencias **de la materialización de un determinado riesgo**, sobre la base de una descripción genérica y cualitativa. Estos criterios se emplearán en el desarrollo de este estudio.

DESCRIPCIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	CALIFICACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectar de forma irremplazable o permanente a activos, operaciones o sistemas críticos y, por tanto, amenazar la viabilidad del puerto con posibles implicaciones para la economía regional o nacional.</li> <li>- Provocar potencialmente la pérdida de vidas.</li> <li>- Causar una contaminación significativa e irreversible con sustancias peligrosas.</li> <li>- Impedir la importación o distribución de ayuda tras la catástrofe.</li> <li>- Tener implicaciones similares potencialmente catastróficas.</li> </ul>	Catastrófico	5
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener un efecto significativo y negativo a largo plazo en los activos, operaciones o sistemas críticos y, por tanto, comprometer la continuidad de la actividad del puerto.</li> <li>- Provocar potencialmente lesiones graves.</li> <li>- Provocar impactos medioambientales significativos o irreversibles.</li> <li>- Comprometer la importación o distribución de ayuda tras la catástrofe.</li> <li>- Tener implicaciones similares potencialmente importantes.</li> </ul>	Grave	4

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener un efecto negativo, localmente significativo y/o a corto o medio plazo en los activos, operaciones o sistemas críticos con implicaciones para la continuidad de la actividad en las partes afectadas del puerto.</li> <li>- Provocar potencialmente lesiones menores.</li> <li>- Causar impactos medioambientales moderadamente significativos.</li> <li>- Afectar a la capacidad de la instalación para importar o distribuir eficazmente la ayuda tras la catástrofe.</li> <li>- Tener implicaciones similares moderadamente significativas.</li> </ul>	Moderado	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectar temporalmente a la eficiencia o eficacia de activos, operaciones o sistemas críticos o a aspectos de los mismos, pero sin implicaciones significativas para la continuidad de la actividad en general.</li> <li>- Causar impactos medioambientales de poca importancia.</li> <li>- Interrumpir aspectos de la importación o distribución de ayuda tras la catástrofe.</li> <li>- Tener implicaciones similares de poca importancia.</li> </ul>	Leve	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener implicaciones insignificantes para los activos, operaciones o sistemas críticos y, por tanto, para la continuidad de la actividad.</li> <li>- Afectar de forma insignificante al medio ambiente o a la importación y distribución de ayuda tras la catástrofe.</li> </ul>	Insignificante	1

Tabla 23. Determinación de las consecuencias. Fuente: (PIANC, 2020a).

#### 4.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO

Combinando la **probabilidad** de la amenaza climática y las calificaciones de las **consecuencias** se puede elaborar una matriz de riesgo. A continuación, se muestra el formato típico para presentar los resultados del análisis de riesgos utilizando un enfoque de "semáforo" ampliamente aplicado. En este ejemplo, las puntuaciones de riesgo se muestran mediante colores y/o valores numéricos.

Para obtener el nivel de riesgo, simplemente se multiplicará el valor de la **probabilidad (1-5)** y el valor de las **consecuencias (1-5)**, de manera que se obtendrá un valor entre 1 y 25, asociado con un nivel del riesgo determinado.

RIESGO		↓ Probabilidad ↓				
		Raro (1)	Improbable (2)	Posible (3)	Probable (4)	Casi seguro (5)
Impacto →	Catastrófico (5)	5	10	15	20	25
	Grave (4)	4	8	12	16	20
	Moderado (3)	3	6	9	12	15
	Leve (2)	2	4	6	8	10
	Insignificante (1)	1	2	3	4	5

Tabla 24. Clasificación del riesgo (1). Fuente: (PIANC, 2020a).

Cada nivel de riesgo requiere aplicar un tipo de medida, que van desde las menos prioritarias a las más prioritarias, según se establece en la tabla siguiente.

NIVEL DE RIESGO	ACCIÓN DE ADAPTACIÓN REQUERIDA
<b>Muy alto (20-25)</b>	Se requiere una acción de adaptación inmediata
<b>Alto (10-19)</b>	Se requiere una acción de adaptación de alta prioridad
<b>Moderado (5-9)</b>	Las acciones de adaptación se llevarán a cabo mediante la gestión diaria (prioridad media)
<b>Bajo (0-4)</b>	Los riesgos se gestionarán mediante procedimientos internos rutinarios (prioridad baja)

Tabla 25. Clasificación del riesgo (2). Fuente: (PIANC, 2020a).

Posteriormente se realizará una evaluación de los riesgos asociados a cada una de las variables o factores climáticos que se han estudiado hasta el momento.

Es importante destacar que esta evaluación ofrece **resultados generales** de cada uno de los riesgos, considerando como horizonte temporal el año 2050. **El nivel de riesgo es una forma de evaluar el impacto que podría tener el desarrollo de un fenómeno en un momento determinado**, de manera que una adaptación previa ayudaría a disminuir el impacto del riesgo. El nivel de riesgo puede variar en función de la época del año y de la coyuntura del tiempo en cada momento.

A continuación, los riesgos se dividirán en **dos grupos**: los riesgos que están vinculados a la **temperatura** y los que están vinculados al **resto de variables**. El motivo de esta agrupación es que la temperatura genera unos riesgos que no son compartidos por el resto de las variables.

En ese sentido, las variables precipitación, viento, nivel del mar y oleaje se presentan juntas cuando se produce un fenómeno extremo como una tormenta (temporal, DANA, *medicane*, ...).

#### 4.4.1. RIESGOS ASOCIADOS A LA TEMPERATURA

- **Empeoramiento de las condiciones de trabajo en el exterior**

Los estibadores que trabaja en el exterior de las terminales portuarias podrán estar sujetos a condiciones de trabajo, en la temporada de verano, que puedan producirles golpes de calor.

- **Aumento de la demanda energética**

Se prevé que el calentamiento futuro conduzca a la superación de los umbrales del *Índice de grados-día de refrigeración*, Esto es la unidad de medida del grado de rigor climático de un lugar, en la temporada cálida, ya que relaciona la temperatura media con una cierta temperatura de confort para refrigeración.

De esta manera, se prevé un aumento potencial de la demanda de energía para la refrigeración en el sur de Europa, con incrementos que probablemente superen el 40% en algunas zonas para el año 2050 bajo RCP8.5, con alta confianza (IPCC WGI, 2021c).

##### 4.4.1.1. Evaluación

Puerto	Peligro	Riesgo	Categoría	P	C	Nivel de riesgo	
Todos	Aumento de la temperatura media	TP1 - Empeoramiento de las condiciones de trabajo en el exterior	Operativo	5	4	20	Muy alto
	Aumento de la duración de las olas de calor	TP2 - Aumento en el mantenimiento de las instalaciones y equipos	Empresarial	4	2	8	Moderado
Valencia	Aumento de la temperatura media Aumento de la duración de las olas de calor	TP3 - Aumento de la demanda energética (contenedores frigoríficos)	Empresarial	5	3	15	Alto

Tabla 26. Evaluación de riesgos relacionados con la temperatura. Fuente: elaboración propia.

- **TP1 - Empeoramiento de las condiciones de trabajo en el exterior**

El aumento de las temperaturas y la duración de las olas de calor, sobre todo en verano, es algo casi seguro (5) y las consecuencias pueden ser graves (4) en relación con las condiciones de trabajo. Este riesgo se cataloga como **muy alto** debido a que puede ocasionar en última instancia la muerte de un trabajador por un golpe de calor si no se cumplen unas determinadas condiciones de trabajo compatibles con la salud. Se trata de un riesgo que requiere acción de adaptación inmediata.



- **TP2 - Aumento en el mantenimiento de las instalaciones y equipos**

Toda la maquinaria e instalaciones puede verse sometida a un calor intenso que deteriore con más rapidez sus componentes, de manera que tanto el mantenimiento preventivo como correctivo se realicen con una mayor frecuencia. A pesar de que la probabilidad es alta (4), las consecuencias son de carácter leve (2), sin llegar a tener grandes implicaciones, más allá de un mayor gasto en mantenimiento. Se trata de un nivel de riesgo **moderado** que requiere ser incluido en la gestión diaria.

- **TP3 - Aumento de la demanda energética (contenedores frigoríficos)**

Los contenedores frigoríficos necesitan estar conectados a la red eléctrica para que su instalación funcione. Así se mantiene una determinada temperatura en su interior para conservar en buen estado las mercancías. Este aspecto tiene especial importancia en el **Puerto de Valencia**, donde hay casi 3.000 conexiones para contenedores frigoríficos. Se trata de un riesgo nivel de riesgo **alto** que requiere adaptación de alta prioridad.

#### 4.4.2. RIESGOS ASOCIADOS AL RESTO DE VARIABLES

- **Reducción de visibilidad**

Como consecuencia de las precipitaciones extremas, algunos puertos pueden tener problemas de **visibilidad** para la maniobrabilidad de los buques, así como padecer **inundaciones** en viales interiores y terminales e incluso en los accesos al puerto.

- **Interrupción de la operativa**

En caso de precipitaciones muy intensas, es necesario paralizar las **operaciones** de carga/descarga de gráneles sólidos, o limitar algunas operaciones en otras terminales. También puede darse algún fallo eléctrico como consecuencia de la intrusión de agua.

En el **Puerto de Valencia** las precipitaciones extremas pueden obligar a liberar el atraque frente a la desembocadura del río Turia para facilitar la evacuación de las aguas.

Los vientos extremos también dificultan la operativa de **carga y descarga** de determinadas mercancías. En el caso de contenedores, pueden obligar a paralizar el servicio de grúas portuarias o a limitar la altura de su apilamiento, debido a que se superan determinados umbrales en la velocidad del viento.

- **Limitación de acceso y maniobrabilidad de buques**

Los vientos extremos limitan ocasionalmente el **acceso** de determinados tipos de buques al puerto y sus **maniobras** de atraque y desatraque en pantalanes. Excepcionalmente, pueden llegar a poner en riesgo la **permanencia** segura de los buques amarrados y/o fondeados.

El 28 de septiembre de 2012, dos buques quedaron varados en la playa de El Saler (**Valencia**) después de garrar cuando estaban en el fondeadero de Valencia. La causa fue el fuerte viento del NE (60 nudos) del temporal marítimo.



Figura 31. Dos buques varados en la playa de El Saler (Valencia) el 28 de septiembre de 2012. Fuente: (Puertos del Estado & Ministerio de Fomento, 2016).

Asimismo, un oleaje excesivo en la bocana puede dificultar la maniobrabilidad de los buques y suponer una limitación para su entrada y salida. También puede limitar la toma de remolque o condicionar su operación.

- **Rebase**

El rebase causa problemas esporádicos en la operación portuaria en alrededor la mitad de los puertos españoles. En buena parte de las ocasiones suele ser suficiente interrumpir el paso de **vehículos** y de **personas** en las zonas más expuestas con objeto de evitar daños. En un menor número de casos, el rebase puede reducir la actividad portuaria en determinados muelles, al afectar a instalaciones portuarias, provocar el cierre operativo de algunos atraques o impedir la movilidad por los viales de dique y contradique.



Figura 32. Rebase en el Puerto Olímpico de Barcelona. Fuente: (Diario Público, 2020).

El hecho de que un dique sea rebasado con cierta frecuencia no implica necesariamente que sea un problema, siempre que se haya tenido en cuenta en su diseño.

- **Cierre del puerto al tráfico marítimo**

Este riesgo es la consecuencia última de que se produzcan los riesgos anteriormente mencionados. Para dar respuesta a las necesidades de seguridad en mitad de un temporal es lógico evitar el acceso al puerto de buques.

- **Vertidos**

Como consecuencia de las lluvias intensas, se producen también **vertidos** en las dársenas interiores del puerto por rebose de la red de saneamiento de la ciudad, con la afección consiguiente a la calidad del agua.

- **Reducción de la calidad del aire**

Con todo, los problemas más frecuentes en el sistema portuario español provienen de la incidencia que tiene la manipulación de **gránulos pulverulentos** en el aumento de partículas sólidas en **suspensión** y en el empeoramiento de la calidad del aire, que afectan a operadores portuarios adyacentes y a áreas urbanas próximas.

Esta afección puede conllevar la paralización de las operaciones en caso de superación de límites legales, riesgo de dispersión de alérgenos e incluso en situaciones de especial sensibilización de la población afectada.

#### 4.4.2.1. Evaluación

Puerto	Peligro	Riesgo	Categoría	P	C	Nivel de riesgo	
						Valor	Descripción
Todos	Tormenta <i>Precipitación intensa</i> <i>Viento extremo</i> <i>Aumento del nivel del mar</i> <i>Oleaje extremo</i>	T1 - Reducción de visibilidad	Operativo	4	2	8	Moderado
		T2 - Interrupción operativa	Operativo Empresarial	4	3	12	Alto
		T3 - Limitación en la maniobrabilidad de los buques	Operativo	3	3	9	Moderado
		T4 - Rebase (daños en instalaciones)	Operativo Físico	4	4	16	Alto
		T5 - Rebase (daños en personas)	Operativo	4	5	20	Muy alto
		T6 - Cierre del puerto al tráfico marítimo	Operativo Empresarial	4	3	12	Alto
Castellón Alicante	Tormenta <i>Precipitación intensa</i> <i>Viento extremo</i> <i>Aumento del nivel del mar</i> <i>Oleaje extremo</i>	T7 - Vertidos	Medioambiental	4	2	8	Moderado
		T8 - Reducción de la calidad del aire	Medioambiental	3	2	6	Moderado

Figura 33. Evaluación de riesgos asociados a los fenómenos extremos. Fuente: elaboración propia.

- **T1 - Reducción de visibilidad**

La reducción de visibilidad es especialmente peligrosa y tiene como impacto asociado la paralización de la operativa. Sus consecuencias se consideran generalmente leves (2), con afectaciones de carácter temporal. Se trata de un **riesgo moderado**, que requiere ser incluido en la gestión diaria.

- **T2 - Interrupción operativa**

Este riesgo es habitual si se produce una fuerte precipitación. En ese caso las terminales no pueden operar con normalidad, llegándose a producir el cierre total del puerto, ocasionando retrasos y pérdidas económicas, es decir, consecuencias moderadas (3). Se trata de un **riesgo alto** que requiere adaptación de alta prioridad.

- **T3 - Limitación en la maniobrabilidad de los buques**

Un temporal con fuerte viento es motivo de cierre del acceso de buques al puerto. Es preferible esperar antes que realizar una maniobra arriesgada tanto para el propio buque como para los prácticos. Se trata de un **riesgo moderado**, que requiere ser incluido en la gestión diaria.

- **T4 - Rebase (daños en instalaciones)**

El rebase se produce como consecuencia de fenómenos extremos de oleaje vinculados a temporales. Es uno de los fenómenos que puede tener más impacto si se agrupa con el aumento del nivel del mar. Así pues, el caudal de agua que rebasa el dique afectará en mayor o menor medida a los activos que se encuentren tras el espaldón, causando daños físicos y la necesidad de realizar inversiones para reparar los desperfectos.

La probabilidad de que se produzcan temporales que causen rebase es alta (4) y las consecuencias son graves (4). Por lo tanto, el nivel de **riesgo es alto**, cuando se produce un temporal, habrá rebase.

- **T5 - Rebase (daños en personas)**

Cuando se superan ciertos caudales de agua, la integridad física de las personas está en peligro. Parece evidente pensar que en una situación de temporal nadie estará transitando por el trasdós del dique, pero si eso ocurriera podrían ocurrir una situación catastrófica (5), con pérdida de vidas humanas. El nivel de **riesgo** se considera **muy alto**.

- **T6 - Cierre del puerto al tráfico marítimo**

Es probable (4) que los temporales acaben ocasionando el cierre del puerto al tráfico marítimo, por lo que se esperarán retrasos, con sus correspondientes consecuencias económicas en la comunidad portuaria (3). Por lo tanto, se trata de un nivel de **riesgo alto**.

- **T7 - Vertidos**

Este riesgo está muy vinculado al riesgo de inundación porque tiene los mismos impactos. Las escorrentías generadas por las precipitaciones arrastran el material a las dársenas, en forma de vertidos con el siguiente impacto:

- Alteración de la calidad de las aguas y posibles incumplimientos normativos.
- Reducción de calados y necesidad de dragados de mantenimiento.
- Contaminación de sedimentos e incremento del coste de dragado.
- Daños a otras actividades por alteración de la calidad del agua.
- Aumento de riesgo de eutrofización y de generación de malos olores.

Se trata de un riesgo **moderado**, que requiere ser incluido en la gestión diaria.

- **T8 - Reducción de la calidad del aire**

El viento se convierte en un agente de transporte de los graneles sólidos, especialmente si se trata de fuerte viento que actúa sobre almacenamiento de graneles sólidos a la intemperie, como ocurre en el **Puerto de Castellón** y el **Puerto de Alicante**. Este riesgo tiene los siguientes impactos asociados:

- Contaminación del aire y posibles incumplimientos normativos.
- Contaminación del agua por deposición de partículas.
- Problemas de seguridad por deterioro de la visibilidad.
- Daños a otras actividades o mercancías por deposición de polvo y contaminación cruzada.
- Incremento del coste de mantenimiento y limpieza de maquinaria y de instalaciones.
- Incremento de los riesgos de salud laboral.

Se trata de un riesgo **moderado**, que requiere ser incluido en la gestión diaria.



## 4.5. RIESGOS INDIRECTOS

En este capítulo se tratarán de ofrecer una serie de riesgos que **no afectan directamente a los puertos** pero que pueden tener **influencia en el desarrollo de la actividad portuaria**.

Los peligros de cambio climático descritos anteriormente provocan una serie de riesgos en cascada sobre los sistemas ecológicos y sectores económicos españoles. Entre ellos, se destacan los siguientes:

### 4.5.1. RECURSOS HÍDRICOS

Los cambios en el ciclo natural del agua inciden en la **cantidad y calidad** de los recursos hídricos disponibles, con implicaciones para la agricultura y la ganadería, el abastecimiento urbano, la producción hidroeléctrica y los ecosistemas, afectando especialmente, en este último caso, a los procesos ecológicos, las especies y hábitats ligados a ecosistemas acuáticos.

### 4.5.2. ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

El cambio del clima también potencia la **colonización** de nuestro territorio por parte de especies exóticas invasoras o la ampliación del área de distribución de las que ya se encuentran en él. Estos cambios incluyen, por ejemplo, el incremento del área de distribución de especies que actúan como vectores de transmisión de enfermedades. Por otra parte, las especies exóticas pueden desplazar a las especies autóctonas, poniendo en peligro su estabilidad.

### 4.5.3. INCENDIOS

Aspectos como el incremento de la sequedad del suelo o las temperaturas elevadas incrementan, a su vez, el peligro de incendios forestales, haciendo más frecuentes las condiciones favorecedoras de grandes incendios.

### 4.5.4. SALUD HUMANA

El cambio climático afecta a la salud de la población española a través de sus efectos directos (olas de calor y otros eventos extremos, como inundaciones y sequías) pero también a través de efectos indirectos (aumento de la contaminación atmosférica y aeroalérgenos, cambio en la distribución de vectores transmisores de enfermedades, pérdida de la calidad del agua o de los alimentos).

A pesar de la tendencia al incremento de las temperaturas, la mortalidad atribuible a las olas de calor en España ha sufrido un retroceso significativo en el periodo 2004-2013 respecto a las dos décadas previas. El impacto de la ola de calor del verano de 2003 y la puesta en marcha, en el año siguiente, del *Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud*, podrían haber actuado como revulsivos para este cambio de tendencia.

Sin embargo, se calcula que este verano (2022) han muerto más de 4.600 personas por causas relacionadas con las altas temperaturas. Asimismo, aseguran expertos que en España podría haber hasta 13.000 muertes al año atribuidas al calor, en vez de las 1.300 de media anual que se produjeron en el periodo 2000-2009 (RTVE.es, 2022).

### 4.5.5. SECTOR AGRARIO

La agricultura, la ganadería y la silvicultura son sectores estrechamente dependientes del clima y del suelo. El impacto del cambio climático varía en función de factores como la localización geográfica y subsector (tipo de cultivo o ganadería). No obstante, en general, el aumento de temperatura incrementará el **estrés hídrico**, disminuyendo la producción de algunas cosechas.



Además, los cambios en la estacionalidad y la variabilidad del clima tendrán un efecto significativo en el rendimiento y, previsiblemente, también en la calidad de los productos agrícolas, ganaderos y silvícolas. La degradación de los suelos y la desertificación limitará el espacio potencialmente adecuado para determinados cultivos. Por otra parte, es previsible un mayor impacto potencial de los **fenómenos meteorológicos extremos**, que serán más frecuentes y virulentos. A esto se le une una mayor ocurrencia de fenómenos extremos y aparición de nuevas plagas y enfermedades, tanto en cultivos como animales.

El calor excesivo supone un impacto sobre el **bienestar animal**, con repercusiones negativas sobre la producción. En algunas zonas, la pérdida de productividad de los pastos es otro factor que puede incidir negativamente en el aprovechamiento ganadero.

Finalmente, hay que destacar que las alteraciones derivadas del cambio climático también afectan a los **recursos pesqueros, marisqueros y acuícolas**.

#### 4.5.6. TURISMO

El cambio climático afecta al sector turístico a través de tres vías complementarias:

- Impacto sobre algunos **recursos clave** que sustentan el sector (elementos como la nieve o los arenales costeros constituyen recursos clave en el caso del turismo de nieve y de sol y playa, respectivamente)
- Impacto sobre las **infraestructuras turísticas** (por ejemplo, las situadas en el borde litoral, como los paseos marítimos)
- Impactos sobre la propia **demanda turística** (por ejemplo, el exceso de calor estival limita la demanda de turismo urbano en zonas sometidas a altas temperaturas en el verano).

Por otro lado, las mejores condiciones en los sitios de origen pueden conllevar reducciones en la demanda de destino, lo que es importante para España, que es uno de los grandes receptores de turismo internacional.

#### 4.5.7. RECURSOS COSTEROS

El aumento del nivel del mar y el incremento del poder destructivo de los **temporales** marítimos producen impactos diversos en el litoral, incluyendo retrocesos en la línea de costa y cambios en el régimen sedimentario y erosivo, con efectos sobre los ecosistemas costeros, como arenales, deltas y estuarios, pero también sobre las infraestructuras y el medio construido.

#### 4.5.8. ENERGÍA

El cambio climático y la variabilidad climática producen impactos sobre diferentes componentes del sistema energético, afectando a los recursos energéticos (por ejemplo, a través de los cambios en la disponibilidad de viento, de sol o de agua), pero también en la generación, el transporte, distribución y almacenamiento de la energía, así como los patrones de consumo. En este último campo, los cambios incluyen una reducción del consumo asociado a la calefacción, pero también un incremento del asociado a la refrigeración, estimándose un aumento del 14% de los grados-día de refrigeración por década en el periodo 2010- 2049.

#### 4.5.9. SOCIEDAD

El cambio climático impacta sobre los rasgos específicos de los sistemas sociales, tanto por las implicaciones de sus impactos directos como por las consecuencias de las medidas de adaptación que se apliquen para afrontarlos. Estos impactos están relacionados con aspectos como la **economía** y el **trabajo**, la **cultura**, el **patrimonio** y los valores identitarios, la go-

bernanza, la distribución de población en el territorio, la cohesión social, la conflictividad asociada al aprovechamiento de los recursos naturales, la desigualdad social, incluida la desigualdad de género, y otros aspectos de naturaleza social.

#### 4.5.10. PATRIMONIO CULTURAL

Algunos de los efectos del cambio climático en el patrimonio cultural son ya visibles: muchos bienes inmuebles ubicados cerca de la costa se ven afectados por la subida del nivel del mar (baterías de costa, recintos fortificados, conjuntos industriales pesqueros); las fluctuaciones del nivel freático afectan a la estabilidad estructural de edificios con interés histórico-cultural y el aumento de temperatura sumado a los efectos de la contaminación atmosférica provocan un incremento en los procesos de erosión física, química y mecánica.

Por otra parte, entendiendo los bienes culturales en todas sus dimensiones, no se pueden olvidar las alteraciones en los paisajes culturales, en las prácticas, conocimientos y rituales asociados a las actividades económicas agrícolas y modos de vida tradicionales provocados por el aumento de la desertificación, inundaciones y eventos extremos.

## 5. ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN

En este capítulo se establecen una serie de pasos para identificar y evaluar la aplicación de posibles medidas de **adaptación** que contribuyan al aumento de la **resiliencia** frente al cambio climático de los puertos de interés general de la Comunidad Valenciana.

Las opciones comprenden medidas o grupos de medidas para hacer frente a los riesgos identificados anteriormente. Estas etapas culminan con el desarrollo de "vías de adaptación". Una vía de adaptación describe una secuencia de acciones (medidas, modificaciones u otras intervenciones) que se aplican en respuesta a los cambios en las condiciones meteorológicas.

El enfoque global de la adaptación al cambio climático puede presentarse entonces como una estrategia de adaptación. La aplicación de las medidas de adaptación, y su posterior rendimiento en el cumplimiento de los objetivos de la estrategia se basan en el seguimiento.

Para disponer de información más detallada, consultar el **Anejo 4. Estrategias de Adaptación**.

### 5.1. INTRODUCCIÓN

#### 5.1.1. DESARROLLO RESILIENTE AL CLIMA (*Climate Resilient Development*)

El vínculo entre el cambio climático y el desarrollo sostenible está reconocido desde hace tiempo. El Quinto Informe de Evaluación introdujo el concepto de "desarrollo resistente al clima" para ayudar a evaluar las trayectorias de desarrollo que incluyen acciones coordinadas de adaptación y mitigación destinadas a reducir el riesgo climático.

El Sexto Informe de Evaluación del IPCC amplía el enfoque con una mayor atención a la equidad y a los procesos necesarios para seguir dichas trayectorias. Así, se define el **desarrollo resistente al clima** como "un proceso de aplicación de soluciones de mitigación y adaptación a los gases de efecto invernadero para apoyar el desarrollo sostenible para todos".

Las **vías de desarrollo resiliente al clima** son trayectorias que fortalecen el desarrollo sostenible y los esfuerzos para erradicar la pobreza y reducir las desigualdades, al tiempo que promueven reducciones justas y equitativas de las emisiones de GEI, y sirven para dirigir a las sociedades hacia futuros bajos en carbono, prósperos y ecológicamente seguros.

Las condiciones favorables que pueden acelerar el desarrollo resiliente al clima incluyen la gobernanza, las finanzas, la economía y la ciencia, la tecnología y la información. La búsqueda de la equidad y la justicia son tanto un factor facilitador como un resultado del desarrollo resiliente al clima. **El desarrollo resiliente al clima implica un proceso de acción, aprendizaje y respuesta, por lo que la capacidad de ese seguimiento y de la gestión iterativa del riesgo también representa una importante condición habilitante.**

Los gobiernos tienen un importante papel que desempeñar en la ampliación del espacio de soluciones, a menudo centrándose en la tecnología, la política y la financiación. Destaca el papel que tienen los ciudadanos, la sociedad civil, las instituciones del conocimiento, los medios de comunicación, los inversores y las empresas, y la importancia de ampliar los ámbitos de compromiso en los que interactúan (IPCC WGII, 2022a).

### 5.1.2. TIPOS DE MEDIDAS

Las medidas de adaptación compatibles con un desarrollo resiliente al clima pueden ser de diferentes tipos, en función de su naturaleza:

- **Físicas:** incluyen intervenciones estructurales, de ingeniería, tecnológicas, de sistemas y de servicios. Esta categoría de medidas abarca las medidas de ingeniería duras y blandas, las soluciones basadas en la naturaleza, las actividades de mantenimiento y los nuevos productos.
- **Sociales:** basadas en las personas, incluidas las medidas operativas, de gestión, educativas, de información y de comportamiento. La concienciación, la formación, la alerta temprana, la respuesta a incidentes, los planes de contingencia, las modificaciones operativas y la recogida de datos son ejemplos de esta categoría.
- **Institucionales:** incluye la gobernanza, la economía, la legislación, la reglamentación, las políticas y los programas. Esta categoría abarca los incentivos y sanciones legales y financieras, la cartografía y la zonificación, la planificación espacial y el papel de las normas de diseño o construcción.

Las medidas sociales e institucionales son especialmente importantes a la hora de prepararse para los retos que inevitablemente traerá el cambio climático. Dependiendo de la naturaleza de los riesgos identificados en el *Anejo 3. Evaluación de Riesgos*, los cambios en las operaciones, la gestión, el mantenimiento o el comportamiento podrían ser más rentables que una solución estructural o tecnológica, al menos a corto y medio plazo. Los cambios institucionales, por ejemplo, en la política o la financiación, también podrían formar parte de una solución a corto y medio plazo (PIANC, 2020c).

### 5.2. EL ROL DE LA INCERTIDUMBRE

Para muchas organizaciones, la adaptación al cambio climático supondrá una importante desviación de la actividad habitual. Las numerosas incertidumbres que hay que tener en cuenta significan que la "solución convencional" o la "opción más obvia" puede dejar de ser la más eficaz, tanto desde el punto de vista técnico como de los costes. Más bien hay que considerar una serie de posibles medidas estructurales, operativas e institucionales (tradicionales o novedosas) en función del lugar.

La selección de las medidas y combinaciones de medidas más eficaces y la determinación de cómo y cuándo pueden aplicarse mejor a lo largo del tiempo, a medida que las condiciones cambian, requerirán a menudo pensar de forma innovadora (PIANC, 2020c).

### 5.2.1. EVITAR LA “MALA ADAPTACIÓN”

A la hora de identificar las opciones para reforzar la resiliencia y adaptarse al cambio climático, hay que evitar la "mala adaptación". La mala adaptación significa no ajustarse adecuada o apropiadamente a un cambio previsto.

Si las decisiones de adaptación se toman sin comprender el panorama general, puede haber un **riesgo importante de diseño o inversión insuficiente o excesiva**. Es fundamental evitar una decisión que lleve a una solución con insuficiente flexibilidad o capacidad de ajuste en el futuro, o una inversión que sólo funcione si los parámetros climáticos cambian de una determinada manera o a un determinado ritmo. Tales decisiones pueden no ofrecer la funcionalidad prevista a lo largo del plazo previsto e incluso pueden dar lugar a mayores niveles de riesgo.

La selección de opciones a corto plazo o provisionales que fortalezcan la resiliencia o ayuden a reducir los riesgos relacionados con el clima puede ayudar a abordar las incertidumbres y a evitar la mala adaptación al dar tiempo para **recopilar datos, realizar estudios, explorar opciones alternativas o buscar inversiones adicionales**.

### 5.2.2. MEDIDAS A CORTO Y LARGO PLAZO

Los primeros pasos en una vía de adaptación serán a menudo medidas temporales, provisionales o a corto plazo. Además de la necesidad de evitar la mala adaptación, estas medidas pueden adoptarse para prolongar la funcionalidad de un bien existente porque la adaptación es demasiado compleja o porque el bien tiene una vida residual corta y, de todos modos, debe ser sustituido en unos años.

A corto y medio plazo, las soluciones basadas en la naturaleza que contribuyen a reforzar la resistencia de las infraestructuras o las operaciones existentes junto con otros beneficios pueden desempeñar un papel importante en una vía de adaptación.

### 5.2.3. INCLUIR LA INCERTIDUMBRE EN EL DISEÑO

Incluso con la aplicación de los escenarios descritos habrá situaciones en las que las incertidumbres pendientes relacionadas con el cambio climático exijan soluciones de ingeniería más flexibles de lo que es habitual en la actualidad.

Si es necesario reequipar o sustituir un activo, o si se introducen nuevas operaciones o sistemas, éstos deben diseñarse teniendo en cuenta la necesidad de futuras modificaciones, con suficiente contingencia, o deben ser reversibles cuando proceda. Las consecuencias de los fallos también deben ser comprendidas y tenidas en cuenta.

### 5.2.4. INCORPORAR LA FLEXIBILIDAD AL DISEÑO

Las condiciones extremas que se aplican para el diseño de infraestructuras como los diques, suelen corresponder a condiciones que se dan de media una vez cada 50 o 100 años. En cambio, las operaciones portuarias, como la manipulación de la carga o el practicaje, se rigen generalmente por condiciones ambientales más frecuentes.

A medida que el clima cambie, también lo harán los periodos de retorno. Existen algunas proyecciones, pero otros parámetros siguen siendo mucho más inciertos, tanto en lo que respecta a los eventos actualmente raros como a los relativamente comunes.

Es posible que se requiera un dique para proporcionar protección contra una tormenta de 1 en 100 años, pero puede que no haya suficiente certeza para entender cómo será esta tormenta dentro de 30 años. En lugar de limitarse a un único escenario de cambio climático e invertir en un dique de una altura determinada, puede ser **preferible diseñar la base y la**

**estructura de tal manera que pueda elevarse, reforzarse o modificarse de otro modo en años futuros, según lo exijan las condiciones.**

#### **5.2.5. INCORPORAR LA REDUNDANCIA**

Las incertidumbres del cambio climático exigen que se diseñe un nivel adecuado de redundancia en los aspectos vulnerables de las infraestructuras críticas. En este contexto, la redundancia significa la complementación o duplicación de funciones clave para aumentar la resistencia.

En las últimas décadas se ha tendido a dejar de incorporar la redundancia en el diseño porque las sofisticadas herramientas de modelización y diseño han fomentado una impresión de mayor seguridad. Por lo tanto, la duplicación deliberada (por ejemplo, proporcionar un generador de reserva) o el diseño excesivo (por ejemplo, añadir 0,1 m a la altura de un muro de muelle) pueden desviarse de la práctica reciente. Sin embargo, en un contexto de cambio climático, incluir la redundancia puede ayudar a reforzar la capacidad de adaptación, mejorar la longevidad general y reducir significativamente las pérdidas potenciales asociadas tanto a los cambios a largo plazo como a los fenómenos extremos.

#### **5.2.6. CONSIDERAR LAS CONSECUENCIAS DEL FALLO**

Las estructuras y operaciones deberán ser diseñadas para "fallar con elegancia" y no de forma catastrófica. Para lograrlo, podría ser necesario modificar el diseño, seleccionar un diseño diferente o introducir medidas complementarias para mejorar la resiliencia.

Por último, el incentivo económico para planificar el fallo también puede ser importante. Las incertidumbres inherentes a la adaptación al cambio climático, en particular a los fenómenos extremos, hacen que una proporción cada vez mayor de los proyectos nuevos deban aceptar esos riesgos y hacerles frente. Esto se debe a que el coste de proporcionar protección contra todas las eventualidades es probablemente excesivo en todos los casos, salvo en los excepcionales.

### **5.3. MEDIDAS APLICABLES**

Los puertos de interés general de la Comunidad Valenciana son bastante similares en el ámbito físico. Se trata de puertos donde gran parte del terreno ha sido ganado al mar, a excepción del Puerto de Gandía.

Sin embargo, cada puerto tiene sus **particularidades** si se analiza desde el punto de vista de los usos principales y la especialización. De esa manera, el Puerto de Valencia está dedicado a la mercancía general en contenedor, mientras que tanto el Puerto de Castellón como el Puerto de Alicante están especializados mayoritariamente en graneles sólidos. El Puerto de Sagunto y el Puerto de Gandía están especializados en mercancía general "no containerizada".

Por lo tanto, hay una gran cantidad de medidas que pueden aplicarse al conjunto de los puertos y hay otras medidas que son particulares de cada puerto debido a las sus características.

En cuanto a los riesgos que son motivo de la aplicación de medidas, es habitual que cuando se produce un fenómeno como un temporal marítimo aparezcan varios riesgos asociados a la precipitación, el viento o el oleaje. En otras palabras, los riesgos suceden agrupados de la misma manera que las variables climáticas actúan normalmente agrupadas, en forma de temporal.

En ese aspecto, se pueden diferenciar dos factores que van a ser objeto de la mayor cantidad de medidas:



- **Temperatura:** es la única variable que puede diferenciarse del resto porque no tiene una influencia directa en fenómenos extremos como las tormentas, donde hay presencia de la precipitación, el viento, el oleaje.
- **Fenómenos extremos:** tormenta, temporal, DANA, *medicane*, marejada, etc.

### 5.3.1. GENERALES

#### 5.3.1.1. Corto plazo (2022-2030)

A corto plazo no hay diferencia entre los escenarios climáticos, por lo que es importante seguir recopilando datos, realizando estudios, explorando opciones alternativas o buscando inversiones adicionales. La selección de opciones a corto plazo o provisionales que fortalezcan la resiliencia o reduzcan los riesgos relacionados con el clima puede ayudar a abordar las incertidumbres y a evitar la mala adaptación.

Cualquier medida a aplicar implica la necesidad de realizar una inversión que debe ser contemplada en los instrumentos de planificación:

- **Plan de Empresa:** se acuerda con Puertos del Estado.
- **Plan Estratégico:** es fundamental incluir en los futuros planes estratégicos de las Autoridades Portuarias una línea estratégica dedicada a la adaptación al cambio climático donde se definan vías de adaptación con sus correspondientes medidas.
- **Plan Director de Infraestructuras:** cualquier alternativa que pueda plantearse en relación con la adaptación debe quedar recogida en esta herramienta, para que llegado el momento pueda construirse.

Las siguientes medidas no suponen grandes inversiones. Se trata de incluir su gestión de manera progresiva a corto plazo.

Por una parte, se plantean **medidas para combatir el calor extremo:**

FISICA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Suministro de sombra</b>, utilizando soluciones basadas en la naturaleza cuando sea posible.</li> <li>2. Mejorar la <b>eficiencia térmica</b>, mejorar el aislamiento o la ventilación; instalar sistemas de aire acondicionado o refrigeración en las oficinas, los almacenes, etc.</li> <li>3. Habilitar espacios en la terminal con <b>puntos de hidratación</b> para los trabajadores de la terminal en la temporada de verano.</li> </ol>
SOCIAL	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mejorar o promover el seguimiento y el registro de los parámetros relacionados con el calor en cada lugar.</li> <li>2. Preparar y dar a conocer los <b>planes de respuesta al calor extremo</b>.</li> <li>3. Introducir y aplicar procedimientos de <b>gestión adaptativa</b>; planificar las operaciones o los turnos de trabajo en función de los resultados de la supervisión.</li> <li>4. Garantizar la <b>flexibilidad de los turnos de trabajo</b> para optimizar la productividad y proporcionar un descanso adecuado.</li> <li>5. Concienciar sobre los problemas relacionados con el calor; impartir una <b>formación adecuada en materia de primeros auxilios</b>.</li> <li>6. Considerar una <b>automatización</b> de determinadas operaciones.</li> </ol>
INSTITUCIONAL	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar la <b>legislación en materia de seguridad y salud</b> para las operaciones en climas cálidos.</li> <li>2. <b>Seguros o fondos de contingencia</b> para ayudar en caso de olas de calor prolongadas.</li> </ol>

Tabla 27. Medidas relacionadas con las temperaturas extremas (corto plazo). Fuente: (PIANC, 2020c).

Por otra parte, se plantean **medidas para combatir los fenómenos extremos de carácter tormentoso:**

FISICA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Garantizar el mantenimiento eficaz del sistema de drenaje existente</b>, de los desagües pluviales, de las alcantarillas, etc.</li> <li>2. <b>Reubicar los elementos susceptibles de sufrir impactos por los efectos del temporal.</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Reubicar elementos lejos del trasdós del dique para evitar impactos por rebase.</li> </ol> </li> <li>3. Desarrollar planes actualizados de mantenimiento preventivo para la <b>detección precoz de averías</b> en infraestructuras (diques).</li> </ol>
SOCIAL	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Mejorar o promover el seguimiento y el registro de las variables meteorológicas una mayor cantidad de puntos dentro de las instalaciones portuarias.</b></li> <li>2. Desarrollar y concienciar sobre los nuevos protocolos operativos de respuesta a los rebases.</li> <li>3. <b>Restringir temporal o permanentemente el acceso a las zonas propensas a los rebases y alrededores.</b></li> <li>4. <b>Proceder al cierre del puerto al tráfico marítimo</b> e informar a todos los agentes oportunos.</li> </ol>
INSTITUCIONAL	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Crear un “Plan de Adaptación al Cambio Climático” de cada Autoridad Portuaria.</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Realizar un estudio de los efectos del cambio climático sobre la demanda y oferta portuaria.</li> <li>1.2. Evaluar la vulnerabilidad de las infraestructuras y operaciones portuarias ante fenómenos climáticos adversos medidos.</li> <li>1.3. Conocer la información de alta resolución océano-meteorológica ante escenarios de cambio climático marcados por los sucesivos informes del IPCC.</li> <li>1.4. Diseñar las acciones a acometer y su inclusión en los instrumentos de planificación y de gestión.</li> </ol> </li> <li>2. Elaborar un <b>“Observatorio Portuario del Cambio Climático”</b> en el que se realice una observación sistemática del clima.</li> <li>3. <b>Optar a subvenciones/incentivos financieros para fomentar la inversión en infraestructuras resistentes.</b></li> </ol>

Tabla 28. Medidas relacionadas con los fenómenos extremos (corto plazo). Fuente: (PIANC, 2020c) y (Puertos del Estado, 2020).

### 5.3.1.2. Medio plazo (2030-2050)

En este periodo de tiempo, previsiblemente se contará con más información y las Autoridades Portuarias tendrán más certeza que incertidumbre para llevar a cabo medidas de mayor envergadura. Se trata, especialmente de medidas de carácter estructural, de nuevo enfocadas a minimizar los impactos de los fenómenos extremos.

Asimismo, **las medidas operativas/sociales e institucionales deben mantenerse y tener una continuidad en el tiempo**, requiriendo una actualización periódica.

FISICA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Reforzar los diques de abrigo:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Construir bermas (<b>cuenco amortiguador</b>) en el lado mar del dique que rompan de manera anticipada las olas que alcancen la estructura.</li> <li>1.2. Construir <b>diques sumergidos</b> delante de los diques más afectados del puerto para reducir la energía de las olas incidentes y romper las más grandes.</li> <li>1.3. Incrementar el <b>ancho del dique</b>.</li> <li>1.4. Incrementar la <b>altura del dique</b>. En el caso de diques en talud, esto puede realizarse añadiendo escollera o bloques, o construyendo un espaldón en lo alto del dique. En el caso de diques verticales, esto se realiza aumentando la altura del espaldón.</li> </ol> </li> <li>2. <b>Construir pequeños diques alrededor de los activos y equipos críticos</b> (por ejemplo, generadores de reserva, estación de bombeo).</li> </ol>
--------	---

Tabla 29. Medidas físicas generales a medio plazo. Fuente: (Sierra, 2019) y (PIANC, 2020c).

### 5.3.2. PUERTO DE VALENCIA

#### 5.3.2.1. Medio plazo (2030-2050)

Una opción de medidas para evitar el aumento del consumo energético, sobre todo en los meses de verano se centra en mejorar la eficiencia energética en los contenedores frigoríficos. El Puerto de Valencia cuenta con unas 2.800 conexiones para este tipo de contenedores, repartidas en tres terminales.

- La terminal gestionada por *Cosco Shipping Ports (CSP)* tiene 1.500 conexiones para contenedores frigoríficos, que ocupan una superficie total de unos **46.000 m<sup>2</sup>**.
- La terminal gestionada por *Mediterranean Shipping Company (MSC)* tiene 600 conexiones para contenedores frigoríficos, que ocupan una superficie total de **13.000 m<sup>2</sup>**.
- Finalmente, La terminal gestionada por *A.P. Møller-Mærsk (APM)* tiene 700 conexiones para contenedores frigoríficos, que ocupan una superficie total de **11.000 m<sup>2</sup>**.

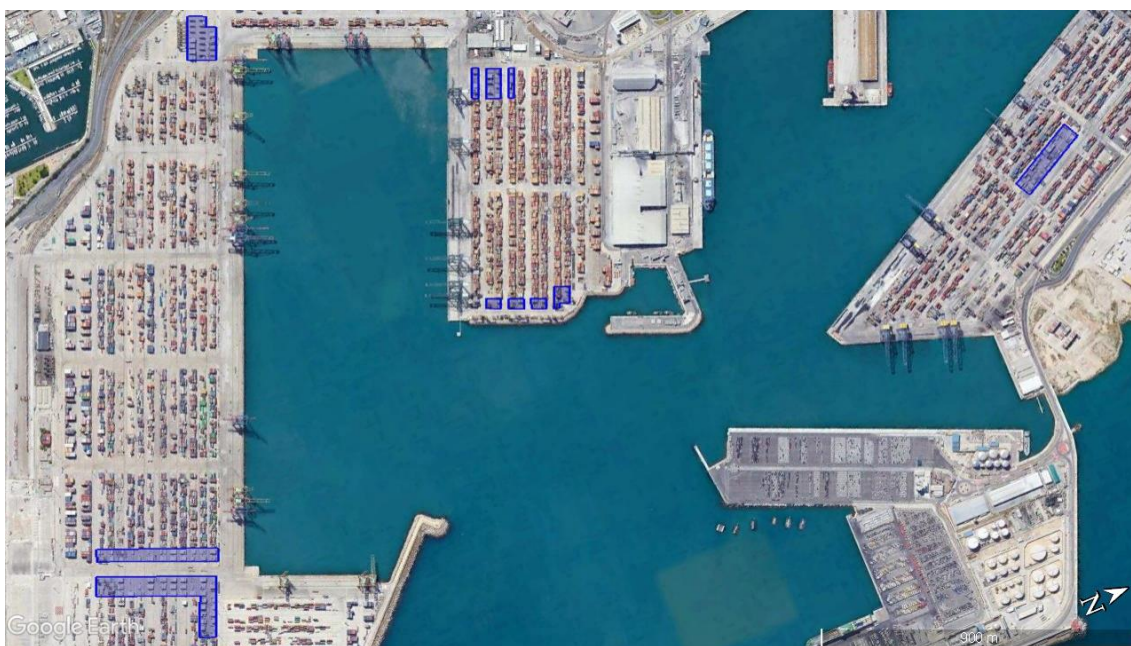


Figura 34. Conexiones para contenedores frigoríficos en el Puerto de Valencia. Fuente: elaboración propia.

Dada la cantidad de conexiones para contenedores frigoríficos y la previsible construcción de la nueva terminal de contenedores, gestionada por MSC, es necesario dar cabida a medias para fomentar la eficiencia energética en este aspecto.

FISICA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Construir <b>espacios cubiertos</b> para evitar el contacto directo con el sol.</li> <li>2. Construir <b>naves climatizadas</b> para evitar el contacto directo con el sol y crear ambientes a temperatura óptima para el almacenamiento de los contenedores frigoríficos.</li> </ol>
--------	---

Tabla 30. Medidas a medio plazo en el Puerto de Valencia. Fuente: elaboración propia.

### 5.3.3. PUERTO DE CASTELLÓN

#### 5.3.3.1. Medio plazo (2030-2050)

En el Puerto de Alicante hay espacios para el almacenamiento de graneles sólidos que están a la intemperie. De esa manera, la vulnerabilidad de esos activos es elevada en caso de fuerte tormenta, produciendo una reducción de la calidad del aire, así como vertidos a la dársena.

En la parte norte del Puerto de Castellón, en el Muelle de la Cerámica hay una zona de almacenamiento de graneles sólidos descubierta que ocupa una superficie de **45.000 m<sup>2</sup>**.

En la parte sur del Puerto de Castellón se va a completar la terminal de graneles sólidos, así como la creación de una nueva terminal dedicada a mercancía general. El nuevo espacio dedicado a graneles sólidos que podría tener almacenes alcanza los **65.000 m<sup>2</sup>**.

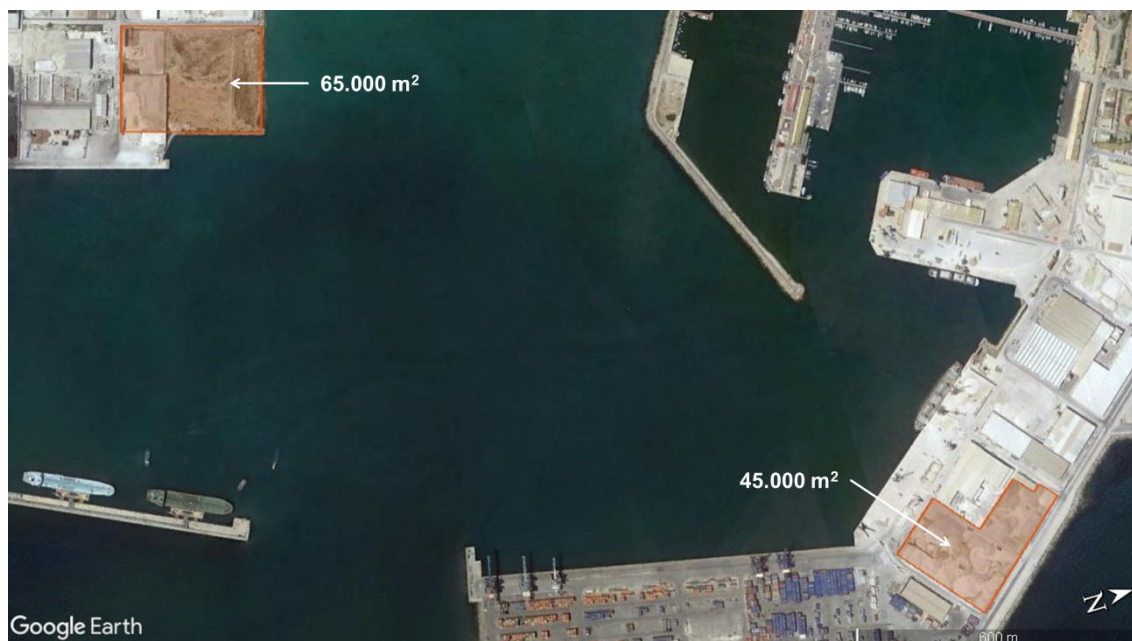


Figura 35. Zonas de almacenamiento de graneles sólidos al descubierto en el Puerto de Castellón. Fuente: elaboración propia.

A medio plazo, es razonable plantear medidas para cubrir esas zonas.

FISICA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En las terminales de graneles sólidos construir pequeños diques para delimitar las zonas de acopio de material.</li> <li>2. Construir naves para el almacenamiento cerrado de graneles sólidos.</li> <li>3. Colocación de barreras para evitar la propagación del vertido en la dársena.</li> </ol>
--------	---

Tabla 31. Medidas a medio plazo en el puerto de Castellón.

### 5.3.4. PUERTO DE ALICANTE

#### 5.3.4.1. Medio plazo (2030-2050)

En el Puerto de Alicante se está acondicionando una nueva terminal multipropósito, gracias a la concesión otorgada a la empresa JSV para los próximos 25 años en una parcela del muelle 11 del puerto, con una superficie de 70.000 m<sup>2</sup> (La Vanguardia, 2022).

Por otra parte, en el muelle 17, gestionado por EIFFAGE se acaba de construir una nave para el almacenamiento de protegido de graneles sólidos, y se ha automatizado el proceso para optimizar la carga y descarga de granel sólido, y hacerlo de forma totalmente sostenible para el medioambiente (alicanteplaza, 2022).



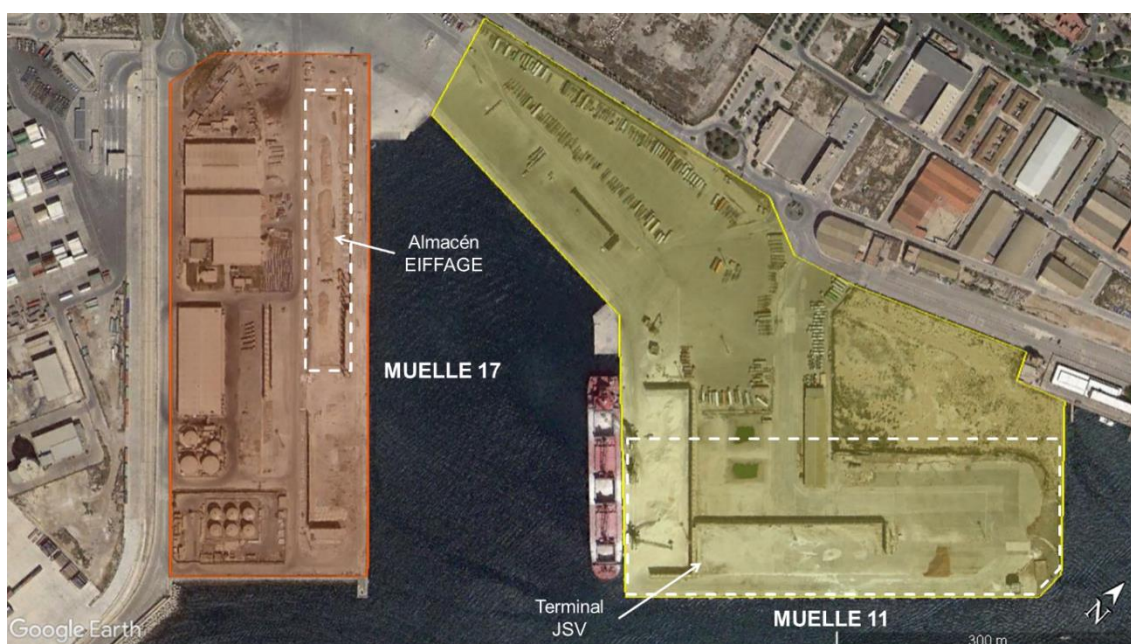


Figura 36. Terminales de EIFFAGE y JSV en el Puerto de Alicante. Fuente: elaboración propia.

La nave construida incluye un sistema de recepción, almacenamiento, transporte y carga a barco de graneles sólidos (yeso, clínker, caliza y dolomía) y tiene una capacidad de 2.000 toneladas por hora (tph).



Figura 37. Nueva nave para el almacenamiento cerrado de graneles sólidos en el Puerto de Alicante. Fuente: (TSK, 2022).

Esta actuación sirve de ejemplo para alcanzar una gestión óptima en las terminales de graneles sólidos que responde a las necesidades del cambio del clima y la legislación vigente.

Por lo tanto, con estas actuaciones el Puerto de Alicante no tiene una gran necesidad de implementar medidas particulares a medio plazo, más allá de las medidas generales que se han establecido anteriormente.

#### 5.4. VALORACIÓN ECONÓMICA

Una valoración económica de las medidas planteadas es una tarea muy compleja y únicamente se darán estimaciones a nivel general de las consecuencias que supondría la inacción frente a una toma de medidas de adaptación al cambio climático, a través de las



observaciones recogidas en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020a).

Según el reciente informe de la Comisión Europea, *Climate change impacts and adaptation in Europe (JRC, PESETA IV)*, **los beneficios de las medidas de adaptación son duraderos y sin embargo, el daño derivado de la inacción crece con el tiempo y con el aumento del calentamiento global.** Según el citado informe si se produjera un calentamiento global de 3 °C, la pérdida anual de bienestar en el conjunto de la UE podría representar el 1,4% del PIB, considerando un conjunto limitado de impactos climáticos (inundaciones fluviales, inundaciones costeras, agricultura, sequías, suministro de energía, mortalidad por temperaturas extremas y tormentas de viento).

En este contexto, además, las pérdidas de bienestar en términos económicos por los impactos climáticos, monetizados en el informe *PESETA IV*, muestran una clara división norte-sur, con pérdidas de bienestar en las regiones meridionales que serían varias veces mayores en comparación con las del norte de Europa.

Posteriormente se representan los datos obtenidos en el citado estudio con el impacto económico agregado (medido a través del PIB) para el conjunto de Europa y para cada una de las cinco regiones geográficas consideradas y para escenarios de calentamiento de 1,5 °C, 2 °C y 3 °C. El trabajo concluye que **el sur de Europa es la región más impactada en los escenarios de 1,5 °C y 2 °C y la segunda con más impacto económico en el escenario de calentamiento de 3 °C** (Joint Research Centre (European Commission) et al., 2020).

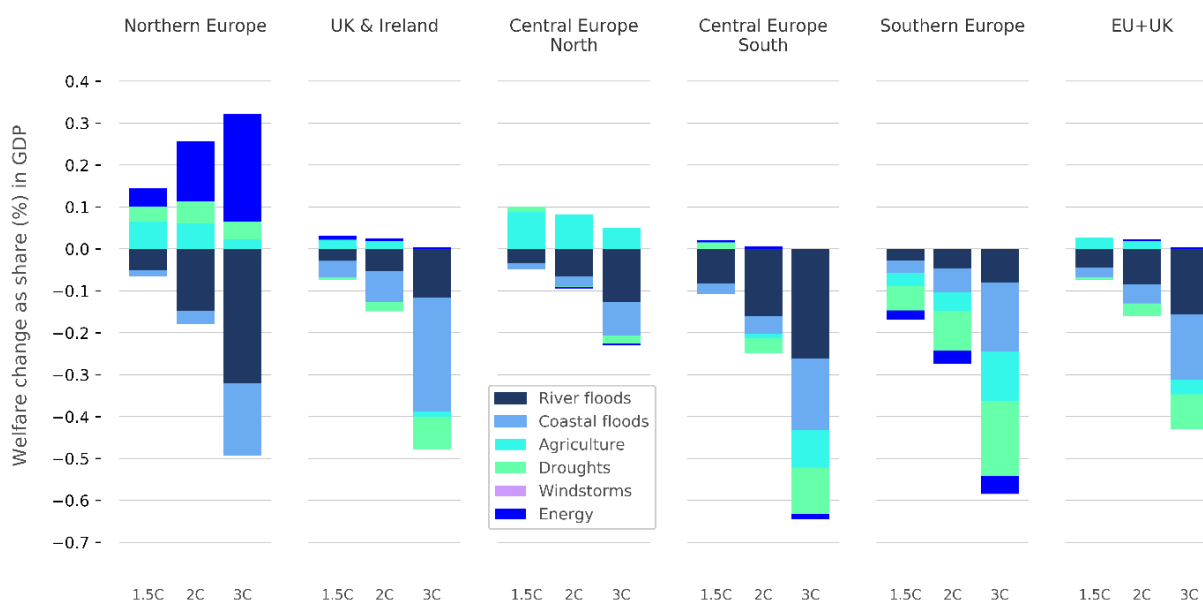


Figura 38. Pérdida de bienestar (expresada en % del PIB) estimada para un conjunto de impactos derivados del cambio climático (inundaciones fluviales y costeras, agricultura, sequías, vientos extremos y cambios en la producción de energía). Se presentan estimaciones para cinco regiones geográficas europeas y para tres posibles niveles de calentamiento global (1,5 °C, 2 °C y 3 °C). Fuente: (Joint Research Centre (European Commission) et al., 2020).

Según estimaciones de la Agencia Europea de Medio Ambiente, únicamente los eventos extremos relacionados con la meteorología y el clima han causado en España unas pérdidas económicas directas superiores a los 37.000 M€ desde 1980.

## 6. CONCLUSIONES

Los **puertos de interés general de la Comunidad Valenciana** desempeñan una importante labor, actuando como nodos esenciales en la red de comercio y ejerciendo como motores económicos de las zonas donde se ubican.

El **cambio climático** es una realidad y una amenaza real para el futuro del planeta. Se ha comprobado que la tendencia de **aumento** de las **temperaturas** se va a mantener en el futuro. Por otra parte, pese a que se prevé una disminución moderada de las precipitaciones o estabilidad en la velocidad media del viento, los **fenómenos meteorológicos** extremos como los temporales marítimos van a **aumentar su frecuencia y severidad**.

Además, el nivel del mar lleva décadas aumentando y seguirá esta tendencia de forma generalizada en toda la costa española. En cuanto a oleaje, se prevé una ligera disminución de la altura de ola media en la Comunidad Valenciana.

Así pues, dado que se prevé un aumento en la frecuencia e intensidad de los temporales marítimos, que llevan asociados fenómenos extremos de oleaje, las instalaciones e infraestructuras portuarias, como los diques, estarán especialmente afectados. En ese sentido, se manifestará una gran cantidad de riesgos que tendrán impactos negativos en los puertos produciendo la pérdida de operatividad y fiabilidad, reduciendo así su competitividad.

Sin embargo, no solo los puertos de interés general están amenazados, sino que los **puertos deportivos**, cuya gestión está transferida a las comunidades autónomas, también se encuentran en una situación comprometida frente al cambio climático.

Por consiguiente, en el marco de la Agenda 2030 es conveniente, por una parte, incorporar estrategias de adaptación en el conjunto de los puertos de interés general de la Comunidad Valenciana para aumentar su resiliencia frente al futuro clima y tratar de evitar impactos negativos en los puertos.

Así pues, las Autoridades Portuarias de Valencia, Castellón y Alicante deben incluir ese tipo de medidas en sus políticas y herramientas de planificación, con la finalidad de proteger los puertos de nuestro país. En definitiva, su implicación y compromiso es esencial para fomentar todas las medidas que se plantean.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

AEMET. (2020). *Resumen Climatólogo Mensual Enero 2020*.

alicanteplaza. (2022, agosto 24). *Eiffage prueba la nueva terminal de graneles del puerto: A pleno rendimiento en semanas*. Alicanteplaza. <https://alicanteplaza.es/eiffage-prueba-la-nueva-terminal-de-graneles-del-puerto-a-pleno-rendimiento-en-semanas>

Allan, R. P., Cassou, C., Chen, D., Cherchi, A., Connors, L., Doblas-Reyes, F. J., Douville, H., Driouech, F., Edwards, T. L., Fischer, E., Flato, G. M., Forster, P., AchutaRao, K. M., Adhikary, B., Aldrian, E., & Armour, K. (2021). *Summary for Policymakers*. 32.

- castellónplaza. (2022, enero 14). *PortCastelló supera los 21 millones de toneladas en 2021 gracias al tirón de la materia prima cerámica*. Castellonplaza. <https://castellonplaza.com/portcastello-supera-los-21-millones-de-toneladas-en-2021-gracias-al-tiron-de-la-materia-prima-ceramica>
- CdS. (2022, febrero 4). *El tráfico de contenedores del puerto de Sagunto creció un 25% en 2021*. Cadena de Suministro. <https://www.cadenadesuministro.es/noticias/el-trafico-de-contenedores-del-puerto-de-sagunto-crecio-un-25-en-2021/>
- Cinco Días. (2021). *El puerto de Valencia lanza su plan de 1.100 millones de inversión hasta 2025*. Cinco Días. [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/12/30/companias/1640863233\\_117501.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/12/30/companias/1640863233_117501.html)
- CMNUCC. (s. f.). *El Acuerdo de París*. Recuperado 5 de septiembre de 2022, de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
- Dr Martí Puig, Dr Chris Woolbridge, Associate Professor Rosa Mari Darbra, & Valter Selén. (2021). *ESPO Environmental Report 2021*. 32.
- El Economista. (2022, febrero 24). *Los puertos de Valencia y Castellón aceleran frente al parón de Alicante*. [revistas.economista.es](https://revistas.economista.es). <https://revistas.economista.es/valencia/2022/febrero/los-puertos-de-valencia-y-castellon-aceleran-frente-al-paron-de-alicante-CE10507665>
- Eltiempo.es. (2020, septiembre 9). *¿Por qué son habituales las DANAs en el Mediterráneo?* Eltiempo.es. <https://www.eltiempo.es/noticias/por-que-son-habituales-las-danas-en-el-mediterraneo>
- Fraile Jurado, P., & Fernández Díaz, M. (2016). Escenarios de subida del nivel medio del mar en los mareógrafos de las costas peninsulares de España en el año 2100. *Estudios Geográficos*, 77(280), 57-79. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201603>

- IPCC. (2014). *Glossary (Spanish)—IPCC*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/glossary-spanish/>
- IPCC AR6-WGI Atlas*. (2022). <https://interactive-atlas.ipcc.ch/atlas>
- IPCC WGI. (2021a). *Chapter 1: Framing, Context and Methods*. 142.
- IPCC WGI. (2021b). *Chapter 11: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate*. 254.
- IPCC WGI. (2021c). *Chapter 12: Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment*. 160.
- IPCC WGII. (2022a). *Chapter 1: Point of Departure and Key Concepts*. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Chapter01.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter01.pdf)
- IPCC WGII. (2022b). *Cross Chapter 4: Mediterranean Region*. 40.
- Joint Research Centre (European Commission), Feyen, L., Ciscar, J. C., Gosling, S., Ibarreta, D., & Soria, A. (2020). *Climate change impacts and adaptation in Europe: JRC PESETA IV final report*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/171121>
- La Vanguardia. (2022, febrero 17). *JSV invierte 11 millones para potenciar el tráfico Europa-Mediterráneo-África a través de Alicante*. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/local/valencia/20220217/8062016/jsv-invierte-11-millones-potenciar-trafico-europa-mediterraneo-africa-traves-alicante.html>
- Levante-EMV. (2022, febrero 27). *El Puerto de València, cuarto de Europa y el 27 a nivel mundial, según la consultora Alphaliner*. Levante-EMV. <https://www.levante-emv.com/economia/2022/02/27/comunidad-valenciana-puerto-valencia-cuarto-valenciaport-comercio-valenciaport-mediterraneo-ranking-puertos-europeos-alphaliner-63223689.html>

- Losada Rodríguez, Í. J., Izaguirre Lasa, C., & Díaz Simal, P. (2014a). *Cambio Climático en la Costa Española* (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Ed.).  
[https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2014%20INFORME%20C3E%20final\\_tcm30-178459.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2014%20INFORME%20C3E%20final_tcm30-178459.pdf)
- Losada Rodríguez, Í. J., Izaguirre Lasa, C., & Díaz Simal, P. (2014b). EL SISTEMA SOCIOECONÓMICO EN LA COSTA ESPAÑOLA. En Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Ed.), *Cambio Climático en la Costa Española*.  
[https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2014%20INFORME%20C3E%20final\\_tcm30-178459.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2014%20INFORME%20C3E%20final_tcm30-178459.pdf)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.). *Informes de Evaluación del IPCC*. Recuperado 26 de marzo de 2021, de  
[https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/Cclimatico/informe\\_ipcc.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/Cclimatico/informe_ipcc.aspx)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Ed.). (2020a). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030*. [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030\\_tcm30-512163.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Ed.). (2020b). Resumen ejecutivo. En *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030*.  
[https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030\\_tcm30-512163.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf)
- Naciones Unidas. (s. f.-a). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. UNDP. Recuperado 1 de julio de 2021, de  
[https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sdgoverview/mdg\\_goals.html](https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sdgoverview/mdg_goals.html)



- Naciones Unidas. (s. f.-b). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado 26 de marzo de 2021, de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- PIANC. (2020a). *Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways* (<https://www.pianc.org/>). PIANC. <https://www.pianc.org/publications/envicom/wg178>
- PIANC. (2020b). Stage 2: Climate Information. En *Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*. <https://www.pianc.org/publications/envicom/wg178>
- PIANC. (2020c). Stage 4: Adaptation Options. En *Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*. <https://www.pianc.org/publications/envicom/wg178>
- PortCastelló. (2020). Plan Estratégico 2020-2024—PortCastelló. *PortCastelló*. <https://www.portcastello.com/autoridad-portuaria/plan-estrategico/>
- Puertos del Estado. (s. f.). *PORTUS*. Recuperado 7 de agosto de 2022, de <https://portus.puertos.es/#/>
- Puertos del Estado. (2020). *Borrador del Marco Estratégico del Sistema Portuario de Interés General*. <https://www.transportexxi.com/wp-content/uploads/2020/07/ME-Puertos-2020.pdf>
- Puertos del Estado. (2021). *Nosotros*. <http://www.puertos.es/es-es/nosotrospuertos/Paginas/Nosotros.aspx>
- Puertos del Estado. (2022). *Estadística de Tráfico Mensual*. [https://www.puertos.es/es-es/estadisticas/Paginas/estadistica\\_mensual.aspx](https://www.puertos.es/es-es/estadisticas/Paginas/estadistica_mensual.aspx)
- Puertos del Estado & Ministerio de Fomento. (2016). *Vulnerabilidad de los Puertos Españoles ante el Cambio Climático*.
- Ramírez Pérez, M., Menéndez García, M., Camus Braña, P., & Losada Rodríguez, Í. J. (2019). *PROYECCIONES DE ALTA RESOLUCIÓN DE VARIABLES MARINAS EN LA COSTA ESPAÑOLA* (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico,

- Ed.). Madrid. [https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/tarea\\_2\\_informe\\_pima\\_adapta\\_mapama\\_tcm30-498855.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/tarea_2_informe_pima_adapta_mapama_tcm30-498855.pdf)
- RTVE.es. (2022, agosto 31). *Expertos alertan de que podrían aumentar las muertes por calor*. RTVE.es. <https://www.rtve.es/noticias/20220831/expertos-alertan-espana-podria-haber-hasta-13000-muertes-ano-olas-calor/2399421.shtml>
- Sierra, J. P. (2019). Economic Impact of Overtopping and Adaptation Measures in Catalan Ports Due to Sea Level Rise. *Water*, 11(7), 1440. <https://doi.org/10.3390/w11071440>
- TSK. (2022). Sistema de recepción, almacenamiento, transporte y carga a barco de graneles solidos. TSK. <https://www.grupotsk.com/proyecto/sistema-de-recepcion-almacenamiento-transporte-y-carga-a-barco-de-graneles-solidos/>
- Valenciaport. (2020). *Memoria de Sostenibilidad 2019*. <https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/APV-Memoria-Sostenibilidad-2019-V3.pdf>
- Valenciaport. (2022, febrero 2). *Valenciaport mejora la actividad prepandemia: Supera los 5,6 millones de TEUs en 2021 y moviliza 85 millones de toneladas*. Valenciaport. <https://www.valenciaport.com/valenciaport-mejora-la-actividad-prepandemia-supera-los-56-millones-de-teus-en-2021-y-moviliza-85-millones-de-toneladas/>
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 109(1-2), 5-31. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>
- Wikipedia. (2021). Cambio climático. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cambio\\_clim%C3%A1tico&oldid=134253582](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cambio_clim%C3%A1tico&oldid=134253582)

- Wikipedia. (2021). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.  
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Grupo\\_Intergubernamental\\_de\\_Expertos\\_sobre\\_el\\_Cambio\\_Clim%C3%A1tico&oldid=133770936](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Grupo_Intergubernamental_de_Expertos_sobre_el_Cambio_Clim%C3%A1tico&oldid=133770936)
- Wikipedia. (2021). Trayectorias de Concentración Representativas. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.  
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Trayectorias\\_de\\_Concentraci%C3%B3n\\_Representativas&oldid=134232170](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Trayectorias_de_Concentraci%C3%B3n_Representativas&oldid=134232170)
- Wikipedia. (2022a). Intergovernmental Panel on Climate Change. En *Wikipedia*.  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Intergovernmental\\_Panel\\_on\\_Climate\\_Change&oldid=1102645225](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change&oldid=1102645225)
- Wikipedia. (2022b). Temperatura atmosférica. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.  
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Temperatura\\_atmosf%C3%A9rica&oldid=143609375](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Temperatura_atmosf%C3%A9rica&oldid=143609375)
- Wikipedia. (2022c). Precipitación (meteorología). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.  
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Precipitaci%C3%B3n\\_\(meteorolog%C3%ADa\)&oldid=143888921](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Precipitaci%C3%B3n_(meteorolog%C3%ADa)&oldid=143888921)
- Wikipedia. (2022d). Shared Socioeconomic Pathways. En *Wikipedia*.  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Shared\\_Socioeconomic\\_Pathways&oldid=1093393790](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Shared_Socioeconomic_Pathways&oldid=1093393790)
- Wikipedia. (2022e). Tormenta. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.  
<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Tormenta&oldid=144471679>
- Wikipedia. (2022f). Viento. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.  
<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Viento&oldid=145669235>

World Port Sustainability Program. (2021). *World Ports Climate Action Program.*

<https://sustainableworldports.org/wpcap/>