



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO
DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN
FRENTE AL CAMBIO
CLIMÁTICO EN EL PUERTO
DEL MUSEL (GIJÓN, ASTURIAS)**

Trabajo realizado por:

Victoria Esmeralda González Collado

Dirigido:

Saúl Torres Ortega

Pedro Díaz Simal

Titulación:

**Máster Universitario en Ingeniería
de Caminos, Canales y Puertos**

Santander, septiembre de 2017

TRABAJO FINAL DE MÁSTER



RESUMEN

Análisis socio-económico de medidas de adaptación frente al cambio climático en el Puerto del Musel (Gijón, Asturias)

Autor:	Victoria Esmeralda González Collado
Directores:	Saúl Torres Ortega / Pedro Díaz Simal
Convocatoria:	Septiembre 2017
Palabras clave:	análisis coste-beneficio, análisis socio-económico, medidas de adaptación, cambio climático, puertos, Gijón, Asturias, dique, coronación, dragado, sistema de drenado, seguros, procedimiento de evacuación de emergencia, sistema de alerta temprana, indicador de rentabilidad, análisis de sensibilidad, análisis de riesgo.

Uno de los hechos medioambientales más importantes e impactantes durante las últimas décadas es el cambio climático. Según la mayoría de la comunidad científica, este hecho puede ocasionar grandes cambios en nuestro planeta, principalmente haciendo que los climas se vuelvan más extremos, tanto los fríos como los cálidos y que aumente el nivel del mar. En este estudio se analizan principalmente el aumento del nivel del mar y las condiciones meteorológicas extremas.

Todo esto puede repercutir de manera importante sobre la red portuaria, la cual tiene gran extensión en España debido a su gran porcentaje de costa. Es por ello que la finalidad de este trabajo incluye tanto el estudio de la influencia de los efectos del cambio climático en los puertos, concretamente en el Puerto de Gijón, las posibles medidas de adaptación que se podrían implantar para suavizar estos efectos y el análisis de la rentabilidad de cada una, para conseguir generar una jerarquía de las medidas y ordenarlas según su rentabilidad.

Estos objetivos se consiguen a través de la metodología Análisis Costes-Beneficio (ACB), a través de la cual se consigue determinar la rentabilidad de cada medida, permitiendo su comparación gracias a los indicadores de rentabilidad. Estos

índices indican la mayor o menor rentabilidad de cada medida de adaptación con un único valor.

Para poder valorar las diferentes medidas es imprescindible monetizarlas y así conseguir trabajar con valores homogéneos y poder realizar un balance entre las medidas.

El comienzo de este análisis debe incluir varios datos de partida y así poder estimar el resto de valores. La mayoría de los datos utilizados para comenzar este estudio han sido estimados o asimilados de otros proyectos. Esto es debido a que no se dispone de datos fehacientes ya que un estudio de este tipo, con valores monetarios y objetivos, es difícil de encontrar. Aun así, los resultados obtenidos son coherentes y parece que representan fielmente las medidas que se desarrollarán a lo largo del trabajo.

A partir de los efectos del cambio climático que más pueden influir en el puerto se han ido generando las posibles medidas de adaptación. Como se ha comentado los principales efectos son: el aumento del nivel del mar y las condiciones meteorológicas extremas. A la primera se corresponden las medidas de *Elevación de la cota de coronación de los diques*, los *Seguros* y los *Procedimientos de evacuación de emergencia*; la segunda engloba por su parte las siguientes medidas: *construcción de Dique sumergido*, *realización de Dragado de mantenimiento*, *Mantenimiento de los sistemas de drenaje* y el *Sistema de alerta temprana*.

Para cada medida se han establecido una serie de costes debidos ya sea a la construcción, implantación, mantenimiento, etc. y unos ingresos. Estas medidas no van a tener un ingreso como tal, no van a proceder del pago de tasas, ni la venta de bienes, etc. sino que los ingresos van a proceder de horas de operatividad portuaria. Esto es debido a que los efectos del cambio climático, en el caso de no ejecutar ninguna medida, van a provocar una reducción de esta operatividad ocasionando el cierre temporal del puerto, generando grandes gastos. Por tanto, los ingresos de estas medidas tendrán su origen en la reducción de esta pérdida de operatividad. Para ello se calcula el ingreso horario que genera el puerto (dividiendo el ingreso total anual entre las horas del año) y así se consigue monetizar estos ingresos, una vez que se determina cual es la reducción del impacto que lleva asociada cada medida.

Con estos costes e ingresos se calcularán los indicadores de rentabilidad, en este caso se ha decidido por utilizar el Valor Actualizado Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Índice de Rentabilidad (IR). Los índices se calcularán para cada medida por separado ya que la idea es implantarlas individualmente, y, a su vez, para distintos escenarios. Primero el caso base, para el que se utilizarán los valores que se



han ido indicando a lo largo del trabajo y después para los casos optimista y pesimista en los que los ingresos se incrementarán o reducirán en un 2% respectivamente.

Al finalizar este apartado se puede concluir que la medida que va a generar mayor rentabilidad es la correspondiente a la *Elevación de la cota de coronación de los diques*. El resto de las medidas no tienen una posición fija, sino que van intercambiando posiciones en cada escenario. Esto indica que una pequeña variación en los ingresos hace que la rentabilidad varíe de forma importante.

El análisis no se queda ahí, sino que se realiza un análisis de sensibilidad. en este análisis se realiza un incremento del 1% de cada una de las variables (costes e ingresos de cada medida) y se ve como varía el indicador de rentabilidad, en este caso el VAN. Si esta variación es mayor del 1%, esta variable es crítica, lo que indica que un cambio en ella puede modificar los resultados sustancialmente. Cada medida dispone de pocas variables por lo que la mayoría de ellas aparecen como variables críticas.

Por último, se realiza un análisis de riesgo, el cual permite reducir la incertidumbre del análisis y establecer la probabilidad que tiene cada medida de ser rentable. Este análisis también indica que la *Elevación de la cota de coronación* es la medida más rentable económicamente y el *Dragado de mantenimiento* la que menos probabilidad presenta. Sin embargo, esta medida, aunque sea menos rentable, es necesaria, ya que, en caso de no realizarse, el calado del puerto disminuiría, impidiendo la entrada y salida de buques, reduciendo los ingresos.

Este trabajo permitirá ver cuáles van a ser las magnitudes de los efectos del cambio climático sobre el puerto de Gijón y como se pueden reducir estos impactos de manera rentable.

ABSTRACT

Socio-economic analysis of adaptation measures against climate change in Musel port (Gijón, Asturias)

Author: Victoria Esmeralda González Collado

Directors: Saúl Torres Ortega / Pedro Díaz Simal

Call: September 2017

Keywords: cost-beneficios analysis, socio-economic analysis, adaptación mensures, climatic change, ports, Gijón, Asturias, breakwater, crest, dredged, drainage system, insurances, emergency evacuation procedures, early warning system, performance indicator, sensitivity analysis, risk analysis.

One of the most important and striking environmental events during the last decades is climate change. According to the majority of the scientific community, this fact can cause great changes in our planet, mainly making climates become more extreme, both cold and warm and sea level rise. This study mainly analyzes sea level rise and extreme weather conditions.

All of this can have important repercussions on the port network, which has a large extension in Spain due to its large percentage of coast. This is why the purpose of this work includes both the study of the influence of the effects of climate change on the ports, specifically in the Port of Gijón, the possible adaptation measures that could be implemented to smooth these effects and the analysis of the profitability of each one, in order to generate a hierarchy of measures and order them according to their profitability.

These objectives are achieved through the methodology Cost-Benefit Analysis (ACB), through which it is possible to determine the profitability of each measure, allowing their comparison through performance indicators. These indices indicate the greater or lesser profitability of each adaptation measure with a single value.

In order to assess the different measures it is imperative to monetize them and thus be able to work with homogeneous values and balance the measures.



The beginning of this analysis should include several starting data and thus be able to estimate the remaining values. Most of the data used to begin this study have been estimated or assimilated from other projects. This is because there is no reliable data since a study of this type, with monetary values and objectives, is difficult to find. Even so, the results obtained are consistent and seem to faithfully represent the measures that will be developed throughout the work.

From the effects of climate change that may influence the port more have been generated possible adaptation measures. As mentioned the main effects are: sea level rise and extreme weather conditions. The first corresponds to the measures of *Elevation of the crest of the breakwaters*, the *Insurance* and the *Procedures of emergency evacuation*; the second includes the following measures: *construction of submerged breakwater*, *maintenance dredging*, *maintenance of drainage systems* and the *early warning system*.

For each measure a series of incomes and costs have been established due to either the construction, implementation, maintenance, etc. These measures will not have an income as such, will not come from the payment of fees, nor the sale of goods, etc. but the incomes will come from hours of port operation. This is because the effects of climate change, in the case of not carrying out any measures, will cause a reduction of this operation causing the temporary closure of the port, generating great costs. Therefore, the income from these measures will have its origin in the reduction of this loss of operation. For this, the hourly income generated by the port is calculated (dividing the total annual income between the hours of the year) and thus monetizing this income, once it is determined which is the reduction of the impact associated with each measure.

These costs and revenues will calculate the profitability indicators, in this case it has been decided to use the Net Actualized Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR) and the Profitability Index (IR). The indices will be calculated for each measure separately since the idea is to implement them individually, and, in turn, for different scenarios. First the base case, for which the values that have been indicated throughout the work will be used and then for the optimistic and pessimistic cases in which the income will increase or decrease by 2% respectively.

At the end of this section it can be concluded that the measure that will generate greater profitability is the one corresponding to the Elevation of the elevation quota of the dikes. The rest of the measures do not have a fixed position, but are exchanging positions in each scenario. This indicates that a small variation in income makes the profitability vary significantly.

The analysis does not remain there, but a sensitivity analysis is performed. In this analysis, a 1% increase in each of the variables (costs and revenues of each measure) is performed and the profitability indicator, in this case the NPV, is seen as varying. If



this variation is greater than 1%, this variable is critical, indicating that a change in it may substantially modify the results. Each measure has few variables so that most of them appear as critical variables.

Finally, a risk analysis is performed, which allows to reduce the uncertainty of the analysis and establish the probability that each measure has to be profitable. This analysis also indicates that Elevation of the coronation elevation is the most economically profitable measure and maintenance dredge is the least likely to present. However, this measure, even if it is less profitable, is necessary, since, if not done, the draft of the port would decrease, preventing the entry and exit of ships, reducing revenues.

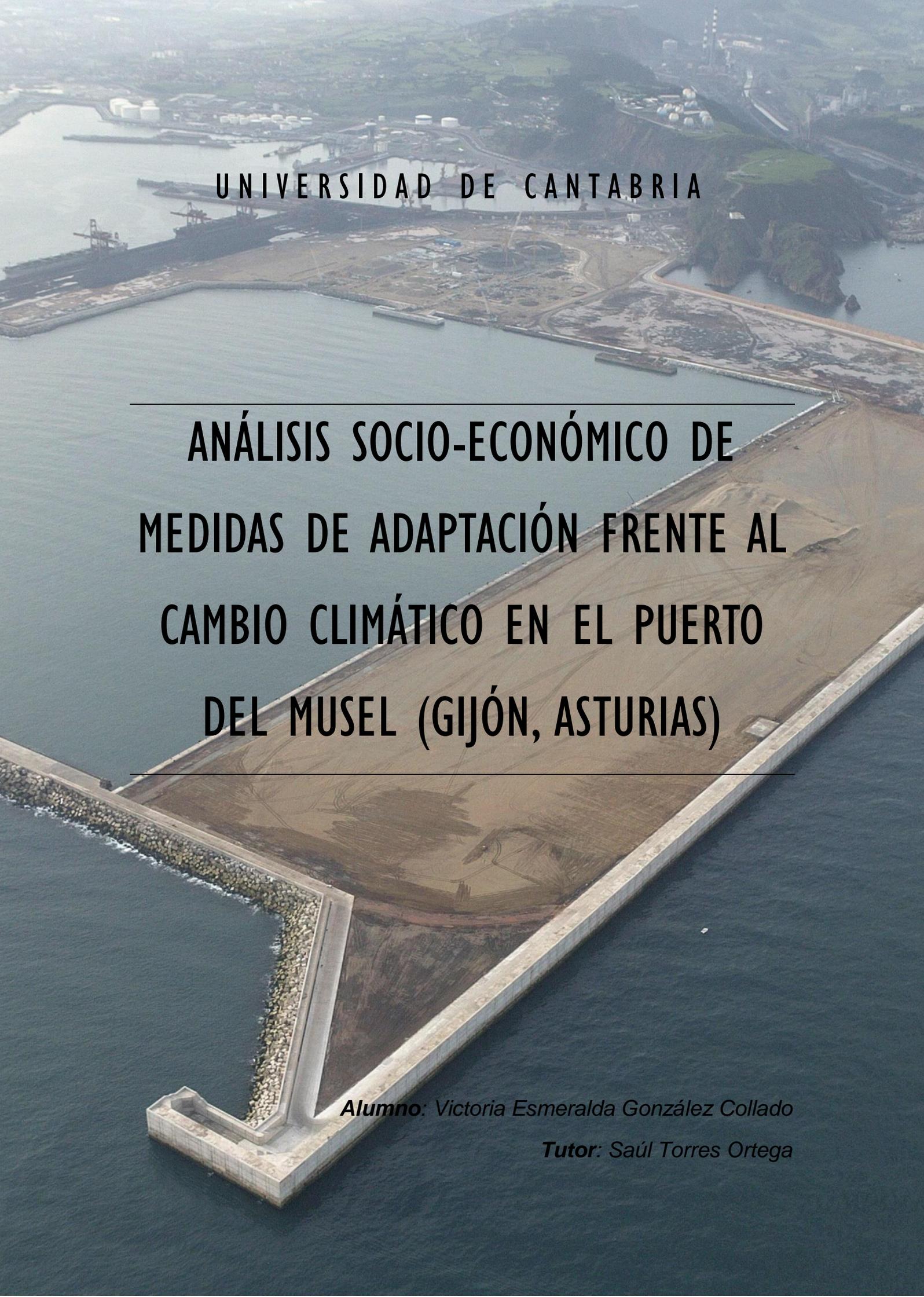
This work will show what the magnitude of the effects of climate change will be on the port of Gijón and how these impacts can be reduced in a cost-effective way.



A Jairo por animarme a llevar a cabo este proyecto,

A mis padres, por su apoyo incondicional

Y a mi tutor, Saúl, por su ayuda continua



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO DE
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN FRENTE AL
CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PUERTO
DEL MUSEL (GIJÓN, ASTURIAS)

Alumno: Victoria Esmeralda González Collado

Tutor: Saúl Torres Ortega



TRABAJO FIN DE MÁSTER
Análisis socio-económico de medidas de adaptación frente al cambio climático en el Puerto
del Musel (Gijón, Asturias)

MÁSTER EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



ÍNDICE

1	Introducción	1
1.1	Objetivos	2
2	Análisis coste - beneficio	4
2.1	Evolución histórica	4
2.2	Conceptos teóricos previos	5
2.3	Tipología de ACB	6
2.4	Metodología del ACB	7
2.4.1	<i>Identificación del proyecto</i>	7
2.4.2	<i>Definición de parámetros básicos</i>	8
2.4.3	<i>Definición y estudio de los impactos</i>	9
2.4.4	<i>Valoración monetaria</i>	9
2.4.5	<i>Cálculo del indicador de rentabilidad</i>	10
2.4.6	<i>Análisis de sensibilidad</i>	12
2.4.7	<i>Análisis de riesgo</i>	14
3	Caso de estudio: Puerto del Musel (Gijón)	16
3.1	Historia del puerto de Gijón	16
3.2	La Ampliación del Puerto	19
3.3	El Puerto actual	21
3.4	Conexiones del Puerto	26
3.5	Tráfico del Puerto de Gijón	28
3.6	La influencia del Puerto de Gijón en la economía	32
3.7	Afección del cambio climático al puerto	33
3.8	Marco legislativo	40
4	Medidas de adaptación	43
4.1	Sistemas de protección costera	44
4.1.1	<i>Dique sumergido</i>	44
4.1.2	<i>Elevación de la cota de coronación de los diques</i>	47

4.1.3	<i>Resumen de los sistemas de protección costera</i>	48
4.2	Mantenimiento	48
4.2.1	<i>Dragado</i>	48
4.2.2	<i>Mantenimiento de sistema de drenado</i>	50
4.2.3	<i>Reparación de daños en estructuras y equipos</i>	50
4.3	Regulación y sistemas de gestión	51
4.3.1	<i>Seguros</i>	51
4.3.2	<i>Procedimientos de evacuación de emergencia</i>	52
4.3.3	<i>Sistema de alerta temprana</i>	52
4.4	Resumen de medidas de adaptación	52
5	Aplicación y análisis del caso	53
5.1	Datos de partida. Parámetros básicos	53
5.1.1	<i>Horizonte temporal</i>	53
5.1.2	<i>Tasa de descuento</i>	53
5.1.3	<i>Año de referencia</i>	54
5.2	Consecuencias de la inacción	54
5.2.1	<i>Aumento del nivel del mar</i>	54
5.2.2	<i>Condiciones meteorológicas extremas</i>	55
5.3	Definición, estudio y valoración monetaria de los impactos	56
5.3.1	<i>Dique sumergido</i>	58
5.3.2	<i>Elevación de la cota de coronación de los diques</i>	61
5.3.3	<i>Dragado de mantenimiento</i>	62
5.3.4	<i>Mantenimiento del sistema de drenado</i>	63
5.3.5	<i>Seguros</i>	64
5.3.6	<i>Procedimientos de evacuación de emergencia</i>	65
5.3.7	<i>Sistema de alerta temprana</i>	67
6	Resultados	69
6.1	Escenarios	69
6.1.1	<i>Escenario 0. Caso base</i>	70

6.1.2	<i>Escenario 1. Caso optimista</i>	77
6.1.3	<i>Escenario 2. Caso pesimista</i>	79
6.1.4	<i>Resumen escenarios</i>	81
6.2	Análisis de sensibilidad	83
6.3	Análisis de riesgo	85
6.3.1	<i>Dique sumergido</i>	86
6.3.2	<i>Elevación de la cota de coronación de los diques</i>	87
6.3.3	<i>Dragado de mantenimiento</i>	88
6.3.4	<i>Mantenimiento del sistema de drenado</i>	89
6.3.5	<i>Seguros</i>	89
6.3.6	<i>Procedimientos de evacuación de emergencia</i>	90
6.3.7	<i>Sistema de alerta temprana</i>	91
6.3.8	<i>Resumen de resultados</i>	92
7	Conclusiones	94
8	Anexo de cálculos	96
8.1	Escenario 0. Caso base	96
8.2	Escenario 1. Caso optimista	103
8.3	Escenario 2. Caso pesimista	110
9	Bibliografía	117

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PUERTOS DE INTERÉS GENERAL DE LA RED PORTUARIA ESPAÑOLA (FUENTE: PUERTOS DEL ESTADO)	1
FIGURA 2. GRÁFICO DE REPRESENTACIÓN DE LOS CRITERIOS DE EFICIENCIA Y EQUIDAD (FUENTE: S. TORRES ORTEGA, 2016)	6
FIGURA 3. FASES DEL ACB (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	7
FIGURA 4. ESQUEMA DEL PROCESO DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	13
FIGURA 5. ESQUEMA DEL PROCESO DEL ANÁLISIS DE RIESGO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	14
FIGURA 6. ESQUEMA DE LAS ZONAS QUE ENGLOBA EL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	16
FIGURA 7. IMAGEN DEL PUERTO LOCAL EN SUS INICIOS (FUENTE: PUERTO DE GIJÓN)	17
FIGURA 8. 15 DE MAYO DE 1989. ACTIVIDAD COMERCIAL REGISTRADA EN DISTINTOS MUELLES Y ESPIGONES DEL PUERTO DE EL MUSEL (FUENTE: PUERTO DE GIJÓN)	18
FIGURA 9. HITOS DESTACADOS EN LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	20
FIGURA 10. VISTA AÉREA DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: OHL CONSTRUCCIÓN)	20
FIGURA 11. PLANO AÉREO DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: PUERTO DE GIJÓN)	21
FIGURA 12. PLANO DE LAS TERMINALES DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: PUERTO DE GIJÓN)	23
FIGURA 13. PLANO DE DIQUES, MUELLES Y COMUNICACIONES INTERNAS	24
FIGURA 14. SECCIÓN TIPO DEL TRAMO FINAL DEL DIQUE TORRES (FUENTE: REVISTA IBEROAMERICANA DEL AGUA. 2015)	26
FIGURA 15. SECCIÓN TIPO DEL DIQUE NORTE (FUENTE: REVISTA IBEROAMERICANA DEL AGUA. 2015)	26
FIGURA 16. CONEXIONES DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	27
FIGURA 17. MAPA DE LAS CONEXIONES DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: PUERTO DE GIJÓN)	28
FIGURA 18. NOTICIAS DEL AUMENTO DEL TRÁFICO EN EL PRIMER TRIMESTRE DE 2017 (FUENTE: ELESTRECHODIGITAL Y CANARYPORTS)	29
FIGURA 19. GRÁFICO DEL TRÁFICO HISTÓRICO TOTAL DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	29
FIGURA 20. GRÁFICO DE LA COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO POR TIPO DE MERCANCÍAS EN 2016 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	30

FIGURA 21. GRÁFICO DE MERCANCÍAS CARGADAS POR TIPO DE NAVEGACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	31
FIGURA 22. GRÁFICO DE MERCANCÍAS DESCARGADAS POR TIPO DE NAVEGACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) ...	31
FIGURA 23. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA PROMEDIO EN EL PLANETA TIERRA (FUENTE: CAMBIOCLIMATICOGLOBAL.COM)	34
FIGURA 24. ESQUEMA DEL EFECTO DEL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR EN EL PUERTO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	35
FIGURA 25. ELEVACIÓN DEL NIVEL MEDIO GLOBAL DEL MAR PARA DISTINTOS ESCENARIOS (FUENTE: QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DEL ICCP).....	36
FIGURA 26. ESQUEMA DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS EXTREMAS EN EL PUERTO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	37
FIGURA 27. DATOS ANUALES DEL CAMBIO EN PRECIPITACIONES INTENSAS PARA ASTURIAS (FUENTE: AEMET)	38
FIGURA 28. ESQUEMA DEL EFECTO DEL AUMENTO DE LAS TEMPERATURAS EN EL PUERTO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	39
FIGURA 29. DATOS DEL CAMBIO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL EN ASTURIAS (FUENTE: AEMET).....	40
FIGURA 30. ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE EN EL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: PUERTO DE GIJÓN)	44
FIGURA 31. ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE MAR DE VIENTO EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS (FUENTE: PUERTO DE GIJÓN)	44
FIGURA 32. ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE MAR DE FONDO EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS (FUENTE: PUERTO DE GIJÓN)	44
FIGURA 33. DIRECCIÓN DEL OLEAJE PREDOMINANTE EN EL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	44
FIGURA 34. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN DIQUE SUMERGIDO (FUENTE: ROM 1.0-09)	45
FIGURA 35. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN DIQUE ARRECIFE DE ESCOLLERA (FUENTE: ROM 1.0-09).....	46
FIGURA 36. PERFIL DE PROFUNDIDADES EN LA ZONA CERCANA AL PUERTO (FUENTE: EMODNET).....	46
FIGURA 37. VARIACIÓN DE Kt CON EL FRANCOBORDO SEGÚN SEABROOCK Y HALL Y VAN DEL MEER (FUENTE: UPCOMMONS.UPC)	47
FIGURA 38. PRINCIPALES TIPOS DE DRAGAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	49
FIGURA 39. RESUMEN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	52
FIGURA 40. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ASOCIADAS AL EFECTO DEL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	54

FIGURA 41. VARIACIÓN DEL IPC 2015-2017 (FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA).....	55
FIGURA 42. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ASOCIADAS AL EFECTO DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS EXTREMAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	56
FIGURA 43. ESQUEMA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	57
FIGURA 44. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN LA OPERATIVIDAD PARA CADA UNA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	58
FIGURA 45. ESQUEMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO DEL DIQUE SUMERGIDO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) ..	59
FIGURA 46. VARIACIÓN DEL IPC 2006-2017 (FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA).....	62
FIGURA 47. VARIACIÓN DEL IPC 2006-2017 (FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA).....	66
FIGURA 48. RESUMEN RESULTADOS INDICADORES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	69
FIGURA 49. PÉRDIDA DE OPERATIVIDAD PORTUARIA PARA EL ESCENARIO 0 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	71
FIGURA 50. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA EL DIQUE SUMERGIDO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	71
FIGURA 51. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA LA ELEVACIÓN DE LA COTA DE CORONACIÓN DEL DIQUE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	72
FIGURA 52. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA EL DRAGADO DE MANTENIMIENTO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	73
FIGURA 53. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRENADO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	73
FIGURA 54. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA LAS PÓLIZAS DE SEGUROS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	74
FIGURA 55. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	74
FIGURA 56. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	75
FIGURA 57. JERARQUÍA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN FUNCIÓN DE SU RENTABILIDAD PARA EL ESCENARIO 0 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	77
FIGURA 58. PÉRDIDA DE OPERATIVIDAD PORTUARIA PARA EL ESCENARIO 1 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	77
FIGURA 59. JERARQUÍA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN FUNCIÓN DE SU RENTABILIDAD PARA EL ESCENARIO 1 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	79

FIGURA 60. PÉRDIDA DE OPERATIVIDAD PORTUARIA PARA EL ESCENARIO 2 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	80
FIGURA 61. JERARQUÍA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN FUNCIÓN DE SU RENTABILIDAD PARA EL ESCENARIO 2 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	81
FIGURA 62. CURVAS DE DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL VAN PARA LA MEDIDA DEL DIQUE SUMERGIDO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	86
FIGURA 63. CURVAS DE DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL VAN PARA LA MEDIDA DE LA ELEVACIÓN DE LA COTA DE CORONACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	87
FIGURA 64. CURVAS DE DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL VAN PARA LA MEDIDA DEL DRAGADO DE MANTENIMIENTO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	88
FIGURA 65. CURVAS DE DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL VAN PARA LA MEDIDA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRENADO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	89
FIGURA 66. CURVAS DE DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL VAN PARA LA MEDIDA DE LOS SEGUROS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	90
FIGURA 67. CURVAS DE DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL VAN PARA LA MEDIDA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	91
FIGURA 68. CURVAS DE DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL VAN PARA LA MEDIDA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	92
FIGURA 69. JERARQUÍA DE LAS MEDIDAS EN CUANTO A SU RENTABILIDAD SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE RIESGO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	93
FIGURA 70. RESUMEN DE LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	95

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES DEL HORIZONTE TEMPORAL PARA DISTINTAS TIPOLOGÍAS DE PROYECTO (FUENTE: GUÍA DEL ACB, UE)	8
TABLA 2. TABLA RESUMEN DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD (FUENTE: TORRES ORTEGA, S.)	12
TABLA 3. TERMINALES DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	22
TABLA 4. TIPOS DE TERMINALES DEL PUERTO DE GIJÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	23
TABLA 5. RELACIÓN DE LOS DIQUES DE ABRIGO DEL PUERTO Y SUS CARACTERÍSTICAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	25
TABLA 6. TRÁFICO DEL PUERTO DE GIJÓN EN FUNCIÓN DEL TIPO DE MERCANCÍA. 2016 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	30
TABLA 7. TABLA RESUMEN DE MERCANCÍAS CARGADAS Y DESCARGADAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE NAVEGACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	31
TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE OPCIONES DE ADAPTACIÓN (FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE)	42
TABLA 9. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN FUNCIÓN DE CATEGORÍAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	43
TABLA 10. RESUMEN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN COSTERA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	48
TABLA 11. PORCENTAJE DE LA PÉRDIDA DE OPERATIVIDAD PARA CADA ESCENARIO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	70
TABLA 12. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA CADA UNA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL ESCENARIO 0 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	76
TABLA 13. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA CADA UNA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL ESCENARIO 1 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	78
TABLA 14. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA CADA UNA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL ESCENARIO 2 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	80
TABLA 15. VALORES DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA CADA UNA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN CADA UNO DE LOS ESCENARIOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	82
TABLA 16. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	84
TABLA 17. DATOS ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO CORRESPONDIENTES A LA MEDIDA DEL DIQUE SUMERGIDO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	86



TABLA 18. DATOS ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO CORRESPONDIENTES A LA MEDIDA DE LA ELEVACIÓN DE LA COTA DE CORONACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	87
TABLA 19. DATOS ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO CORRESPONDIENTES A LA MEDIDA DEL DRAGADO DE MANTENIMIENTO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	88
TABLA 20. DATOS ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO CORRESPONDIENTES A LA MEDIDA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRENADO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	89
TABLA 21. DATOS ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO CORRESPONDIENTES A LA MEDIDA DE LOS SEGUROS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	90
TABLA 22. DATOS ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO CORRESPONDIENTES A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	91
TABLA 23. DATOS ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO CORRESPONDIENTES AL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	91
TABLA 24. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA CADA UNA DE LAS MEDIDAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	92

1 INTRODUCCIÓN

La red portuaria española está integrada por 46 puertos de interés general (Figura 1), los cuales son gestionados por 28 Autoridades Portuarias que, a su vez, están coordinadas por el Organismo Público Puertos del Estado.



Figura 1. Puertos de interés general de la red portuaria española (Fuente: Puertos del Estado)

España es un país donde las infraestructuras marítimas son un elemento primordial y de gran extensión debido a que es un país con una proporción de terreno costero muy elevado.

La red portuaria española ha movido en su conjunto unos 508 millones de toneladas durante el pasado año 2016 y, en concreto, el Puerto de Gijón unos 20 millones de toneladas, por lo que se convierte en un elemento fundamental en la economía y, como cuenta además con excelentes comunicaciones marítimas y terrestres (carretera y FFCC), se configura como uno de los principales nodos estratégicos del Arco Atlántico en el flujo de mercancías. Por tanto, es primordial mantener este aspecto habiendo de procurar mantener sus condiciones iniciales en el futuro.

Según indica la mayoría de la comunidad científica, el cambio climático es un hecho que realmente se está produciendo en nuestro planeta. Este fenómeno trae

consigo una serie de efectos, más o menos nocivos para la sociedad, que pueden producir problemas o cambios en las infraestructuras existentes.

Concretamente, las infraestructuras marítimas sufrirán principalmente el efecto de la subida del nivel del mar y las condiciones meteorológicas extremas, aunque no solo eso, también hay que añadir otros factores como el aumento de temperatura, los cambios en el oleaje y mareas, entre otros. Es por ello, que será necesario imponer una serie de medidas para conseguir que las condiciones del puerto se mantengan, como antes se comentaba.

1.1 OBJETIVOS

En relación a lo expuesto, el objetivo principal de este trabajo es la realización de un análisis coste-beneficio de las diferentes medidas de adaptación que serán susceptibles de implantación en el puerto de Gijón debido a los posibles efectos de cambio climático.

Para poder conseguir este resultado, es necesario realizar una serie de pasos intermedios, por lo que se establecerán una serie de objetivos secundarios:

- Estudiar la metodología Análisis coste-beneficio (ACB) para así poder aplicarla al presente trabajo, pasando por sus conceptos básicos, tipologías, etapas, aplicaciones...
- Estudiar el puerto de Gijón y las diferentes medidas posibles a adoptar.
- Ejecutar un Análisis coste-beneficio (ACB) sobre las medidas de adaptación.
- Realización tanto de análisis de sensibilidad como de riesgo, para así poder sacar las conclusiones del estudio.

Para poder plasmar estos objetivos de manera clara, se ha optado por estructurar el trabajo del siguiente modo:

En primer lugar, es necesario reflejar el concepto de un análisis coste-beneficio (ACB), analizando sus conceptos básicos, tipología... además de establecer la metodología a seguir a la hora de evaluar proyectos con este método.

Para terminar de centrar el trabajo, se procede a analizar el puerto de Gijón, su tráfico, partes, infraestructura... y tras ello, analizar las diferentes medidas que se pueden adoptar para suavizar los efectos del cambio climático y mantener el puerto con las características para las que fue diseñado.

Una vez expuesto esto, se realizará la aplicación del análisis coste-beneficio al caso concreto. Para su realización, es necesario definir una serie de parámetros básicos -horizonte temporal, tasa de descuento y año de referencia-. Una vez establecidos los



valores de estos parámetros, con los valores de costes e ingresos será posible obtener los diferentes indicadores de rentabilidad, que en este caso serán el Valor Actualizado Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y el Índice de Rentabilidad (IR).

Tras el análisis coste-beneficio, se realizará el análisis de sensibilidad para determinar como la variabilidad de los parámetros escogidos afecta al resultado final. Esto permitirá definir cuáles son las variables críticas. Por último, se realiza el análisis de riesgo, que se elaborará mediante el método de Montecarlo, para obtener si las medidas son o no rentables económicamente. Al tener varias alternativas posibles, será necesario generar una serie de escenarios -que representarán cada medida de adaptación- y así poder determinar la rentabilidad de cada una de ellas.

2 ANÁLISIS COSTE - BENEFICIO

El análisis coste-beneficio – a partir de ahora ACB – es un método comúnmente utilizado para evaluar el valor social de programas, políticas y proyectos de inversión (Pearce, 1998), comparando sus costes y beneficios asociados. El análisis se realizará con los valores de costes e ingresos actualizados y si, al realizar la comparación, los ingresos superan a los costes, el proyecto será rentable y viceversa.

No solo hay que tener en cuenta los costes y beneficios económicos. Los costes incluirán además los recursos utilizados y los posibles daños que el proyecto pueda generar y los beneficios comprenderán tanto los sociales y medioambientales.

2.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Este método ha ido perfeccionándose a lo largo del tiempo, aunque el fundamento del método tiene su aparición en 1708, con Abad Saint-Pierre. Este escritor y académico francés impulsa el concepto de beneficio como elemento de decisión para el desarrollo de carreteras, apareciendo las primeras ideas acerca del análisis multicriterio.

Tras él, el estadounidense Albert Gallatin comparó en 1808 los costes con los ingresos para la selección de proyectos hidráulicos. Algo más tarde, en 1850, el ingeniero francés Jules Dupuit elabora los fundamentos del “análisis marginal”, definiendo el modo en que se deben medir los ingresos y los gastos, teniendo que ser mayores los primeros para que el proyecto sea rentable.

En el siguiente siglo, fueron muchos los trabajos enfocados a desarrollar el método, de la mano de Otto Eckstein (*“Water Resource Development”*), John Krutilla (*“Multipurpose River Development”*) y Roland McKean (*“Efficiency in Government Through Systems Analysis”*) entre otros. En este siglo, Kaldor y Hicks enuncian *“son justificables aquellos proyectos cuyos beneficios compensan las pérdidas, independientemente de quién soporta los beneficios y quién los costes”*.

Es tanto la proliferación de este método que, a finales de siglo, se establece como método de valoración ambiental de proyectos en Estados Unidos.

Todo esto ha provocado el perfeccionamiento del método haciendo que se convierta en un método muy extendido, hasta el punto de crearse una guía europea sobre el Análisis Coste-Beneficio en proyectos de inversión.

2.2 CONCEPTOS TEÓRICOS PREVIOS

Para poder comprender el método ACB es necesario tener claros una serie de conceptos, como el de eficiencia y equidad, pudiendo quedar definidas por varios criterios, como el de Pareto o el de Kaldor-Hicks. Estos conceptos parten de la Teoría del Bienestar, por la cual los costes son la cantidad máxima que la sociedad está dispuesta a pagar por la utilidad que deja de obtenerse por no utilizar los recursos del proyecto en el mejor uso alternativo y el valor monetario de las consecuencias es la cantidad máxima que la sociedad está dispuesta a pagar por disponer de lo que el proyecto ofrece.

Criterio de Pareto

“UNA SITUACION ES EFICIENTE CUANDO NO ES POSIBLE ENCONTRAR NINGUNA OTRA SITUACION QUE MEJORES EL BIENESTAR SIN QUE NADIE EMPEORE EL SUYO”

Estas situaciones eficientes, que en el criterio se denominan *situaciones óptimas de Pareto*, son las más recomendables, aunque son difíciles de encontrar, ya que en ellas nadie pierde y todos ganan. En la realidad, se da una situación intermedia, los proyectos deben generar beneficios para algunos a costa de que otros soporten costes.

Criterio de Kaldor-Hicks

“UNA SITUACION ES SOCIALMENTE MAS ACEPTABLE QUE OTRA, CUANDO LOS BENEFICIOS DE LA NUEVA SITUACION COMPENSAN LAS PERDIDAS, INDEPENDIEMENTE DE QUIEN SOPORTA LOS BENEFICIOS Y QUIEN LOS COSTES”

Este criterio es menos restrictivo que el anterior, ya que algunos sujetos percibirán un cambio negativo en su función de utilidad mientras que otros experimentarán un cambio positivo. Así, el proyecto será rentable si el beneficio que experimenten unos pueda compensar los costes que experimenten otros.

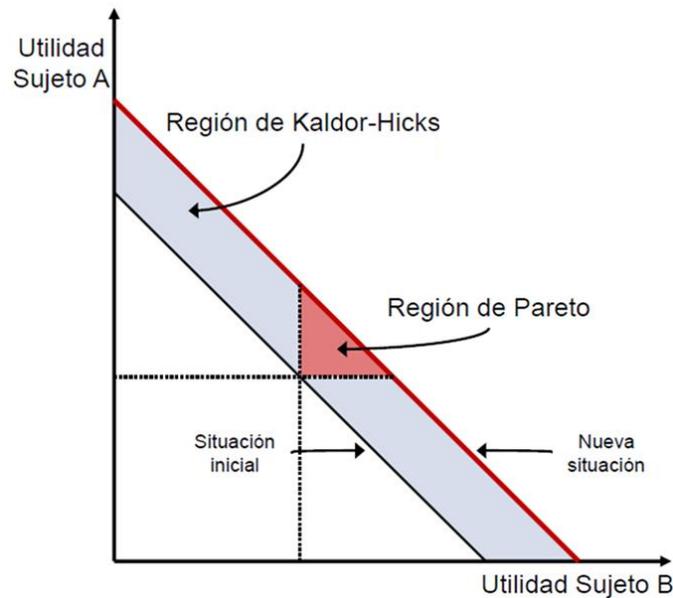


Figura 2. Gráfico de representación de los criterios de eficiencia y equidad (Fuente: S. Torres Ortega, 2016)

Como se había adelantado, se puede ver en la gráfica como el Criterio de Pareto es mucho más restrictivo que el de Kaldor y Hicks, dándose en muy pocas situaciones en la realidad.

2.3 TIPOLOGÍA DE ACB

En función del enfoque que se le quiera dar, se diferencian dos tipos de ACB:

- **Análisis coste-beneficio económico:** se realiza desde el punto de vista del inversor público, el cual busca maximizar el bienestar social, considerando, además de los flujos de caja corregidos, los costes y beneficios no valorados por el mercado.
- **Análisis coste-beneficio financiero:** se realiza desde el punto de vista del inversor privado, enfocado a determinar la rentabilidad y comparando únicamente los costes y beneficios valorados en el mercado.

Existe otra clasificación en función el momento en el que se realiza el análisis:

- **Análisis ex-ante:** en este caso, el proyecto sobre el que se va a realizar el análisis todavía no se ha construido.
- **Análisis ex-post:** la obra sobre la que se realiza el análisis ya está realizada y permite determinar los efectos económicos en relación a los costes supuestos.

Este trabajo se va a realizar mediante un Análisis Coste-Beneficio económico ex-post, ya que se tratará, en el caso de que se llegara a ejecutar, de una inversión pública.

2.4 METODOLOGÍA DEL ACB

No existe un patrón único para la realización del Análisis Coste-Beneficio, sino que algunas etapas difieren en función del autor que las describa. En este estudio, la metodología a seguir es la propuesta por Torres Ortega, la cual pasa por las siguientes fases:

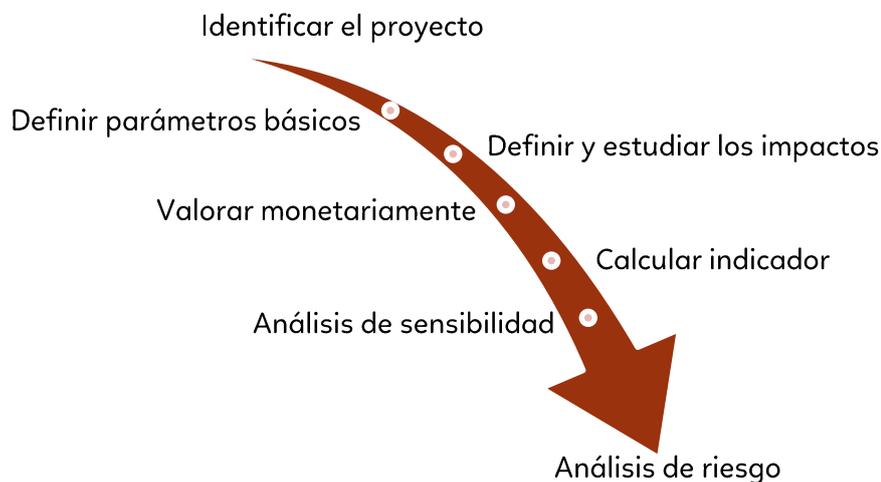


Figura 3. Fases del ACB (Fuente: Elaboración propia)

Estos pasos representan un análisis tipo, pero pueden variar en función del tipo de proyecto.

2.4.1 Identificación del proyecto

En este paso se pretende realizar una descripción completa del proyecto en cuestión, llegando a definir el área de estudio y su nivel de afectación. El análisis dependerá de si el estudio se basa en un proyecto o una política y si es ex-ante o ex-post, ya que el método cambiará por completo.

Para este caso, al tratarse de un análisis ex-ante, se suele incluir una “situación base” o “alternativa cero”, que permite describir la situación en caso de que el proyecto no se llevara a cabo.



Este trabajo es un caso particular, ya que no comprende ningún proyecto concreto, sino que las distintas alternativas a estudiar serán medidas que se determinarán en este mismo proyecto y que puedan reducir los efectos que el cambio climático produzca en el puerto de Gijón. Por tanto, este paso es algo distinto que el resto de estudios que generalmente se realizan.

2.4.2 Definición de parámetros básicos

Existen una serie de parámetros que afectan al resultado final del estudio y que será necesario fijar previamente a su realización:

- Horizonte temporal
- Tasa de descuento
- Tipología de descuento
- Año de referencia
- Parámetros intrínsecos al proyecto
- Parámetros intrínsecos a los impactos

Los dos parámetros más importantes a fijar en esta etapa son el **horizonte temporal** y la **tasa de descuento** a aplicar durante el proceso de cálculo del indicador de rentabilidad:

- **Horizonte temporal:** este parámetro representa el número de años en los que se van a tener en cuenta los flujos de caja y los posibles impactos, es decir, será el número de años en los que el proyecto produce efectos sobre el entorno.

Tipología de proyecto	Horizonte temporal
<i>Energía</i>	25
<i>Agua y medioambiente</i>	30
<i>Ferrocarriles</i>	30
<i>Carreteras</i>	25
<i>Puertos y aeropuertos</i>	25
<i>Telecomunicaciones</i>	15
<i>Industria</i>	10
<i>Otros servicios</i>	15

Tabla 1. Valores del horizonte temporal para distintas tipologías de proyecto (Fuente: Guía del ACB, UE)

- **Tasa de descuento:** este parámetro permite calcular el valor presente de los flujos de caja de una situación futura, es decir, el coste de oportunidad del capital. Se convierte en un parámetro fundamental a la hora de realizar este tipo de análisis ya que se consideran ingresos y

costes mucho tiempo después de haber realizado la inversión inicial. Es por ello que no es posible utilizar valores monetarios distribuidos en el tiempo, sino que hay que actualizarlos al año de referencia mediante este parámetro.

2.4.3 Definición y estudio de los impactos

El objetivo de esta etapa es identificar aquellos impactos derivados de la realización del proyecto, tanto en su fase de puesta en marcha como a largo plazo. Es necesario enumerar y considerar todos los efectos relevantes que afecten a la población del área de estudio.

Puede haber una multitud de impactos, pero no todos tienen por qué ser relevantes, se considera que un impacto es relevante cuando afecta por lo menos a una persona.

2.4.4 Valoración monetaria

Esta etapa será de gran incertidumbre ya que no se puede asegurar la magnitud ni el momento exacto en que se va a producir cada impacto.

Por un lado, es necesario cuantificar cómo afecta el impacto al área de estudio y determinar, para cada uno de los impactos, si el flujo que producen es positivo o negativos, cuál es su valor y cuándo se producen.

Además, el método ACB trabaja con unidades monetarias, ya que se trata de una medida homogénea y objetiva. Para calcular los valores monetarios asociados a los impactos considerados, será necesario predecir el valor de los costes y beneficios afectados en el futuro.

Esto genera un problema de incertidumbre y otro de que no es fácil determinar el valor monetario. No es fácil determinar el valor monetario de un coste o beneficio para el que existe mercado, pero, menos aún para aquellos para los que no existe mercado, como se trata en este caso. Dentro de estos se encuentran los costes y beneficios intangibles como los efectos medioambientales, sociales, bienestar ciudadano o sobre la salud.

- Monetización de los costes y beneficios para los que existe mercado: el precio puede ser utilizado como medida del coste de oportunidad de los mismos y, para que el precio refleje correctamente el coste de oportunidad, el mercado ha de ser perfecto, es decir, no se deben existir distorsiones.

Sin embargo, si el mercado es imperfecto – debido a la presencia de externalidades, información imperfecta, impuestos indirectos o subvenciones –, el precio no refleja el coste social de oportunidad, sino

que se calcula a partir de las valoraciones y costes marginales, ignorando el efecto externo.

- Monetización de los costes y beneficios para los que no existe mercado: se puede realizar de dos maneras:
 - Metodología de preferencias declaradas: se realiza directamente, preguntando a los individuos afectados como valoran el impacto producido
 - Metodología de preferencias reveladas: es un método indirecto, que analiza las preferencias de los individuos para mejorar determinados bienes que se pueden ver afectados por los impactos.

2.4.5 Cálculo del indicador de rentabilidad

Existen multitud de indicadores para determinar la rentabilidad de un proyecto. Para el cálculo de ellos es necesario utilizar los valores monetarios de los impactos anteriormente calculados.

Los indicadores proporcionan una herramienta triple:

- Permiten dar un valor sobre la rentabilidad de una inversión
- Permiten establecer un criterio de admisibilidad de inversiones
- Permiten comparar alternativas y escoger la óptima

El indicador más utilizado para estos análisis es el Valor Actualizado Neto (VAN), aunque también se van a utilizar otros, todos ellos descritos a continuación:

Valor Actualizado Neto (VAN)

Suma algebraica de los valores actualizados de todos los flujos de caja asociados a la posesión de un activo, menos el desembolso inicial para la realización del mismo.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+r)^i}$$

Siendo

I_0 desembolso inicial

F_i flujos de caja en el periodo i

r tasa de interés

Una vez calculado el VAN, se pueden obtener una serie de conclusiones:

- Si el VAN > 0 → el proyecto crea valor → puede aceptarse el proyecto
- Si el VAN < 0 → el proyecto destruye valor → debería rechazarse el proyecto
- Si el VAN = 0 → la inversión no produce ganancias ni pérdidas → deberían utilizarse otros criterios

Lo ideal es que el VAN fuera lo mayor posible, porque a mayor VAN, mayor rentabilidad presenta el proyecto.

Tasa interna de Retorno (TIR)

Máximo coste de oportunidad que el proyecto puede soportar sin que se anule su rentabilidad

$$r / VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+r)^i} = 0$$

Siendo

I_0 desembolso inicial

F_i flujos de caja en el periodo i

r tasa de interés

La TIR es la tasa de interés que anula el VAN, por lo que cuanto mayor es, mayor rentabilidad tiene el proyecto.

- Si la TIR > coste de oportunidad → el proyecto se acepta
- Si la TIR < coste de oportunidad → el proyecto se rechaza
- Si la TIR = coste de oportunidad → el proyecto se acepta

Índice de Rentabilidad (IR)

Cociente entre la suma algebraica de los valores actualizados de todos los flujos de caja asociados a la posesión de un activo, y el desembolso inicial necesario para la realización del mismo.

$$IR = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+r)^i}}{I_0}$$



Siendo

I_0 desembolso inicial

F_i flujos de caja en el periodo i

r tasa de interés

El valor obtenido del Índice de Rentabilidad proporciona la siguiente información:

- Si el $IR > 1 \rightarrow$ el proyecto crea valor \rightarrow puede aceptarse el proyecto
- Si el $IR < 1 \rightarrow$ el proyecto destruye valor \rightarrow debería rechazarse el proyecto
- Si el $IR = 1 \rightarrow$ la inversión no produce ganancias ni pérdidas \rightarrow deberían utilizarse otros criterios

Por tanto, si se tienen varias alternativas, la más adecuada sería la que presenta un IR mayor ya que será la que mayor rentabilidad tenga.

Resumen de criterios

INDICADOR	ACEPTABLE	RECHAZABLE
Valor Actualizado Neto (VAN)	> 0	< 0
Tasa Interna de Retorno (TIR)	$> i^*$	$< i^*$
Índice de Rentabilidad (IR)	> 1	< 1

Tabla 2. Tabla resumen de los indicadores de rentabilidad (Fuente: Torres Ortega, S.)

2.4.6 Análisis de sensibilidad

Existen infinidad de factores que pueden afectar a cada uno de los datos que se han recogido para la realización de ACB, el más importante de ellos es la incertidumbre que rodea a todo el proceso, como ya se ha comentado. No existe una fiabilidad absoluta en las predicciones sobre los datos del proyecto en análisis ex-ante por lo que esta etapa resulta fundamental a la hora de la realización del estudio. Puede existir alguna variable que con una ligera variación provoque un gran cambio en el resultado final, por lo que habrá que tenerlo muy en cuenta ya que su valor exacto no es conocido con 100% de fiabilidad.

Mediante este análisis se puede determinar cómo la variación de estos factores afecta al resultado final del ACB, lo que permite obtener los parámetros críticos del modelo, que serán los que tienen un alto impacto en el resultado final de la evaluación. Por norma general, se considera que una variable es crítica cuando provoca al menos una variación de un 1% en el indicador de rentabilidad si se cambia su valor en un 1%.

El proceso a seguir para la realización de esta etapa es el propuesto por Torres Ortega:



Figura 4. Esquema del proceso del análisis de sensibilidad (Fuente: Elaboración propia)

- **Identificación de variables:** es necesario determinar las variables que influirán en el proceso, agrupándolas en categorías:
 - Precios: *tasa de inflación, tasa de crecimiento de los salarios, precios de la energía, cambios en los precios de bienes y servicios...*
 - Demanda: *población, tasa de crecimiento de la población, tasa de consumo, área, volúmenes de mercado...*
 - Costes de inversión: *duración de la construcción, coste horario laboral, productividad horaria, coste del transporte, coste de las materias primas, coste del suelo...*
 - Costes de operación: *precios de los bienes y servicios usados*
 - Precios de los productos: *tarifas, precio de los procesos de venta, precios de los productos semifabricados...*
 - Precios contables: *coeficientes de conversión, valor del tiempo, coste de las hospitalizaciones, de las muertes evitadas, precios sombra de bienes y servicios...*
 - Parámetros C-B: *riesgos evitados, área afectada, valores añadidos...*

- **Eliminación de variables dependientes:** puede haber variables que engloben otras. Esto puede provocar distorsiones y un problema de doble contabilidad, por tanto, es necesario eliminar estas variables redundantes, quedándose con las más significativas o modificar el modelo para eliminar las dependencias entre las variables. Por ello, es necesario trabajar con variables independientes siempre que sea posible y el análisis se debe realizar de la forma más desagregada posible. Por ejemplo, la variable ingreso, incluye tanto la cantidad como el precio, las cuales pueden ser o no críticas, por tanto, se considerarán estas dos últimas y no la variable ingreso.

- **Análisis de elasticidad:** para reducir los cálculos, es recomendable realizar un análisis cuantitativo previo para analizar el impacto de las variables y así seleccionar aquellas con una baja elasticidad marginal. Por tanto, el análisis se puede limitar a las variables más significativas, analizando su elasticidad con los cálculos correspondientes. En cada caso será necesario determinar los valores máximo y mínimo del análisis, así como las diferencias sobre el indicador de rentabilidad.
- **Determinación de variables críticas:** como resultado del proceso se tienen las variables críticas del proceso que será presumiblemente pequeño.

En el análisis de sensibilidad, en un caso general, se analiza cada variable de forma separada. Sin embargo, existe un caso particular denominado *análisis de escenarios* en el que se estudia el impacto combinado de un conjunto de variables críticas, agrupándolas en casos “optimistas” y “pesimistas”.

Para poder conseguirlo, es necesario determinar para cada una de las variables críticas los valores extremos en función de su distribución más probable.

Una vez hecho esto, se tendrá un valor del indicador de rentabilidad para cada escenario.

2.4.7 Análisis de riesgo

Consiste en el estudio de la probabilidad que tiene un proyecto de llevarse a cabo de una forma satisfactoria en cuanto a su rentabilidad.

El resultado del análisis arrojará un valor de la probabilidad que podrá tener os siguientes significados:

- Probabilidad = 1 → certeza absoluta
- Probabilidad = 0 → certeza no confirmada
- $0 < \text{Probabilidad} < 1$ → resto de situaciones posibles

Las etapas de este análisis que se exponen a continuación se han tomado del autor Torres Ortega:



Figura 5. Esquema del proceso del análisis de riesgo (Fuente: Elaboración propia)



- **Distribución probabilística:** en los pasos anteriores del estudio, se han determinado las variables críticas, sin embargo, no es conocida su distribución de probabilidad. Es en este paso donde se define el rango de valores entre los que se moverá, para así calcular los valores esperados.
- **Análisis de riesgo:** una vez obtenida la distribución probabilística de las variables del modelo, es posible calcular la distribución de probabilidad esta vez del indicador de rentabilidad del proyecto. Para ello, se recurre al Método Montecarlo en la mayoría de los casos.
- **Evaluación del nivel de riesgo:** tras los pasos anteriores es posible ahora vincular un dato del indicador de rentabilidad con la probabilidad de ocurrencia asociada al mismo, con lo cual la toma de decisiones se puede realizar no solo en función del valor del indicador, sino de su probabilidad y de su valor esperado más probable.

$$\text{Valor esperado} = \sum \text{valor} \times \text{probabilidad}$$

- **Mitigación de riesgo:** esta etapa está enfocada a reducir la incertidumbre sobre el resultado final. Permite reducir los niveles de optimismo, ya que es un error bastante común en los análisis de inversión.

3 CASO DE ESTUDIO: PUERTO DEL MUSEL (GIJÓN)

Situado en la costa Cantábrica, en el Norte de España, el Puerto de Gijón conforma una gran vía de conexión entre Europa y el norte occidental de la Península Ibérica.

Con un movimiento anual de más de 20 millones de toneladas, el Puerto de Gijón dispone de unas infraestructuras adecuadas a las nuevas necesidades de clientes y usuarios tanto en oferta de terminales especializadas, calados para grandes buques y superficies de almacenamiento.

El Puerto de Gijón cuenta además con unas excelentes comunicaciones marítimas y terrestres –por carretera y FFCC– que lo configuran como unos de los principales nodos estratégicos del Arco Atlántico en el flujo de mercancías.



Figura 6. Esquema de las zonas que engloba el Puerto de Gijón (Fuente: Elaboración propia)

3.1 HISTORIA DEL PUERTO DE GIJÓN

El Puerto de Gijón comprende las actividades comerciales, náutico-deportivas, turísticas, pesqueras y astilleros que engloban una extensa franja marítima terrestre que va desde el actual puerto deportivo de la ciudad (antiguo puerto local), al Musel y zona de Aboño.

El puerto local acogió en exclusividad la actividad portuaria hasta 1907, año en el que se inician la explotación comercial de El Musel, principalmente, con las exportaciones de mineral y de hierro y carbón. A su vez, el puerto se iría ampliando en

sus espigones y muelles convirtiéndose en los años cuarenta en el principal puerto español en movimiento de tráfico.



Figura 7. Imagen del Puerto local en sus inicios (Fuente: Puerto de Gijón)

Desde sus primeros años El Musel, además de puerto carbonero, se empieza a vislumbrar como escala de los trasatlánticos para dar salida al importante flujo migratorio hacia los países americanos, arrancando por primera vez esa ruta en octubre de 1910 con el atraque del trasatlántico alemán ‘Santos’ en el dique Norte.

Entre las principales ventajas que ofrecía El Musel para acceder a estos tráfico estaban sus calados y el bajo precio del carbón; por el contrario, tenía el inconveniente que gran parte de sus infraestructuras estaban sin concluir; el I Espigón donde podrían atracar los trasatlánticos en su alineación SE no se concluiría hasta 1913, y habría que esperar hasta 1930 para ver finalizados los 1.185 metros de dique Norte que lo protegía de los temporales. Además, las comunicaciones con Gijón eran bastante deficientes, la carretera no era buena y para suplir estas carencias se improvisaría un sistema de barcaje con embarcaciones a vapor entre los muelles locales y el nuevo complejo portuario, pues hasta el mes de mayo de 1912 no se abriría la línea del tranvía eléctrico que desde La Calzada enlazaba la ciudad y el puerto.

Como el I Espigón no era el lugar más apropiado para los buques transoceánicos, en 1935 se comenzaría la construcción del II Espigón llamado de “trasatlánticos”, quedando paralizadas las obras por la Guerra Civil. En 1941 se vuelven a adjudicar y concluyen en 1944 cuando los viajes trasatlánticos pierden terreno frente a la aviación intercontinental.



Figura 8. 15 de mayo de 1989. Actividad comercial registrada en distintos muelles y espigones del puerto de El Musel (Fuente: Puerto de Gijón)

La actividad industrial asturiana tuvo una gran dependencia del Puerto de Gijón, desde el principio (mediados del siglo XIX) con los embarques de graneles sólidos procedentes de las cuencas mineras asturianas del Caudal y del Nalón (en el caso del carbón), y de la zona de Carreño (en el caso de mineral de hierro).

Actualmente, la función industrial del puerto de El Musel está cimentada en la siderurgia y las centrales térmicas como principal factor impulsor de los tráficós.

Una de las principales expansiones del puerto tuvo lugar entre el 2005 y 2010 con la construcción en El Musel, del Proyecto de Ampliación, que partiendo del Cabo Torres ha permitido ganar 170 hectáreas de terreno y 175 hectáreas de aguas remansadas, duplicando aproximadamente, lo que se había venido realizando desde 1892-1893, y al mismo tiempo ampliando los calados hasta más de 23 metros de profundidad.

La evolución del Puerto de Gijón ha sido constante los últimos años en sus diferentes servicios, equipamientos y vertientes comerciales, uniendo a las tradicionales prestaciones, las pesqueras, crucerísticas, deportivas, además de la construcción de barcos (astilleros).

De él depende también la gestión y funcionamiento de las señales marítimas en la mitad de los faros de Asturias: Peñas, Candás, Torres, Tazones, Lastres, Ribadesella, Llanes y San Emeterio.

Actualmente, el Puerto de Gijón es el principal puerto granelero de España y uno de los más importantes del todo el Arco Atlántico, gracias, sobre todo, a las importaciones de carbón y mineral de hierro, procedentes de países como Estados Unidos de Norteamérica, Brasil, Rusia, Canadá destinados a la siderurgia y centrales

térmicas. También a los desembarques de graneles líquidos, así como, dentro de una amplia variedad de productos a los embarques de cemento y tráfico de mercancía general, representada sobre todo por el transporte de contenedores.

3.2 LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO

En febrero del año 2005, comenzaron las obras de Ampliación del Puerto de Gijón, que permitieron obtener unas modernas instalaciones capaces de satisfacer las necesidades de los clientes, adaptarse a la demanda futura y contribuir a la modernización de la industria asturiana. Un proyecto que supuso uno de los mayores retos de la ingeniería portuaria española.

La obra ha consistido básicamente en la construcción de un nuevo dique de abrigo que parte del Cabo de Torres y tiene una longitud total de 3.867 metros, lo que ha permitido generar 145 hectáreas de superficie de tierra y 140 hectáreas de superficie de agua abrigada.

El primer tramo del dique de abrigo, denominado Dique Torres, es un dique en talud de 1.433 m de longitud conformado por un manto principal de bloques de hormigón, cuya profundidad varía entre los 10 y los 22m. El Dique Norte, tiene una longitud total de 1.587 m, con profundidades entre los -23,00 y los -30,00 m, y se ejecuta mediante una tipología estructural vertical, conformada por treinta y tres cajones prefabricados de hormigón armado. Completa el dique de abrigo un contradique, de 847 m de longitud, en talud conformado por bloques cúbicos de hormigón, cuya misión fundamental es la de proporcionar abrigo en la dársena para los oleajes del noreste.

Asimismo, comprende la construcción de un muelle ubicado en la parte norte de la dársena de 1.250 m de longitud, con una profundidad de 23 m y una anchura superior a los 400 m.

Además de la construcción del nuevo dique de abrigo, se ha realizado la ejecución de los diques perimetrales de la nueva superficie a ganar al mar, el relleno del espacio comprendido entre los diques de protección y la demolición del espaldón actual del dique Príncipe de Asturias, con objeto de poner en comunicación la superficie portuaria previa con la obtenida tras la ampliación.

En resumen, el conjunto de las obras representa:

- 3.797 m de dique de abrigo formado por 1.433 m (dique Torres, con tipología talud), 1.566 m (dique Norte, con tipología vertical) y 798 m de contradique
- 1.365 m de muelle de 23 m de calado
- 1.650 m taludes interiores en cierre explanada

La ampliación del puerto de Gijón, realizada por la empresa OHL, representa un gran reto tecnológico en cuanto a su diseño y realización, debido a los siguientes condicionantes:

- Complejidad técnica de la obra
- Calados importantes, en algunos puntos superiores a los 33 m
- Clima lluvioso y condiciones marítimas extremas
- Necesidad de trabajo ininterrumpido, 24 horas diarias, para la ejecución de algunos elementos de hormigón armado (cajones, bloques, etcétera)

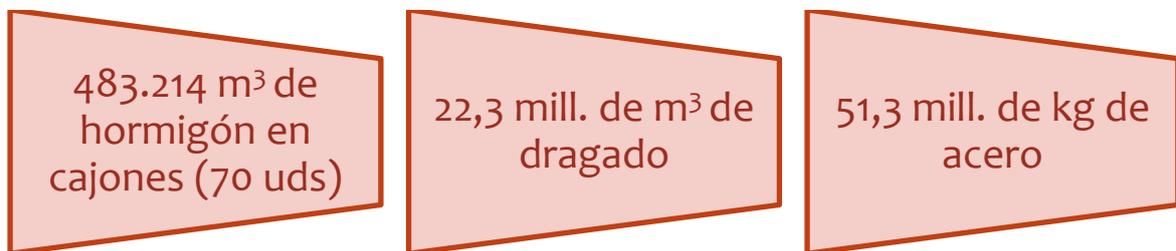


Figura 9. Hitos destacados en las obras de Ampliación del Puerto de Gijón (Fuente: Elaboración propia)



Figura 10. Vista aérea de la Ampliación del Puerto de Gijón (Fuente: OHL Construcción)

3.3 EL PUERTO ACTUAL

El Puerto de Gijón está situado fuera de la ciudad de la que toma su nombre en dirección Noroeste, a unos 7 km del centro, en la costa de las zonas de Jove, Musel y Campa de Torres. El órgano rector es la Autoridad Portuaria de Gijón, que tiene sus oficinas en el interior del puerto.

En la siguiente imagen se puede observar un plano esquemático del Puerto, con sus diferentes partes diferenciadas por colores:

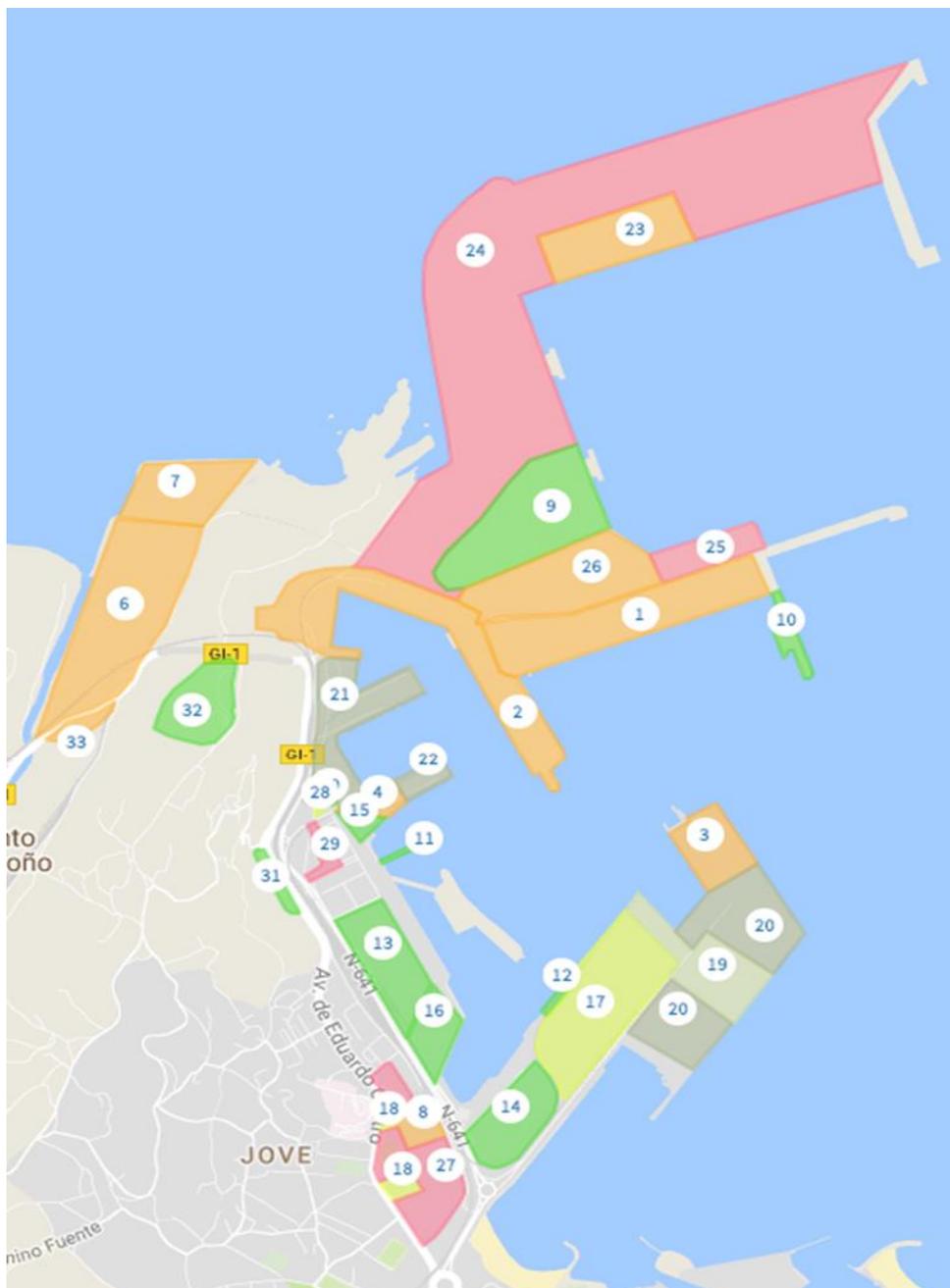


Figura 11. Plano aéreo del Puerto de Gijón (Fuente: Puerto de Gijón)



- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Muelle Marcelino León – Graneles sólidos 2. Muelle Olano – Graneles sólidos 3. Muelle Moliner – Graneles sólidos 4. Espigón II (Alineación norte) – Graneles sólidos 6. Explanada de Aboño – Graneles sólidos 7. Ampliación explanada de Aboño – Graneles sólidos 8. La Figar – Graneles sólidos 9. Ampliación – Graneles líquidos 10. Contradique Príncipe de Asturias – Graneles líquidos 11. Pantalán – Graneles líquidos 12. Muelle de la Osa (7º alineación, 1er tramo) – Graneles líquidos 13. 6º alineación – Graneles líquidos 14. Muelle de la Osa – Graneles líquidos 15. Espigón II (Alineación sur) – Graneles líquidos 16. 6º alineación – Graneles líquidos | <ol style="list-style-type: none"> 17. Muelle de la Osa (7º alineación, 2º tramo) – Contenedores 18. La Figar – Contenedores 19. Muelle de la Osa (8º alineación) – Ro-Ro 20. Muelle de la Osa (8º y 9º alineación) – Convencional 21. Espigón I y 5º alineación – Convencional 22. Espigón II – Convencional 23. Ampliación Muelle Norte – Graneles sólidos 24. Ampliación 25. Muelle Marcelino León 26. P4 Muelle Marcelino León – Graneles sólidos 27. La Figar 28. Puesto de Inspección Fronteriza – Contenedores 29. Explanada del Espigón II 30. Muelle Ribera - 5º alineación 31. Fuera de DDP – Graneles líquidos 32. Campa Torres – Graneles líquidos 33. Aboño – Graneles sólidos |
|--|--|

El puerto de Gijón dispone de varias terminales, recogidas en la siguiente tabla:

Graneles	Sólidos Líquidos
Mercancía general	Contenedores Convencional
Ro-Ro	

Tabla 3. Terminales del Puerto de Gijón (Fuente: Elaboración propia)

Sin embargo, no todas las terminales están actualmente activas, existen algunas disponibles como previsión de futuro.

Los muelles y terminales activos en la actualidad de indican en la siguiente figura:



*Figura 12. Plano de las terminales del Puerto de Gijón
(Fuente: Puerto de Gijón)*

GRANELES SÓLIDOS

Carbón y mineral de hierro	1
Carbón	2
Cemento	3, 4, 5
Cereales	6
Almacenamiento y clasificación de carbones	7, 8, 9

GRANELES LÍQUIDOS

Butano y propano	10
Betunes y asfaltos	11, 12
Gas natural	13
Gasolina y gasóleo	14, 15, 16

MERCANCÍA GENERAL

Contenedores	17
Productos siderúrgicos	18
Tráfico Ro-Ro	19

Tabla 4. Tipos de terminales del Puerto de Gijón (Fuente: Elaboración propia)



Figura 13. Plano de diques, muelles y comunicaciones internas

El actual Puerto, tras la Ampliación, cuenta con varios diques, de tipologías variadas, cuyas características se pueden resumir en la siguiente tabla, que se ha conformado a partir de los datos extraídos de la Memoria Anual del Puerto de Gijón del año 2015:

Nota: Estos datos pueden diferir ligeramente de los indicados en el subcapítulo 3.2, que han sido extraídos directamente de la web de la constructora de la Ampliación (OHL Construcción).

OBRAS DE ABRIGO

Ampliación	Dique Torres	1433 m	Núcleo de pedraplén, mantos secundarios de escollera y bloques de hormigón de 10 T. El peso de los bloques de hormigón del manto principal varía entre 10 T en la zona más abrigada, hasta las 145 T. en la zona más expuesta. Con talud 2:1. Espaldón coronado entre las cotas +14 y +24 m.
	Dique Norte	1566 m	Dique vertical conformado por un total de 33 cajones de hormigón armado de 52 m de eslora, 32 de manga y 32 de puntal cimentados a la cota -24,75 m y coronado a la +24 m. Se sitúa en profundidades de -25 a -30 m.
	Contradique exterior	798 m	Dique en talud, conformado por un núcleo de pedraplén, mantos secundarios de escollera y bloques de hormigón de 10 T. El peso de los bloques del manto exterior alcanza en la zona más expuesta las 90 T. Su talud es 2:1.
Dique Príncipe de Asturias		500 m	Núcleo de bloques de hormigón de 90 T. y manto exterior de 120 T. y talud 1:1,5
Contradique Príncipe de Asturias	1 ^{er} tramo	430 m	Núcleo de escollera y manto exterior de bloques de 10 T. y talud 1:1,5
	2 ^o tramo – morro	45 m	Núcleo de bloques de hormigón de 90 T. y manto exterior igual con talud 1:1,5
Dique de cierre de los Muelles de La Osa		1615 m	Núcleo de todo uno con mantos exteriores de escollera y bloques de 8, 11, 20 y 30 T con talud 1:1,50
Santa Catalina		335 m	Vertical formado por un muro de mampostería
Dique del Oeste		384 m	Vertical formado por un muro de mampostería

Tabla 5. Relación de los diques de abrigo del Puerto y sus características (Fuente: Elaboración propia)

De esta tabla se extrae que solo la Ampliación ha supuesto la creación de casi 4 km de diques, duplicando la longitud de los mismos antes de la ampliación, que era 3.339 m, haciendo al puerto mucho más competitivo.

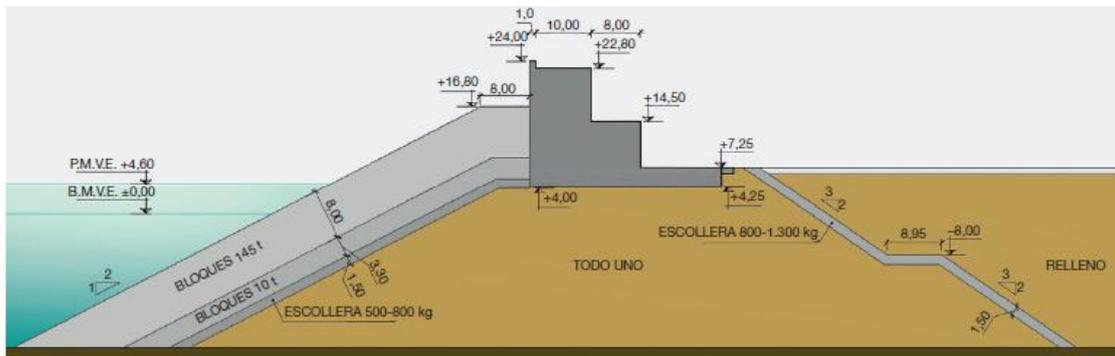


Figura 14. Sección tipo del tramo final del Dique Torres (Fuente: Revista Iberoamericana del Agua. 2015)

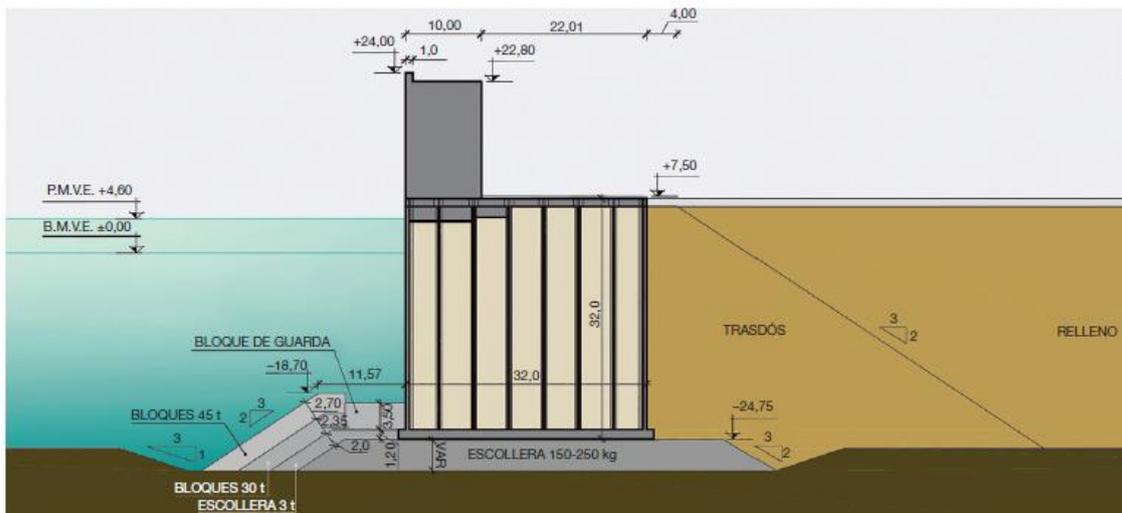


Figura 15. Sección tipo del Dique Norte (Fuente: Revista Iberoamericana del Agua. 2015)

3.4 CONEXIONES DEL PUERTO

Las excelentes conexiones del Puerto de Gijón –por carretera y ferrocarril– lo hacen muy atractivo y lo convierten en un nodo de comunicaciones muy importante para la región.

CARRETERA

- A-66 - Autopista Madrid - Gijón
- A-8 - Autovía del Cantábrico (Coruña - Irún)
- AS-I - Autovía Minera (Gijón - Mieres)
- AS-II - Autovía Oviedo - Gijón
- N-632 - Galicia - Cantabria

FERROCARRIL

- RENFE: Línea de Gijón a León (171km) con los ramales en explotación Veriña a Aboño y Veriña al Puerto de Gijón
- FEVE: Gijón - Pola de Laviana, con enlace con la línea Oviedo - Bilbao en el Berrón
- FEVE: Gijón - Ferrol

Figura 16. Conexiones del puerto de Gijón (Fuente: Elaboración propia)

Además, el aeropuerto de Asturias –perteneciente a Aena– se encuentra situado a tan solo 40 km de Gijón, en el concejo de Castrillón, siendo un punto más a favor en las comunicaciones del Puerto.

En la siguiente figura se representa un esquema de las conexiones del Puerto de Gijón, por tipos. Queda plasmado que el Puerto queda perfectamente conectado con los núcleos más importantes de la Comunidad, así como con las Comunidades vecinas: Galicia, Cantabria y Castilla y León.

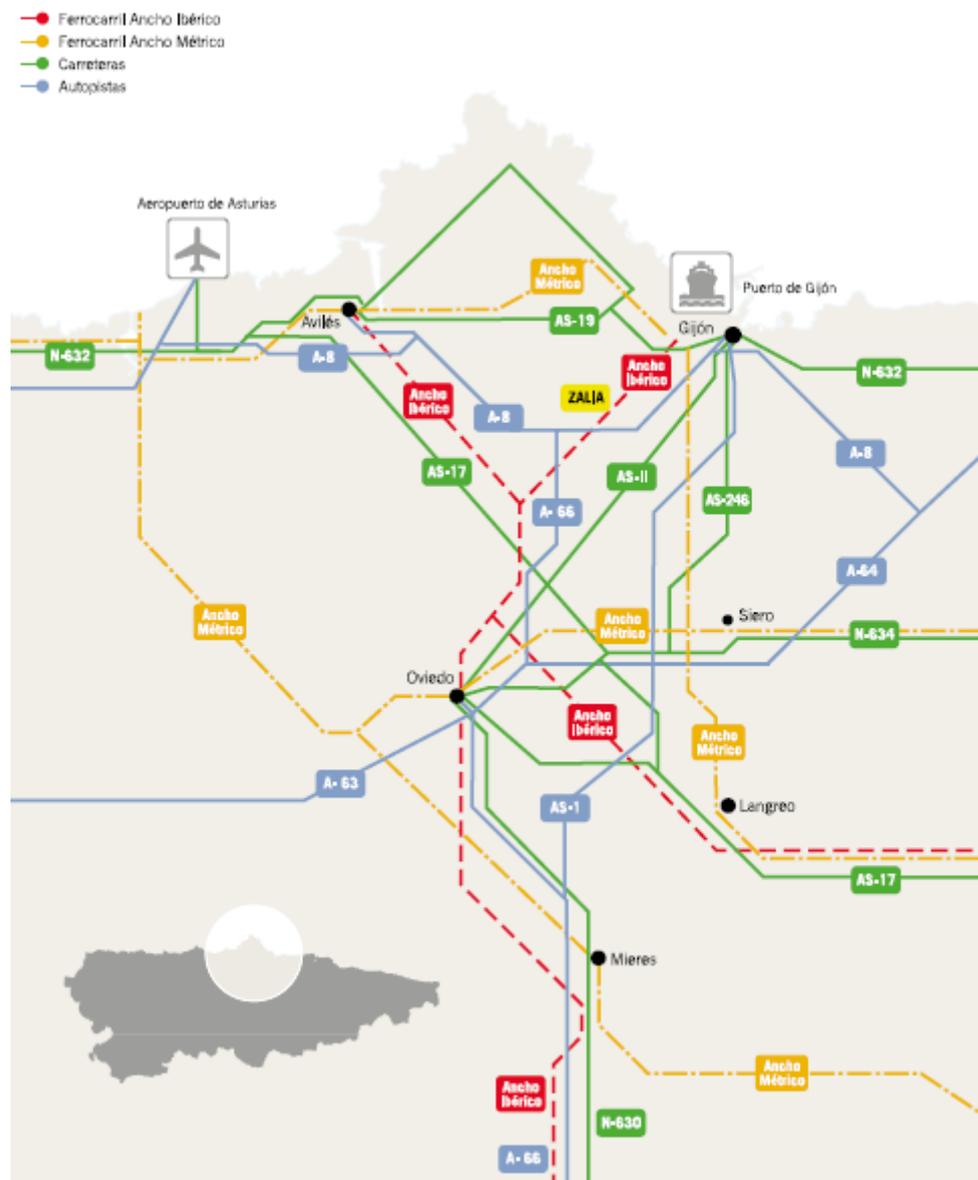


Figura 17. Mapa de las conexiones del Puerto de Gijón (Fuente: Puerto de Gijón)

3.5 TRÁFICO DEL PUERTO DE GIJÓN

Los datos más recientes del tráfico del Puerto de Gijón se han extraído de la web de Puertos del Estado, aunque algunos más específicos solo aparecen en las Memorias Anuales del Puerto, siendo la más reciente la del año 2015.

En el siguiente gráfico aparecen representados los tráficos totales del Puerto en una serie histórica. En general, la tendencia del tráfico ha ido al alza, aunque, en el último año 2016, ha disminuido en unos 3 millones de toneladas. Sin embargo, según publican varias webs, el tráfico del Puerto ha subido en el primer semestre del año un 6%. Esto puede hacer que, al final del año, se consiga un resultado de nuevo creciente.



Figura 18. Noticias del aumento del tráfico en el primer trimestre de 2017 (Fuente: Elestrechodigital y Canaryports)

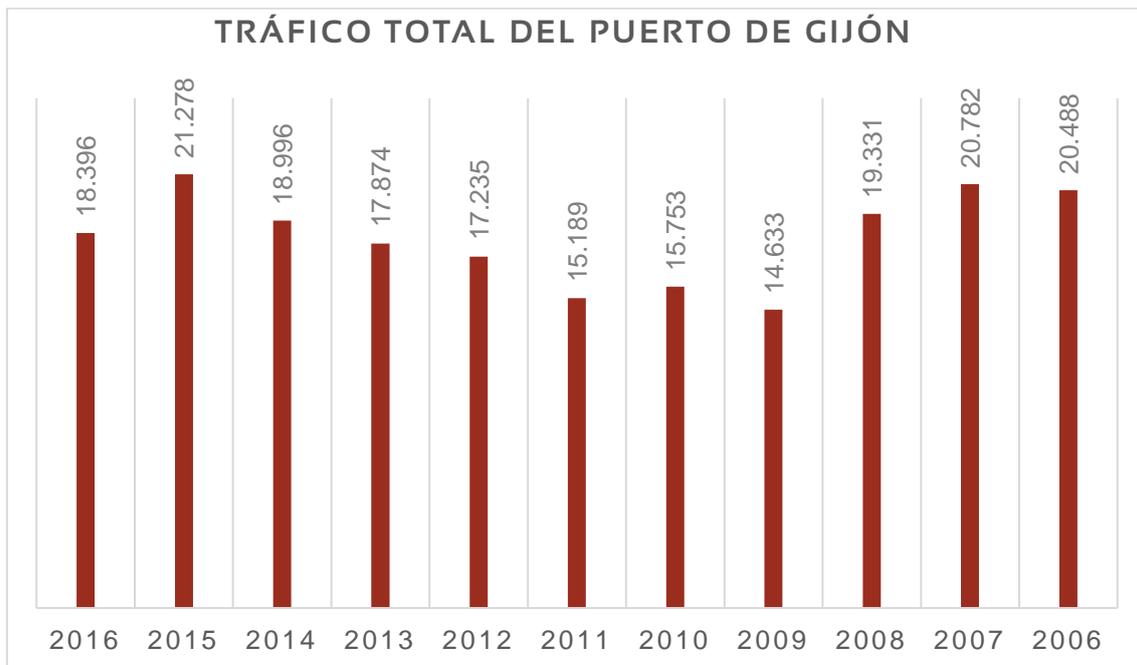


Figura 19. Gráfico del tráfico histórico total del Puerto de Gijón (Fuente: Elaboración propia)

La conclusión que se extrae es que el tráfico del Puerto de Gijón se mantiene en el orden de los 20 millones de toneladas al año durante lo que va de siglo. Dentro del tráfico total se encuentran:

- Graneles: líquidos y sólidos
- Mercancía general: contenedores y convencional
- Otros tráficos portuarios: local y avituallamiento y pesca

En cuanto al tipo de mercancías que pasan por el Puerto, los graneles sólidos son sin duda los predominantes, como ya se había indicado. Esto es gracias a diferentes industrias cercanas al puerto, que demandan y expiden distintas mercancías:

- **Arcelor-Mittal:** consume carbón siderúrgico y mineral de hierro y produce alambrón, vigas metálicas y otros productos siderúrgicos.
- **Hidroeléctrica del Cantábrico (Ahora EDP):** consume carbón para sus centrales térmicas.
- **Tudela Veguín:** importa Clinker y exporta cemento



Figura 20. Gráfico de la composición del tráfico por tipo de mercancías en 2016 (Fuente: Elaboración propia)

Es tal la dominación de los graneles sólidos respecto al resto de mercancías, que ocupan un 87% sobre el tráfico total en el año 2016.

	Miles de toneladas	Porcentaje
<i>Graneles sólidos</i>	16.013	87%
<i>Graneles líquidos</i>	815	4%
<i>Mercancía general</i>	1.512	8%
<i>Otros tráficos portuarios</i>	106	1%

Tabla 6. Tráfico del Puerto de Gijón en función del tipo de mercancía. 2016 (Fuente: Elaboración propia)

En los siguientes gráficos se realiza la comparación entre las mercancías exteriores y nacionales, tanto para origen y destino el Puerto de Gijón, con datos extraídos de la Memoria Anual de 2015 del Puerto de Gijón, la más reciente hasta la fecha.

El primer gráfico corresponde a mercancías cuyo origen es el Puerto de Gijón. Se observa como la mayoría de las mercancías que se cargan en el Puerto, tienen destino internacional, ocupando el 87,9% del total de las mercancías cargadas, situándose en el orden de los 3000 miles de toneladas al año. En contraposición, se encuentran las mercancías cargadas para transporte marítimo a lo largo de la costa, cuyo tráfico es muy inferior, ocupando únicamente el 12,1%, lo que se traduce en 426 miles de toneladas al año.

Pasando al gráfico siguiente, se puede observar cómo sigue en la misma línea, siendo puntero el tráfico exterior. Aunque ahora todavía aumenta más el tráfico exterior, llegando al 95,6%, lo que se traduce en los casi 17000 miles de toneladas al año, haciendo insignificante la navegación por cabotaje, que solo ocupa un 4,4% sobre el total, no llegando a pasar el umbral del millón de toneladas al año. Aun así, aunque ocupe un porcentaje pequeño respecto a las mercancías descargadas en navegación exterior, la cantidad de mercancía sigue siendo mayor que en el caso de las mercancías cargadas.

	Mercancías cargadas (mil de t)	Mercancías descargadas (mil de t)	TOTAL
Navegación exterior	3.094 (87,9%)	16.886 (95,6%)	19.980
Navegación por cabotaje	426 (12,1%)	773 (4,4%)	1.199
TOTAL	3.520	17.659	21.179

Tabla 7. Tabla resumen de mercancías cargadas y descargadas en función del tipo de navegación (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla anterior se indica la cantidad total de mercancías que se movió en el Puerto de Gijón en el año 2015, siendo muy superior la navegación exterior, a la navegación por cabotaje.

Mercancías cargadas y descargadas por tipo de navegación

MERCANCÍAS CARGADAS POR TIPO DE NAVEGACIÓN



Figura 21. Gráfico de mercancías cargadas por tipo de navegación (Fuente: Elaboración propia)

MERCANCÍAS DESCARGADAS POR TIPO DE NAVEGACIÓN



Figura 22. Gráfico de mercancías descargadas por tipo de navegación (Fuente: Elaboración propia)

3.6 LA INFLUENCIA DEL PUERTO DE GIJÓN EN LA ECONOMÍA

Los puertos comerciales son instrumentos claves para el desarrollo de la economía productiva de un área y elemento estratégico de la cadena logística. La competitividad empresarial depende, cada vez más, de unos puertos eficaces, bien integrados, que permitan a las compañías abordar con éxito los retos y las oportunidades de una economía globalizada, empujada a la necesaria captación de mercados internacionales, a la continua rebaja de costes y a la mejora de la calidad.

En este marco, el puerto de Gijón -líder nacional en movimiento de graneles sólidos- ha vivido en los últimos años una profunda ampliación, liderando la adopción de los más modernos sistemas de planificación y gestión estratégica del Sistema Portuario Español.

Esto ha provocado que se convierta en pieza clave del desarrollo económico e industrial de la región, suponiendo además una oportunidad de negocio para los empresarios asturianos.

En estos últimos años, tras la ampliación, el puerto de Gijón ha reforzado su posicionamiento como gran puerto del noroeste peninsular, ya que se encuentra en el centro de la cornisa Cantábrica, facilitando los movimientos de importación-exportación.

Esto ha conseguido que no solo sea influyente en la zona Cantábrica, sino que aproximadamente el 15% de las mercancías que se mueven en el Puerto de Gijón tienen origen y destino en Castilla y León, convirtiéndose en un punto clave para abordar el transporte de la Comunidad. Todo ello en un marco de colaboración institucional, que evidencia el acuerdo formalizado con la Junta de Castilla y León para el desarrollo de su red logística (CyLOG), así como los convenios de colaboración suscritos con las Cámaras de Comercio de León, Zamora y Valladolid.

El Puerto de Gijón está conectado con los principales puertos de los cinco continentes. La apertura y consolidación de dos líneas regulares de contenedores han atraído hasta El Musel a diez navieras internacionales.

Las infraestructuras de El Musel hacen que la gran tradición marítima de Asturias no solo se mantenga, sino que se potencie, ofreciendo al conjunto empresarial una oportunidad de aprovisionamiento de materiales y de salida de productos clave para su política de costes y de internacionalización de mercados.

El Puerto de Gijón, consciente de la importancia de los proyectos de innovación I+D+i, como plataforma para el desarrollo industrial, participa habitualmente en proyectos dentro de los programas Marco Europeo y de la Red Transeuropea de Transportes, entre las que cabe reseñar el Blue Change sobre la utilización del gas licuado como combustible para buques en el Puerto de Gijón. Este proyecto abriría nuevas vías para su utilización, con la posibilidad de desarrollar en Gijón negocios de

bunkering gracias a la planta regasificadora. Además, la cooperación de la Autoridad Portuaria de Gijón en asuntos comunitarios le ha permitido participar en diversos foros relacionados con aspectos marítimos.

3.7 AFECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL PUERTO

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc.

En la actualidad existe un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos.

El cambio climático está modificando nuestra economía, salud y comunidades de formas diversas. Los científicos advierten de que, si no ponemos el freno sustancialmente al cambio climático ahora, los resultados probablemente sean desastrosos.

Para la evaluación de los efectos del cambio climático, se han generado distintos escenarios de mitigación para el año 2100, según el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), desde el más optimista (RCP 2.6) hasta el menos optimista (RCP 8.5):

- RCP 2.6: Escenario de declinación. Asume una reducción sustancial de las emisiones de GEI a lo largo del tiempo para lograr su forzamiento radiativo llega primero a 3.1 W/M2 en 2050 y llega a 2.6 para 2100.
- RCP 4.5: Escenario de estabilización. El forzamiento radiativo se estabiliza un poco luego del 2100.
- RCP 6.0: Escenario de estabilización. El forzamiento radiativo se estabiliza un poco luego del 2100. Sin forzamiento gracias a la aplicación de varias tecnologías y estrategias de reducción de GEI.
- RCP 8.5: Incremento de las emisiones de GEI a lo largo del tiempo.

El agua se expande cuando se calienta y los océanos absorben más calor que la tierra, el nivel del mar ascenderá.

- El nivel del mar aumentará también debido a la fusión de los glaciares y del hielo marino.
- Las ciudades de las costas sufrirían inundaciones.

- Lugares en los que normalmente llueve o nieva mucho podrían calentarse y secarse.
- Lagos y ríos podrían secarse.
- Habría más sequías por lo que se haría más difícil cultivar maíz.
- Habría menos agua disponible para la agricultura, la producción de comida, para beber o para ducharse.
- Muchas plantas y animales se extinguirían.
- Huracanes, tornados y tormentas producidos por cambios de temperatura y evaporación de agua se producirían con más regularidad.

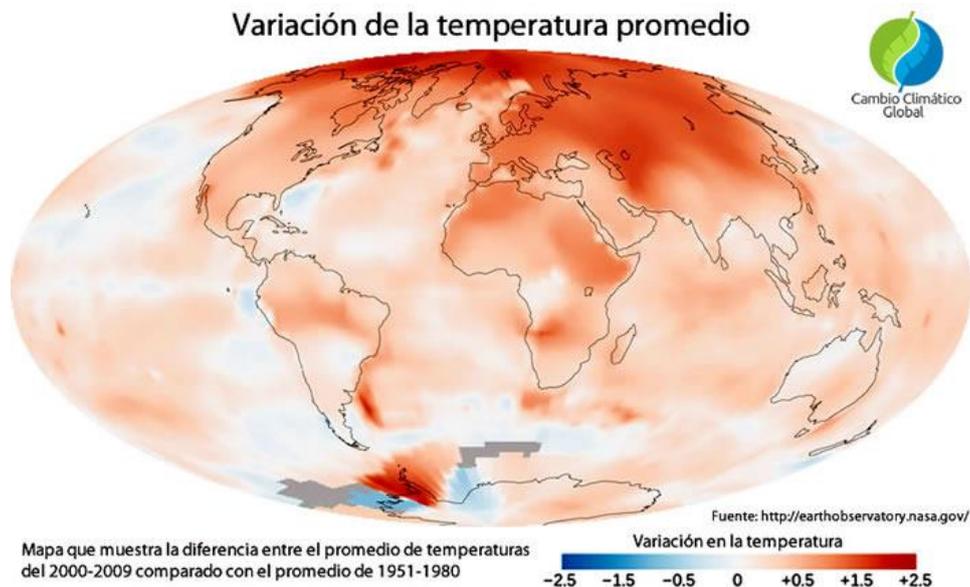


Figura 23. Variación de la temperatura promedio en el planeta Tierra (Fuente: cambioclimaticoglobal.com)

En concreto, en los puertos, puede provocar daños y cambiar el funcionamiento normal del puerto. Según I. Losada en un artículo de *La Nueva España* (23/08/2017), los principales impactos que sufrirá la costa asturiana serán los debidos principalmente al aumento del nivel del mar y a la subida de las temperaturas, seguidos de las tormentas y los temporales.

Aumento del nivel del mar

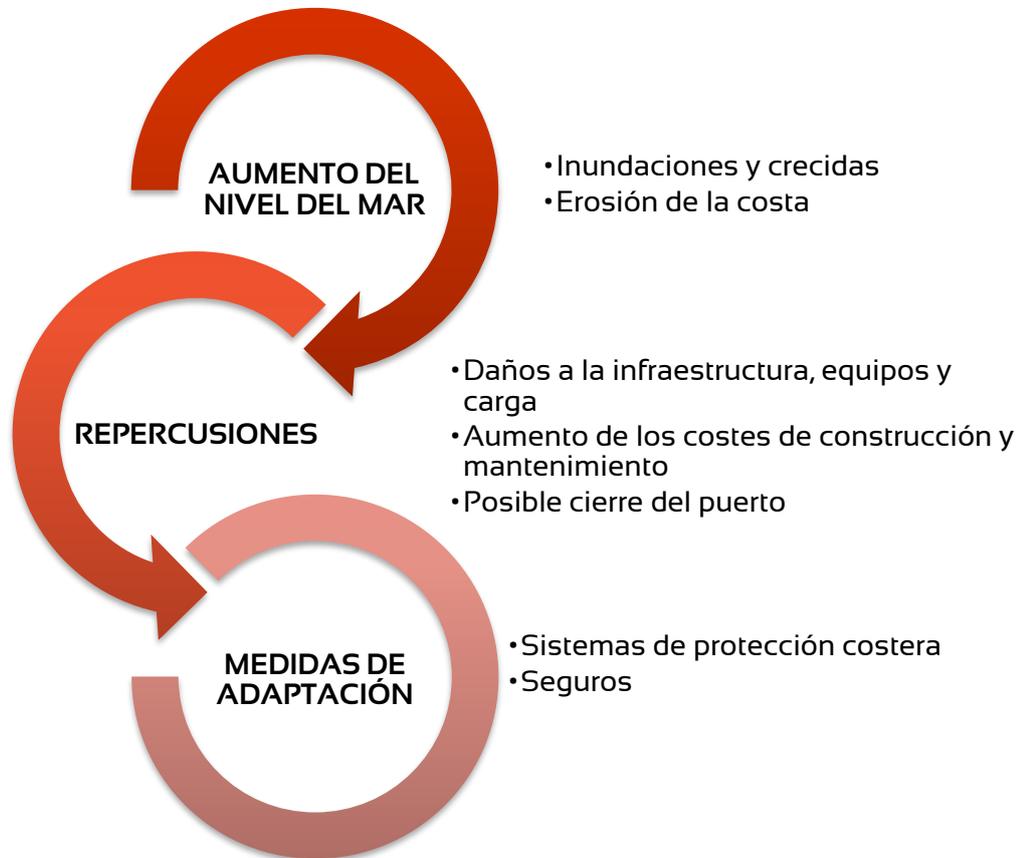


Figura 24. Esquema del efecto del aumento del nivel del mar en el puerto (Fuente: Elaboración propia)

El aumento del nivel del mar puede hacer que aumente el calado del puerto, pudiendo llegar a producir inundaciones. En el caso de que se produzca una inundación del puerto, se pueden producir daños en las infraestructuras del puerto, haciendo que se incrementen los costes de mantenimiento y, al inundarse los caminos de acceso y caminos internos, se producen trastornos en las operaciones del puerto. No es el único problema que se puede dar, ya que puede llegar a producirse el cierre del puerto con sus consiguientes gastos de inoperatividad.

Los cambios del nivel medio del mar en una zona costera se calculan como la suma de tres contribuciones distintas:

- **Componente estérica:** variación de volumen debida a cambios en la temperatura (dilatación) y en la salinidad (aumento de masa) de la columna de agua.
- **Componente barótrópica:** cambios debidos a las modificaciones en el régimen medio de vientos y presiones atmosféricas en una zona.

- **Componente eustática:** aumento debido a las variaciones de la masa total de agua en los océanos, inducido principalmente por el deshielo de los glaciares y de las masas polares continentales.

Hoy en día se sabe que la expansión térmica de los océanos es responsable de alrededor de un tercio de la subida del nivel del mar global producida en el siglo XX hasta 1990. Desde entonces, el deshielo procedente de glaciares, y capas de hielo continentales y polares ha sido mucho más importante.

Las proyecciones futuras prevén una subida generalizada del nivel medio del mar en toda la costa española, aunque no existe unanimidad acerca de la intensidad de dicha elevación. Según los datos establecidos por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria en el Informe titulado *Costes de la inacción debidos al efecto del Cambio Climático en la costa del Principado de Asturias (2015)*, se estima que, para el año 2100, la variación del nivel del mar será de 0,48 m (RCP 4.5) o 0,63 m (RCP 8.5) para el centro de Asturias. Para nuestro estudio se tomará un valor medio del aumento de 1 m, para simplificar los cálculos y para estar del lado de la seguridad.

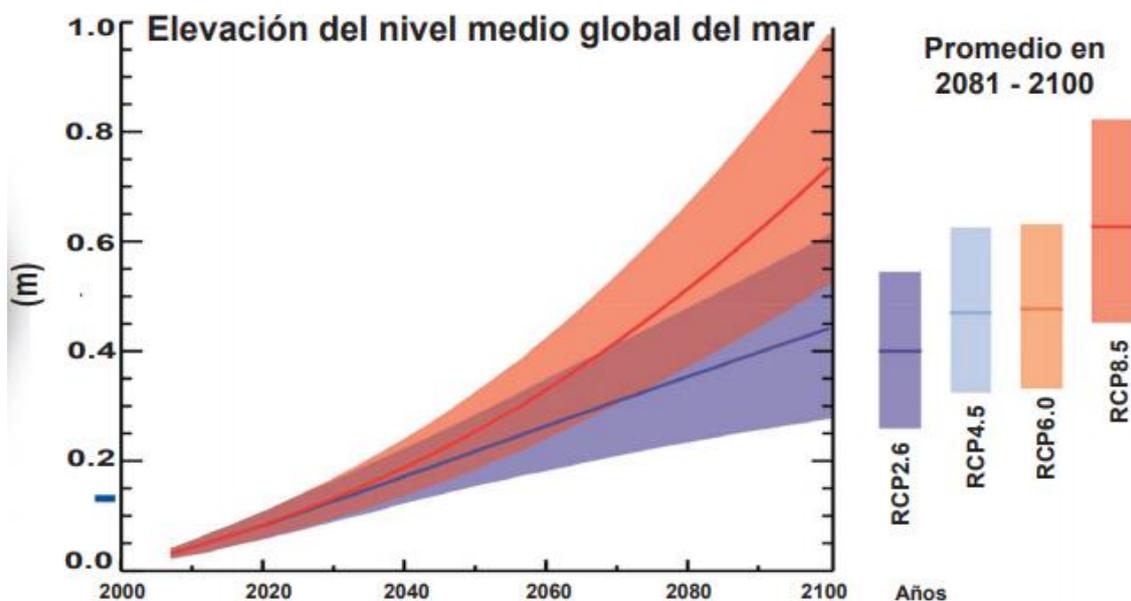


Figura 25. Elevación del nivel medio global del mar para distintos escenarios (Fuente: Quinto Informe de Evaluación del Cambio Climático del IPCC)

En este aumento del nivel del mar no se tienen en cuenta ni la marea astronómica -ya que no es susceptible del cambio climático- ni la marea meteorológica, ya que en el estudio mencionado se concluye que no solo no va a aumentar, sino que se va a producir una reducción de la marea meteorológica a lo largo de la costa asturiana de en torno a 0,7 y 0,8 cm a finales de siglo.

- **Marea astronómica:** La Marea Astronómica (MA) es una oscilación regular del nivel del mar. Es un proceso determinista que se puede reproducir a partir de las componentes armónicas extraídas de una señal medida. Es una variable determinista y, pese a que no es susceptible al cambio climático, contribuye en gran medida a la inundación costera.
- **Marea meteorológica:** La Marea Meteorológica (MM) es especialmente relevante a la hora de estudiar los niveles extremos del mar. El paso de una tormenta lleva asociada la sobreelevación del nivel del mar, que cuando coincide con mareas astronómicas altas puede dar lugar a niveles extremos que generen inundación y erosión costera.

Condiciones meteorológicas extremas

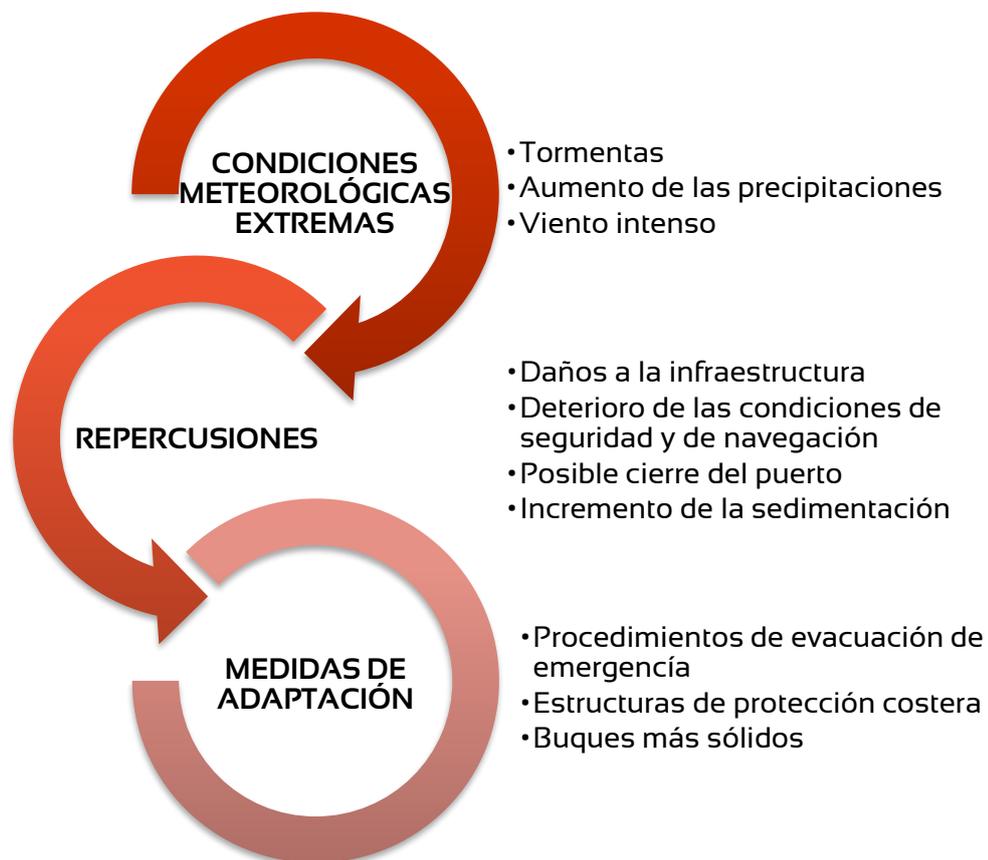


Figura 26. Esquema del efecto de las condiciones meteorológicas extremas en el puerto (Fuente: Elaboración propia)

El cambio climático trae consigo un clima más extremo, haciendo que aumenten las temperaturas y, además, aumenten las tormentas, precipitaciones y viento.

La lluvia intensa trae consigo problemas de navegación de los buques, dificultando sus operaciones, estos problemas se dan sobre todo en la entrada y salida del puerto, pudiendo llegar a tener que cerrar el puerto.

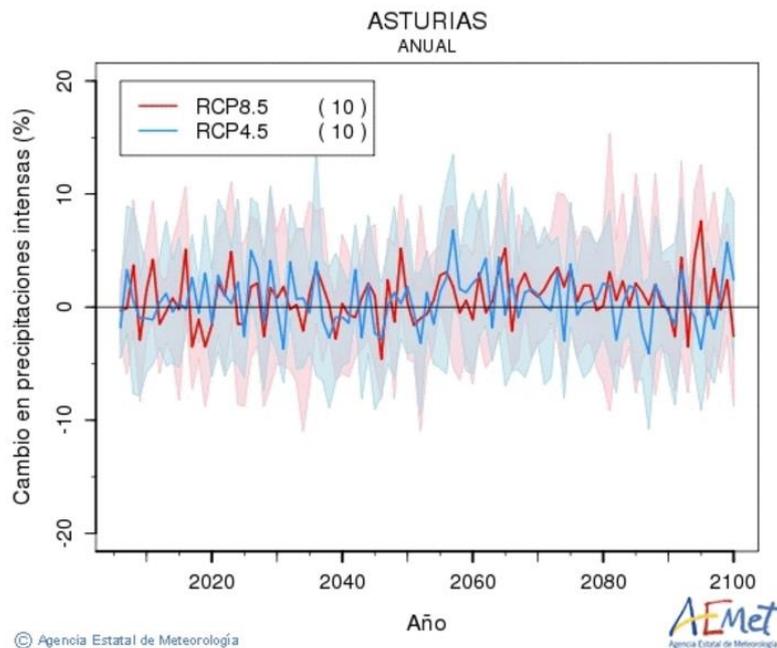


Figura 27. Datos anuales del cambio en precipitaciones intensas para Asturias (Fuente: Aemet)

El aumento de la velocidad del viento puede provocar problemas en la navegación y en las grúas, pudiendo dejarlas inoperativas, coartando la actividad portuaria.

Además, el incremento en la frecuencia de eventos de precipitación intensa causa aumento de la sedimentación en la cuenca del puerto, reduciendo el calado para los buques y acceso a la terminal, aumentando los costes necesarios para realizar dragados.

En el mismo informe consultado para el aumento del nivel medio del mar del Instituto de Hidráulica Ambiental, se extrae el dato de que la altura de ola significativa apenas sufre cambio en general en toda la costa asturiana, sin embargo, en Gijón, los cambios son ligeramente positivos. La altura de ola significativa en el centro de Asturias es de 5,64 m, pero se tomará una aproximación de 5,7 m y un aumento de 2 cm para el horizonte del año 2100.

Aumento de las temperaturas

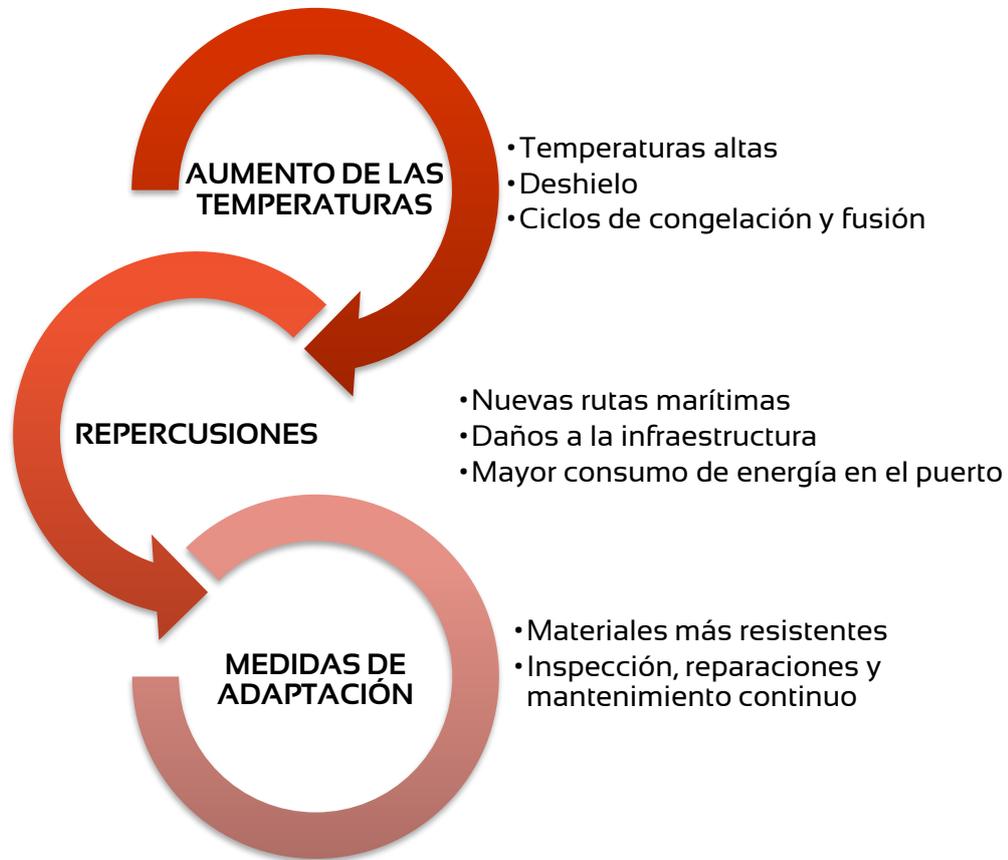


Figura 28. Esquema del efecto del aumento de las temperaturas en el puerto (Fuente: Elaboración propia)

El aumento de las temperaturas traerá consigo problemas en las instalaciones y equipos del puerto. Las zonas pavimentadas y las grúas pueden dañarse debido a los ciclos de congelación – descongelación y a las altas temperaturas, debiendo utilizar materiales más resistentes. Además, las altas temperaturas obligarán a la refrigeración de las mercancías, haciendo que aumente el consumo de energía del puerto y, por tanto, que se incrementen las emisiones de CO₂.

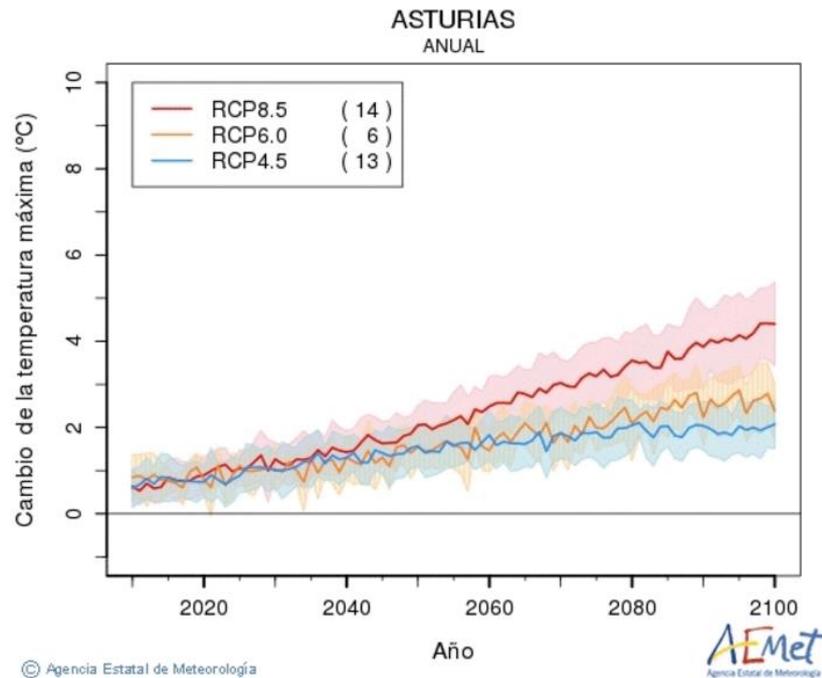


Figura 29. Datos del cambio de la temperatura máxima anual en Asturias (Fuente: Aemet)

Los efectos del cambio climático no solo van a afectar directamente a las instalaciones del puerto, sino que además va a provocar cambios en el mantenimiento del puerto, aumentando los costes indirectos:

- Dragado de mantenimiento, con el consiguiente paro en el funcionamiento del puerto
- Mantenimiento del sistema de drenado y de las trampas de sedimento
- Limpieza y reparación de las infraestructuras

3.8 MARCO LEGISLATIVO

Como normativa a nivel europeo se encuentra el Libro Blanco de la Adaptación al cambio climático: Hacia un marco europeo de actuación, publicado en 2009, en el cual se sientan las bases y principios sobre la política comunitaria en materia de adaptación. En abril de 2013, la Unión Europea adoptó la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático cuyo objetivo general es contribuir a una Europa más resistente al cambio y variabilidad climática, lo que supone mejorar la preparación y capacidad de respuesta a los efectos del cambio climático a nivel local, regional, nacional y de la UE, creando un planteamiento coherente y mejorando la coordinación. Esta Estrategia europea incluye las zonas costeras como uno de los territorios con mayor riesgo de sufrir los impactos del cambio climático, por lo que, entre las



actuaciones que se proponen está promover la adaptación, especialmente en el ámbito de la gestión costera transfronteriza, haciendo hincapié en los deltas y las ciudades costeras densamente pobladas. En la Estrategia se incluye además un documento complementario específico sobre los efectos del cambio climático en la costa y los mares (*Climate change adaptation, coastal and marine issues*) y se relaciona con otras políticas europeas como la Directiva Marco del Agua, Directiva Marco para la Estrategia Marina, la Directiva de Inundaciones o la propuesta de Directiva Marco de Planificación Marítima Espacial y Gestión Integrada de Zonas Costeras

Existe una normativa a nivel nacional que regula la adaptación de la costa al cambio climático. Eso se materializa en la *Resolución de 12 de diciembre de 2016, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por la que se formula la declaración ambiental estratégica de la Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española*.

Esta Estrategia tiene como objetivos principales los siguientes:

- Incrementar la resiliencia de la costa española al cambio climático y a la variabilidad climática.
- Integrar la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión de la costa española.

Y, a partir de estos objetivos generales, define una serie de objetivos específicos:

1. Diagnóstico y análisis de riesgos que permitan identificar, caracterizar y describir las zonas más vulnerables de la costa española, distinguiendo distintas unidades de gestión (playas y dunas, acantilados, aguas costeras y de transición, etc.). A partir de este diagnóstico se construirá una base metodológica que facilite la toma de decisiones en la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático en un marco de incertidumbre.
2. Participación de los actores con competencia e intereses estratégicos en la costa, incluyendo nuevos mecanismos de participación.
3. Capacitación y concienciación de los diferentes actores tanto públicos como privados con competencias e intereses estratégicos en la costa, para que cuenten con el conocimiento, las herramientas, la formación y las capacidades necesarias para gestionar los riesgos derivados del cambio climático.
4. Medidas de adaptación y coordinación: En esta línea de actuación se engloban la mayor parte de las medidas que contempla la Estrategia, para hacer frente a los efectos del cambio climático sobre la costa y dar cumplimiento a los objetivos generales de la misma.
5. Seguimiento y evaluación de la Estrategia y del cumplimiento de los objetivos generales y, por tanto, de la eficacia de las medidas de adaptación propiamente dichas, así como la evaluación de los impactos del cambio



climático en la costa española acoplado al sistema de indicadores del PNACC.

6. Investigación: Propuesta de medidas que permitan alcanzar un mejor y mayor conocimiento de los efectos del cambio climático sobre los valores naturales y socioeconómicos asociados a la costa española. De esta manera se contribuye a optimizar e implantar medidas de adaptación sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico o al desarrollo de nuevas soluciones.

Las medidas de adaptación al cambio climático propuestas se clasifican en tres bloques principales, resumidas en la siguiente tabla:

Categoría	Opciones de adaptación	Ejemplos aplicables a la costa española
Estructurales Físicas.	Ingeniería.	Obras de protección; regeneración de playas y dunas, adaptación de infraestructuras y equipamientos situadas en la costa, códigos de edificación.
	Tecnología.	Elaboración de diagnósticos con técnicas y datos de última generación, sistemas de alerta temprana, monitorización estandarizada de indicadores de cambio climático y sus impactos, introducción de cultivos con tolerancia a aguas salobres.
	Basadas en ecosistemas.	Restauración y conservación de humedales y marismas, incremento de la diversidad biológica, soluciones basadas en los servicios prestados por los ecosistemas costeros.
	Servicios.	Adaptación de infraestructuras asociadas a las provisión de servicios básicos a nivel municipal (agua, electricidad, transporte, comunicaciones).
Sociales.	Educación.	Concienciación e integración en programas educativos, formación y capacitación técnica, creación de plataformas de intercambio de información y buenas prácticas, creación de redes de cooperación e investigación, celebración de eventos, talleres, conferencias específicas.
	Información.	Elaboración de mapas de peligrosidad, vulnerabilidad, riesgo; generación de bases de datos de alta resolución de indicadores fundamentales; sistemas de alerta y respuesta temprana; monitorización sistemática de la costa; elaboración de nuevas proyecciones de alta resolución para la costa española; desarrollo de nuevos escenarios.
	Comportamiento.	Acomodación; protocolos de evacuación; retroceso; relocalización; diversificación de actividades en zonas costeras; cambios en prácticas agrícolas y ganaderas.
Institucionales.	Economía.	Incentivos financieros incluido impuestos y subvenciones; seguros; evaluación económica de los servicios prestados por ecosistemas.
	Leyes y regulaciones.	Planificación territorial; códigos de construcción y edificación; gestión del agua; protección civil; gestión de concesiones; áreas protegidas.
	Políticas y programas gubernamentales.	Planes sectoriales; planes de adaptación multinivel (de local a internacional); programas de gestión de riesgos; gestión integrada de zonas costeras; gestión de cuencas hidrográficas; directivas.

Tabla 8. Clasificación de las categorías de opciones de adaptación (Fuente: Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente)



4 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Según la *Australian Greenhouse Office*, la adaptación al cambio climático son “acciones en respuesta al cambio climático que conducen a una reducción de los riesgos o a la generación de beneficios”.

Existen multitud de medidas para adaptar los puertos al cambio climático, muchas de ellas especificadas en la siguiente tabla y extraídas a partir de los datos de la *National Climate Change Adaptation Research Facility*:

Tecnológicas	A medida que los fenómenos meteorológicos extremos se hacen más frecuentes, una inversión más específica en tecnología que aumente los límites operativos de los equipos
	Para hacer frente al incremento de temperaturas, modificar los equipos de refrigeración para satisfacer los cambios de temperatura y buscar alternativas que consuman menos energía.
	Utilización de energías renovables y de bajas emisiones para distintas funciones para evitar los riesgos asociados a cortes de energía y adaptarlos a las exigencias ambientales.
	Automatización de los procedimientos logísticos
Ingenieriles	La adquisición de equipos como grúas, cintas transportadoras, debe analizarse en función de la vida esperada del equipo y el clima futuro en el que se va a encontrar.
	Actualizar las instalaciones de almacenamiento para adaptarlas a los eventos meteorológicos extremos.
	Evaluar y actualizar los sistemas de drenaje para hacer frente a eventos de lluvia intensos
	Monitorizar las cuencas hidrográficas para determinar si es necesario modificar los requisitos de dragado
	Aumento de los diques según requieren las condiciones marítimas y comprobar si necesitan una reconfiguración para hacer frente a condiciones de oleaje impredecibles.
Comprobar si es necesario modificar los caminos de rodadura dentro del puerto para hacer frente a las inundaciones provocadas por el aumento del nivel del mar y los eventos de precipitaciones extremas.	
Mantenimiento y diseño	Asegurar que en los diseños futuros de todas las infraestructuras portuarias se incluyan los condicionantes debidos al cambio climático, como la pluviosidad, el nivel del mar, tormentas...
	Incluir un sistema de gestión de bienes e infraestructuras que incluya su ciclo de vida y los regímenes de deterioro de los materiales.
Planificación	Trabajar en colaboración con las administraciones locales para generar una cadena de suministro diseñando y planificando los centros logísticos conectados, resilientes a los impactos del cambio climático relevantes.
	Investigar la diversificación del comercio de productos resilientes al clima.
Seguros	Algunos riesgos no se pueden mitigar, y, en su lugar, se recurre a subcontratarlos a empresas aseguradoras. Con su colaboración se pueden determinar los elementos susceptibles de riesgos climáticos que los puertos no pueden reducir.
Sistemas de gestión	Incluir sistemas de gestión que contengan sistema de gestión ambiental, de emergencia y de riesgo: <ul style="list-style-type: none"> - Actualizar las condiciones políticas en materia de cambio climático en todos los sistemas de gestión - Incorporar capacitación sobre el cambio climático, como parte de los elementos de formación del sistema - Actualizar regularmente los cumplimientos legales
	Desarrollar planes de pandemia como parte del sistema de preparación y respuesta ante emergencias.

Tabla 9. Medidas de adaptación en función de categorías (Fuente: Elaboración propia)

4.1 SISTEMAS DE PROTECCIÓN COSTERA

El aumento del nivel del mar y las condiciones meteorológicas extremas, provocan un aumento de la altura de ola y del nivel del mar, pudiendo llegar a provocar que los diques del puerto pierdan su funcionalidad, además de poder llegar a producir de rotura, quedando fuera de servicio.

4.1.1 Dique sumergido

Para disminuir estos efectos, se plantea la construcción de un dique sumergido. La ubicación del dique tendrá que estar dispuesta de tal forma que se coloque normal a la dirección del oleaje más probable. La dirección del oleaje se puede extraer de las rosas del oleaje, que se presentan en la barra lateral.

La rosa del oleaje da información sobre las direcciones del oleaje con su probabilidad de ocurrencia -en función de la longitud del tramo- y la probabilidad de la altura de ola significativa -en función del ancho y color del tramo-.

La más importante para nuestro estudio es la correspondiente a la medida en el Puerto de Gijón, ya que será donde se ubique el dique que se está estudiando.

En este caso, la dirección predominante es Norte noroeste (NNW). Del diseño del Puerto y su Ampliación se extrae ya esta información y es que, si se observa la siguiente imagen aérea, se puede ver como los diques se ubican para recibir el oleaje en esta dirección.



Figura 33. Dirección del oleaje predominante en el Puerto de Gijón (Fuente: Elaboración propia)

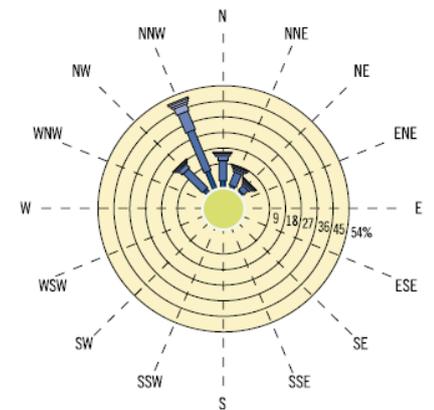


Figura 30. Altura de ola significativa en el Puerto de Gijón (Fuente: Puerto de Gijón)

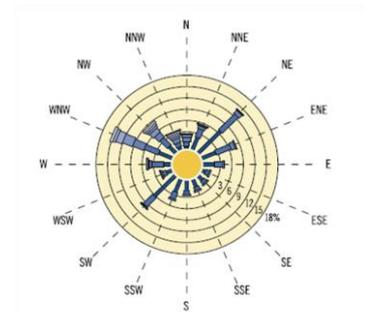


Figura 31. Altura de ola significativa mar de viento en profundidades indefinidas (Fuente: Puerto de Gijón)

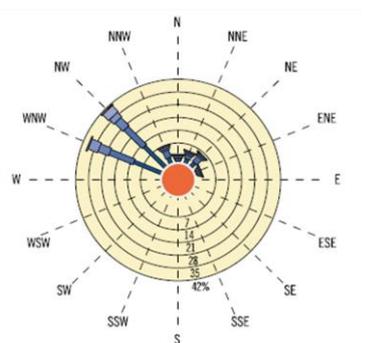
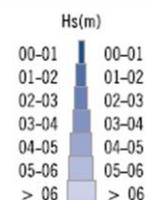


Figura 32. Altura de ola significativa mar de fondo en profundidades indefinidas (Fuente: Puerto de Gijón)



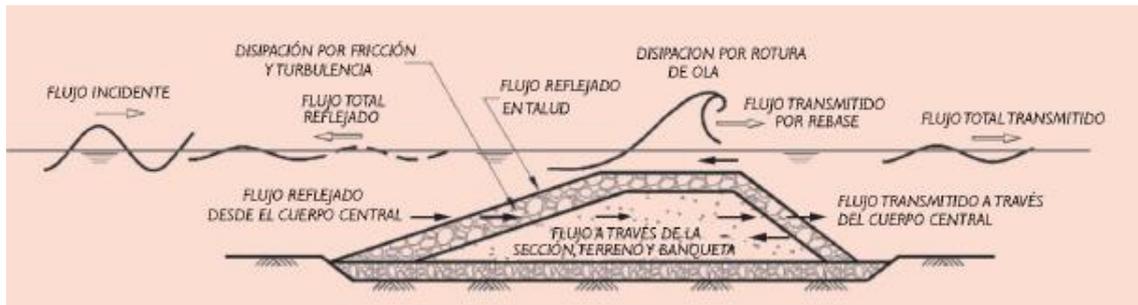


Figura 34. Sección transversal de un dique sumergido (Fuente: ROM 1.0-09)

En general, en los diques sumergidos la sección se construye sin superestructura y sólo consta de cimentación y cuerpo central y las características de la cimentación dependen de la naturaleza del fondo. Excepto en el caso de fondo rocoso, para garantizar la estabilidad y la posición del dique es necesario construir y proteger adecuadamente la cimentación y el perímetro del dique.

La transmisión de energía en diques sumergidos se produce por el paso de las olas por encima de la coronación del dique y a través de su cuerpo granular. Esta última puede ser pequeña siempre que se construyan las capas de filtro necesarias. El cociente entre los flujos de energía a sotamar y a barlomar del dique, o coeficiente de transmisión de energía depende del peralte de la ola H^*/L , o de la altura relativa de la ola H^*/h , según se esté en el régimen oscilatorio de Stokes o de Boussinesq, de la profundidad relativa a pie de dique h/L , así como de la profundidad y anchura relativas de la coronación d/h y B/L .

$$K_T = \frac{H_T}{H_I} \quad 0 < K_T < 1$$

Donde K_T es el coeficiente de transmisión, H_T la altura de ola transmitida y H_I la altura de ola incidente.

En algunas ocasiones, por facilidad constructiva, el dique sumergido se construye con elementos prefabricados, por ejemplo, piezas de hormigón en masa, perforadas o no, con forma cúbica, triangular, trapezoidal, etc. En otras, el dique se construye imitando la forma de un arrecife con la finalidad de provocar la rotura de las olas más altas y disipar su energía, permitiendo el paso de olas de menor contenido energético.

El objetivo del dique en estudio se asemeja a este último, por lo que se construirá de esta forma, representada en la siguiente figura:

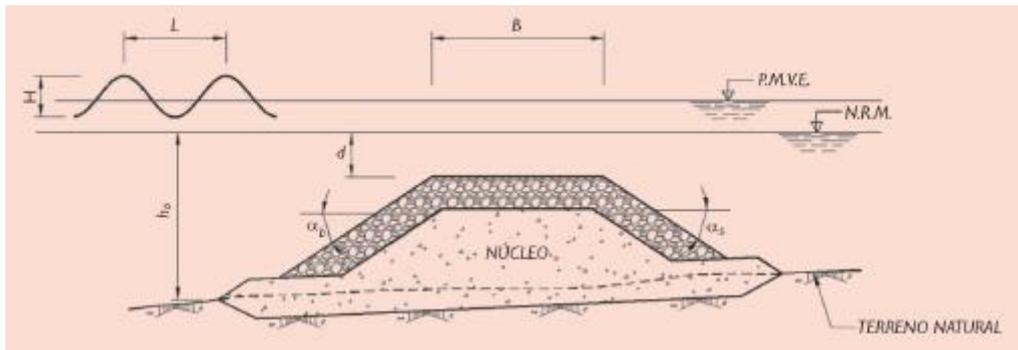


Figura 35. Sección transversal de un dique arrecife de escollera (Fuente: ROM 1.0-09)

El dique deberá construirse no muy alejado del puerto actual ya que la variación de la profundidad con la distancia es muy grande.

La cota de cimentación del Dique Norte de la Ampliación del Puerto del Musel es de aproximadamente 25m. De la web del *European Marine Observation and DataNetwork* se han obtenido datos sobre la batimetría del Puerto de Gijón. A solo 200 m del Dique Norte, la profundidad media del mar es de 39 m, como se puede ver en el siguiente perfil de profundidades.

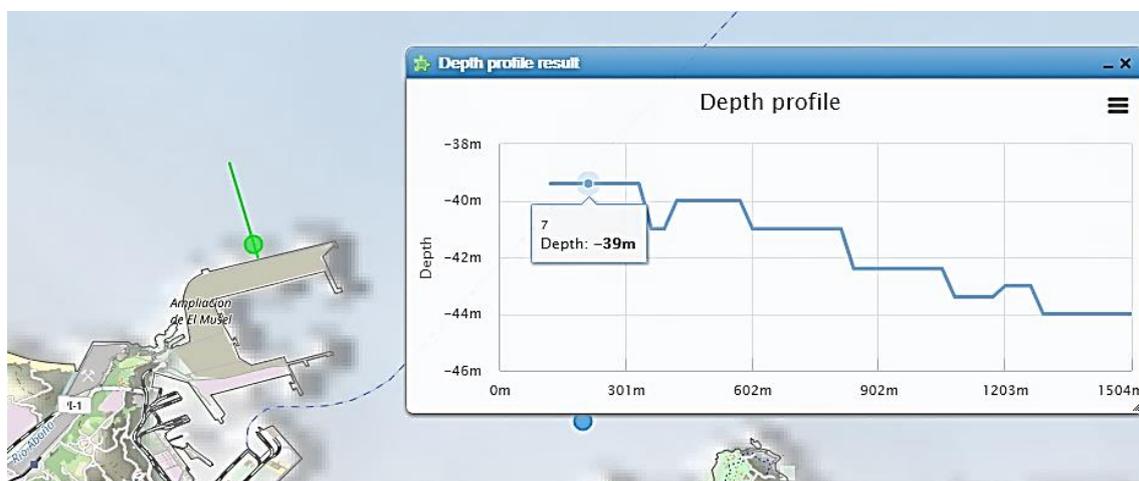


Figura 36. Perfil de profundidades en la zona cercana al puerto (Fuente: EMODnet)

Por tanto, será a la cota de -39 m sobre la que se cimentará el nuevo dique.

Para que su funcionamiento sea el correcto, su longitud deberá ser la misma que el propio Dique Norte, 1500 m. Sin embargo, el aumento de la altura de ola significativa no es muy significativo por lo que se diseñará un dique de 500 m de longitud, suficiente para disipar el aumento que se produce en la altura de ola.

Para la obtención del coeficiente de transmisión, se ha acudido a los apuntes de la Universidad Politécnica de Cataluña sobre la transmisión en diques. En ellos aparece

una gráfica en la que se representa la formulación de Seabroock y Hall (1998) del coeficiente de transmisión para diques sumergidos. Esta gráfica se representa en la siguiente figura, en la que se puede observar cómo se obtiene el coeficiente de transmisión entrando en la gráfica con el valor de la relación entre el francobordo y la altura de ola incidente.

Si se toma un valor de francobordo de 5 m -al ser un dique sumergido se medirán hacia el fondo- y una altura de ola incidente de 5,7 m, se obtiene un valor del coeficiente de transmisión de 0,55, para la formulación de Seabroock y Hall. Por tanto, el valor de la ola transmitida tras el dique es de 3,1 m.

$$\frac{R_C}{H_i} = \frac{5 \text{ m}}{5,7 \text{ m}} \approx 0,88 \rightarrow K_T = \frac{H_T}{H_i} = 0,55 \rightarrow H_i = 0,55 \times H_T = 0,55 \times 5,7 \text{ m} \approx 3,1 \text{ m}$$

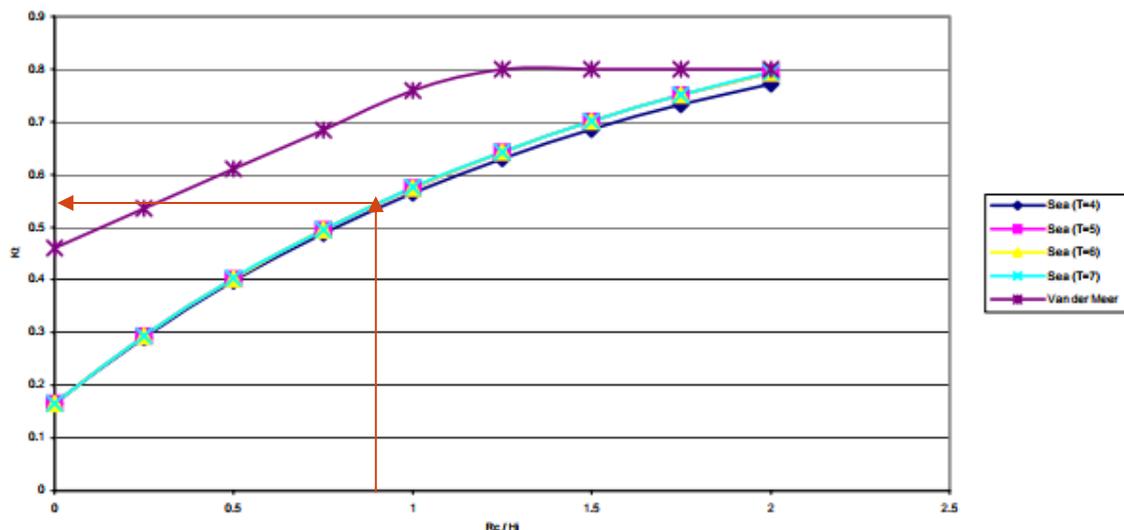


Figura 37. Variación de K_t con el francobordo según Seabroock y Hall y Van der Meer (Fuente: [upcommons.upc](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seabroock_and_Hall_1998.png))

Los datos y el método de cálculo son aproximados ya que el cálculo del dique no es el objeto de este trabajo, únicamente sirven como un prediseño.

4.1.2 Elevación de la cota de coronación de los diques

El aumento del nivel del mar provocará una menor altura de la cota de coronación de los diques y sus espaldones, además de un mayor calado en los diques. Esto originará un mayor riesgo de fallo del dique, al quedar desprotegidos para los máximos oleajes previstos al calcular su dimensionamiento y, a la vez, aumentarán los esfuerzos sobre los elementos del mismo.



Por otra parte, si se llegara a producir el rebase, el muelle que se sitúa tras el dique puede perder parte de su funcionalidad e incluso llegar a quedar fuera de servicio, dañando las condiciones normales de funcionamiento del puerto.

Se ha considerado un aumento del nivel medio del nivel del mar de 1 m, esto, junto con el aumento -aunque sea mínimo- de la altura de ola, hace que aumenten las probabilidades de rebase de los diques. Por tanto, otra opción para combatir los efectos del cambio climático será subir la cota de coronación de los diques 2 m y así poder restaurar las condiciones para las que fueron diseñados.

4.1.3 Resumen de los sistemas de protección costera

DIQUE SUMERGIDO	Material → escollera Longitud = 500 m Cota cimentación = 39 m Francobordo = 5 m (hacia el fondo)
ELEVACIÓN COTA DE DIQUES	Aumento de la cota de coronación = 2 m

Tabla 10. Resumen de los sistemas de protección costera (Fuente: Elaboración propia)

Las medidas correspondientes a este apartado de sistemas de protección costera son las medidas más propiamente “ingenieriles” y susceptibles de cálculo. Los siguientes apartados corresponderán a medidas que serán únicamente descriptivas.

4.2 MANTENIMIENTO

4.2.1 Dragado

Las operaciones de dragado resultan esenciales para posibilitar y mantener el acceso a los puertos de los buques que, cada vez, presentan mayores requerimientos de calado debido al aumento de sus dimensiones y para el desarrollo de las infraestructuras portuarias.

Este tipo de operaciones son muy costosas por lo que el tipo de maquinaria escogido será decisivo en el coste final de las operaciones de dragado. Por este motivo, es necesario tener un buen conocimiento de los equipos disponibles en el mercado, en cuanto a sus características, posibilidades de trabajo, rendimientos y costes.

Existen multitud de opciones para llevar a cabo estas operaciones de dragado:

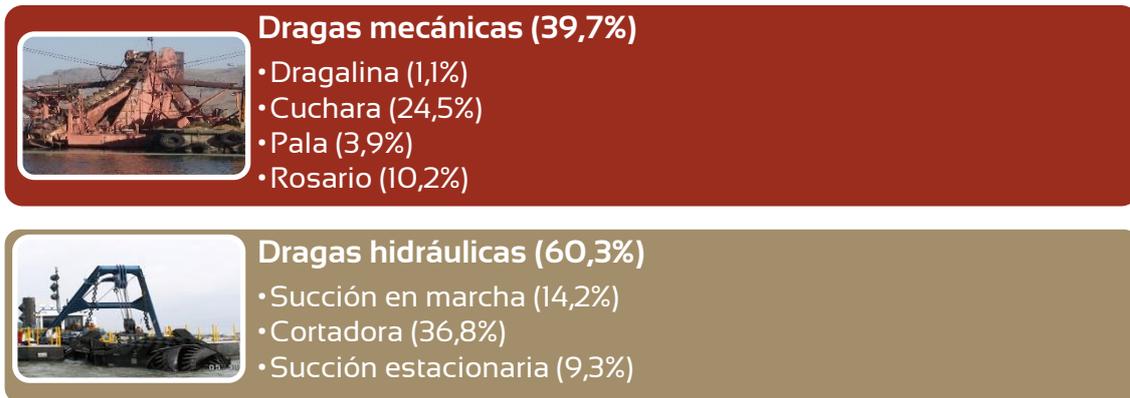


Figura 38. Principales tipos de dragas (Fuente: Elaboración propia)

- Dragas mecánicas:** utilizan equipos o medios exclusivamente mecánicos para la excavación y extracción del material. Es el tipo de dragas más antiguo y ha evolucionado mucho a lo largo de la historia gracias al avance de la tecnología industrial y de las obras marítimas. Según datos correspondientes a 1994, las dragas mecánicas representan el 40% de la flota mundial de dragas, con un total de 1005 unidades (Llorca, J., 1997).

En general, el uso de estas dragas está recomendado para trabajos en zonas confinadas y pueden operar fácilmente con materiales sueltos y pesados, aunque también son adecuadas para todo tipo de suelos. El material excavado suele tener un bajo contenido en agua, puesto que no es precisa la dilución del material. El rendimiento suele ser inferior al de las dragas hidráulicas dado que el tipo de trabajo es discontinuo, y el acabado es menos uniforme.
- Dragas hidráulicas:** A partir del s. XIX comenzaron a utilizarse las bombas de succión en las operaciones de dragado. Con la aparición de esta nueva tecnología, los equipos se clasificaron en mecánicos e hidráulicos. En 1994, el 60% de la flota mundial de dragas correspondía a dragas hidráulicas o de succión (Llorca, J., 1997).

La característica fundamental del dragado hidráulico es el empleo de la bomba de succión, y todas las variantes de estos equipos derivan en la forma de transportar el producto, el empleo de equipos complementarios para la disgregación del terreno, y la forma de facilitar la absorción de los productos por la corriente producida por las bombas.

El aumento de la probabilidad de que se produzcan condiciones meteorológicas extremas provocado por el cambio climático hace que la sedimentación en la cuenca del puerto y su movimiento sean mayores. Esto provoca que la capa de sedimentos del



fondo tenga un mayor espesor, lo que implica que el calado del puerto sea inferior. Si disminuye el calado puede ocurrir que se impida la entrada de buques de gran tonelaje y, por tanto, reducir las condiciones operativas del puerto.

Es, por tanto, el dragado una condición necesaria para recuperar las condiciones iniciales del puerto.

4.2.2 Mantenimiento de sistema de drenado

El drenaje rápido y efectivo de las aguas de escorrentía es un problema fundamental en los puertos, ya que puede condicionar la operatividad y seguridad en los muelles. Además, el aumento de la cantidad de sedimentos puede bloquear los sistemas de drenaje y hacer que no funcionen correctamente.

Por tanto, en este aspecto influyen tanto el aumento de las precipitaciones intensas por las condiciones meteorológicas extremas como el aumento de la cantidad de sedimentos producido por este mismo efecto.

Es necesario, por tanto, realizar una limpieza periódica del sistema de drenaje como parte del mantenimiento y, además, construirlo en caso de que este no exista.

4.2.3 Reparación de daños en estructuras y equipos

El aumento de las temperaturas y los ciclos congelación-descongelación debidos a las condiciones meteorológicas extremas hacen que se puedan dañar los materiales de los equipos necesarios para el correcto funcionamiento del puerto, como grúas o elementos de hormigón.

Las condiciones de humedad -muy intensas en el puerto- y los cambios de temperatura pueden producir la fisuración de los materiales. El agua contenida en la red capilar del hormigón, al congelarse, aumenta su volumen pudiendo llegar a producir la fisuración del hormigón. Además, cuando se dan casos de congelación, el uso de sales fundentes para derretir el hielo que se forma sobre el hormigón es perjudicial para él y sus armaduras.

Para determinar si algún material puede llegar a sufrir daños por el proceso de congelación del agua se realizan ensayos de helacidad sometiendo las piezas a ciclos de congelación-descongelación, valorando después los daños producidos.

Por tanto, habrá que tener en cuenta como parte del mantenimiento que pueden aparecer deterioros en algunos equipos y estructuras que será necesario reparar y que supondrán un coste adicional.



Además, las condiciones meteorológicas extremas traen consigo fuertes vientos, pudiendo provocar desde daños en los arriostramientos hasta la pérdida de la integridad estructural de las mismas. Por tanto, en caso de que se prevean fuertes vientos, será necesario reforzar los sistemas de anclajes de las grúas con su correspondiente coste.

4.3 REGULACIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN

4.3.1 Seguros

Las inundaciones, los fenómenos meteorológicos extremos y los posibles daños a las estructuras y equipos del puerto pueden requerir cambios en las cláusulas de los seguros, aumentando los costes de las pólizas.

La variación del clima y los eventos extremos han aumentado la necesidad de las aseguradoras de desarrollar modelos para catástrofes que tomen en cuenta el cambio climático. Los puertos, que son más vulnerables, son más proclives a incrementar sus primas de seguro y sobrecostos por daño a sus activos, y en casos extremos, el seguro puede restringir o no ofrecer cobertura. Es probable que los puertos también necesiten demostrar cada vez más que han considerado el cambio climático y que han planeado el diseño y operación de su patrimonio, adaptándose a los riesgos futuros. Los operadores de puertos con una robusta administración estratégica de riesgo climático y continuidad de negocio podrían obtener condiciones de seguros más favorables que sus competidores.

En términos de pólizas por interrupción de negocios, los trastornos a las operaciones de negocio pueden ser más frecuentes, más impredecibles y más relevantes financieramente para las compañías aseguradoras. Esto en cambio se puede convertir en restricciones sobre la cobertura ofrecida, un incremento de las primas o cambios en las definiciones y severidad de los siniestros que son cubiertos por el seguro.

Los cambios en la elevación del nivel del mar, el comportamiento de las olas y frecuencia e intensidad de las tormentas pueden impactar en la navegación y amarre de barcos con la posibilidad de resultar en más accidentes e incidentes de contaminación no controlados. La disponibilidad y nivel del seguro marítimo de seguridad civil puede cambiar sobre la base de que las aseguradoras tomen en cuenta el cambio climático y sus efectos en los periodos de retorno de los eventos climáticos.

Por estos motivos, será necesario la implantación de mayores coberturas en las pólizas que cubran los posibles desperfectos y problemas derivados de los efectos del cambio climático.



4.3.2 Procedimientos de evacuación de emergencia

Para poder afrontar de manera eficiente los fenómenos meteorológicos extremos y las inundaciones por el aumento del nivel del mar se integrarán procedimientos de evacuación de emergencia, así como también, la puesta en práctica de los sistemas de alerta temprana mediante la utilización de la tecnología disponible.

Esta es una medida para la que será necesaria la formación e información de todo el equipo humano que conforma el puerto.

4.3.3 Sistema de alerta temprana

Para poder predecir, advertir y monitorizar las posibles condiciones adversas que se puedan llegar a producir en el puerto y que puedan impedir las operaciones del puerto, es conveniente establecer un sistema de alerta temprana.

4.4 RESUMEN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

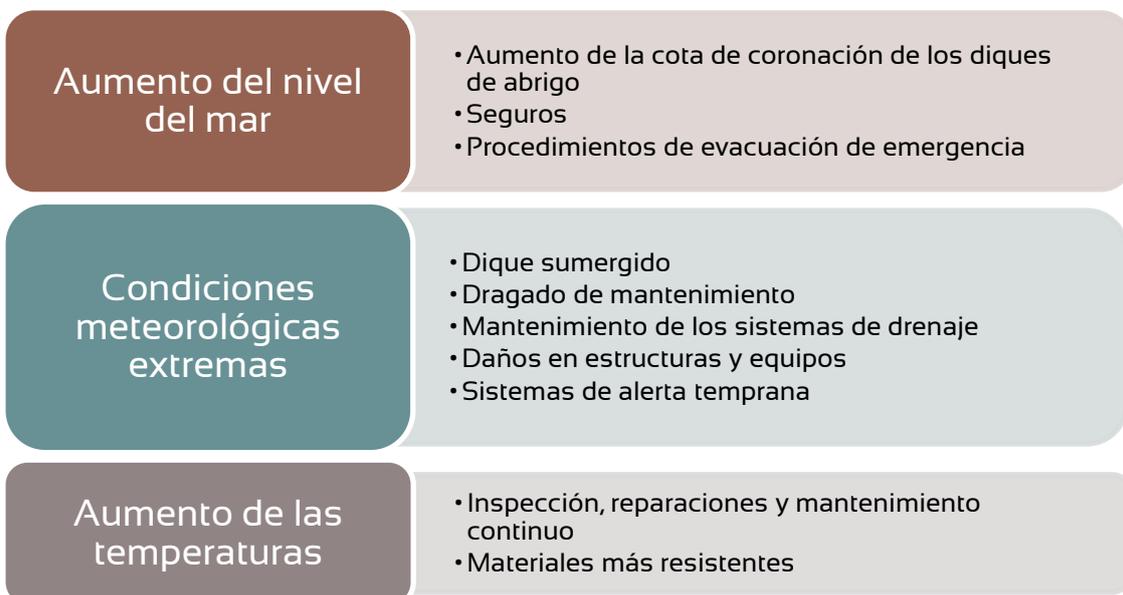


Figura 39. Resumen de las medidas de adaptación al cambio climático (Fuente: Elaboración propia)

5 APLICACIÓN Y ANÁLISIS DEL CASO

Este apartado se corresponde con la aplicación del análisis coste-beneficio al proyecto concreto de estudio, según la metodología explicada anteriormente. Se detallarán los datos y los resultados obtenidos, así como los análisis de sensibilidad y de riesgo pudiendo determinar la rentabilidad de cada una de las medidas de adaptación al cambio climático del Puerto de Gijón.

5.1 DATOS DE PARTIDA. PARÁMETROS BÁSICOS

Para realizar el análisis es primordial establecer los datos de partida indicados en el apartado 2.4 correspondiente a la metodología del análisis.

El valor de cada uno de los parámetros básicos es fundamental para la realización del análisis y un cambio en el valor de alguno de ellos puede hacer que los resultados sean muy diferentes.

5.1.1 Horizonte temporal

El valor de este parámetro se ha establecido a partir de la Tabla 1 de este proyecto, extraída de *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects* de la Unión Europea publicada en 2014.

En ella se puede observar que para proyectos de puertos y aeropuertos el valor del horizonte temporal que establece es de 25 años.

$$\textit{Horizonte temporal} = 25 \text{ años}$$

5.1.2 Tasa de descuento

Este parámetro surge de la necesidad de analizar inversiones cuyos beneficios se obtienen años después del desembolso inicial.

Para establecer el valor de este parámetro se recurre de nuevo a la *Guía del Análisis Costes-Beneficios de los proyectos de inversión* la cual recomienda un valor del 4% en la tasa de descuento para proyectos que afectan a los recursos hídricos.

$$\textit{Tasa de descuento a aplicar durante el proceso} = 4\%$$

5.1.3 Año de referencia

Este valor es importante ya que establece el tiempo a partir del cual empieza a afectar la tasa de descuento. Debido a que este estudio se basa en un proyecto no realizado, no se puede determinar el año de referencia. Se tomará el año 2017 como año de referencia para el proyecto.

Año de referencia = 2017

5.2 CONSECUENCIAS DE LA INACCIÓN

Antes de analizar cómo va a afectar cada medida de adaptación al cambio climático, es conveniente estudiar las consecuencias de no realizar ninguna acción y dejar el puerto tal cual se encuentra en la actualidad.

Es por ello, que en este apartado se van a analizar los costes derivados de la no ejecución de ninguna de las medidas propuestas.

5.2.1 Aumento del nivel del mar

Como se ha expuesto anteriormente, el aumento del nivel del mar es uno de los efectos esperados del cambio climático. Esto puede provocar inundaciones en el puerto, que obligarán a su cierre temporal, originando importantes perjuicios, ya que, además de no ingresar por el tiempo en que está cerrado, puede originar otros daños, materiales o personales.

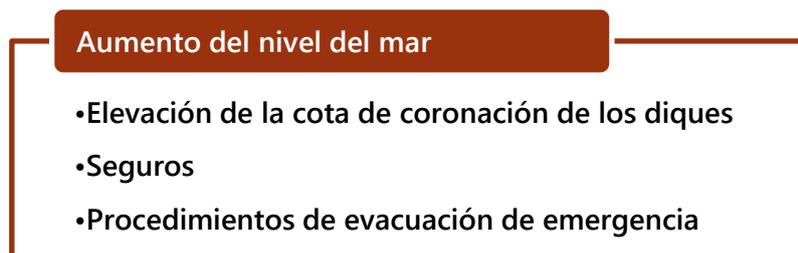


Figura 40. Medidas de adaptación asociadas al efecto del aumento del nivel del mar (Fuente: Elaboración propia)

En caso de no tomar ninguna medida de las anteriores, este efecto fruto del cambio climático puede llegar a producir una inundación general del puerto la cual puede originar grandes daños materiales o personales en los peores casos. Es por ello, que la pérdida de operatividad en estos casos se establecerá en un 8%. Cada medida de



adaptación reducirá este porcentaje en una cantidad que será función de su mayor o menor aportación para disminuir los efectos del cambio climático.

Acudiendo a la *Memoria anual del Puerto de Gijón* del año 2015, se extrae el valor total de los ingresos de explotación, que asciende a unos 52 millones de euros. Para obtener el ingreso horario una vez conocidos los ingresos de explotación, basta con dividir estos últimos entre las horas anuales.

$$\text{Ingreso horario} = \frac{52.000.000 \text{ €/año}}{8760 \text{ h/año}} = 5.936,07 \text{ €/h}$$

Este valor corresponde al ingreso horario en el puerto de Gijón para el año 2015, sin embargo, como el año de referencia para este proyecto es el año 2017, se debe actualizar este valor para la fecha actual. Para realizar esta operación es necesario recurrir al Instituto Nacional de Estadística (INE) y obtener el valor del Índice de Precios al Consumo (IPC).

Variación del Índice General Nacional según el sistema IPC base 2016 desde **Diciembre de 2015 hasta Julio de 2017**

Indice	Porcentaje(%)
Nacional	0,9

Figura 41. Variación del IPC 2015-2017 (Fuente: Instituto Nacional de Estadística)

$$\text{Ingreso horario año 2017} = 1,009 \times 5.936,07 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 5989,49 \frac{\text{€}}{\text{h}} \approx 6.000 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Por tanto, esta pérdida de operatividad del 8% implica los siguientes costes para el puerto:

$$8\% \times 8760 \frac{\text{h}}{\text{año}} = 700,8 \frac{\text{h}}{\text{año}} \rightarrow 700,8 \times 6.000 \frac{\text{€}}{\text{h}} = \mathbf{4.204.800 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

Por tanto, en el caso de no ejecutar ninguna medida asociada a este efecto, la pérdida económica sería de más de 4 M€ anuales.

5.2.2 Condiciones meteorológicas extremas

Este efecto puede provocar diferentes impactos, como grandes oleajes, tormentas, aumento de las precipitaciones, vientos intensos, etc.

Condiciones meteorológicas extremas

- Dique sumergido
- Dragado de mantenimiento
- Mantenimiento de los sistemas de drenaje
- Sistema de alerta temprana

Figura 42. Medidas de adaptación asociadas al efecto de las condiciones meteorológicas extremas (Fuente: Elaboración propia)

Este efecto puede provocar daños importantes en el puerto, ya que en caso de condiciones meteorológicas extremas surgirán problemas en el correcto funcionamiento del puerto, como en la entrada de buques o la carga y descarga de mercancía. Este efecto también puede traer consigo grandes alturas de ola que puedan provocar rebases y hasta rotura del dique. Todo esto implica que la operatividad va a sufrir parones importantes además de generar costes debidos a la reparación de las posibles estructuras o equipos dañados. Por tanto, se establece para este efecto una pérdida de operatividad del 10%, lo que implica los siguientes costes:

$$10\% \times 8760 \frac{h}{\text{año}} = 876 \frac{h}{\text{año}} \rightarrow 876 \times 6.000 \frac{\text{€}}{h} = 5.256.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Por tanto, en el caso de no ejecutar ninguna medida asociada a este efecto, la pérdida económica sería de más de 5 M€ anuales.

Al igual que en el caso anterior, cada medida contribuirá en mayor o menor medida a reducir esta pérdida de operatividad, consiguiendo unos ingresos asociados a esta reducción.

5.3 DEFINICIÓN, ESTUDIO Y VALORACIÓN MONETARIA DE LOS IMPACTOS

En este punto se realiza una estimación -ya que no se dispone de datos fehacientes- de los costes e ingresos de cada una de las medidas.

Como el método ACB trabaja con unidades monetarias -ya que se trata de una medida homogénea y objetiva-, cuando se estudien los costes o ingresos no económicos, será necesario monetizarlos, consiguiendo traducirlos a horas de operativa portuaria. Así, se consigue homogeneizar todas las unidades de costes e ingresos y poder trabajar con ellos.

El valor monetario no es fácil de determinar y más cuando se trata de costes y beneficios intangibles, como en el caso de los impactos medioambientales debidos al cambio climático tratados en este estudio.

En este estudio concreto, los costes y beneficios de cada medida de adaptación se estimarán, en su mayor parte, a partir de otros proyectos similares, sin embargo, existen algunas medidas sobre las que resulta imposible estimar sus costes con la información de la que se dispone. Es por esto por lo que se van a sintetizar las medidas de adaptación propuestas en el apartado *Medidas de adaptación*. En el siguiente esquema se incluyen las medidas que se van a tener en cuenta en el cálculo, para las que, de una forma u otra, será posible extraer los valores de sus costes y beneficios asociados.

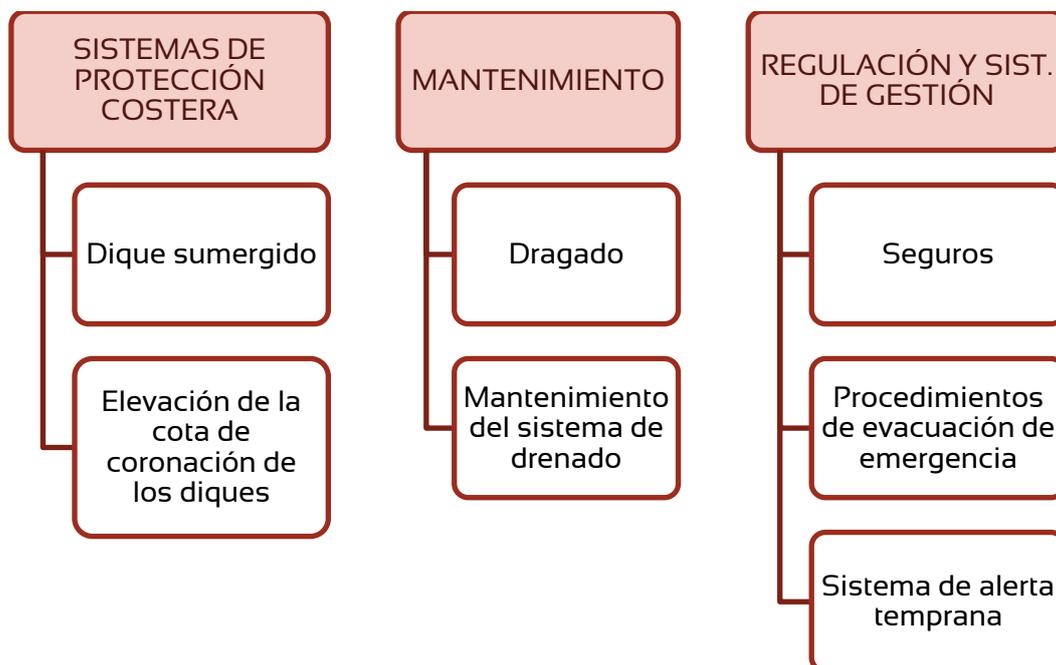


Figura 43. Esquema de las medidas de adaptación (Fuente: Elaboración propia)

Todas las medidas recogidas en este proyecto tienen la finalidad de reducir los impactos producidos por los efectos del cambio climático. Estos impactos se reducen al fin y al cabo a horas de operatividad portuaria, ya que en caso de una inundación o un rebase del dique, por uno de estos fenómenos, el puerto tendrá que proceder a realizar un cierre temporal, lo que constituye un gran coste. Gracias a estas medidas, los posibles cierres temporales del puerto tendrán una duración menor y de ahí vendrá el beneficio obtenido.

En el apartado anterior se ha establecido el porcentaje en que se reduciría la operatividad portuaria en el caso de no ejecutar ninguna de las medidas de adaptación propuestas. Cada efecto del cambio climático tiene asociado un porcentaje de reducción en función de la mayor o menor afección a la operatividad. Dentro de esto, cada medida de adaptación reducirá este porcentaje en un valor – que se expresa en la siguiente figura – dependiendo de cómo ayude a suavizar los efectos del cambio climático.

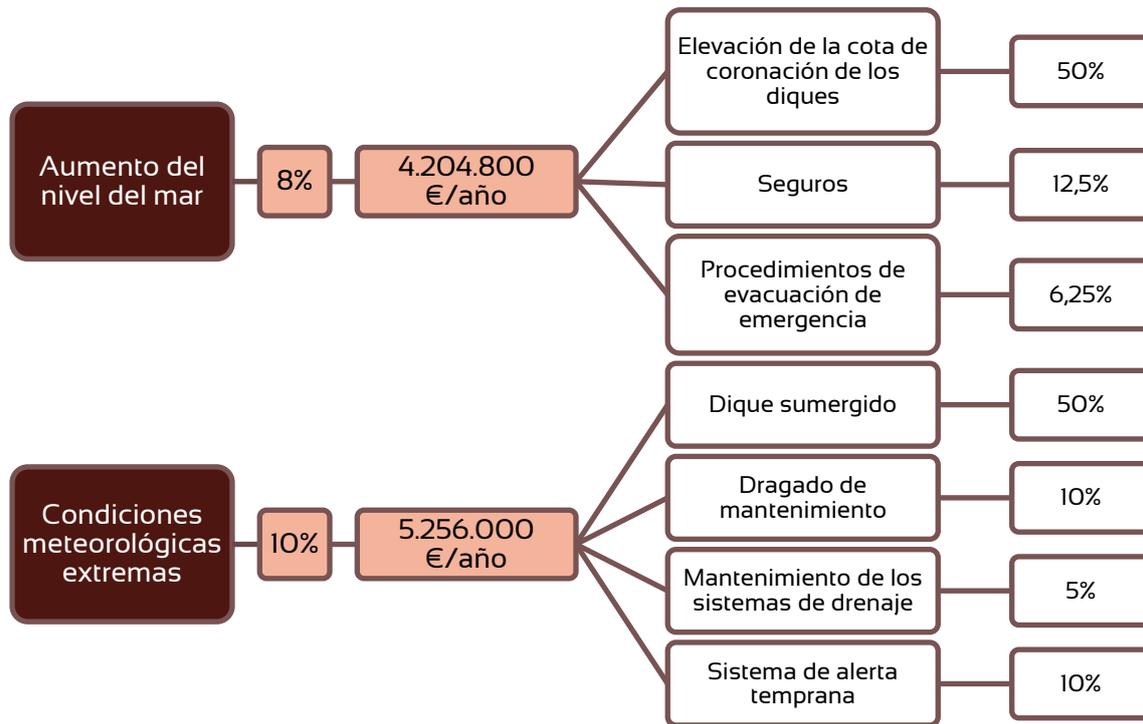


Figura 44. Porcentaje de reducción en la operatividad para cada una de las medidas de adaptación (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se presentarán los costes e ingresos asociados a cada medida de adaptación, con su valoración monetaria correspondiente.

El valor de los costes e ingresos determinados seguidamente corresponde al valor del año 2017 por lo que habrá que actualizar estos costes con la tasa de descuento adoptada para este proyecto, es decir, calcular la cuantía de un capital financiero equivalente de un capital futuro en el presente. El valor del capital final, es decir, el valor del capital para el año que se desea estudiar, se consigue dividiendo el capital inicial, es decir, el ingreso anual del dique sumergido para el año 2017, por el coeficiente $(1+r)^i$, donde r es el tasa de descuento e i el periodo.

5.3.1 Dique sumergido

5.3.1.1 Costes

5.3.1.1.1 Costes de construcción

Para estimar el coste de la construcción del dique se estimará el volumen de material necesario para la construcción de una manera aproximada.

$$\text{Volumen de material} = \frac{25 m + 5 m}{2} \times 34 m \times 500 m = 255.000 m^3$$

El coste de construcción del dique sumergido será, por tanto, el producto del volumen de material y el coste unitario del metro cúbico de material, que se estima en 75 €, incluyendo no solo el precio del material sino también la mano de obra y equipos necesarios.

$$\text{Costes de construcción del dique sumergido} = 255.000 \text{ m}^3 \times 75 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = \mathbf{20.400.000 \text{ €}}$$

Al tratarse una obra de grandes dimensiones, no va a ser posible su construcción en un solo año, por lo que serán necesarios 2 años para su finalización. Por tanto, el coste de construcción se repartirá durante dos años en la misma proporción.

$$\text{Costes de construcción año 1} = \frac{20.400.000 \text{ €}}{2} = \mathbf{10.200.000 \text{ €}}$$

$$\text{Costes de construcción año 2} = \frac{20.400.000 \text{ €}}{2} = \mathbf{10.200.000 \text{ €}}$$

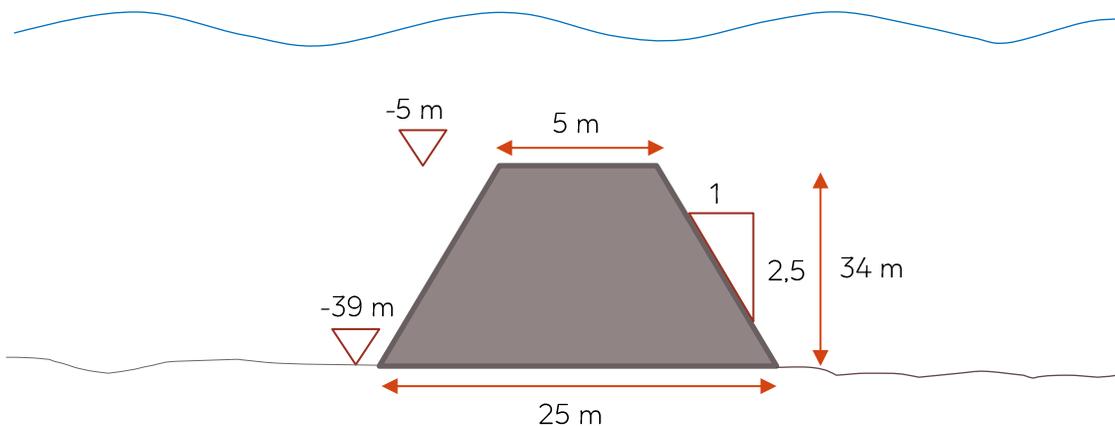


Figura 45. Esquema de la sección transversal tipo del dique sumergido (Fuente: Elaboración propia)

En este caso, se tiene el coste total de construcción del dique por lo que no será necesario monetizarlo.

5.3.1.1.2 Costes de redacción de proyecto

Los costes de realización de proyecto se han estimado en un 4% del coste de construcción del dique sumergido:

$$\text{Costes de redacción del proyecto} = 4\% \times 20.400.000 \text{ €} = \mathbf{816.000 \text{ €}}$$



5.3.1.1.3 Costes de mantenimiento

Los diques exentos, y más aún si son sumergidos, tienen un problema con su mantenimiento, aumentando los costes según se crece en profundidad y en distancia de la estructura a la costa. Esto es debido a su complicada accesibilidad, ya que no es posible el acceso de los equipos terrestres y es imprescindible contar con buzos en el equipo de trabajo para realizar las tareas. Sin embargo, el mantenimiento de este tipo de estructuras está limitado al remplazo de alguna de las piezas o reparación de la base tras eventos extremos de oleaje.

A falta de valores reales, el valor de los costes de mantenimiento anuales se supone un 5% del coste de las obras. Este coste incluye el mantenimiento de la infraestructura, así como el personal y maquinaria y equipos necesarios para su realización.

$$\text{Costes mantenimiento dique sumergido} = 5\%/\text{año} \times 20.400.000 \text{ €} = \mathbf{1.020.000 \text{ €/año}}$$

5.3.1.2 Ingresos

En este caso no se va a obtener un ingreso directo, sino que va a conseguir una un beneficio asociado a la reducción del impacto del cambio climático.

Esta medida afecta a una reducción en la altura de ola y, por tanto, una disminución de la energía del oleaje, suavizando las condiciones meteorológicas extremas. Es por ello que, en caso de no tomar esta medida, se produciría una reducción de la operatividad en un 10% como se ha comentado anteriormente. Esta medida al conseguir reducir considerablemente la altura de ola permite disminuir este porcentaje en un 50%, es decir, que la pérdida de operatividad tendrá un valor únicamente del 5%. Los ingresos asociados a esta medida serán, por tanto, los siguientes:

$$50\% \times 5.256.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} = \mathbf{2.628.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

Por tanto, con la implantación de esta medida se conseguirá un beneficio de algo más 2,6 millones de euros al año.

5.3.2 Elevación de la cota de coronación de los diques

5.3.2.1 Costes

5.3.2.1.1 Costes de construcción

La elevación de la cota de coronación de los diques tendrá un valor de 2 m y su coste se estima en unos 10.000 € por cada metro de dique. Este valor ha sido extraído consultando distintos proyectos similares, teniendo siempre en cuenta que este tipo de valores estimados son aproximados -ya que no se dispone de datos fehacientes- y son válidos únicamente para la realización de este proyecto.

El dique sobre el que se va a realizar la ampliación, el Dique Norte, tiene una longitud de aproximadamente 1500 m, con lo que el coste de construcción de esta medida tendrá el siguiente coste:

$$\text{Costes de construcción} = 10.000 \frac{\text{€}}{\text{m}} \times 1.500 \text{ m} = \mathbf{15.000.000 \text{ €}}$$

5.3.2.1.2 Costes de redacción de proyecto

Al igual que en el caso del dique sumergido, los costes de redacción de proyecto de la elevación de la cota de los diques son del 4% sobre el coste de construcción:

$$\text{Costes de redacción del proyecto} = 4\% \times 15.000.000 \text{ €} = \mathbf{600.000 \text{ €}}$$

5.3.2.1.3 Costes de mantenimiento

Los costes de mantenimiento anuales vuelven a tener la misma problemática que en el caso del dique sumergido, y es que tampoco se tienen valores reales, pero se supone que tienen el mismo valor, un 5% del coste de construcción:

$$\text{Costes de mantenimiento} = 5\%/\text{año} \times 6.000.000 \text{ €} = \mathbf{750.000 \text{ €/año}}$$

5.3.2.2 Ingresos

Esta medida contribuye a disminuir los efectos del aumento del nivel del mar, reduciendo los posibles rebases que se pudieran producir. Con su ejecución se conseguiría reducir el porcentaje del 8% en un 50%, es decir, la pérdida operatividad portuaria pasaría a ser la mitad, consiguiendo los siguientes ingresos:

$$50\% \times 4.204.800 \frac{\text{€}}{\text{año}} = \mathbf{2.102.400 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$



5.3.3 Dragado de mantenimiento

5.3.3.1 Costes

Al no disponer de datos sobre el volumen de sedimentos que se generarán debidos a los efectos del cambio climático, se ha decidido acudir a proyectos similares, en concreto se ha acudido al presupuesto del proyecto de *Dragado de mantenimiento en los Puerto Avilés y Santander. Años 2007-2009*. Para considerar la cantidad de superficie a dragar se ha hecho una comparación entre las superficies de flotación de los puertos de Gijón, Santander y Avilés, extraídas de las memorias anuales de cada uno de los puertos:

Superficie del puerto de Gijón = 4060 Ha

Superficie del puerto de Santander = 3700 Ha

Superficie del puerto de Avilés = 4900 Ha

Se puede observar como la superficie de flotación del Puerto de Gijón ocupa un puesto intermedio entre los otros puertos. Por tanto, se va a considerar el mismo coste de dragado de mantenimiento.

Como el valor de los precios unitarios extraídos de este documento tiene valor del año 2006, será necesario actualizarlo a fecha actual. Para realizar esta operación es necesario recurrir al Instituto Nacional de Estadística (INE) y obtener el valor del Índice de Precios al Consumo (IPC).

Variación del Índice General Nacional según el sistema IPC base 2016 desde Septiembre de 2006 hasta Julio de 2017

Indice	Porcentaje(%)
Nacional	16,8

Figura 46. Variación del IPC 2006-2017 (Fuente: Instituto Nacional de Estadística)

El coste del proyecto consultado se corresponde con un dragado al año durante los tres que se consideran en el proyecto. Teniendo esto en cuenta, resulta un valor de 1.215.330 € durante los tres años para cada puerto.

$$\text{Coste del dragado de mantenimiento anual} = 1,168 \times \frac{1.215.330 \text{ €}}{3 \text{ años}} \approx 490.000,00 \text{ €/año}$$

5.3.3.2 Ingresos

Al igual que para los impactos anteriores, no se va a obtener un ingreso directo, sino que el beneficio se obtendrá de manera indirecta al reducir los efectos que produce el cambio climático sobre el Puerto, concretamente reduciendo el impacto de la movilización de sedimentos debida a las condiciones meteorológicas extremas y que produce una reducción del calado.

El dragado de mantenimiento no es un punto con una importancia tan grande como las obras más ingenieriles comentadas anteriormente -dique sumergido y elevación de la cota de coronación de los diques-. Con esta medida se consigue que los 5.256.000 €/año debidos a la pérdida de operatividad portuaria en caso de no ejecutarse ninguna medida para reducir los efectos de las condiciones meteorológicas extremas, se reduzcan en un 10%. Esto implica que los ingresos asociados a esta medida son los siguientes:

$$10\% \times 5.256.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 525.600 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

5.3.4 Mantenimiento del sistema de drenado

5.3.4.1 Costes

Al igual que en los casos anteriores, los costes son muy difíciles de predecir, por lo que se recurre a otros proyectos similares extrayendo los valores del presupuesto que sean necesarios.

En este caso se recurre al proyecto *LIFE DrainRain* de la mejora del sistema de drenaje superficial del Puerto de Ferrol para así tener una estimación de los costes que pueden suponer una obra de estas características. Este proyecto tiene un presupuesto de 1,3 millones de euros, por lo que será la cifra a utilizar para este estudio.

Los costes de mantenimiento anuales se estiman en un 10% del coste del proyecto, por lo tanto, el coste de esta medida será de:

$$\text{Coste del mantenimiento del sistema} = 10\%/\text{año} \times 1.300.000 \text{ €} = 130.000 \text{ €/año}$$

Sin embargo, lo más probable es que sea necesario modificar algún aspecto del sistema de drenaje anterior, ya que el aumento de las precipitaciones y los eventos meteorológicos extremos pueden provocar que el sistema actual no sea capaz de admitir el aumento del volumen de agua que pasará por el sistema. Por tanto, habrá que añadir un desembolso inicial debido a la implantación o modificación del sistema, cuyo valor se asimilará al proyecto anteriormente mencionado del Puerto de Ferrol.

Coste de implantación o modificación = 1.300.000 €

5.3.4.2 Ingresos

La no ejecución del mantenimiento del sistema de drenado, en caso de grandes temporales durante un periodo de tiempo continuado puede llegar a hacer que las tuberías y colectores no sean capaces de recoger todo el agua pluvial, pudiendo llegar a ser necesario cerrar el puerto. Por ello será necesario que tras estos periodos limpiar canaletas y conducciones, a la vez que comprobando periódicamente su funcionamiento.

Esta medida no influye de manera fundamental en la operatividad portuaria por lo que no produce una gran reducción de la pérdida de operatividad. La pérdida de operatividad portuaria se establece en un 10% para las condiciones meteorológicas extremas en caso de no ejecutar ninguna medida. Con la ejecución de esta medida se consigue reducir este porcentaje en un 5%, lo que supone el siguiente beneficio:

$$5\% \times 5.256.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 262.800 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Sin embargo, resulta complicado estimar estos ingresos de forma fehaciente, por ello, para estar del lado de la seguridad, estos ingresos se reducirán en un 10%, por lo que el valor anual de los ingresos será:

$$\text{Ingresos mantenimiento del sistema de drenado} = 0,90 \times 262.800 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 236.520 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

5.3.5 Seguros

5.3.5.1 Costes

Para estimación de los costes de esta medida se ha recurrido a la *Licitación del servicio de correduría de seguros para la autoridad portuaria de Vigo (2017)*, cuyo presupuesto para las pólizas a gestionar asciende a 57.723,05 €. Al tratarse de costes de pólizas, este coste ha de desembolsarse anualmente.

Se va a suponer que las infraestructuras y equipos del Puerto de Gijón son semejantes a los del Puerto de Vigo, por lo que el valor a adoptar de las pólizas de seguros para el Puerto de Gijón será similar al del Puerto de Vigo. Como no se trata de un dato fehaciente, para obtener un resultado más conservador, se aumentará el coste de las pólizas en un 50% y así absorber los posibles aumentos en el coste de las pólizas para el Puerto de Gijón:

Coste de las pólizas de seguros = $1,50 \times 57.723,05 \text{ €} \approx \mathbf{87.000 \text{ €}}$

5.3.5.2 Ingresos

El aumento del nivel del mar puede provocar daños en estructuras y equipos y provocar a su vez pérdidas en la operatividad portuaria. Se va a considerar que, con la contratación de pólizas de seguros, se va a conseguir una reducción de la pérdida de operatividad, cuyo valor se establece en un 8%, lo que equivale a 4.204.800 €/año. Esta reducción toma el valor del 12,5% sobre el porcentaje total.

Sin embargo, no es probable que se produzca un accidente o incidente importante debido a los efectos del cambio climático todos los años en el puerto, por tanto, se va a establecer un periodo de retorno de accidentes que requieran acudir al seguro para su solución. El periodo de retorno establecido en este caso es 5 años, es decir, que un accidente de este tipo se producirá cada 5 años.

Todo esto implica los siguientes ingresos asociados a esta medida:

$$12,5\% \times 4.204.800 \frac{\text{€}}{\text{año}} = \mathbf{525.600 \frac{\text{€}}{5 \text{ años}}}$$

5.3.6 Procedimientos de evacuación de emergencia

5.3.6.1 Costes

Para determinar el coste aproximado de los procedimientos de evacuación de emergencia, se ha acudido al Plan de Emergencia del Puerto de Almería (2010), cuyo presupuesto asciende a 22.000 € (IVA excluido).

Este Plan de Emergencia incluye:

- Actualización del Plan de Emergencia anterior
- Adaptación del Plan a lo establecido en el R.D. 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situación de emergencia.
- Plan de Autoprotección de la Estación Marítima

El coste de este Plan será el que se asocie al plan de emergencia de nuestro estudio, ya que se trata de elementos de características similares. Únicamente será necesario actualizar este coste, ya que se corresponde con un valor del año 2010. Se utilizará la variación correspondiente del IPC entre el año 2010 y 2017.

Variación del Índice General Nacional según el sistema IPC base 2016 desde Agosto de 2010 hasta Julio de 2017

Indice	Porcentaje(%)
Nacional	7,7

Figura 47. Variación del IPC 2006-2017 (Fuente: Instituto Nacional de Estadística)

Por tanto, el coste total de esta medida, actualizado al año de referencia y aplicado el IVA será:

$$1.077 \times 1,21 \times 22.000 \approx \mathbf{28.700 \text{ €}}$$

Además de este coste de implantación, es necesario actualizar los procedimientos, dar una formación continua a los equipos humanos y reparar los posibles daños originados en los equipos que se encuentran a la intemperie. Por tanto, habrá que añadir unos costes anuales, estimados en 20.000 €.

$$\text{Coste mantenimiento procedimiento de evacuación de emergencia} = \mathbf{20.000 \text{ €}}$$

Hay que tener en cuenta que los softwares informáticos deben ser actualizados cada año, y que el coste de estas licencias es importante. Es por ello por lo que deben añadirse otros costes debidos a este concepto, evaluados en otros 20.000 € anuales.

$$\text{Coste licencias procedimiento de evacuación de emergencia} = \mathbf{20.000 \text{ €}}$$

5.3.6.2 Ingresos

Tanto el aumento del nivel del mar como las tormentas pueden provocar el cierre temporal del puerto, así como daños materiales y, en el peor de los casos, humanos. Sin embargo, disponer de procedimientos de evacuación de emergencia en el puerto permite predecir estos riesgos y, por tanto, es posible mitigar sus efectos.

Al igual que en el caso anterior de los seguros, la probabilidad de que sea necesario realizar un procedimiento de evacuación de emergencia todos los años es mínima, por lo que se establecerá un periodo de retorno de 5 años, ya que el mismo incidente que implique acudir a las pólizas de seguros puede provocar la necesidad de realizar un procedimiento de evacuación de emergencia.

Esta medida contribuye a reducir los impactos del aumento del nivel del mar, consiguiendo reducir el porcentaje establecido en el 8% asociado a la no ejecución de las medidas en un 6,25%. Esto implica los siguientes ingresos asociados a esta medida:



$$6,25\% \times 4.204.800 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 262.800 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Sin embargo, la estimación de los costes de esta medida supone una gran incertidumbre ya que es muy difícil su determinación. Por tanto, para estar del lado de la seguridad, se van a reducir estos ingresos en un 10%, resultando los siguientes ingresos:

$$262.800 \frac{\text{€}}{5 \text{ años}} \times 0,90 = 236.520 \frac{\text{€}}{5 \text{ años}}$$

5.3.7 Sistema de alerta temprana

5.3.7.1 Costes

Ante la inexistencia de datos fehacientes sobre el coste de esta medida, se va a estimar un coste aproximado, que incluye el coste de las boyas, las estaciones marítimas y el software correspondiente.

Puede suponerse un coste total de 2.000.000 € extrapolando valores de otros proyectos.

$$\text{Coste implantación sistema de alerta temprana} = 2.000.000 \text{ €}$$

Además, hay que añadir una serie de costes relativos al mantenimiento de la infraestructura, como la comprobación del funcionamiento de las boyas o de las estaciones marítimas. Estos costes se establecerán en un 5% del coste de implantación del sistema por año, resultando los siguientes costes en cada periodo de estudio:

$$\text{Coste mantenimiento SAT} = 5\%/año \times 2.000.000\text{€} = 50.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

También hay que tener en cuenta que, al igual que en los procedimientos de evacuación de emergencia, este sistema funciona a partir de softwares, más o menos complejos, que permiten predecir el comportamiento de los fenómenos meteorológicos y así evitar o suavizar los posibles daños que pudieran provocar. Esto hace que sea necesario desembolsar anualmente una cantidad destinada a actualizar las licencias de estos softwares. Al igual que en la medida anterior, estos costes se evaluarán en 20.000 € anuales:

$$\text{Coste licencias SAT} = 20.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$



5.3.7.2 Ingresos

En el caso de no establecer sistemas de alerta temprana, puede darse el caso de que no se detecten con antelación grandes temporales y olas de gran altura que pudieran provocar daños en el puerto. Adelantándose a la llegada de estos fenómenos al puerto, pueden evitarse daños tanto en las embarcaciones como en la propia infraestructura portuaria y así evitar gastos que con esta medida se podrían reducir.

En esta medida también se va a aplicar un periodo de retorno, en este caso de 2 años ya que puede haber temporales que no provoquen grandes accidentes ni que obliguen a evacuar el puerto pero que si sea importante su predicción para tomar medidas cautelosas para evitar daños.

Las condiciones meteorológicas extremas producen una reducción del 10% en la operatividad en caso de no tomar ninguna medida. Con la adopción de esta medida se consigue reducir este porcentaje en un 10%, generando los siguientes ingresos:

$$10\% \times 5.256.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 525.600 \frac{\text{€}}{2 \text{ años}}$$

Sin embargo, la estimación de los costes de esta medida también supone una gran incertidumbre ya que es muy difícil su determinación. Por tanto, al igual que en la medida anterior, para estar del lado de la seguridad, se van a reducir estos ingresos en un 10%, resultando los siguientes ingresos:

$$525.600 \frac{\text{€}}{2 \text{ años}} \times 0,90 = \mathbf{473.040} \frac{\text{€}}{2 \text{ años}}$$



6 RESULTADOS

En este apartado se recogen los resultados del estudio. Uno de los objetivos del estudio es determinar las medidas de adaptación y cuáles serán más ventajosas económicamente. Además, se incluyen tanto el análisis de sensibilidad como el de riesgo.

6.1 ESCENARIOS

El análisis coste-beneficio plasmado en este trabajo lleva consigo una gran incertidumbre en muchos de los valores ya que no se dispone de datos fehacientes. Es por esto que se van a generar una serie de escenarios -optimista, caso base y pesimista- en los que se varíen los ingresos por pérdida de operatividad en un porcentaje fijo y se calculen de nuevo los indicadores de rentabilidad. Así, con los diferentes escenarios, se podrá determinar si la jerarquía de las medidas en función de su rentabilidad va a variar al generar cada escenario.

Para cada escenario, se va a calcular el valor de los indicadores de rentabilidad que permiten determinar si la medida es viable económicamente o no. Los indicadores de rentabilidad que se calcularán en este apartado serán los que se detallan en el apartado 2.4.5.

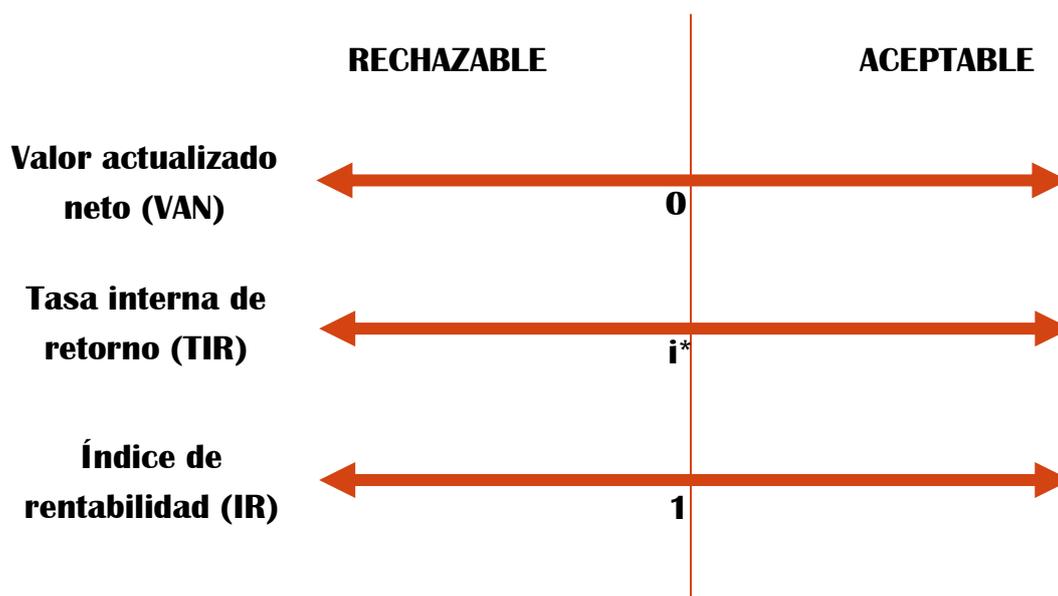


Figura 48. Resumen resultados indicadores (Fuente: Elaboración propia)



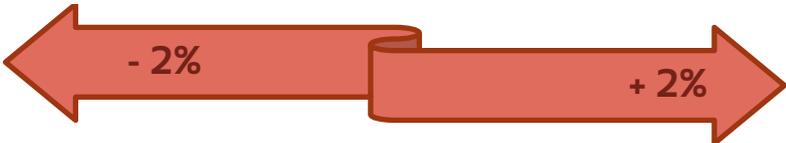
En este proyecto, al incluir diferentes medidas de adaptación se van a calcular los indicadores para cada medida por separado, ya que no se van a dar las medidas simultáneamente.

Los cálculos de los indicadores de rentabilidad se realizan en una hoja Excel, insertando tanto los costes como los beneficios durante todo el periodo de estudio, actualizándolos al año de referencia. Se ha considerado que los ingresos comienzan a producirse un año después de la implantación de la medida, ya que durante la ejecución de la medida no tiene sentido que se generen beneficios.

Las tablas con todos los valores de costes e ingresos de cada una de las medidas se incluyen en el apartado *Anexo de cálculos*.

Una vez se obtengan los resultados se podrá ver si efectivamente las medidas de adaptación al cambio climático son rentables o, por el contrario, los costes que supondrían serían mayores que los beneficios generados.

Se van a generar tres escenarios: caso base, optimista y pesimista, cada uno con unos porcentajes por pérdida de operatividad, los cuales se especifican en la siguiente tabla:



	Escenario 1 Caso optimista	Escenario 0 Caso base	Escenario 2 Caso pesimista
<i>Aumento del nivel del mar</i>	6% 3.153.600 €/año	8% 4.204.800 €/año	10% 5.256.000 €/año
<i>Condiciones meteorológicas extremas</i>	8% 4.204.800 €/año	10% 5.256.000 €/año	12% 6.307.200 €/año

Tabla 11. Porcentaje de la pérdida de operatividad para cada escenario (Fuente: Elaboración propia)

6.1.1 Escenario 0. Caso base

En este caso, el escenario se genera con los datos que se han ido exponiendo a lo largo de trabajo. Los porcentajes tomados son los que se indican en la *Figura 44. Porcentaje de reducción en la operatividad para cada una de las medidas de adaptación* (Fuente: Elaboración propia)

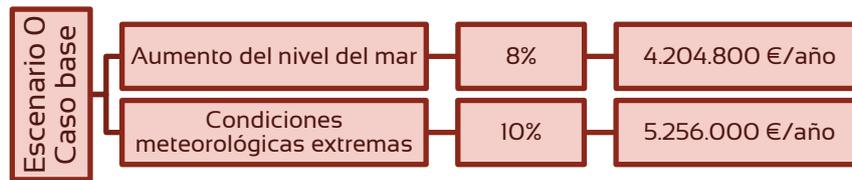


Figura 49. Pérdida de operatividad portuaria para el escenario 0 (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se presentan los valores de los indicadores de rentabilidad calculados para cada una de las medidas.

6.1.1.1 Dique sumergido

Esta medida, una de las pocas puramente “ingenieriles”, es la más costosa de todas las medidas contempladas en este estudio. Sin embargo, estos grandes costes se compensan con grandes beneficios, ya que permite reducir considerablemente la altura de ola al conseguir disipar gran cantidad de energía y, con ello, evitar los posibles rebases de los diques que producirían un cierre temporal del puerto, y, por tanto, grandes pérdidas económicas.

Realizando el balance de costes e ingresos y calculando los indicadores de rentabilidad VAN, TIR e IR, se obtienen los siguientes resultados:



Figura 50. Valores de los indicadores de rentabilidad para el dique sumergido (Fuente: Elaboración propia)

Todos estos valores arrojan resultados positivos, superando todos ellos el umbral a partir del cual el proyecto pasa a ser rentable, por lo que se trata de una medida viable, al menos económicamente. El Valor actualizado neto (VAN) resulta bastante alto, acercándose a los 3 M€, es decir, un valor positivo mucho mayor de 0 €, donde se establece el umbral. En cuanto a la Tasa interna de retorno (TIR), si es mayor que la tasa de descuento - 4% para este estudio – el proyecto es rentable, por lo que la medida es rentable ya que el valor obtenido de 5,19% sobrepasa este valor. Por último, el Índice de rentabilidad (IR), que es la relación entre los beneficios obtenidos (flujos de caja) y el

desembolso inicial, supera la unidad, llegando al valor de 1,25, por lo que, al igual que los anteriores, indica que la medida es rentable.

6.1.1.2 Elevación de la cota de coronación

Este caso recoge la otra medida puramente “ingenieril” de las que se han desarrollado en este trabajo. Tanto los costes como los beneficios son algo menores que en el caso del dique sumergido, ya que su construcción es más sencilla al poder realizar las labores desde tierra y no necesitar equipos sumergidos.

Los resultados obtenidos de los indicadores de rentabilidad se presentan en la siguiente figura:



Figura 51. Valores de los indicadores de rentabilidad para la elevación de la cota de coronación del dique (Fuente: Elaboración propia)

Los resultados obtenidos de los indicadores de rentabilidad indican que se trata de una medida rentable por sí sola, ya que todos ellos están por encima del límite a partir del cual es rentable el proyecto. En este caso, todos los indicadores resultan mayores que en el caso del dique sumergido, lo que indica que la medida generará mayores beneficios que la anterior. Comenzando por el Valor actualizado neto (VAN), es mayor que en el caso anterior, superando los 5 M€, por lo que, al tratarse de un valor positivo, la medida será viable si solo se tiene en cuenta este indicador. Si seguimos por la Tasa interna de retorno (TIR), su valor llega a un valor de 7,11%, por lo que supera con creces el valor de la tasa de descuento adoptada en este proyecto. Finalmente, el Índice de rentabilidad (IR) toma un valor de 1,35, el cual supera, al igual que los anteriores, el valor de la unidad, lo que indica que la medida es rentable.

6.1.1.3 Dragado de mantenimiento

Esta medida se encuentra en un caso intermedio en cuanto a costes e ingresos se refiere. Tanto los costes como los ingresos son constantes durante todo el periodo de estudio y en su conjunto, generan los siguientes valores de los indicadores de rentabilidad:

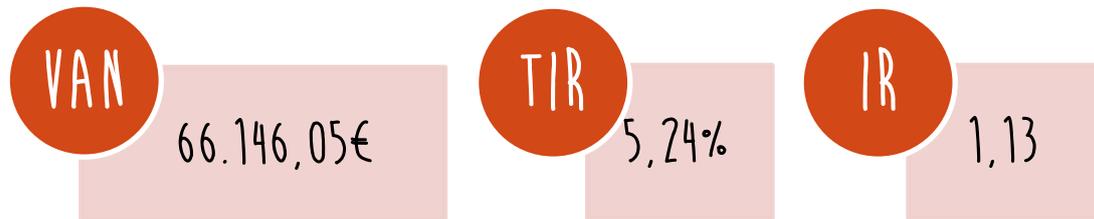


Figura 52. Valores de los indicadores de rentabilidad para el dragado de mantenimiento (Fuente: Elaboración propia)

El análisis de estos resultados indica que esta medida es aceptable. Aunque no tienen valores excesivamente altos, todos los indicadores arrojan resultados positivos por encima del umbral. El Valor actualizado neto (VAN) es positivo (66.146,05 €), la Tasa interna de retorno (TIR) está por encima del valor de la tasa de descuento que se encuentra en el 4% (5,24%) y el Índice de rentabilidad (IR) está por encima de la unidad (1,13).

6.1.1.4 Mantenimiento del sistema de drenado

Esta medida, al igual que la anterior, supone unos costes e ingresos constantes a lo largo de los años durante todo el periodo de estudio, ya que se trata de labores de mantenimiento anuales. Si se determinan los beneficios anuales y se actualizan al año de referencia, se obtienen los siguientes valores de los indicadores de rentabilidad:



Figura 53. Valores de los indicadores de rentabilidad para el mantenimiento del sistema de drenado (Fuente: Elaboración propia)

Los resultados de los indicadores de rentabilidad para esta medida están también por encima del umbral que separa que un proyecto sea rechazable o aceptable. El Valor actualizado neto (VAN) supera los 300.000 €, un valor ampliamente positivo. Lo mismo sucede con la Tasa interna de retorno (TIR), la cual tiene un valor de 6,49% por superando el 4% que es el valor de la tasa de descuento y a partir del cual el proyecto es aceptable. Por último, el valor del Índice de rentabilidad (IR) supera casi en un 30% el valor de la unidad, resultando una cuantía de 1,28.

6.1.1.5 Seguros

Esta medida es una de las menos costosas de todas las consideradas, sin embargo, arroja unos valores muy altos de los indicadores de rentabilidad:



Figura 54. Valores de los indicadores de rentabilidad para las pólizas de seguros (Fuente: Elaboración propia)

El Valor actualizado neto (VAN) obtenido se acerca a los 70.000 € indicado que la medida es aceptable. Lo mismo sucede con la Tasa interna de retorno (TIR) que supera el límite del 4% correspondiente a la tasa de descuento y con el Índice de rentabilidad (IR) que también supera el umbral de la unidad. Todo esto indica que la medida es aceptable ya que es rentable económicamente.

6.1.1.6 Procedimientos de evacuación de emergencia

Esta medida, junto con la correspondiente a las pólizas de seguros, es la que más beneficios aporta a la luz de los resultados de los indicadores de rentabilidad calculados. Esto es debido a que se trata de medidas con costes bajos en comparación con el resto de medidas, pero que, sin embargo, generan beneficios importantes.



Figura 55. Valores de los indicadores de rentabilidad para los procedimientos de evacuación de emergencia (Fuente: Elaboración propia)

El Valor actualizado neto (VAN) ocupa el puesto más bajo de todas las medidas aceptables, pero aun así sigue siendo alto, ya que se encuentra en los 14.000 € aproximadamente. Los demás indicadores, la Tasa interna de retorno (TIR) y el Índice de rentabilidad (IR), también superan el umbral que indica la aceptabilidad del proyecto,

situado en el 4% para la TIR y en 1 para el IR. Por tanto, los resultados indican que la implantación de esta medida sería muy ventajosa para la economía del puerto.

6.1.1.7 Sistema de alerta temprana

Esta medida tiene unos costes moderados durante todo el periodo de estudio, obteniendo sin embargo unos ingresos bastante elevados. La razón por la que los valores de los indicadores de rentabilidad no sean tan altos como en los dos casos (en cuanto a la TIR y el IR) anteriores es el elevado coste de implantación del sistema. Esto es debido a que al incluir sistemas que se deben implantar en alta mar, se necesitan costosos equipos para su ejecución.

Sin embargo, los valores de los indicadores arrojan muy buenos resultados en cuanto a la rentabilidad:



Figura 56. Valores de los indicadores de rentabilidad el sistema de alerta temprana (Fuente: Elaboración propia)

Los altos ingresos, en contraposición a los bajos costes anuales, hacen que el Valor actualizado neto (VAN) sea bastante alto, acercándose al medio millón de euros. La Tasa interna de retorno (TIR) supera el 4% con un valor de 4,87 % y el Índice de rentabilidad (IR) con un valor de 1,22 también indica que la medida es aceptable.

6.1.1.8 Resumen de los resultados

En la siguiente tabla se indican los valores finales de los indicadores de rentabilidad para cada una de las medidas:

DIQUE SUMERGIDO	VAN	2.750.458,40 €
	TIR	5,19%
	IR	1,25
ELEVACIÓN DE COTA DE CORONACIÓN	VAN	5.527.300,92 €
	TIR	7,11%
	IR	1,35

DRAGADO DE MANTENIMIENTO	VAN	66.146,05 €
	TIR	5,24%
	IR	1,13
MANTENIMIENTO SISTEMA DE DRENADO	VAN	364.063,96 €
	TIR	6,49%
	IR	1,28
SEGUROS	VAN	69.845,85 €
	TIR	5,77%
	IR	1,80
PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA	VAN	14.009,51 €
	TIR	4,87%
	IR	1,49
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	VAN	441.956,09 €
	TIR	5,93%
	IR	1,22

Tabla 12. Valores de los indicadores de rentabilidad para cada una de las medidas de adaptación en el escenario 0 (Fuente: Elaboración propia)

6.1.1.9 Jerarquía de las medidas

Una vez obtenidos todos los indicadores de rentabilidad para cada medida de adaptación, se van a ordenar en función de la rentabilidad que genera cada una.

Los criterios a tomar para ordenar las medidas han sido los siguientes:

- Se considera que una medida ocupa un puesto superior a otra si los valores de todos sus indicadores son mayores.
- En el caso de que en dos medidas haya unos indicadores mayores y otros menores se tomará aquella que tenga dos indicadores mayores.

En la figura siguiente se presentan ordenadas de menor a mayor rentabilidad las medidas de adaptación:



Figura 57. Jerarquía de las medidas de adaptación en función de su rentabilidad para el escenario 0 (Fuente: Elaboración propia)

6.1.2 Escenario 1. Caso optimista

En este escenario se van a reducir los porcentajes de la pérdida de operatividad, generando un caso optimista. Para ello se van a disminuir los porcentajes debidos al aumento del nivel del mar y a las condiciones meteorológicas extremas en un 2%.



Figura 58. Pérdida de operatividad portuaria para el escenario 1 (Fuente: Elaboración propia)

La reducción del impacto de cada medida es la misma que para el escenario 0, siendo estos porcentajes los indicados en la *Figura 44. Porcentaje de reducción en la operatividad para cada una de las medidas de adaptación* (Fuente: Elaboración propia).

Realizando de nuevo el cálculo de los indicadores de rentabilidad, se obtienen los siguientes valores para cada una de las medidas:

DIQUE SUMERGIDO	VAN	3.521.016,46 €
	TIR	5,51%
	IR	1,32
ELEVACIÓN DE COTA DE CORONACIÓN	VAN	6.184.178,13 €
	TIR	7,46%
	IR	1,40
DRAGADO DE MANTENIMIENTO	VAN	230.365,35 €
	TIR	8,05%
	IR	1,47
MANTENIMIENTO SISTEMA DE DRENADO	VAN	437.962,64 €
	TIR	6,97%
	IR	1,34
SEGUROS	VAN	100.165,19 €
	TIR	6,51%
	IR	2,15
PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA	VAN	42.245,57 €
	TIR	6,52%
	IR	2,47
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	VAN	512.666,13 €
	TIR	6,23%
	IR	1,26

Tabla 13. Valores de los indicadores de rentabilidad para cada una de las medidas de adaptación en el escenario 1 (Fuente: Elaboración propia)

La disminución en un 2% de la pérdida de operatividad implica un aumento en un 2% en los ingresos debidos al cambio climático, creando un escenario optimista.

Si en el caso base todas las medidas aparecían como aceptables es de suponer que, en este escenario, si aumentan los ingresos manteniéndose los costes, todas las medidas sigan arrojando resultados positivos.

Sin embargo, el cambio en los ingresos hace que la jerarquía de las medidas varíe de manera importante como se puede observar en la figura siguiente. Para su orden se toman los mismos criterios que para el escenario 0.

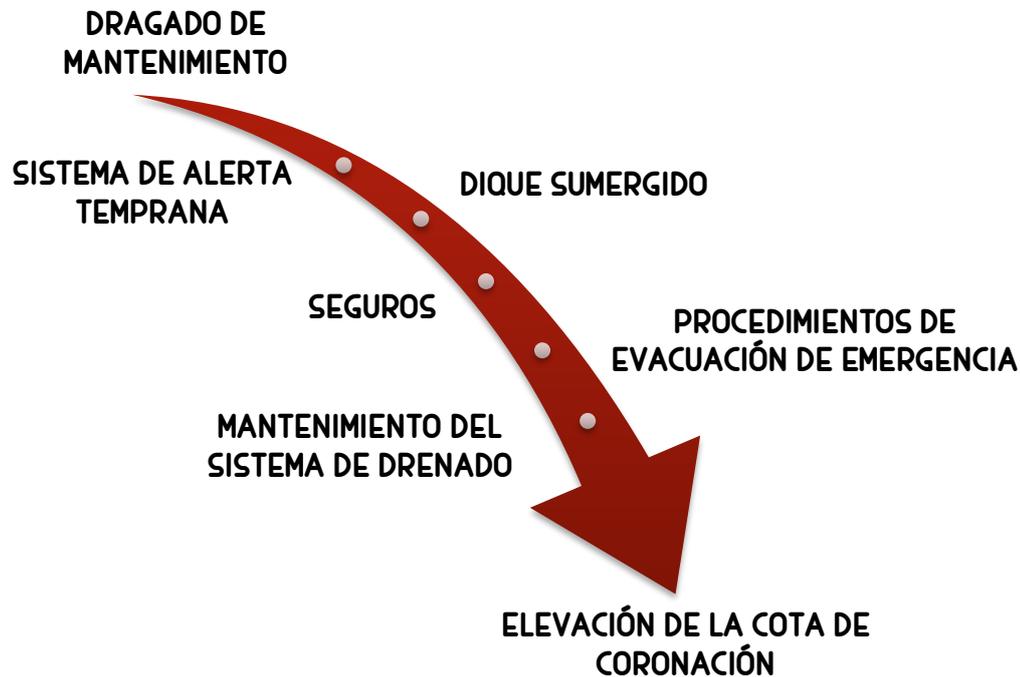


Figura 59. Jerarquía de las medidas de adaptación en función de su rentabilidad para el escenario 1 (Fuente: Elaboración propia)

La jerarquía de las medidas ha cambiado ligeramente, en este caso, los *Procedimientos de evacuación de emergencia* pasan del último lugar al tercero, lo que significa que es una medida cuya rentabilidad puede fluctuar bastante. El último puesto lo ocupa el *Dragado de mantenimiento*, sin embargo, aunque esta sea la medida menos rentable, es necesaria ya que el puerto necesita un dragado para poder operar correctamente.

El primer escalafón de la jerarquía lo ocupa la *Elevación de la cota de coronación*, al igual que en el escenario anterior. Esto indica que es la medida que aporta la mayor rentabilidad a la vista de los resultados de los indicadores.

6.1.3 Escenario 2. Caso pesimista

Este escenario representa el posible aumento de la pérdida de operatividad, es decir, que haya más horas al año en que el puerto esté cerrado. Esto se va a representar con un aumento de un 2% en esta pérdida, tanto para el aumento del nivel del mar como para las condiciones meteorológicas extremas.



Figura 60. Pérdida de operatividad portuaria para el escenario 2 (Fuente: Elaboración propia)

Al igual que para los escenarios anteriores, los porcentajes de reducción del impacto que genera cada medida serán los mismos, representados en la Figura 44. Porcentaje de reducción en la operatividad para cada una de las medidas de adaptación (Fuente: Elaboración propia).

Volviendo a calcular de nuevo los indicadores de rentabilidad, se obtienen los siguientes resultados:

DIQUE SUMERGIDO	VAN	1.979.900,34 €
	TIR	4,86%
	IR	1,18
ELEVACIÓN DE COTA DE CORONACIÓN	VAN	4.870.423,70 €
	TIR	6,76%
	IR	1,31
DRAGADO DE MANTENIMIENTO	VAN	-98.073,26 €
	TIR	2,00%
	IR	0,80
MANTENIMIENTO SISTEMA DE DRENADO	VAN	290.165,27 €
	TIR	6,01%
	IR	1,22
SEGUROS	VAN	39.526,52 €
	TIR	5,02%
	IR	1,45
PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA	VAN	14.958,16 €
	TIR	4,92%
	IR	1,52
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	VAN	371.246,06 €
	TIR	5,64%
	IR	1,19

Tabla 14. Valores de los indicadores de rentabilidad para cada una de las medidas de adaptación en el escenario 2 (Fuente: Elaboración propia)

En este escenario, vuelven a salir rechazables las medidas de *Dragado de mantenimiento* y *Mantenimiento del sistema de drenado*. El resto de las medidas siguen siendo aceptables, aunque los valores de los indicadores disminuyen ligeramente.

Volviendo a ordenar las medidas en función de su rentabilidad, se obtiene la siguiente jerarquía:



Figura 61. Jerarquía de las medidas de adaptación en función de su rentabilidad para el escenario 2 (Fuente: Elaboración propia)

El *Dragado de mantenimiento* vuelve a ocupar el último puesto, sin embargo, en este escenario se obtienen valores negativos de sus indicadores de rentabilidad, lo que indica que esta medida no es rentable económicamente. Sin embargo, como se comentó en el escenario anterior, se trata de una medida necesaria, que, aunque no genere rentabilidad es imprescindible llevar a cabo. El *Mantenimiento del sistema de drenado* baja hasta el penúltimo puesto, mientras que en el escenario anterior ocupaba el segundo, por lo que es una medida que puede variar mucho su posición con un pequeño cambio en los ingresos. El resto de medidas siguen fluctuando en los puestos centrales, pero la correspondiente a la *Elevación de la cota de coronación de los diques* sigue ocupando el primer puesto en cuanto a rentabilidad.

6.1.4 Resumen escenarios

En todos los escenarios, las medidas de *Dragado de mantenimiento* y *Procedimientos de evacuación de emergencia* se rifan el último puesto en cuanto a la

rentabilidad, obteniendo el primero la condición de rechazable en el escenario 2 (caso pesimista), por lo que serían las medidas más susceptibles de no implantar, debido a su posible improductividad, aunque el dragado sea necesario para la operatividad del puerto.

En el lado opuesto se encuentra la medida correspondiente a la *Elevación de la cota de coronación de los diques* ya que ocupa la primera posición en cuanto a rentabilidad en todos los escenarios. Es por ello que esta medida es la más indicada para implantar ya que es, a la luz de los resultados de los indicadores de rentabilidad, la que mayor rentabilidad produce.

En la tabla siguiente se incluyen los valores de los indicadores de rentabilidad para cada medida de adaptación y para cada escenario, permitiendo la comparación de las medidas.

Medida de adaptación		Escenario 2 Caso pesimista	Escenario 0 Caso base	Escenario 1 Caso optimista
DIQUE SUMERGIDO	VAN	1.979.900,34 €	2.750.458,40 €	3.521.016,46 €
	TIR	4,86%	5,19%	5,51%
	IR	1,18	1,25	1,32
ELEVACIÓN DE COTA DE CORONACIÓN	VAN	4.870.423,70 €	5.527.300,92 €	6.184.178,13 €
	TIR	6,76%	7,11%	7,46%
	IR	1,31	1,35	1,40
DRAGADO DE MANTENIMIENTO	VAN	-98.073,26 €	66.146,05 €	230.365,35 €
	TIR	2,00%	5,24%	8,05%
	IR	0,80	1,13	1,47
MANTENIMIENTO SISTEMA DE DRENADO	VAN	290.165,27 €	364.063,96 €	437.962,64 €
	TIR	6,01%	6,49%	6,97%
	IR	1,22	1,28	1,34
SEGUROS	VAN	39.526,52 €	69.845,85 €	100.165,19 €
	TIR	5,02%	5,77%	6,51%
	IR	1,45	1,80	2,15
PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA	VAN	14.958,16 €	14.009,51 €	42.245,57 €
	TIR	4,92%	4,87%	6,52%
	IR	1,52	1,49	2,47
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	VAN	371.246,06 €	441.956,09 €	512.666,13 €
	TIR	5,64%	5,93%	6,23%
	IR	1,19	1,22	1,26

Tabla 15. Valores de los indicadores de rentabilidad para cada una de las medidas de adaptación en cada uno de los escenarios (Fuente: Elaboración propia)

6.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Este apartado se realizará de la manera expuesta en el punto 2.4.6 *Análisis de sensibilidad*. Según la *Figura 4. Esquema del proceso del análisis de sensibilidad* (Fuente: Elaboración propia) la metodología a seguir incluye un paso correspondiente a la eliminación de las variables dependientes tras la identificación de las variables.

Estas variables dependientes pueden introducir distorsiones en el resultado, por ejemplo:

- Si se analizan los ingresos provenientes de la venta de bienes o servicios, estos dependen tanto de la cantidad como del precio por lo que habría que eliminar la variable ingresos.
- En el caso de analizar la productividad laboral y la productividad global, la segunda engloba a la primera.

Sin embargo, en este estudio todas las variables utilizadas son independientes: cada coste se analiza por separado y los ingresos son únicos y proceden de la reducción de la pérdida de operatividad. Por tanto, este paso no será necesario en este estudio.

En este apartado, se utilizará el Valor Actualizado Neto (VAN) como el indicador de rentabilidad para analizar la sensibilidad de cada variable.

Para ello, se va a proceder a aumentar en un 1% tanto los valores de los costes como de los ingresos de cada medida. Este proceso se realizará modificando cada variable por separado y calculando el VAN para cada caso. Si el incremento del 1% en la variable provoca una variación del VAN de más de un 1%, querrá decir que se trata de una variable crítica para el estudio.

En la tabla siguiente se representan los nuevos valores del VAN asociados a la variación introducida en cada variable, así como su variación porcentual, indicando si se trata o no de una variable crítica, en función de si la variación del VAN es mayor o menor del 1%.



Medida	Variable	VAN Caso base	Nuevo VAN	Variación VAN	¿Variable crítica?
DIQUE SUMERGIDO	Costes de construcción	2.750.458,40 €	2.550.381,47 €	-7,27%	✓
	Costes de mantenimiento		2.600.920,87 €	-5,44%	✓
	Costes de redacción de proyecto		2.742.298,40 €	-0,30%	✗
	Ingresos por CC		3.135.737,43 €	14,01%	✓
ELEVACIÓN COTA DE CORONACIÓN	Costes de construcción	5.527.300,92 €	5.377.300,92 €	-2,71%	✓
	Costes de mantenimiento		5.410.135,32 €	-2,12%	✓
	Costes de redacción de proyecto		5.521.300,92	-0,11%	✗
	Ingresos por CC		5.855.739,52	5,94%	✓
DRAGADO DE MANTENIMIENTO	Costes de mantenimiento	66.146,05 €	-15.302,15 €	-123,13%	✓
	Ingresos por CC		148.255,70 €	124,13%	✓
SISTEMA DE DRENADO	Costes de implantación	364.063,96 €	351.063,96 €	-3,57%	✓
	Costes de mantenimiento		343.755,25 €	-5,58%	✓
	Ingresos por CC		401.013,30 €	0,15%	✗
SEGUROS	Costes de pólizas	69.845,85 €	55.384,64 €	-20,70%	✓
	Ingresos por CC		85.005,52 €	1,70%	✓
PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA	Costes de implantación	14.009,51 €	13.722,51 €	-2,05%	✓
	Costes de mantenimiento		10.885,10 €	-22,30%	✓
	Costes de licencias informáticas		10.885,10 €	-22,30%	✓
	Ingresos por CC		35.423,72 €	152,85%	✓
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	Costes de implantación	441.956,09 €	421.956,09 €	-4,53%	✓
	Costes de mantenimiento		434.145,05 €	-1,77%	✓
	Costes de licencias informáticas		438.831,68 €	-0,71%	✗
	Ingresos por CC		477.311,11 €	8,00%	✓

Tabla 16. Análisis de sensibilidad para cada una de las variables (Fuente: Elaboración propia)

Se puede observar como la mayoría de las variables son críticas. Esto es debido a que, en el cálculo del indicador, influyen muy pocas variables por lo que al realizar un pequeño cambio en los valores el indicador sufre una alteración importante, convirtiendo en críticas la mayoría de las variables. Las únicas variables cuyo análisis ha concluido que no tienen el carácter de críticas son:

- *Costes de redacción de proyecto (Dique sumergido)*
- *Costes de redacción de proyecto (Elevación de la cota de coronación de los diques)*
- *Ingresos por Cambio Climático (Mantenimiento del sistema de drenado)*
- *Costes de licencias informáticas (Sistema de alerta temprana)*

6.3 ANÁLISIS DE RIESGO

La finalidad de este apartado es estudiar la probabilidad que tiene el proyecto de llevarse a cabo de una satisfactoria, es decir, rentable económicamente.

Para ello, el análisis permite reducir la incertidumbre de las variables, para así reducir la incertidumbre de los resultados del análisis.

En el análisis de sensibilidad se ha visto como un pequeño cambio en los costes o ingresos puede hacer que el indicador de rentabilidad varíe sustancialmente, provocando que la alternativa tenga una menor rentabilidad que la esperada. Para evaluar la incertidumbre se considera que las variables se pueden mover dentro de un intervalo, que para este proyecto se establece en un $\pm 5\%$.

El proceso más detallado se encuentra en el apartado 2.4.7 *Análisis de riesgo*. El análisis se realiza a través de la hoja Excel. Para ello se van a utilizar los valores de las variables del caso base, los cuales estarán modificados por una distribución uniforme de valores aleatorios entre 0,95 y 1,05. No solo se actualizarán los valores de las variables de costes y beneficios, sino también el valor de la tasa de descuento que variará entre 0,03 y 0,04.

Con esto se analizará cada alternativa individualmente y siguiendo el mismo procedimiento, obteniendo unos resultados para cada una. Se generarán 500 iteraciones con supuestos aleatorios de cada una de las variables, determinando los valores del VAN de cada caso.

6.3.1 Dique sumergido

Insertando en la hoja Excel los valores de los costes e ingresos correspondientes a esta medida y ejecutando las iteraciones establecidas se obtienen gran cantidad de resultados, siendo los siguientes los más significativos:

Media	4.030.093,08 €
Mínimo	-563.967,21 €
Máximo	7.724.480,58 €
Varianza	2,45E+12
Desviación estándar	1564554,89

Tabla 17. Datos estadísticos del análisis de riesgo correspondientes a la medida del dique sumergido (Fuente: Elaboración propia)

Además de estos datos, también se obtiene el gráfico que representa tanto la curva de densidad como la de distribución:

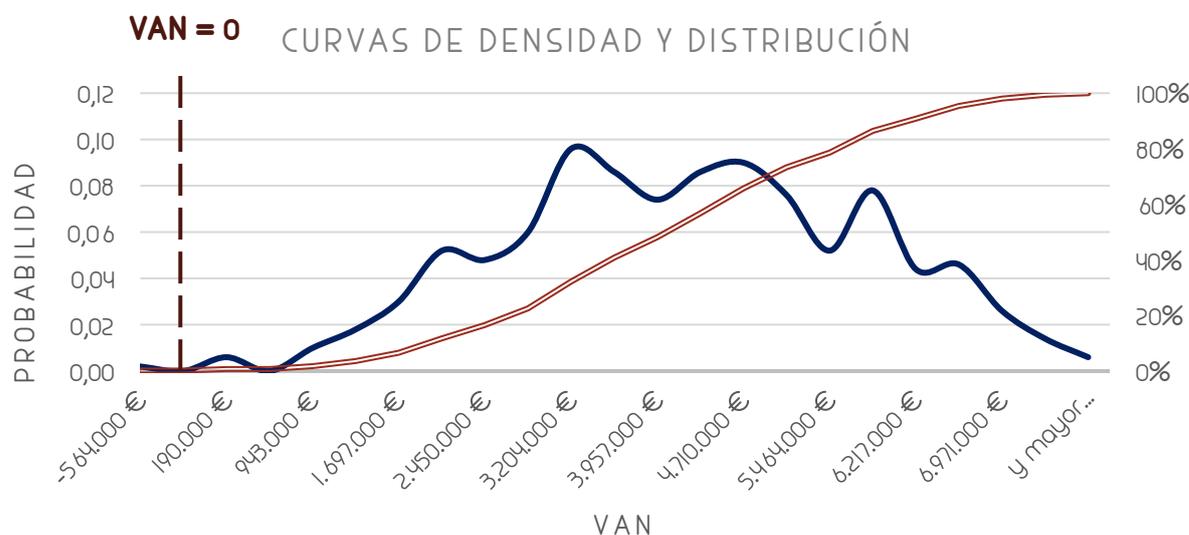


Figura 62. Curvas de densidad y distribución del VAN para la medida del dique sumergido (Fuente: Elaboración propia)

La función de distribución de probabilidad se obtiene a partir del histograma obtenido en la hoja Excel y es la representada con la línea azul sólida. Para evaluar la probabilidad de que un valor del VAN sea mayor o menor de un valor concreto, bastará con determinar el área bajo la curva hacia la izquierda (si se quiere obtener la probabilidad de valores menores) o hacia la derecha (si se quiere obtener la probabilidad de valores mayores).

Si por el contrario lo que se quiere es obtener la probabilidad de que el valor del VAN esté por debajo de un determinado valor, se recurre a la curva de probabilidad acumulada (línea roja sin relleno).

Para determinar si la medida es o no rentable, hay que determinar qué área queda bajo la curva a la izquierda de la línea VAN = 0 y compararla con la que queda a la derecha.

Este área se obtiene a partir de la curva del porcentaje acumulado que lo da la línea sin relleno mirando en el eje de la derecha. En este caso, el valor nulo del VAN queda muy a la izquierda de la gráfica, obteniendo una probabilidad del 2% de no ser rentable, por lo que será rentable en el 98% de las posibilidades.

6.3.2 Elevación de la cota de coronación de los diques

Los datos estadísticos más significativos para esta medida se detallan en la tabla siguiente:

Media	6.718.026,03 €
Mínimo	3.667.418,66 €
Máximo	9.942.225,16 €
Varianza	1,64E+12
Desviación estándar	1281042,10

Tabla 18. Datos estadísticos del análisis de riesgo correspondientes a la medida de la elevación de la cota de coronación (Fuente: Elaboración propia)

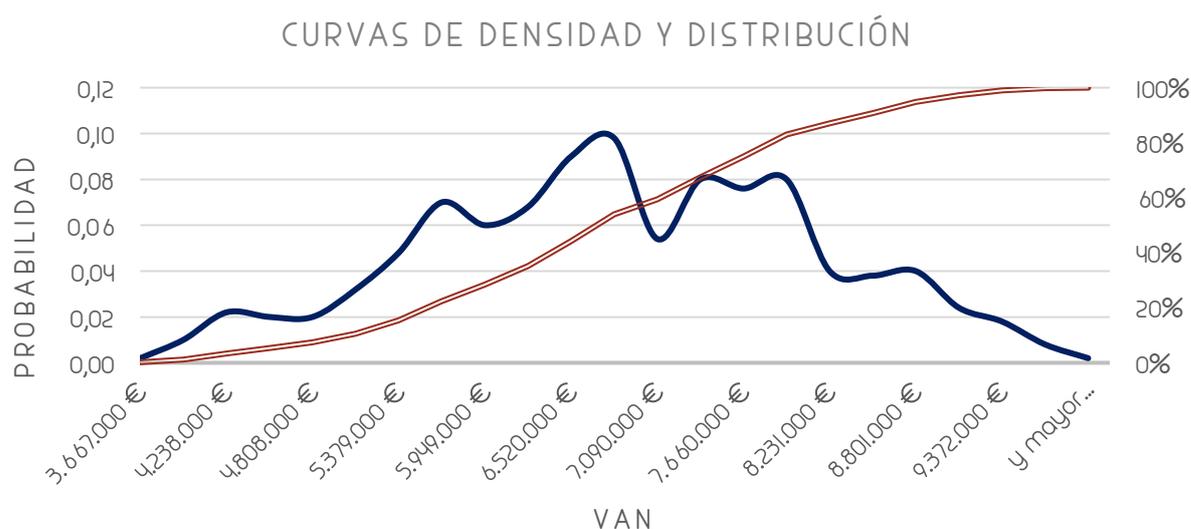


Figura 63. Curvas de densidad y distribución del VAN para la medida de la elevación de la cota de coronación (Fuente: Elaboración propia)

En este caso todos los valores del VAN obtenidos son positivos por lo que la probabilidad de que no sea rentable es nula. Por tanto, esta medida será rentable en el 100% de las ocasiones.

6.3.3 Dragado de mantenimiento

Los datos estadísticos más significativos para esta medida se detallan en la tabla siguiente:

Media	6.718.026,03 €
Mínimo	3.667.418,66 €
Máximo	9.942.225,16 €
Varianza	1,64E+12
Desviación estándar	1281042,10

Tabla 19. Datos estadísticos del análisis de riesgo correspondientes a la medida del dragado de mantenimiento (Fuente: Elaboración propia)

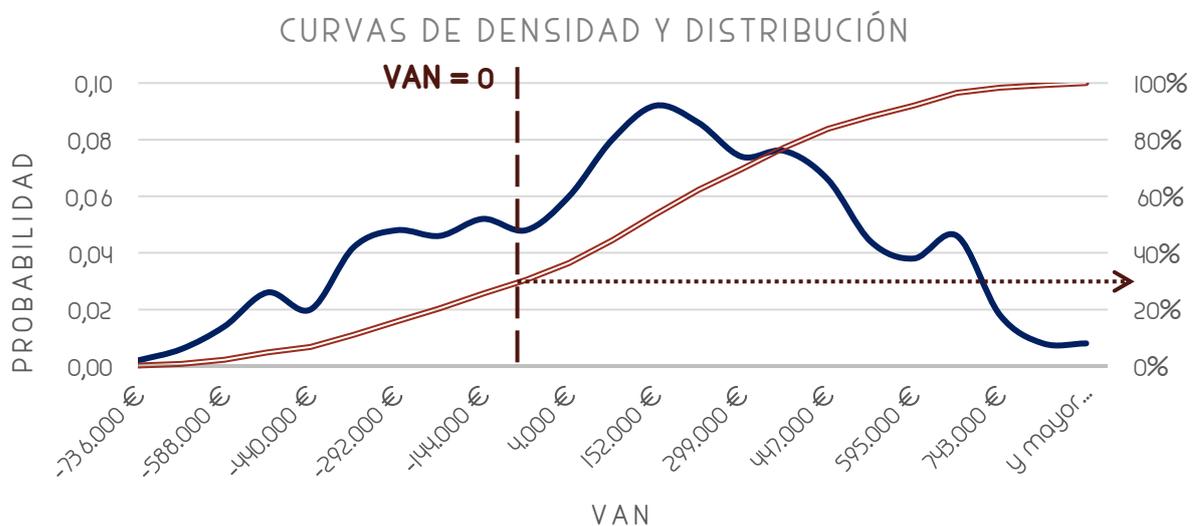


Figura 64. Curvas de densidad y distribución del VAN para la medida del dragado de mantenimiento (Fuente: Elaboración propia)

En el dragado de mantenimiento existe un 30% de las ocasiones en las que no va a ser rentable según se puede observar en el gráfico, mientras que el 70% restante será rentable.

6.3.4 Mantenimiento del sistema de drenado

Los datos estadísticos más significativos para esta medida se detallan en la tabla siguiente:

Media	6.718.026,03 €
Mínimo	3.667.418,66 €
Máximo	9.942.225,16 €
Varianza	1,64E+12
Desviación estándar	1281042,10

Tabla 20. Datos estadísticos del análisis de riesgo correspondientes a la medida del mantenimiento del sistema de drenado (Fuente: Elaboración propia)

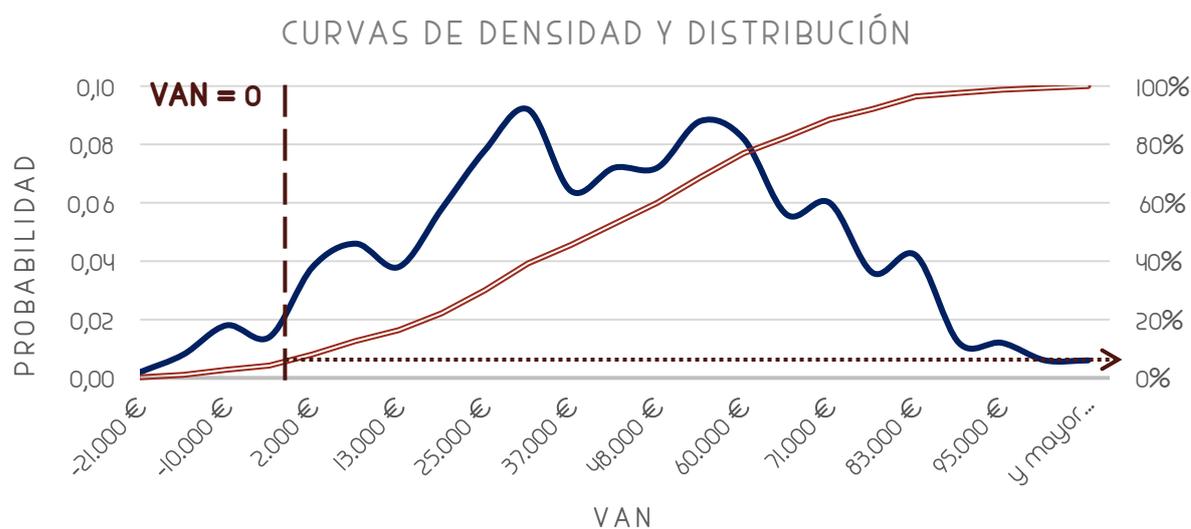


Figura 65. Curvas de densidad y distribución del VAN para la medida del mantenimiento del sistema de drenado (Fuente: Elaboración propia)

El mantenimiento del sistema de drenado es rentable en más ocasiones que el dragado de mantenimiento, concretamente en un 93% de ellas. Por tanto, tiene un 7% de posibilidades de no ser rentable.

6.3.5 Seguros

Los datos estadísticos más significativos para esta medida se detallan en la tabla siguiente:

Media	91.073,17 €
Mínimo	-63.513,56 €
Máximo	261.258,30 €
Varianza	4,44E+09
Desviación estándar	66633,89

Tabla 21. Datos estadísticos del análisis de riesgo correspondientes a la medida de los seguros (Fuente: Elaboración propia)

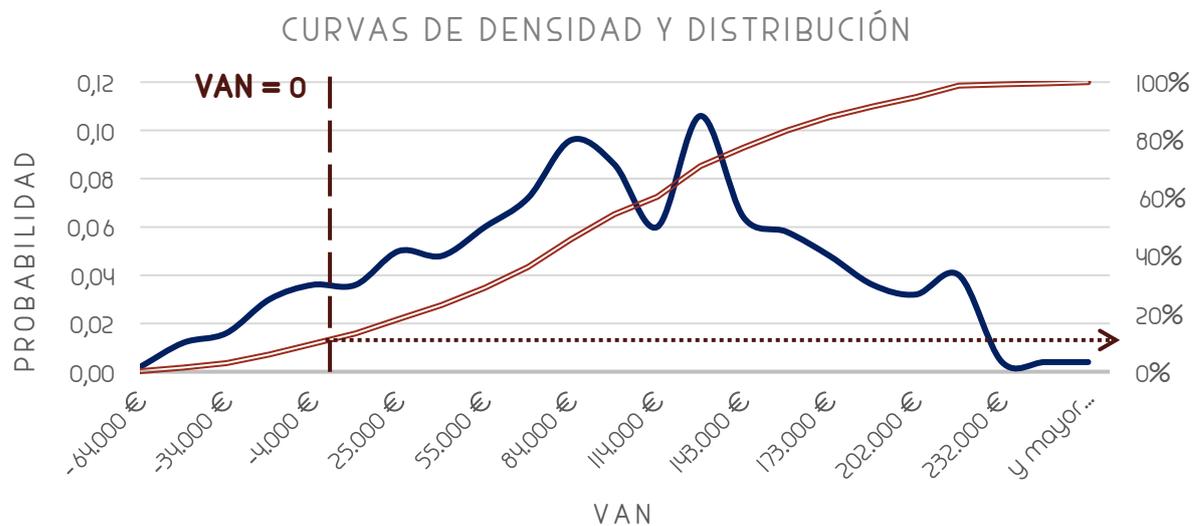


Figura 66. Curvas de densidad y distribución del VAN para la medida de los seguros (Fuente: Elaboración propia)

Como se observa en el gráfico, concretamente en la curva de la probabilidad acumulada, la medida correspondiente a la contratación de pólizas de seguros tiene una posibilidad de ser rentable el 83% de las ocasiones por lo que en el 17% no será aceptable ya que no será rentable.

6.3.6 Procedimientos de evacuación de emergencia

Los datos estadísticos más significativos para esta medida se detallan en la tabla siguiente:

Media	39.693,44 €
Mínimo	-21.481,73 €
Máximo	106.285,23 €
Varianza	6,75E+08

Desviación estándar	25973,07
---------------------	----------

Tabla 22. Datos estadísticos del análisis de riesgo correspondientes a los procedimientos de evacuación de emergencia (Fuente: Elaboración propia)

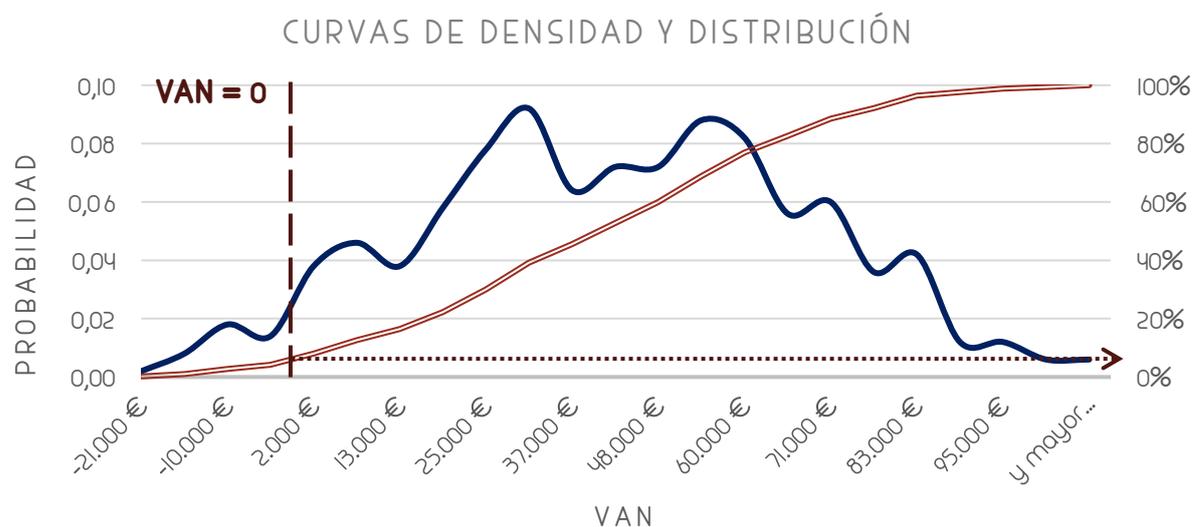


Figura 67. Curvas de densidad y distribución del VAN para la medida de los procedimientos de evacuación de emergencia (Fuente: Elaboración propia)

Esta medida tiene una probabilidad de no ser rentable en el 8% de las ocasiones por lo que en el 92% restante será rentable.

6.3.7 Sistema de alerta temprana

Los datos estadísticos más significativos para esta medida se detallan en la tabla siguiente:

Media	591.675,48 €
Mínimo	221.397,56 €
Máximo	975.260,35 €
Varianza	2,28E+10
Desviación estándar	150915,55

Tabla 23. Datos estadísticos del análisis de riesgo correspondientes al sistema de alerta temprana (Fuente: Elaboración propia)

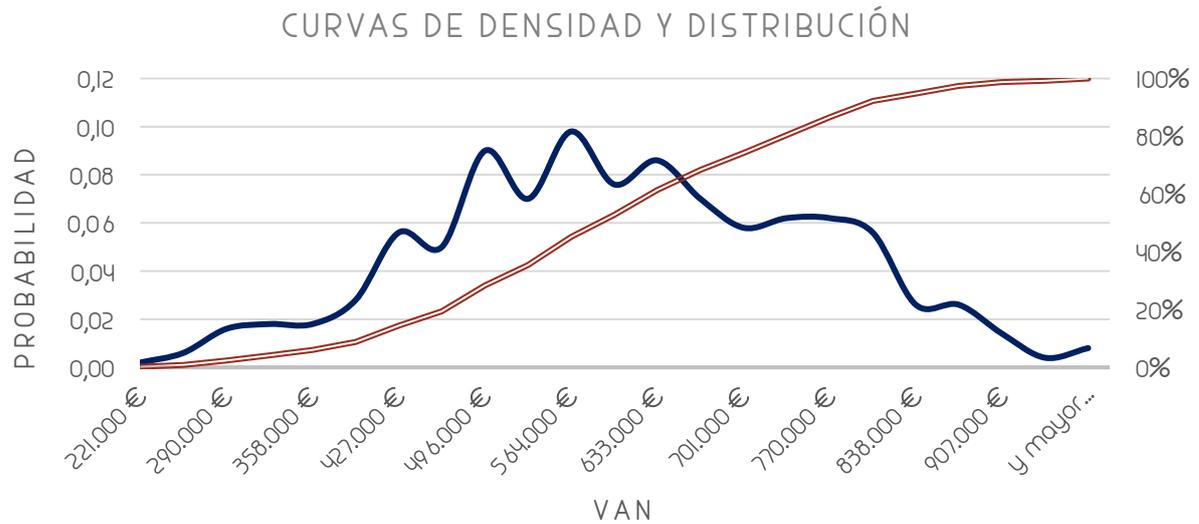


Figura 68. Curvas de densidad y distribución del VAN para la medida del sistema de alerta temprana (Fuente: Elaboración propia)

En esta última medida, correspondiente al sistema de alerta temprana, sucede lo mismo que en el caso de la elevación de la cota de coronación de los diques y es que todos los valores del VAN son positivos por lo que se da la posibilidad de que sea rentable en el 100% de las ocasiones.

6.3.8 Resumen de resultados

<i>Medida</i>	Posibilidad de ser rentable
<i>Dique sumergido</i>	98 %
<i>Elevación de la cota de coronación</i>	100 %
<i>Dragado de mantenimiento</i>	70 %
<i>Mantenimiento del sistema de drenado</i>	93 %
<i>Seguros</i>	83 %
<i>Procedimientos de evacuación de emergencia</i>	92 %
<i>Sistema de alerta temprana</i>	100 %

Tabla 24. Resultados del análisis de riesgo para cada una de las medidas (Fuente: Elaboración propia)

A la luz de estos resultados, cabe realizar de nuevo otra jerarquía según la rentabilidad de las medidas.

Con todo esto, la jerarquía queda como sigue:

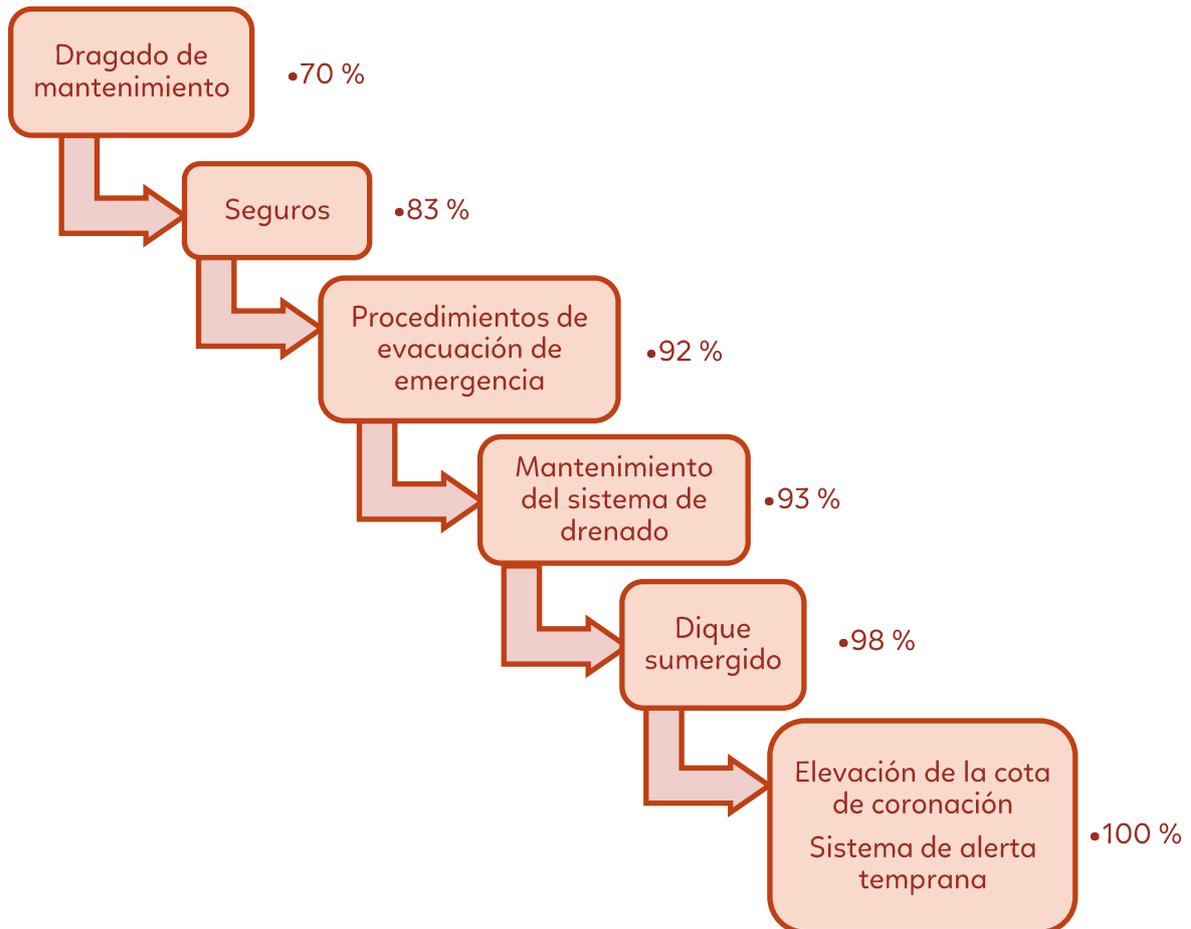


Figura 69. Jerarquía de las medidas en cuanto a su rentabilidad según los resultados obtenidos en el análisis de riesgo (Fuente: Elaboración propia)

En este caso la *Elevación de la cota de coronación* y el *Sistema de alerta temprana* ocupan los dos primeros puestos, al igual que en la jerarquía obtenida para el caso base, aunque el orden del resto medidas difiere ligeramente, intercambiándose entre ellas.

Los resultados indican, en general, una probabilidad de que las medidas sean rentables bastante alta, ya que en el caso del *Dragado de mantenimiento* que es aquella con una probabilidad menor, sus posibilidades de ser rentables de encuentran en el 70%.

7 CONCLUSIONES

Aunque cada subapartado incluido en el capítulo 6 *Resultados* tiene sus propias conclusiones, se ha decidido hacer un capítulo dedicado únicamente a estas, donde se condensarán de forma resumida. Por tanto, una vez concluido este estudio, se pueden sacar una serie de conclusiones:

- Como se ha ido comentando a lo largo del trabajo, los valores de los que se parte no son datos fehacientes, ya que no se dispone de los datos suficientes para obtener unos resultados fieles, sin embargo, los resultados obtenidos son coherentes por lo que se van a dar por válidos.
- Cualquier obra, infraestructura, maquinaria o equipos relacionados con aspectos portuarios o marítimos tienen un coste muy alto.
- Al trabajar con costes e ingresos con unos valores importantes, y, al influir pocas variables en cada medida, cualquier pequeña variación en ellos puede hacer que la medida pase de ser rentable a dejar de serlo.
- En cuanto a los resultados concretos, en todos los escenarios y análisis la *Elevación de la cota de coronación* ocupa siempre el primer lugar en cuanto a rentabilidad por lo que será la medida más susceptible de implantar. En el otro extremo se encuentra el *Dragado de mantenimiento*, que, aunque es la medida menos rentable en la mayoría de los casos, llegando a dejar de serlo en el caso pesimista, es una medida necesaria. Es necesaria ya que sin ella el puerto no podría llevar su funcionamiento con normalidad porque restringiría la entrada de buques al disminuir el calado.



Figura 70. Resumen de las conclusiones del estudio (Fuente: Elaboración propia)



8 ANEXO DE CÁLCULOS

8.1 ESCENARIO 0. CASO BASE

DIQUE SUMERGIDO

	Costes de construcción	Costes de mantenimiento	Costes de redacción de proyecto	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	10.200.000,00 €		816.000,00 €	11.016.000,00 €		- €	- 11.016.000,00 €	- 11.016.000,00 €
2018	10.200.000,00 €			10.200.000,00 €		- €	- 10.200.000,00 €	- 9.807.692,31 €
2019		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.486.686,39 €
2020		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.429.506,14 €
2021		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.374.525,14 €
2022		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.321.658,79 €
2023		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.270.825,76 €
2024		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.221.947,84 €
2025		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.174.949,85 €
2026		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.129.759,47 €
2027		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.086.307,18 €
2028		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.044.526,14 €
2029		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	1.004.352,06 €
2030		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	965.723,13 €
2031		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	928.579,93 €
2032		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	892.865,32 €
2033		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	858.524,35 €
2034		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	825.504,18 €
2035		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	793.754,02 €
2036		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	763.225,02 €
2037		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	733.870,21 €
2038		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	705.644,43 €
2039		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	678.504,26 €
2040		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	652.407,94 €
2041		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	627.315,33 €
2042		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.628.000,00 €	2.628.000,00 €	1.608.000,00 €	603.187,82 €



ELEVACIÓN DE LA COTA DE CORONACIÓN

	Costes de construcción	Costes de mantenimiento	Costes de redacción de proyecto	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	15.000.000,00 €		600.000,00 €	15.600.000,00 €		- €	- 15.600.000,00 €	- 15.600.000,00 €
2018		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	1.300.384,62 €
2019		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	1.250.369,82 €
2020		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	1.202.278,68 €
2021		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	1.156.037,19 €
2022		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	1.111.574,22 €
2023		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	1.068.821,36 €
2024		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	1.027.712,85 €
2025		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	988.185,43 €
2026		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	950.178,30 €
2027		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	913.632,98 €
2028		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	878.493,25 €
2029		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	844.705,05 €
2030		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	812.216,39 €
2031		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	780.977,30 €
2032		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	750.939,71 €
2033		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	722.057,42 €
2034		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	694.285,98 €
2035		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	667.582,67 €
2036		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	641.906,41 €
2037		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	617.217,71 €
2038		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	593.478,56 €
2039		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	570.652,46 €
2040		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	548.704,29 €
2041		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	527.600,28 €
2042		750.000,00 €		750.000,00 €	2.102.400,00 €	2.102.400,00 €	1.352.400,00 €	507.307,96 €



DRAGADO DE MANTENIMIENTO

	<i>Costes de mantenimiento</i>	TOTAL COSTES	<i>Ingresos por CC</i>	TOTAL INGRESOS	<i>FLUJOS DE CAJA</i>	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	490.000,00 €	490.000,00 €		- €	- 490.000,00 €	- 490.000,00 €
2018	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	34.230,77 €
2019	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	32.914,20 €
2020	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	31.648,27 €
2021	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	30.431,03 €
2022	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	29.260,61 €
2023	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	28.135,20 €
2024	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	27.053,07 €
2025	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	26.012,57 €
2026	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	25.012,09 €
2027	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	24.050,08 €
2028	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	23.125,08 €
2029	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	22.235,65 €
2030	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	21.380,44 €
2031	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	20.558,11 €
2032	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	19.767,42 €
2033	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	19.007,13 €
2034	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	18.276,09 €
2035	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	17.573,16 €
2036	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	16.897,27 €
2037	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	16.247,38 €
2038	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	15.622,48 €
2039	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	15.021,61 €
2040	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	14.443,86 €
2041	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	13.888,32 €
2042	490.000,00 €	490.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	35.600,00 €	13.354,16 €



MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRENADO

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	1.300.000,00 €		1.300.000,00 €		- €	- 1.300.000,00 €	- 1.300.000,00 €
2018		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	102.423,08 €
2019		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	98.483,73 €
2020		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	94.695,89 €
2021		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	91.053,74 €
2022		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	87.551,68 €
2023		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	84.184,30 €
2024		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	80.946,45 €
2025		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	77.833,12 €
2026		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	74.839,54 €
2027		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	71.961,10 €
2028		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	69.193,36 €
2029		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	66.532,08 €
2030		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	63.973,15 €
2031		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	61.512,65 €
2032		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	59.146,77 €
2033		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	56.871,90 €
2034		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	54.684,52 €
2035		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	52.581,27 €
2036		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	50.558,91 €
2037		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	48.614,34 €
2038		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	46.744,56 €
2039		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	44.946,69 €
2040		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	43.217,97 €
2041		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	41.555,74 €
2042		130.000,00 €	130.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	106.520,00 €	39.957,44 €



SEGUROS

	<i>Costes de pólizas</i>	TOTAL COSTES	<i>Ingresos por CC</i>	TOTAL INGRESOS	<i>FLUJOS DE CAJA</i>	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 87.000,00 €
2018	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 83.653,85 €
2019	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 80.436,39 €
2020	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 77.342,68 €
2021	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 74.367,96 €
2022	87.000,00 €	87.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	438.600,00 €	360.497,23 €
2023	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 68.757,36 €
2024	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 66.112,85 €
2025	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 63.570,05 €
2026	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 61.125,05 €
2027	87.000,00 €	87.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	438.600,00 €	296.302,44 €
2028	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 56.513,54 €
2029	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 54.339,94 €
2030	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 52.249,95 €
2031	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 50.240,33 €
2032	87.000,00 €	87.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	438.600,00 €	243.539,01 €
2033	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 46.450,01 €
2034	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 44.663,47 €
2035	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 42.945,65 €
2036	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 41.293,89 €
2037	87.000,00 €	87.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	438.600,00 €	200.171,31 €
2038	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 38.178,52 €
2039	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 36.710,12 €
2040	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 35.298,19 €
2041	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 33.940,57 €
2042	87.000,00 €	87.000,00 €	525.600,00 €	525.600,00 €	438.600,00 €	164.526,23 €



PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	Costes de licencias informáticas	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	28.700,00 €			28.700,00 €		- €	- 28.700,00 €	- 28.700,00 €
2018		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 38.461,54 €
2019		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 36.982,25 €
2020		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 35.559,85 €
2021		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 34.192,17 €
2022		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	196.520,00 €	161.525,12 €
2023		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 31.612,58 €
2024		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 30.396,71 €
2025		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 29.227,61 €
2026		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 28.103,47 €
2027		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	196.520,00 €	132.761,87 €
2028		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 25.983,24 €
2029		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 24.983,88 €
2030		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 24.022,96 €
2031		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 23.099,00 €
2032		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	210.240,00 €	210.240,00 €	170.240,00 €	94.528,23 €
2033		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 21.356,33 €
2034		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 20.534,93 €
2035		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 19.745,12 €
2036		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 18.985,70 €
2037		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	196.520,00 €	89.689,16 €
2038		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 17.553,34 €
2039		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 16.878,22 €
2040		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 16.229,05 €
2041		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 15.604,86 €
2042		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	236.520,00 €	236.520,00 €	196.520,00 €	73.717,95 €



SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	Costes de licencias informáticas	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	2.000.000,00 €			2.000.000,00 €		- €	- 2.000.000,00 €	- 2.000.000,00 €
2018		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 67.307,69 €
2019		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	372.633,14 €
2020		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 62.229,75 €
2021		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	344.520,28 €
2022		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 57.534,90 €
2023		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	318.528,37 €
2024		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 53.194,25 €
2025		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	294.497,38 €
2026		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 49.181,07 €
2027		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	272.279,38 €
2028		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 45.470,67 €
2029		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	251.737,59 €
2030		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 42.040,19 €
2031		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	232.745,56 €
2032		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 38.868,52 €
2033		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	215.186,35 €
2034		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 35.936,13 €
2035		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	198.951,88 €
2036		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 33.224,97 €
2037		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	183.942,19 €
2038		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 30.718,35 €
2039		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	170.064,90 €
2040		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 28.400,84 €
2041		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	473.040,00 €	473.040,00 €	403.040,00 €	157.234,56 €
2042		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 26.258,18 €



8.2 ESCENARIO 1. CASO OPTIMISTA

DIQUE SUMERGIDO

	Costes de construcción	Costes de mantenimiento	Costes de redacción de proyecto	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	10.200.000,00 €		816.000,00 €	11.016.000,00 €	- €	- €	-11.016.000,00 €	-11.016.000,00 €
2018	10.200.000,00 €			10.200.000,00 €	- €	- €	-10.200.000,00 €	-9.807.692,31 €
2019		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.535.281,07 €
2020		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.476.231,79 €
2021		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.419.453,65 €
2022		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.364.859,28 €
2023		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.312.364,69 €
2024		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.261.889,12 €
2025		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.213.354,93 €
2026		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.166.687,43 €
2027		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.121.814,84 €
2028		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.078.668,11 €
2029		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	1.037.180,88 €
2030		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	997.289,30 €
2031		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	958.932,02 €
2032		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	922.050,02 €
2033		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	886.586,56 €
2034		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	852.487,08 €
2035		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	819.699,11 €
2036		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	788.172,22 €
2037		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	757.857,91 €
2038		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	728.709,53 €
2039		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	700.682,24 €
2040		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	673.732,92 €
2041		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	647.820,12 €
2042		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.680.560,00 €	2.680.560,00 €	1.660.560,00 €	622.903,96 €



ELEVACIÓN DE LA COTA DE CORONACIÓN

	Costes de construcción	Costes de mantenimiento	Costes de redacción de proyecto	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	15.000.000,00 €		600.000,00 €	15.600.000,00 €		- €	-15.600.000,00 €	-15.600.000,00 €
2018		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	1.340.815,38 €
2019		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	1.289.245,56 €
2020		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	1.239.659,19 €
2021		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	1.191.979,99 €
2022		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	1.146.134,61 €
2023		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	1.102.052,51 €
2024		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	1.059.665,87 €
2025		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	1.018.909,49 €
2026		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	979.720,67 €
2027		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	942.039,10 €
2028		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	905.806,83 €
2029		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	870.968,11 €
2030		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	837.469,33 €
2031		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	805.258,97 €
2032		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	774.287,48 €
2033		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	744.507,19 €
2034		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	715.872,30 €
2035		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	688.338,75 €
2036		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	661.864,18 €
2037		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	636.407,86 €
2038		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	611.930,64 €
2039		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	588.394,85 €
2040		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	565.764,27 €
2041		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	544.004,11 €
2042		750.000,00 €		750.000,00 €	2.144.448,00 €	2.144.448,00 €	1.394.448,00 €	523.080,87 €



DRAGADO DE MANTENIMIENTO

	<i>Costes de mantenimiento</i>	TOTAL COSTES	<i>Ingresos por CC</i>	TOTAL INGRESOS	<i>FLUJOS DE CAJA</i>	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	490.000,00 €	490.000,00 €		- €	- 490.000,00 €	- 490.000,00 €
2018	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	44.338,46 €
2019	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	42.633,14 €
2020	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	40.993,40 €
2021	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	39.416,73 €
2022	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	37.900,70 €
2023	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	36.442,98 €
2024	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	35.041,33 €
2025	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	33.693,59 €
2026	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	32.397,68 €
2027	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	31.151,61 €
2028	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	29.953,48 €
2029	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	28.801,42 €
2030	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	27.693,67 €
2031	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	26.628,53 €
2032	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	25.604,36 €
2033	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	24.619,57 €
2034	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	23.672,67 €
2035	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	22.762,18 €
2036	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	21.886,71 €
2037	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	21.044,91 €
2038	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	20.235,50 €
2039	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	19.457,21 €
2040	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	18.708,85 €
2041	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	17.989,28 €
2042	490.000,00 €	490.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	46.112,00 €	17.297,39 €



MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRENADO

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	1.300.000,00 €		1.300.000,00 €		- €	- 1.300.000,00 €	- 1.300.000,00 €
2018		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	106.971,54 €
2019		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	102.857,25 €
2020		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	98.901,20 €
2021		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	95.097,31 €
2022		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	91.439,72 €
2023		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	87.922,81 €
2024		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	84.541,16 €
2025		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	81.289,58 €
2026		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	78.163,06 €
2027		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	75.156,78 €
2028		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	72.266,14 €
2029		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	69.486,67 €
2030		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	66.814,11 €
2031		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	64.244,33 €
2032		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	61.773,40 €
2033		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	59.397,50 €
2034		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	57.112,98 €
2035		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	54.916,33 €
2036		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	52.804,16 €
2037		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	50.773,23 €
2038		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	48.820,41 €
2039		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	46.942,71 €
2040		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	45.137,22 €
2041		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	43.401,17 €
2042		130.000,00 €	130.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	111.250,40 €	41.731,89 €



SEGUROS

	<i>Costes de pólizas</i>	TOTAL COSTES	<i>Ingresos por CC</i>	TOTAL INGRESOS	<i>FLUJOS DE CAJA</i>	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 87.000,00 €
2018	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 83.653,85 €
2019	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 80.436,39 €
2020	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 77.342,68 €
2021	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 74.367,96 €
2022	87.000,00 €	87.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	449.112,00 €	369.137,33 €
2023	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 68.757,36 €
2024	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 66.112,85 €
2025	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 63.570,05 €
2026	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 61.125,05 €
2027	87.000,00 €	87.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	449.112,00 €	303.403,97 €
2028	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 56.513,54 €
2029	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 54.339,94 €
2030	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 52.249,95 €
2031	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 50.240,33 €
2032	87.000,00 €	87.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	449.112,00 €	249.375,95 €
2033	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 46.450,01 €
2034	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 44.663,47 €
2035	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 42.945,65 €
2036	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 41.293,89 €
2037	87.000,00 €	87.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	449.112,00 €	204.968,85 €
2038	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 38.178,52 €
2039	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 36.710,12 €
2040	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 35.298,19 €
2041	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 33.940,57 €
2042	87.000,00 €	87.000,00 €	536.112,00 €	536.112,00 €	449.112,00 €	168.469,46 €



PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	Costes de licencias informáticas	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	28.700,00 €			28.700,00 €		- €	- 28.700,00 €	- 28.700,00 €
2018		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 38.461,54 €
2019		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 36.982,25 €
2020		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 35.559,85 €
2021		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 34.192,17 €
2022		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	201.250,40 €	165.413,16 €
2023		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 31.612,58 €
2024		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 30.396,71 €
2025		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 29.227,61 €
2026		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 28.103,47 €
2027		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	201.250,40 €	135.957,56 €
2028		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 25.983,24 €
2029		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 24.983,88 €
2030		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 24.022,96 €
2031		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 23.099,00 €
2032		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	201.250,40 €	111.747,20 €
2033		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 21.356,33 €
2034		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 20.534,93 €
2035		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 19.745,12 €
2036		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 18.985,70 €
2037		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	201.250,40 €	91.848,06 €
2038		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 17.553,34 €
2039		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 16.878,22 €
2040		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 16.229,05 €
2041		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 15.604,86 €
2042		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	241.250,40 €	241.250,40 €	201.250,40 €	75.492,41 €



SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	Costes de licencias informáticas	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	2.000.000,00 €			2.000.000,00 €		- €	- 2.000.000,00 €	- 2.000.000,00 €
2018		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 67.307,69 €
2019		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	381.380,18 €
2020		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 62.229,75 €
2021		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	352.607,41 €
2022		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 57.534,90 €
2023		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	326.005,37 €
2024		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 53.194,25 €
2025		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	301.410,29 €
2026		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 49.181,07 €
2027		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	278.670,76 €
2028		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 45.470,67 €
2029		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	257.646,78 €
2030		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 42.040,19 €
2031		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	238.208,93 €
2032		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 38.868,52 €
2033		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	220.237,55 €
2034		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 35.936,13 €
2035		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	203.621,99 €
2036		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 33.224,97 €
2037		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	188.259,98 €
2038		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 30.718,35 €
2039		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	174.056,93 €
2040		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 28.400,84 €
2041		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	482.500,80 €	482.500,80 €	412.500,80 €	160.925,42 €
2042		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 26.258,18 €



8.3 ESCENARIO 2. CASO PESIMISTA

DIQUE SUMERGIDO

	Costes de construcción	Costes de mantenimiento	Costes de redacción de proyecto	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	10.200.000,00 €		816.000,00 €	11.016.000,00 €	- €	- €	-11.016.000,00 €	-11.016.000,00 €
2018	10.200.000,00 €			10.200.000,00 €	- €	- €	-10.200.000,00 €	-9.807.692,31 €
2019		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.438.091,72 €
2020		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.382.780,50 €
2021		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.329.596,63 €
2022		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.278.458,30 €
2023		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.229.286,83 €
2024		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.182.006,56 €
2025		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.136.544,77 €
2026		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.092.831,51 €
2027		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.050.799,53 €
2028		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	1.010.384,16 €
2029		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	971.523,23 €
2030		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	934.156,96 €
2031		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	898.227,84 €
2032		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	863.680,62 €
2033		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	830.462,13 €
2034		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	798.521,28 €
2035		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	767.808,92 €
2036		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	738.277,81 €
2037		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	709.882,51 €
2038		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	682.579,34 €
2039		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	656.326,29 €
2040		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	631.082,97 €
2041		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	606.810,55 €
2042		1.020.000,00 €		1.020.000,00 €	2.575.440,00 €	2.575.440,00 €	1.555.440,00 €	583.471,68 €



ELEVACIÓN DE LA COTA DE CORONACIÓN

	Costes de construcción	Costes de mantenimiento	Costes de redacción de proyecto	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	15.000.000,00 €		600.000,00 €	15.600.000,00 €		- €	-15.600.000,00 €	-15.600.000,00 €
2018		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	1.259.953,85 €
2019		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	1.211.494,08 €
2020		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	1.164.898,16 €
2021		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	1.120.094,38 €
2022		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	1.077.013,83 €
2023		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	1.035.590,22 €
2024		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	995.759,83 €
2025		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	957.461,37 €
2026		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	920.635,93 €
2027		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	885.226,86 €
2028		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	851.179,67 €
2029		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	818.441,99 €
2030		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	786.963,45 €
2031		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	756.695,63 €
2032		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	727.591,95 €
2033		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	699.607,65 €
2034		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	672.699,66 €
2035		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	646.826,60 €
2036		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	621.948,65 €
2037		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	598.027,55 €
2038		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	575.026,49 €
2039		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	552.910,08 €
2040		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	531.644,31 €
2041		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	511.196,45 €
2042		750.000,00 €		750.000,00 €	2.060.352,00 €	2.060.352,00 €	1.310.352,00 €	491.535,05 €



DRAGADO DE MANTENIMIENTO

	<i>Costes de mantenimiento</i>	TOTAL COSTES	<i>Ingresos por CC</i>	TOTAL INGRESOS	<i>FLUJOS DE CAJA</i>	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	490.000,00 €	490.000,00 €		- €	- 490.000,00 €	- 490.000,00 €
2018	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	24.123,08 €
2019	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	23.195,27 €
2020	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	22.303,14 €
2021	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	21.445,33 €
2022	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	20.620,51 €
2023	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	19.827,41 €
2024	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	19.064,82 €
2025	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	18.331,56 €
2026	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	17.626,50 €
2027	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	16.948,55 €
2028	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	16.296,69 €
2029	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	15.669,89 €
2030	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	15.067,20 €
2031	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	14.487,69 €
2032	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	13.930,48 €
2033	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	13.394,69 €
2034	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	12.879,51 €
2035	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	12.384,14 €
2036	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	11.907,83 €
2037	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	11.449,84 €
2038	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	11.009,46 €
2039	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	10.586,02 €
2040	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	10.178,86 €
2041	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	9.787,37 €
2042	490.000,00 €	490.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	25.088,00 €	9.410,93 €



MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRENADO

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	1.300.000,00 €		1.300.000,00 €		- €	- 1.300.000,00 €	- 1.300.000,00 €
2018		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	97.874,62 €
2019		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	94.110,21 €
2020		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	90.490,58 €
2021		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	87.010,18 €
2022		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	83.663,63 €
2023		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	80.445,80 €
2024		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	77.351,73 €
2025		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	74.376,66 €
2026		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	71.516,02 €
2027		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	68.765,41 €
2028		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	66.120,58 €
2029		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	63.577,48 €
2030		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	61.132,20 €
2031		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	58.780,96 €
2032		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	56.520,15 €
2033		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	54.346,30 €
2034		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	52.256,06 €
2035		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	50.246,21 €
2036		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	48.313,66 €
2037		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	46.455,44 €
2038		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	44.668,70 €
2039		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	42.950,67 €
2040		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	41.298,72 €
2041		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	39.710,31 €
2042		130.000,00 €	130.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	101.789,60 €	38.182,99 €



SEGUROS

	<i>Costes de pólizas</i>	TOTAL COSTES	<i>Ingresos por CC</i>	TOTAL INGRESOS	<i>FLUJOS DE CAJA</i>	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 87.000,00 €
2018	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 83.653,85 €
2019	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 80.436,39 €
2020	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 77.342,68 €
2021	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 74.367,96 €
2022	87.000,00 €	87.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	428.088,00 €	351.857,13 €
2023	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 68.757,36 €
2024	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 66.112,85 €
2025	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 63.570,05 €
2026	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 61.125,05 €
2027	87.000,00 €	87.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	428.088,00 €	289.200,91 €
2028	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 56.513,54 €
2029	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 54.339,94 €
2030	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 52.249,95 €
2031	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 50.240,33 €
2032	87.000,00 €	87.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	428.088,00 €	237.702,07 €
2033	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 46.450,01 €
2034	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 44.663,47 €
2035	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 42.945,65 €
2036	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 41.293,89 €
2037	87.000,00 €	87.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	428.088,00 €	195.373,78 €
2038	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 38.178,52 €
2039	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 36.710,12 €
2040	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 35.298,19 €
2041	87.000,00 €	87.000,00 €		- €	- 87.000,00 €	- 33.940,57 €
2042	87.000,00 €	87.000,00 €	515.088,00 €	515.088,00 €	428.088,00 €	160.583,00 €



PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	Costes de licencias informáticas	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	28.700,00 €			28.700,00 €		- €	- 28.700,00 €	- 28.700,00 €
2018		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 38.461,54 €
2019		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 36.982,25 €
2020		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 35.559,85 €
2021		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 34.192,17 €
2022		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	191.789,60 €	157.637,07 €
2023		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 31.612,58 €
2024		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 30.396,71 €
2025		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 29.227,61 €
2026		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 28.103,47 €
2027		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	191.789,60 €	129.566,18 €
2028		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 25.983,24 €
2029		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 24.983,88 €
2030		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 24.022,96 €
2031		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 23.099,00 €
2032		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	191.789,60 €	106.493,96 €
2033		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 21.356,33 €
2034		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 20.534,93 €
2035		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 19.745,12 €
2036		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 18.985,70 €
2037		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	191.789,60 €	87.530,27 €
2038		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 17.553,34 €
2039		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 16.878,22 €
2040		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 16.229,05 €
2041		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €		- €	- 40.000,00 €	- 15.604,86 €
2042		20.000,00 €	20.000,00 €	40.000,00 €	231.789,60 €	231.789,60 €	191.789,60 €	71.943,50 €



SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

	Costes de implantación	Costes de mantenimiento	Costes de licencias informáticas	TOTAL COSTES	Ingresos por CC	TOTAL INGRESOS	FLUJOS DE CAJA	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS
2017	2.000.000,00 €			2.000.000,00 €		- €	- 2.000.000,00 €	- 2.000.000,00 €
2018		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 67.307,69 €
2019		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	363.886,09 €
2020		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 62.229,75 €
2021		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	336.433,15 €
2022		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 57.534,90 €
2023		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	311.051,36 €
2024		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 53.194,25 €
2025		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	287.584,47 €
2026		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 49.181,07 €
2027		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	265.888,01 €
2028		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 45.470,67 €
2029		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	245.828,41 €
2030		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 42.040,19 €
2031		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	227.282,18 €
2032		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 38.868,52 €
2033		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	210.135,15 €
2034		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 35.936,13 €
2035		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	194.281,76 €
2036		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 33.224,97 €
2037		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	179.624,41 €
2038		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 30.718,35 €
2039		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	166.072,86 €
2040		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 28.400,84 €
2041		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €	463.579,20 €	463.579,20 €	393.579,20 €	153.543,70 €
2042		50.000,00 €	20.000,00 €	70.000,00 €		- €	- 70.000,00 €	- 26.258,18 €



9 BIBLIOGRAFÍA

- EUROPEAN COMMISSION. *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*. 2014. European Union.
- FONDOS ESTRUCTURALES – FEDER, FONDO DE COHESIÓN E ISPA. 2003. *Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión*. Unión Europea.
- GRUPO FOMENTO Y MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIOAMBIENTE. 2013. *Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España*. Gobierno de España.
- GUTIÉRREZ SERRET, R.; GRASSA GARRIDO, J. M. *Diseño, construcción y explotación de diques de abrigo portuario en España desde finales del siglo XX*. 2015. Revista Iberoamericana del Agua (RIBAGUA).
- TAMARIT DE CASTRO, C. *El sistema portuario español. Características generales*. Puertos del Estado.
- DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y EL MAR. 2014. *Estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático*. Gobierno de España.
- PUERTO DE GIJÓN. *Memoria Anual de 2015*. Autoridad Portuaria de Gijón.
- MENÉNDEZ REXACH, F. *Trazando el futuro del Puerto de Gijón*. 2006. El comercio.
- INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL. *Costes de la inacción debidos al efecto del Cambio Climático en la costa del Principado de Asturias*. 2015. Universidad de Cantabria.
- FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD. *Guía resumida del quinto informe de evaluación del IPCC*. 2013. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA. *Capítulo 3. Transmisión*. Upcommons.



- MARYGERENCIA. *Posibles efectos del cambio climático y enfoques para la adaptación en el transporte marítimo*. 2011. Disponible en <https://marygerencia.com> [visitado a 09/07/2017]
- PUERTO DE AVILÉS Y PUERTO DE SANTANDER. *Dragado de mantenimiento en los puertos de Avilés y Santander. Años 2007-2009*. Autoridad portuaria de Avilés y Santander
- PUERTO DE AVILÉS. *Memoria Anual de 2015*. Autoridad Portuaria de Avilés.
- PUERTO DE SANTANDER. *Memoria Anual de 2015*. Autoridad Portuaria de Santander.