



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



# PROYECTO DE DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS NUEVAS OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA EN LA ZONA DE S. ANDRÉS, TENERIFE

Trabajo realizado por:

*Iratxe López de Subijana Esteban*

Dirigido:

*Gabriel Díaz Hernández*

*Amador Gafo Álvarez*

Mención:

*Construcciones Civiles*

Titulación:

**Grado en Ingeniería Civil**

Santander, julio de 2021

**TRABAJO FIN DE GRADO**



## RESUMEN

**TÍTULO:** Proyecto de diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de S. Andrés, Tenerife

**AUTOR:** Iratxe López de Subijana Esteban

**DIRECTORES:** Gabriel Díaz Hernández, Amador Gafo Álvarez

**MENCIÓN:** Construcciones Civiles

**CONVOCATORIA:** Julio 2021

**PALABRAS CLAVES:** San Andrés, Tenerife, Inundaciones, Rebases, Obras de abrigo, Protección litoral, Dique en talud, Espigón.

### REFERENCIAS:

- “R.O.M.: Recomendaciones para Obras Marítimas”.
- “C.E.M.: Coastal Engineering Manual”.
- Normativas, directivas, reglamentos, etc.
- IHCantabria: Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria.

### 1. Objeto del proyecto.

El objetivo principal del presente proyecto es realizar el diseño y definir el proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona litoral situada frente a la avenida marítima de San Andrés, localidad ubicada al noreste de la isla de Tenerife. Para ello, se detallarán los cálculos realizados para la obtención de la geometría estructural del dique, el proceso de ejecución, plazos de obra, planos y presupuestos del mismo.

### 2. Planteamiento del problema.

El pueblo de San Andrés se encuentra expuesto a habituales eventos de inundación que perturban significativamente a los vecinos de la comunidad. Hasta el momento, no se ha registrado ninguna víctima mortal o herido grave a causa de las mismas. Sin embargo, son cuantiosos los daños tanto económicos como materiales que estos rebases han causado en la infraestructura tanto privada como pública. Estas consecuencias negativas son especialmente trascendentales en el paseo marítimo o comercios y viviendas localizados en las proximidades a la primera línea de costa. A pesar del innegable esfuerzo de los vecinos, que intentan aplacar la entrada de agua colocando sacos de arena y maderas en ventanas y puertas, los locales quedan anegados con más de un metro de agua.

Las repetidas inundaciones que tienen lugar en la localidad han provocado que los habitantes manifiesten la necesidad de algún tipo de protección costera que ponga fin a estos sucesos. Además, la artificialización de la playa de Las Teresitas en 1973, que provoca que la franja entre la dársena pesquera y la playa de Las Teresitas se sitúe

localmente bajo el nivel del mar, y la disposición de las calles, perpendiculares a la avenida marítima, favorecen la intrusión del oleaje en la zona urbana.

### 3. Desarrollo de la solución adoptada.

La solución finalista para su construcción en la costa de San Andrés se compone de una estructura en forma de "T". Esta estructura está compuesta por un dique paralelo a la línea de costa que se encuentra unido por su parte central a la avenida marítima por un espigón.

El dique paralelo es relativamente paralelo a la orientación de la batimetría del fondo marino, siendo contrariamente, el dique transversal, perpendicular a la misma.

La longitud del dique transversal es de 88.15 m y la de dique paralelo 274.05 m. Ambos diques sitúan su coronación a 4.50 m sobre el nivel de la BMVE extendiéndose en su base hasta la intersección con el terreno.

La anchura de la solera de ambos diques es de 5.00m. Sobre esta solera, y apoyado sobre una capa de relleno de todo uno que descansa a su vez sobre la capa de filtro, se apoya una losa de hormigón. Esta losa funciona como paseo para peatones, aportando una funcionalidad extra a la estructura de protección.

Ambos diques se catalogan bajo el tipo "dique en talud" y son simétricos a ambos lados. Las estructuras están formadas por tres capas principales: manto exterior, filtro y núcleo.



*Ilustración 1: Localización sobre ortofoto del dique propuesto.*

El diseño de las obras de abrigo se ha realizado siguiendo los criterios geométricos, funcionales y estructurales mostrados a continuación:

- Taludes (exterior e interior): 2H:1V.
- Estructura en talud bicapa.
- Vida útil mínima: 15 años.
- La operatividad de la estructura puede interrumpirse únicamente 0.01 del tiempo anual.
- El caudal de rebase de la estructura debe ser seguro para los peatones, teniendo que ser inferior a 0.3 l/s/m.
- Cota de coronación obtenida a partir de las recomendaciones recogidas en la R.O.M.
- El impacto visual de la obra sobre el horizonte se considera en el proceso de determinación de la cota de coronación.
- La zona de los morros se refuerza con bloques de hormigón de peso superior por la mayor exigencia estructural a la que están sometidas estas zonas.

Siguiendo estas recomendaciones, la sección finalista cuenta con los materiales mostrados en la tabla a continuación:

Capa	Material	Peso nominal de las piezas (kg)	Diámetro nominal de las piezas (m)	Espesor total de la capa (2D <sub>n</sub> ) (m)
<b>Manto</b>	Cubos de hormigón	2850	1.08	2.16
<b>Filtro</b>	Escollera	285	0.48	0.96
<b>Núcleo</b>	Todo uno de cantera	10 - 100	-	-
<b>Morro</b>	Cubos de hormigón	4270	1.23	2.46

*Tabla 1: Resumen de los materiales de la sección transversal*

#### 4. Clasificación del contratista.

La clasificación del contratista exigible en las obras es: Grupo F, Subgrupo 3, Categoría 5. Debido a que la obras se clasifican como Obras Marítimas, y es exigible la clasificación del contratista para la ejecución de la unidad de obra de bloques de hormigón, debido a que el presupuesto anualizado del proyecto es mayor a 2.400.000 € y menor a 5.000.000 €.

#### 5. Mediciones significativas.

Los bloques de hormigón, la escollera, el todo-uno de cantera y la losa peatonal de hormigón son las principales unidades de obra del proyecto. Por tanto, las mediciones principales son las mostradas en la tabla a continuación:

Unidad de obra	Medición (m <sup>3</sup> )
Bloques de hormigón	15567.10
Escollera	8601.72
Todo-uno	18474.28
Losa de hormigón	362.74

*Tabla 2: Mediciones significativas*

## 6. Presupuesto.

Se presenta a continuación el resumen del presupuesto de la obra:

### RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
F	FIRMES Y PAVIMENTOS .....	35,919.17	0.96
D	DIQUES.....	3,634,612.38	97.32
GR	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	10,871.71	0.29
SS	SEGURIDAD Y SALUD.....	53,124.31	1.42
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>3,734,527.57</b>	
	13.00 % Gastos generales.....	485,488.58	
	6.00 % Beneficio industrial.....	224,071.65	
	Suma.....	709,560.23	
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IGIC</b>	<b>4,444,087.80</b>	
	7% IGIC.....	311,086.15	
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>4,755,173.95</b>	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de CUATRO MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL CIENTO SETENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS

, Santander, julio 2021.

El P.E.M (Presupuesto de Ejecución Material) del presente proyecto asciende a TRES MILLONES SETECIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTISIETE EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS (3.734.527.67 €).

El Presupuesto para Conocimiento de la Administración (P.C.A.) coincide con el Presupuesto Base de Licitación (P.B.L.) debido a que no existen gastos asociados a Expropiaciones o la reposición de los Servicios Afectados. Por tanto, asciende a CUATRO MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL CIENTO SETENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS (4.755.173,95 €).

El periodo de ejecución de la obra es de 18 meses.

## 7. Conclusiones.

Se considera que el presente proyecto cumple la normativa vigente, además de las recomendaciones usuales para obras de carácter similar, y al mismo tiempo queda desarrollado con suficiente detalle para ser ejecutado.

SANTANDER JULIO DE 2021

EL AUTOR DEL PROYECTO

IRATXE LÓPEZ DE SUBIJANA

## ABSTRACT

**TITLE:** Design and building process of the new coastal protection works in San Andrés, Tenerife.

**AUTHOR:** Iratxe López de Subijana Esteban

**DIRECTORS:** Gabriel Díaz Hernández, Amador Gafo Álvarez

**MINOR:** Civil Construction.

**CALL:** July 2021

**KEY WORDS:** San Andrés, Tenerife, Flooding, Overtopping, Maritime Works, Shore, Coastal Protection, Dike, Jetty.

### REFERENCES:

- “R.O.M.: Recomendaciones para Obras Marítimas”.
- “C.E.M.: Coastal Engineering Manual”.
- Normativas, directivas, reglamentos, etc.
- IHCantabria: Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria.

### 1. Aim of the project.

The main objective of this project is to carry out the design and define the construction process of the new coastal protection works in the coastal area located in front of the San Andrés maritime avenue, a town located in the northeast of the island of Tenerife. For this, the calculations made to obtain the structural geometry of the cross section, the execution process, work deadlines, plans and budgets will be detailed.

### 2. Statement of the problem.

The town of San Andrés is exposed to regular flood events that significantly disturb the residential life of the community. So far, there have been no fatalities or serious injuries. However, the economic and material damages that these overruns have caused to both private and public infrastructure are considerable. These negative consequences are especially important on the promenade or shops and residences located near the coastline. Despite the undeniable efforts of the neighbours, who try to reduce the entry of water by placing sandbags and wood in windows and doors, the premises are flooded with more than a meter of water.

The repeated floods that take place in the town have caused the inhabitants to express the need for some type of coastal protection to put an end to these events. In addition, the artificialization of Las Teresitas beach in 1973, which causes the strip between the fishing dock and Las Teresitas beach to be located locally below sea level, and the layout of the streets, perpendicular to the maritime avenue, favour the intrusion of waves in the urban area.

### 3. Development of the solution.

The finalist solution for its construction on the San Andrés coast consists of a "T" -shaped structure. This structure is made up of a breakwater parallel to the coastline that is connected by its central part to the maritime avenue by a jetty.

The parallel dike is relatively parallel to the orientation of the seabed bathymetry, being the opposite, the transverse dike, perpendicular to it.

The length of the transverse jetty is 88.15 m and that of the parallel dike is 274.05 m. Both levees place their crest at 4.50 m above the level of the BMVE, extending at their base to the intersection with the ground.

The width of the crest of both dikes is 5.00m. A concrete slab rests above a filling layer made of filter material over one of the filter layers. This slab works as a walkway for pedestrians, providing extra functionality to the protective structure.

Both dikes are classified under the type of "embankment dike" and are symmetrical on both sides. The structures are made up of three main layers: outer mantle, filter and core.



*Illustration 1: Location on orthophoto of the proposed structure*

The design of the shelter works has been carried out following the geometric, functional and structural criteria shown below:

- Slopes (exterior and interior): 2H: 1V.
- Two-layer slope structure.
- Minimum useful life: 15 years.
- The operation of the structure can be interrupted only 0.01 of the annual time.
- The overflow flow of the structure must be safe for pedestrians, having to be less than 0.3 l / s / m.

- Crowning height obtained from the recommendations contained in the R.O.M.
- The visual impact of the work on the horizon is considered in the process of determining the elevation of the crest.
- The area of the tips is reinforced with concrete blocks of greater weight due to the greater structural demands to which these areas are subjected.

Following these recommendations, the finalist section has the materials shown in the table below:

Layer	Material	Nominal weight of the pieces (kg)	Nominal diameter of the pieces (m)	Total width of the layer (2D <sub>n</sub> ) (m)
<b>Outer mantle</b>	Concrete cubes	2850	1.08	2.16
<b>Filter</b>	Riprap	285	0.48	0.96
<b>Core</b>	Quarry run	10 - 100	-	-
<b>Tips</b>	Concrete cubes	4270	1.23	2.46

*Table 1: Summary of the materials in the cross section*

#### 4. Classification of the contractor.

The required classification of the contractor in the works is: Group F, Subgroup 3, Category 5. Since the works are classified as Maritime Works, and the classification of the contractor is required for the execution of the concrete blocks work unit. Moreover, the annualized budget of the project is greater than € 2,400,000 and less than € 5,000,000.

#### 5. Significant measurements.

Concrete cubes, riprap, quarry run, and the concrete pedestrian slab are the main work units of the project. Therefore, the main measurements are those shown in the table below:

Work units	Measurements (m <sup>3</sup> )
Concrete cubes	15567.10
Riprap	8601.72
Quarry run	18474.28
Concrete slab	362.74

*Table 2: Significant measurements of the project*

#### 6. Budget.

The summary of the budget for the project is presented below:

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
F	FIRMES Y PAVIMENTOS .....	35,919.17	0.96
D	DIQUES .....	3,634,612.38	97.32
GR	GESTIÓN DE RESIDUOS .....	10,871.71	0.29
SS	SEGURIDAD Y SALUD .....	53,124.31	1.42
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>3,734,627.57</b>	
	13.00 % Gastos generales .....	485,488.58	
	6.00 % Beneficio industrial .....	224,071.85	
	Suma .....	709,560.23	
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IGIC</b>	<b>4,444,087.80</b>	
	7% IGIC .....	311,088.15	
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>4,755,173.95</b>	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de CUATRO MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL CIENTO SETENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS

, Santander, julio 2021.

The M.E.B (Material Execution Budget) of this project amounts to THREE MILLION SEVEN HUNDRED THIRTY-FOUR THOUSAND FIVE HUNDRED TWENTY-SEVEN EUROS and FIFTY-SEVEN CENTS (€ 3,734,527.67).

The Budget for Knowledge of the Administration coincides with the Base Bid Budget since there are no expenses associated with expropriations or replacement of Affected Services. Therefore, it amounts to FOUR MILLION SEVEN HUNDRED FIFTY-FIVE THOUSAND ONE HUNDRED SEVENTY-THREE EUROS and NINETY-FIVE CENTS € (4,755,173.95).

The execution period of the project is 18 months.

## 7. Conclusions.

It is considered that this project complies with current regulations, in addition to the usual recommendations for works of a similar nature, and at the same time it is developed in sufficient detail to be executed.

SANTANDER JULY 2021

THE AUTHOR OF THE PROJECT

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis tutores, Gabriel Díaz Hernández y Amador Gafo Álvarez, quien con sus conocimientos y apoyo me ha guiado a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar así los resultados que buscaba.

También quiero agradecer a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria, por brindarme a lo largo de estos cuatro años la oportunidad de formarme como futura profesional del sector. Me gustaría agradecer todo el apoyo recibido, no solo del grupo docente, sino también de todos los investigadores, personal administrativo y servicios presentes en la escuela. Este proyecto ha sido extenso y complicado, y son innumerables los profesionales que han aportado con valiosos comentarios y consejos.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros y familia, por apoyarme en los días más grises. En especial, quiero mencionar a mis compañeros de promoción, quienes se han convertido en grandes amigos fuera de las puertas de la escuela. No puedo olvidar a mis compañeras de piso, Andrea y Elisa, ya que este TFG no hubiese visto la luz sin las largas tardes de ambiente de trabajo en la mesa del salón. Tampoco pueden quedar sin mencionar mis compañeros de biblioteca, sin los que posiblemente hubiésemos perdido el norte con mayor rapidez.

A la escuela, nos vemos pronto.

## DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

Documento N°1: MEMORIA Y ANEJOS

Documento N°2: PLANOS

Documento N°3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Documento N°4: PRESUPUESTO



# MEMORIA Y ANEJOS



# MEMORIA DESCRIPTIVA



## ÍNDICE

1.- Introducción .....	5
1. 1.- Antecedentes del proyecto.....	5
1. 2.- Objeto del proyecto .....	5
2.- Descripción del entorno de la obra .....	6
2. 1.- Situación geográfica.....	6
2. 2.- Factores socioeconómicos.....	6
3.- Estudio del medio físico .....	7
3. 1.- Batimetría .....	7
3. 2.- Estudio geológico y geotécnico .....	7
3. 3.- Estudio climatológico.....	8
3. 4.- Estudio del nivel del mar.....	8
3. 5.- Estudio hidrodinámico y propagación del oleaje .....	8
4.- Descripción de las obras .....	9
5.- Plazo de ejecución .....	10
6.- Clasificación del contratista .....	10
7.- Periodo de garantía y obra completa .....	10
8.- Afección al dominio público .....	11
9.- Justificación de precios .....	11
10.- Revisión de precios .....	11
11.- Presupuesto .....	11



12.- Documentos que integran el proyecto .....	12
13.- Autor del proyecto .....	13



## 1.- Introducción

### 1. 1.- Antecedentes del proyecto

El pueblo de San Andrés, en la isla canaria de Tenerife, sufre habituales eventos de inundación que perturban significativamente a los vecinos de la comunidad. Hasta el momento, no se ha registrado ninguna víctima mortal o herido grave a causa de las inundaciones. Sin embargo, son cuantiosos los daños tanto económicos como materiales que estos rebases han causado en la infraestructura privada y pública. Esto es fundamentalmente trascendental en el paseo marítimo o comercios y viviendas localizados en las proximidades a la primera línea de costa. A pesar del innegable esfuerzo de los vecinos, que intentan aplacar la entrada de agua colocando sacos de arena y maderas en ventanas y puertas, los locales quedan anegados con más de un metro de agua.

Las repetidas inundaciones, han provocado que los habitantes de San Andrés manifiesten la necesidad de algún tipo de protección costera que ponga fin a estos sucesos. Además, la artificialización de la playa de Las Teresitas en 1973, que provoca que la franja entre la dársena pesquera y la playa de Las Teresitas se sitúe localmente bajo el nivel del mar, y la disposición de las calles, perpendiculares a la avenida marítima, favorecen la intrusión del oleaje en la zona urbana.

### 1. 2.- Objeto del proyecto

La E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander, como facultad perteneciente a la Universidad de Cantabria, de acuerdo con el plan de estudios vigente y orientado a la obtención del título de Grado Universitario en Ingeniería Civil, exige la elaboración de un TFG (Trabajo Fin de Grado). En casos particulares, como ocurre en este, de optar a dos menciones distintas, es necesario elaborar dos TFGs, los cuales pueden estar vinculados o no entre sí.

El presente proyecto se fundamenta en el estudio que se ha llevado a cabo con anterioridad de forma detallada para la preparación del TFG correspondiente a la mención de Hidrología. Dicho estudio centra su atención principalmente en los siguientes aspectos:

- Recopilación de eventos de inundación registrados.
- Análisis de los eventos con el fin hallar un patrón común.
- Estudio del clima marítimo e hidrodinámica costera de San Andrés.
- Propuesta y estudio de alternativas.
- Elección multicriterio de la solución óptima.
- Dimensionamiento en planta de la solución definitiva.

El proyecto correspondiente a la mención de construcción consiste en realizar el diseño funcional y estructural de la solución adoptada. Desde el punto de vista estructural, se persigue realizar los cálculos de la geometría, perfil, tamaño de las piezas y pesos de estas en las diferentes capas, manto exterior, filtro y núcleo, que forman la estructura de abrigo.

Por otro lado, desde un punto de vista funcional, la estructura ha de alcanzar una cota de coronación sobre el nivel medio del mar tal, que sea suficiente para reducir la ocurrencia de rebases y aumentar la seguridad de los usuarios. Asimismo, el número de horas anuales de rebase que puede sufrir el dique vienen establecidas en el manual R.O.M (Recomendaciones para Obras Marítimas).

Simultáneamente a reducir el rebase de las olas sobre la estructura, debe minimizarse la altura de la misma, reduciendo así el impacto visual que una obra marítima pudiera tener sobre el horizonte.

En definitiva, en este caso concreto, la combinación de ambos TFGs, da lugar a un estudio detallado para la realización de la obra de construcción de una estructura de abrigo frente a la avenida marítima de San Andrés.



## 2.- Descripción del entorno de la obra

### 2. 1.- Situación geográfica

El proyecto desarrollado en el presente TFG de mención de construcción se localiza en San Andrés.

San Andrés, que cuenta hoy en día con la consideración de pueblo, se localiza a unos 8 km al Noreste de la capital de Santa Cruz de Tenerife. Esta localidad se sitúa en el distrito de Anaga, ubicándose específicamente en la parte Sur del macizo de Anaga, en el municipio de Santa Cruz de Tenerife. Cuenta con una superficie de unos 20.91 km<sup>2</sup>, siendo uno de los barrios más extensos y poblados de la isla.

El pueblo, fundado en el siglo XV, es de uno de los núcleos más antiguos de Tenerife habiendo constituido, además, un municipio independiente a lo largo del siglo XIX. Esto lo convierte en una de las localidades más significativas dentro del municipio, siendo conocida además por su carácter mariner y rural.

Cuenta además con una gran extensión de espacio natural protegido por instituciones como la UNESCO.

### 2. 2.- Factores socioeconómicos

Específicamente el término municipal de San Andrés cuenta con un total de 4182 habitantes repartidos en toda la extensión del municipio, de los cuales, 2651 se concentran en el núcleo urbano de San Andrés. Cabe destacar que este dato poblacional varía de manera considerable dependiendo de la estación del año. Como se ha mencionado anteriormente, es uno de los núcleos de población de mayor importancia, dentro de su distrito. Además, las previsiones estiman que la población en San Andrés está al alza, y que es muy probable que sufra un incremento en los próximos años.

En cuanto al desarrollo económico de San Andrés, desde la fundación del pueblo, sus habitantes se han dedicado mayoritariamente a las explotaciones madereras de los montes y al sector primario. Sin embargo, a partir de la década de los años 50 comenzó la transformación de la economía local hacia el sector terciario, causado principalmente por las actividades portuarios del próximo Puerto de Santa Cruz de Tenerife.

Como consecuencia, desde la década de 1980 la mayor parte de la población trabaja en diferentes especialidades del sector servicios fuera de la localidad. Sin embargo, un cierto porcentaje, realiza actividades del sector terciario en el mismo pueblo, en bares, restaurantes u otros pequeños comercios.

El sector primario se mantiene como complemento de la economía familiar con pequeñas explotaciones agrícolas-ganaderas. La pesca, es una de las señas de identidad de San Andrés, y continúa ejerciéndose de manera tradicional, contando la localidad con una pequeña flota pesquera, instalaciones portuarias y su propia cofradía de pescadores. Los productos obtenidos de la pesca o las actividades agrícola-ganaderas se destinan al autoconsumo o bien se comercializan en el propio núcleo.

En cuanto al sector secundario se refiere, existen en el municipio pequeñas industrias ligeras de tratamiento de madera y áridos.

Finalmente, la artesanía ha sido históricamente de gran importancia en la localidad, especialmente la rama de la alfarería, llegando incluso a ser conocido el lugar como San Andrés de las Ollas por las piezas que se fabricaban y exportaban a otras islas.



### 3.- Estudio del medio físico

#### 3. 1.- Batimetría

Los datos utilizados para la realización del estudio batimétrico han sido obtenidos a partir de un fichero de datos que contiene las coordenadas de latitud y longitud, además de información de elevación para puntos situados en el frente litoral del pueblo de San Andrés. Estos datos han sido facilitados por el Instituto de Hidráulica Ambiental IHCantabria.

En el mapa mostrado a continuación (obtenido a partir del procesamiento de los datos facilitados) puede verse reflejada la batimetría de la zona de San Andrés.

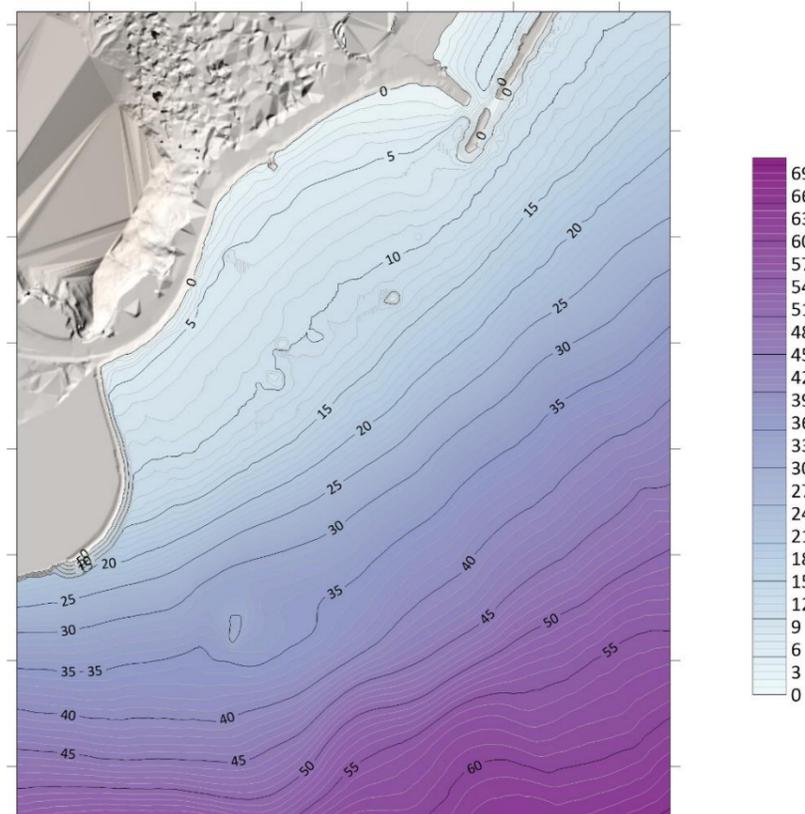


Ilustración 1: Batimetría de la zona costera de San Andrés

Como puede observarse, los frentes del fondo marino de San Andrés son rectos y paralelos entre sí. Estos frentes o isobatas reproducen el contorno del litoral. El fondo tiene una orientación de nivel ascendente en dirección Noroeste. Además, no existe ningún accidente natural relevante en la zona, y a excepción de afloramientos puntuales, no existen áreas notablemente elevadas. Por tanto, la pendiente del fondo es uniforme a lo largo de una amplia distancia.

Por otra parte, en la parte superior derecha de la figura puede verse el dique semisumergido de escollera situado frente a la playa de las Teresitas. En el lado inferior izquierdo se ubica la protección de forma curva de la dársena pesquera. Ambos elementos son de gran relevancia, debido a los procesos de transformación de la propagación del oleaje que provocan. Los cambios más importantes para el estudio son: la refracción, la reflexión y la propagación longitudinal a lo largo de la costa.

#### 3. 2.- Estudio geológico y geotécnico

El municipio de San Andrés se sitúa en una zona constituida por sedimentos de la época del Holoceno, correspondientes a derrubios de ladera. Los sedimentos se localizan mayoritariamente en el fondo de los barrancos, especialmente en el curso bajo de los mismos, donde hay depósitos de cantos rodados de las rocas volcánicas que afloran en la cuenca. En los depósitos de sedimentos, se encuentran gravas, arenas, arcillas y limos de colores variados, generados por aguas de arroyos. En las zonas cercanas a los depósitos sedimentarios, se localizan zonas superficiales de coladas intermedias y fonolitas máficas del Plioceno y coladas basálticas con niveles piroclásticos del Mioceno.

En cuanto a las condiciones geotécnicas del suelo se refiere, estas no son las más apropiadas, debido a que el suelo está formado por cantos rodados de origen volcánico de tamaño considerable y por consiguiente es bastante inestable. De acuerdo con el código técnico de edificación, el terreno es desfavorable para llevar a cabo construcciones. No obstante, y debido a que estructuralmente un dique en talud es bastante sencillo, se espera no tener grandes problemas o no tener la necesidad de llevar a cabo procedimientos de alto coste durante la etapa de construcción de la obra.



Finalmente, y de acuerdo con la localización del proyecto y su clasificación según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), no es necesario realizar un estudio sísmico para el desarrollo de la construcción

### 3. 3.- Estudio climatológico

La situación de las Islas Canarias en el Océano Atlántico, al oeste del continente africano y en el eje de la franja subtropical, le confiere unos rasgos climáticos muy característicos y completamente distintos al clima peninsular. El clima del Archipiélago adquiere esas características tan representativas como consecuencia a la interacción de dos factores que actúan a distinta escala. Por un lado, el factor geográfico, pues la orografía de las islas las dota de un relieve muy abrupto, con costas y zonas litorales bañadas por una corriente oceánica fría y próximas a un continente. Por otro lado, el clima se encuentra altamente influenciado por la dinámica atmosférica subtropical.

Es por ello el clima canario un clima de tipo templado oceánico, que se caracteriza por temperaturas medias entorno a los 25°C, lluvias muy escasas (< 300 mm anuales) , especialmente en verano, y aparición de calima (nubes de partículas en suspensión de origen africano).

### 3. 4.- Estudio del nivel del mar

Para el diseño y realización de cualquier obra marítima es vital conocer el nivel medio del mar y su variación a lo largo del tiempo en cualquier punto del espacio. Es decir, es necesario conocer la distribución temporal y espacial de la variación del nivel del mar. Con estos datos, pueden definirse la altura o cota de coronación de las estructuras y por tanto su francobordo. Para ello, además de conocer los diferentes componentes que forman el nivel del mar, es necesario definir también un nivel de referencia.

La base de datos de oleaje proporcionada por el IH Cantabria y utilizada en este proyecto está localizada en un punto en aguas profundas frente a la costa de San Andrés. En este proyecto, tanto el

estudio del nivel de la superficie libre como la definición de cotas cartográficas se realizan utilizando los datos referenciados a la cota de la Bajamar Máxima Viva Equinoccial (BMVE).

En la zona litoral frente a San Andrés, las mareas muertas tienen una carrera de entorno a los 2 m y las carreras de las mareas vivas se incrementan hasta un valor cercano a los 2.35 m. Además, se identifica el predominio de la marea astronómica en la definición del nivel del mar.

### 3. 5.- Estudio hidrodinámico y propagación del oleaje

Para realizar el dimensionamiento de la obra de abrigo es necesario conocer los procesos de transformación que sufre el oleaje al propagarse desde aguas profundas hacia aguas someras.

Para ello, se utilizan datos del clima marítimo en profundidades indefinidas y se propagan hasta la zona frente a la avenida marítima mediante el modelo MSP. Este modelo, basa su cálculo en la aproximación de las ecuaciones elípticas de pendiente suave.

El clima marítimo es de especial importancia no solo para el diseño final de la alternativa sino también para el correcto desarrollo de las actividades de construcción de la obra. Este se analiza mediante la serie de oleaje DOW, del IH de Cantabria.

En el TFG correspondiente a la mención de hidrología se lleva a cabo y en el anejo N°5 - Estudio del clima marítimo del presente proyecto se recoge un análisis tanto del régimen medio como del régimen estacional. Asimismo, en el anejo N°3 - Eventos registrados y justificación de la obra se muestran las características del oleaje para cada uno de los eventos de inundación registrados.

El régimen marítimo medio en la zona litoral de San Andrés se caracteriza por ser un oleaje de dirección de propagación principalmente E y ESE, con una altura de ola significativa de medio metro y periodos entre los 7 y los 10 segundos de duración. No obstante, cabe destacar el incremento que sufre el valor de la altura de ola significativa con oleajes provenientes de dirección S.

4.- Descripción de las obras

Entre las alternativas propuestas, tras realizar una valoración multicriterio se opta por la construcción de un dique rebasable en forma de T. La característica forma de esta planta implica que el dique se une a tierra por su parte central mediante un espigón. Por tanto, a lo largo de todo el proyecto, se distinguen ambas partes de la obra de protección como dique transversal (el espigón unido a tierra) y dique paralelo (el dique situado a unos 80 m de la costa paralelamente a la dirección de la avenida marítima).

La longitud del dique transversal es de 88.15 m y la de dique paralelo 274.05 m. Ambos diques sitúan su coronación a 4.50 m sobre el nivel de la BMVE extendiéndose en su base hasta la intersección con el terreno.

La anchura de la solera de ambos diques es de 5.00m. Sobre esta solera, y apoyado sobre una capa de relleno de todo uno que descansa a su vez sobre la capa de filtro, se apoya una losa de hormigón. Esta losa funciona como paseo para peatones, aportando una funcionalidad extra a la estructura de protección.

Ambos diques están formados por tres capas principales: manto exterior, filtro y núcleo. Las características generales de los materiales que forman cada una de las capas se muestra en la tabla a continuación:

Capa	Material	Peso nominal de las piezas (kg)	Diámetro nominal de las piezas (m)	Espesor total de la capa (2D <sub>n</sub> ) (m)
<b>Manto</b>	Cubos de hormigón	2850	1.08	2.16
<b>Filtro</b>	Escollera	285	0.48	0.96
<b>Núcleo</b>	Todo uno de cantera	10 - 100	-	-
<b>Morro</b>	Cubos de hormigón	4270	1.23	2.46

La disposición final del dique ofrece protección frente a las 3 familias principales de oleaje analizadas. Sin embargo, la estructura, además de ofrecer protección y reducir la frecuencia e intensidad de las inundaciones, atiende también a un estudio de impacto visual (determinante en la decisión de su diseño rebasable), medioambiental (al evitar el sebadal existente y permitir la renovación de aguas), económico y constructivo (causando la menor afección posible para el ciudadano de San Andrés). Asimismo, y como se ha mencionado anteriormente, el dique extiende su funcionalidad al colocarle una pasarela de hormigón para uso peatonal en su parte superior.

El proceso constructivo de la detallada estructura se realizará exclusivamente por vía terrestre, ubicando las instalaciones necesarias para la obra en la Dársena Pesquera adyacente, perteneciente a la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.

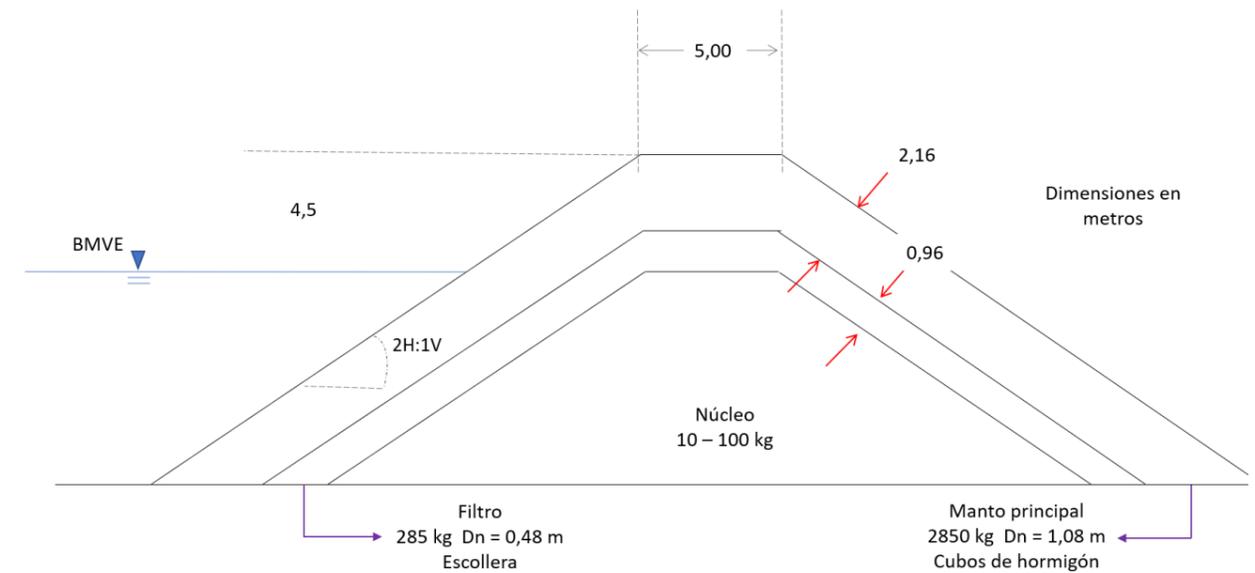
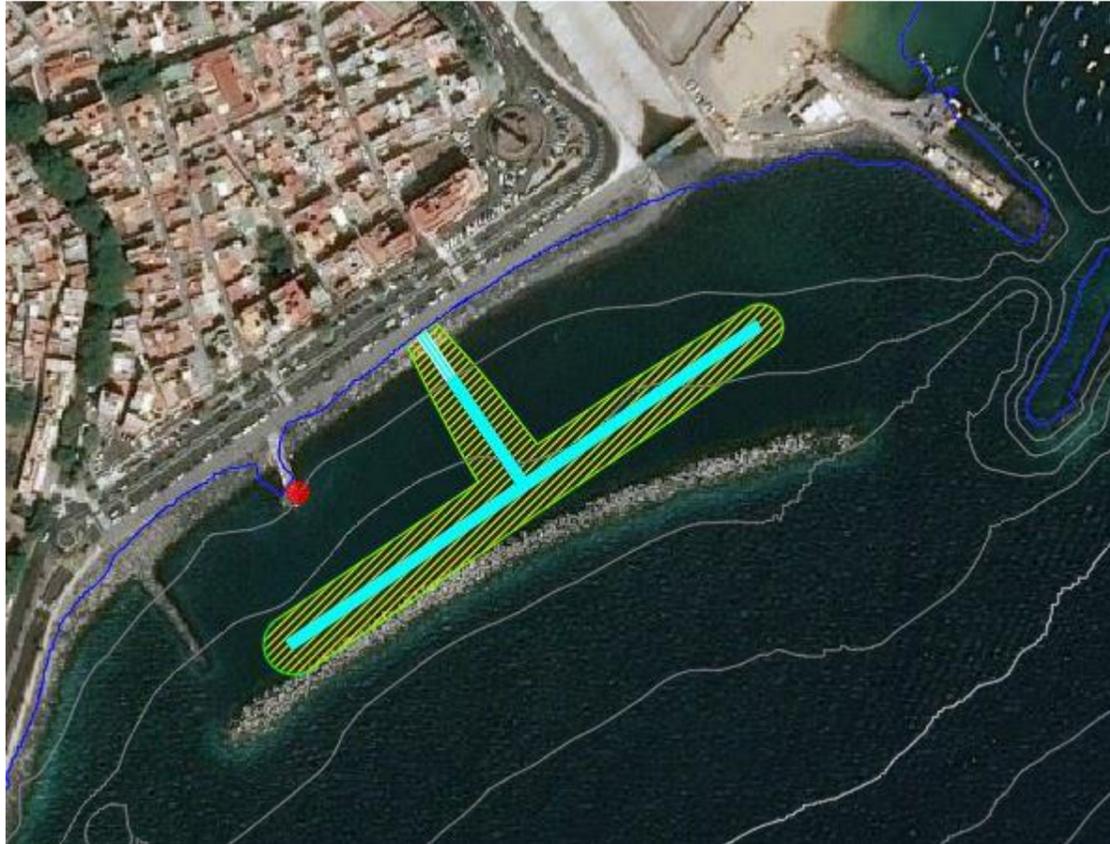


Ilustración 2: Resumen de las características principales de la sección del dique



*Ilustración 3: Localización sobre ortofoto del dique propuesto*

## 5.- Plazo de ejecución

Según se especifica en el Anejo N°24 - Plan de obra, la duración de los trabajos a ejecutar es de 18 meses.

## 6.- Clasificación del contratista

En cumplimiento de lo establecido en la normativa expuesta a continuación:

- Reglamento General de la Ley de Contratos de la Administración Públicas aprobado por el Real Decreto 1098/2001, aprobada el 12 de octubre de 2001.
- Real Decreto Legislativo 3/2011, publicado el 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Real Decreto 773/2015, aprobada el 28 de agosto, por el que se modifican preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de la Administración Públicas, aprobadas por el R.D. 1098/2001.

La clasificación del contratista exigible en las obras es: **Grupo F, Subgrupo 3, Categoría 5.**

Donde:

Grupo F: Obras marítimas

Subgrupo 3: Con bloques de hormigón

Categoría 5: entre 2.400.000 € - 5.000.000 €.

## 7.- Periodo de garantía y obra completa

El plazo de garantía de esta obra será de 2 años, a contar a partir de la fecha cuando se efectúe la recepción de la misma.

La obra descrita en el presente proyecto es completa y puede ser entregada al público general una vez finalizada, tal y como se previene en el Artículo 125 del Reglamento General de Contratos de Administraciones Públicas vigente, aprobado por Decreto 1098/2001 de 12 de octubre (BOE de 26 de octubre de 2001, texto consolidado a fecha 5 de septiembre de 2015).



## 8.- Afección al dominio público

El espacio en el que se desarrolla la obra pertenece al Dominio Público Marítimo Terrestre según la ley de costas vigente (RD 876/2014 del 10 de octubre), y en consecuencia, no es necesario realizar ninguna expropiación de terrenos particulares.

Sin embargo, debe solicitarse a la Administración del Estado la adscripción del D.P.M.T. (por el Gobierno Autónomo) de la superficie marítima ocupada por las obras. Esta superficie es de 10062 m<sup>2</sup> aproximadamente.

En cuanto a los servicios afectados respecta, la ejecución de la obra no plantea interrupciones de servicios públicos.

## 9.- Justificación de precios

Información relativa a la justificación de precios se recoge en el Anejo N° 20– Justificación de precios. En este anejo a la memoria se detallan los precios de cada una de las unidades de obra presentes en la obra.

Igualmente, se detallan mediciones y cuadros de precios específicos en los Anejos N° 18 – Estudio de seguridad y salud y N° 19- Gestión de residuos de construcción.

## 10.- Revisión de precios

Debido a que se ha estimado que la duración aproximada de la obra es de 18 meses, en cualquier caso, siendo esta menor a los dos años de duración, NO es necesaria la realización de revisión de precios.

Esta decisión queda justificada mediante la Ley 9/2017 del 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público que en su artículo 103 dicta lo siguiente:

“Salvo en los contratos de suministro de energía, cuando proceda, la revisión periódica y predeterminada de precios en los contratos del sector público tendrá lugar, en los términos establecidos en este Capítulo, cuando el contrato se hubiese ejecutado, al menos, en el 20 por ciento de su importe y hubiesen transcurrido dos años desde su formalización. En consecuencia, el primer 20 por ciento ejecutado y los dos primeros años transcurridos desde la formalización quedarán excluidos de la revisión”.

## 11.- Presupuesto

El P.E.M (Presupuesto de Ejecución Material) del presente proyecto asciende a TRES MILLONES SETECIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTISIETE EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS (3.734.527.67 €).

El Presupuesto para Conocimiento de la Administración (P.C.A.) coincide con el Presupuesto Base de Licitación (P.B.L.) debido a que no existen gastos asociados a Expropiaciones o la reposición de los Servicios Afectados. Por tanto, asciende a CUATRO MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL CIENTO SETENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS 4.755.173,95 €).



## 12.- Documentos que integran el proyecto

### DOCUMENTO N°1 – MEMORIA DESCRIPTIVA Y ANEJOS A LA MEMORIA

#### MEMORIA DESCRIPTIVA

- 1 - Introducción
  - 1.1 - Antecedentes del proyecto
  - 1.2 - Objeto del proyecto
- 2 - Descripción del entorno de la obra
  - 2.1 - Situación geográfica
  - 2.2 - Factores socioeconómicos
- 3 - Estudio del medio físico
  - 3.1 - Batimetría
  - 3.2 - Estudio geológico y geotécnico
  - 3.3 - Estudio climatológico
  - 3.4 - Estudio del nivel del mar
  - 3.5 - Estudio hidrodinámico y propagación del oleaje
- 4 - Descripción de las obras
- 5 - Plazo de ejecución
- 6 - Clasificación del contratista
- 7 - Periodo de garantía y obra completa
- 8 - Afección al dominio público
- 9 - Justificación de precios
- 10 - Revisión de precios
- 11 - Presupuesto
- 12 - Documentos que integran el proyecto
- 13 - Autor del proyecto

#### ANEJOS A LA MEMORIA

- ANEJO N°1 – Localización geográfica de San Andrés
- ANEJO N°2 – Estudio socioeconómico
- ANEJO N°3 – Eventos registrados y justificación de la obra
- ANEJO N°4 – Estudio del nivel del mar
- ANEJO N°5 – Estudio del clima marítimo
- ANEJO N°6 – Batimetría
- ANEJO N°7 – Estudio climatológico
- ANEJO N°8 – Estudio geológico y geotécnico
- ANEJO N°9 – Estudio sísmico
- ANEJO N°10 – Definición de alternativas
- ANEJO N°11 – Justificación de la alternativa seleccionada
- ANEJO N°12 – Definición del tipo de estructura
- ANEJO N°13 – Determinación de la sección constructiva
- ANEJO N°14 – Replanteo
- ANEJO N°15 – Afección al dominio público
- ANEJO N°16 – Zona de trabajo
- ANEJO N°17 – Estudio de impacto ambiental
- ANEJO N°18 – Estudio de seguridad y salud
- ANEJO N°19 – Gestión de residuos de construcción
- ANEJO N°20 – Justificación de precios
- ANEJO N°21 – Revisión de precios
- ANEJO N°22 – Presupuesto para el conocimiento de la administración
- ANEJO N°23 – Clasificación del contratista
- ANEJO N°24 – Plan de obra



## DOCUMENTO N°2 – PLANOS

- PLANO N°1 – Localización geográfica de San Andrés
- PLANO N°2 – Localización del dique sobre la batimetría y dimensiones principales
- PLANO N°3 – PKs del dique transversal y paralelo
- PLANO N°4 – Perfiles longitudinales con rasantes a la cota de coronación del dique
- PLANO N°5 – Sección tipo del dique sin pasarela para usuarios
- PLANO N°6 – Sección tipo del dique con pasarela para usuarios
- PLANO N°7 – Detalle de la losa y elementos de seguridad
- PLANO N°8 – Perfiles transversales representativos del dique transversal
- PLANO N°9 – Perfiles transversales representativos del dique paralelo

## DOCUMENTO N°3 – PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

- 1 - Generalidades
- 2 - Condiciones que deben satisfacer los materiales y su mano de obra
- 3 - Ejecución de las obras
- 4 - Medición y abono de las obras
- 5 - Disposiciones generales

## DOCUMENTO N°4 – PRESUPUESTO

- 1 - Mediciones
  - 1.1 - Mediciones auxiliares
  - 1.2 - Mediciones generales
- 2 - Cuadro de precios
  - 2.1 - Cuadro de precios N°1
  - 2.2 - Cuadro de precios N°2
- 3 - Presupuestos
  - 3.1 - Presupuestos parciales
  - 3.2 - Resumen del presupuesto

## 13.- Autor del proyecto

Se considera que el presente proyecto cumple la normativa vigente, además de las recomendaciones usuales para obras de carácter similar, y al mismo tiempo queda desarrollado con suficiente detalle para ser ejecutado.

SANTANDER JULIO DE 2021

EL AUTOR DEL PROYECTO

IRATXE LÓPEZ DE SUBIJANA



ANEJOS



## ÍNDICE

ANEJO Nº1 - LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE SAN ANDRÉS

ANEJO Nº2 - ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

ANEJO Nº3 - EVENTOS REGISTRADOS Y JUSTIFICACIÓN DE LA OBRA

ANEJO Nº4 - ESTUDIO DEL NIVEL DEL MAR

ANEJO Nº5 - ESTUDIO DEL CLIMA MARÍTIMO

ANEJO Nº6 - BATIMETRÍA

ANEJO Nº7 - ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

ANEJO Nº8 - ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

ANEJO Nº9 - ESTUDIO SÍSMICO

ANEJO Nº10 - DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

ANEJO Nº11 - JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

ANEJO Nº12 - DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA

ANEJO Nº13 - DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN CONSTRUCTIVA

ANEJO Nº14 - REPLANTEO

ANEJO Nº15 - AFECCIÓN AL DOMINIO PÚBLICO

ANEJO Nº16 - ZONA DE TRABAJO

ANEJO Nº17 - ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO Nº18 - ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEJO Nº19 - GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

ANEJO Nº20 - JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS



ANEJO N°21 - REVISIÓN DE PRECIOS

ANEJO N°22 - PRESUPUESTO PARA EL CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

ANEJO N°23 - CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

ANEJO N°24 - PLAN DE OBRA



## ANEJO Nº1 - LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE SAN ANDRÉS



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Ámbito nacional	3
3.- Ámbito regional	3
4.- Ámbito local	4

## 1.- Introducción

Es necesario determinar con exactitud la localización del proyecto y de los trabajos asociados para poder estudiar correctamente todos los parámetros y características asociadas a su ubicación.

Existen cantidad de factores que dependen de la ubicación geográfica como pueden ser la geología y geotecnia, la topografía, la climatología y el clima marino entre otros. Un profundo conocimiento de estos factores permite mejorar la comprensión del proyecto y de su entorno.

Por tanto, el objetivo de este anejo es el de enmarcar geográficamente la localidad de San Andrés, partiendo desde la escala nacional hasta la local.

## 2.- Ámbito nacional

Canarias forma parte de un conjunto de Archipiélagos Atlánticos junto con Madeira, Cabo Verde, Azores y las Islas Salvajes. Este conjunto es conocido como Región Macaronésica. La razón tras la agrupación de varios archipiélagos bajo una misma región es que la estructura y morfología del conjunto es bastante similar debido a que su localización geográfica y actividad volcánica son análogos.

Por su parte, el Archipiélago Canario se sitúa en el Océano Atlántico, frente a las costas de Marruecos y el Sahara Occidental. Canarias es una de las diecisiete comunidades autónomas de España y se trata a su vez de una de las regiones ultraperiféricas de la Unión Europea.

El archipiélago se localiza entre las latitudes 27° 37' y 29° 25' Norte, por tanto, se sitúa en una zona subtropical, y las longitudes 13° 20' y 18° 10' al Oeste. Debido a su situación geográfica, existe una diferencia horaria de una hora respecto de la hora peninsular.



Ilustración 1: Localización del Archipiélago Canario

## 3.- Ámbito regional

Canarias constituye una serie de islas de carácter volcánico que ocupan una zona marítima de área aproximada 100.000 km<sup>2</sup>, siendo su superficie total (según IGN) de 7.446 km<sup>2</sup>.

El archipiélago está formado por siete islas, que son de oeste a este: El Hierro, La Palma, La Gomera, Tenerife, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote. Las islas se organizan en dos provincias diferentes: la provincia de Santa Cruz de Tenerife y la provincia de las Palmas. Asimismo, cuenta con seis islotes, cinco de los cuales se sitúan al norte de Lanzarote y forman lo que se conoce como el Archipiélago Chinijo. Estos islotes son: Roque del Oeste, Montaña Clara, Roque del Este, Alegranza y La Graciosa, siendo este último el único que está habitado. El sexto islote, Lobos, está situado al noreste de la isla de Fuerteventura.



Ilustración 2: Mapa del Archipiélago Canario

Las islas se caracterizan por ostentar elevadas altitudes respecto a su extensión superficial, y cuentan por tanto con perfiles muy variados. Además, estos perfiles se caracterizan en su mayoría (excepto Lanzarote y Fuerteventura), por estar definidos por cumbres centrales dominantes. Desde estas cumbres, los perfiles se extienden hasta las costas en forma de laderas de acusadas pendientes y profundos barrancos.

Islas	Superficie (km <sup>2</sup> )	Altitud máxima (m)
<b>El Hierro</b>	268,71	1501
<b>La Palma</b>	708,32	2423
<b>La Gomera</b>	369,76	1487
<b>Tenerife</b>	2034,38	3718
<b>Gran Canaria</b>	1560,10	1949
<b>Fuerteventura</b>	1659,74	807
<b>Lanzarote</b>	845,94	671

#### 4.- Ámbito local

En este caso, el proyecto tiene lugar en la isla de Tenerife. La isla se sitúa a algo más de 300 km del continente africano. En cuanto a superficie, Tenerife es la isla más extensa del archipiélago y con su forma triangular la que más longitud de costas tiene. Además, es la isla más alta de España y la décima isla más alta de todo el mundo, gracias al Pico Teide que se alza en su parte central.

La isla estaba distribuida en 10 distritos antes de que tuviera lugar la conquista castellana y actualmente se ordena en 31 municipios, siendo la isla canaria que más municipios posee. La ciudad de Santa Cruz de Tenerife es la capital de la isla y de la provincia homónima. La ciudad es también la capital de la Comunidad Autónoma de Canarias, compartiendo ese estatus con Las Palmas de Gran Canaria.

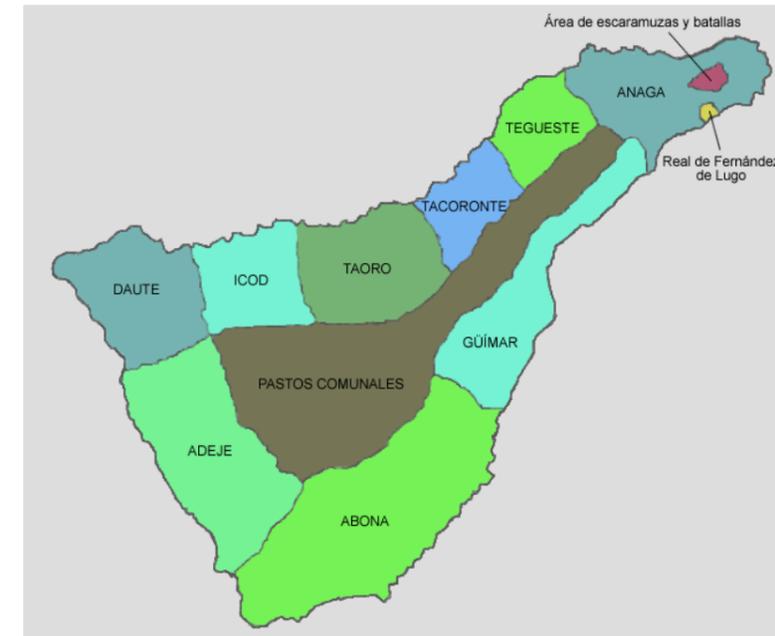


Ilustración 3: Distribución de Tenerife en distritos en la época de la preconquista castellana

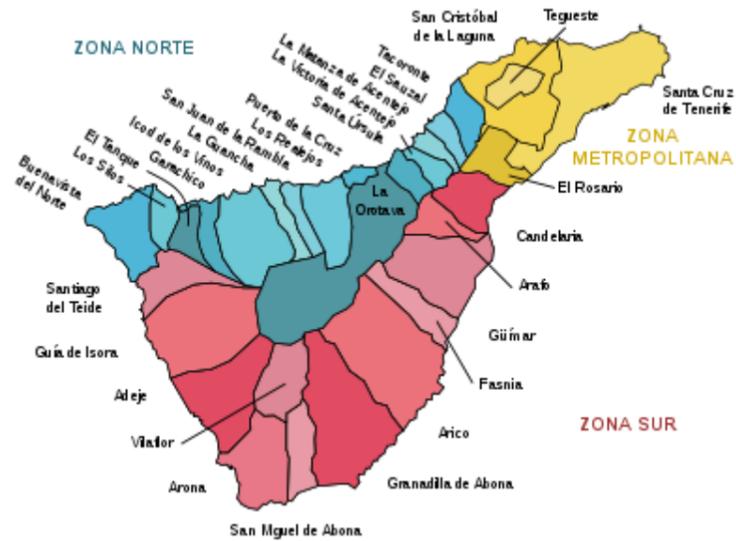


Ilustración 4: Distribución actual de Tenerife en municipios

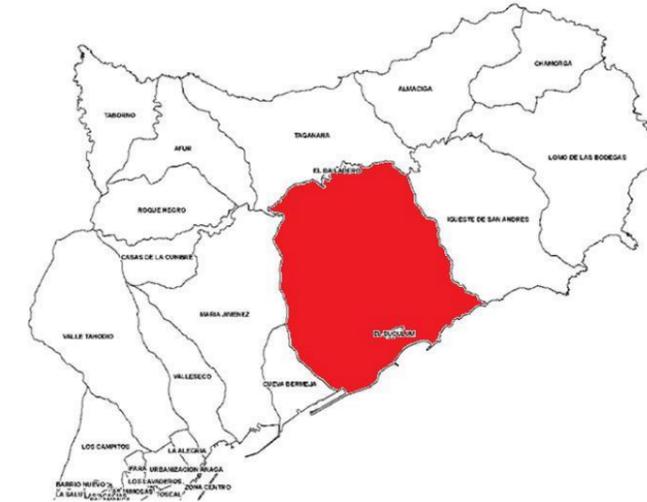


Ilustración 5: Localización de San Andrés

El proyecto desarrollado en el presente TFG de mención de construcción se localiza en San Andrés. San Andrés, que cuenta hoy en día con la consideración de pueblo, se localiza a unos 8 km al Noreste de la capital de Santa Cruz de Tenerife. Esta localidad se sitúa en el distrito de Anaga, ubicándose específicamente en la parte Sur del macizo de Anaga, en el municipio de Santa Cruz de Tenerife. Cuenta con una superficie de unos 20.91 km<sup>2</sup>, siendo uno de los barrios más extensos y poblados de la isla.

El pueblo, fundado en el siglo XV, es de uno de los núcleos más antiguos de Tenerife habiendo constituido, además, un municipio independiente a lo largo del siglo XIX. Esto lo convierte en una de las localidades más significativas dentro del municipio.

Cuenta además con una gran extensión de espacio natural protegido por instituciones como la UNESCO. La población se estima en unos 4182 habitantes (en todo el término), aunque varía de manera considerable dependiendo de la estación del año. San Andrés es conocido por su carácter marinero y rural.



## ANEJO Nº2 - ESTUDIO SOCIOECONÓMICO



## ÍNDICE

1.- Demografía	3
1. 1.- Islas Canarias	3
1. 2.- Tenerife	4
1. 3.- Municipio de San Cruz de Tenerife	6
1. 4.- San Andrés	6
2.- Economía	7
2. 1.- Islas Canarias	7
2. 2.- San Andrés	8

## 1.- Demografía

### 1. 1.- Islas Canarias

Canarias cerró el censo poblacional en diciembre de 2020 con una población de 2.175.952 personas, lo que supone un incremento de 1.05% en a lo largo de ese año. En cuanto a población se refiere Canarias es la 7ª Comunidad Autónoma de España con mayor población, debido a que supone un 4.60% de la población total española. Según datos del padrón municipal proporcionados por el gobierno canario, la población femenina en Canarias es mayoritaria, con 1.099.767 mujeres, lo que supone un 50.54% de la población total. Lo hombres son un 1.076.185 de la población, siendo 49.45% del total.

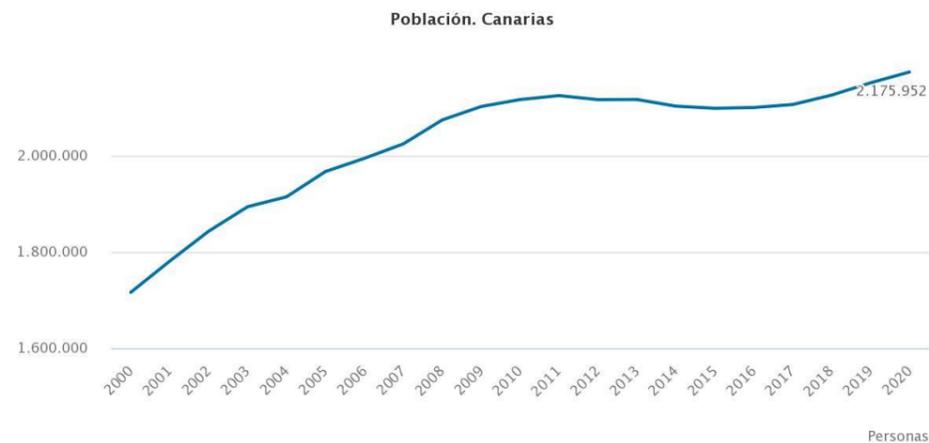
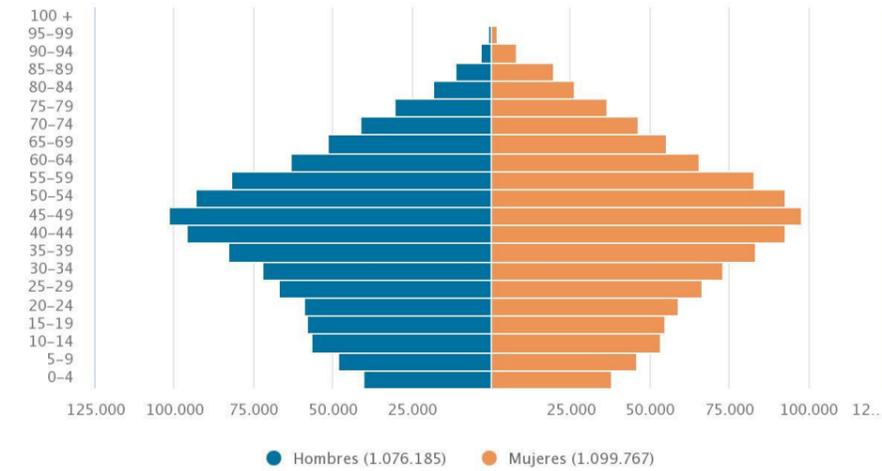


Ilustración 6: Evolución temporal de la demografía canaria

Población de CANARIAS según sexo y grupos de edad. Año 2020 (2.175.952 personas)



Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC) a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)

Ilustración 7: Población de Canarias según el sexo y grupos de edad (Año 2020)

Una característica muy importante de la población canaria es la gran influencia de la población extranjera, que ha sufrido un incremento considerable durante los últimos 20 años. En la inmigración cabe destacar los máximos que tuvieron lugar entre el año 2008 y 2014. Asimismo, la inmigración constante es la causa principal tras el incremento en la población total de las Islas Canarias, pues la natalidad ha caído considerablemente a lo largo de las dos últimas décadas y las defunciones han experimentado una subida.



Ilustración 8: Evolución de la población extranjera en Canarias

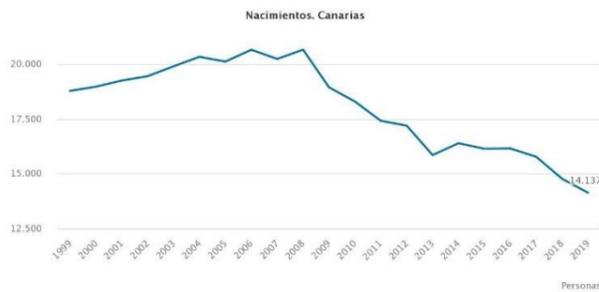


Ilustración 9: Evolución de los nacimientos en Canarias

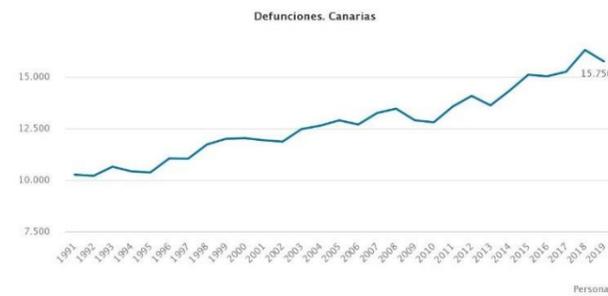


Ilustración 10: Evolución de las defunciones en Canarias

La población media de habitantes por kilómetro cuadrado (densidad de población) en Canarias es de 292 habitantes/km<sup>2</sup>.

La edad media de la población es de 42.1 años, lo que ha sufrido un incremento considerable a lo largo de los últimos 20 años.

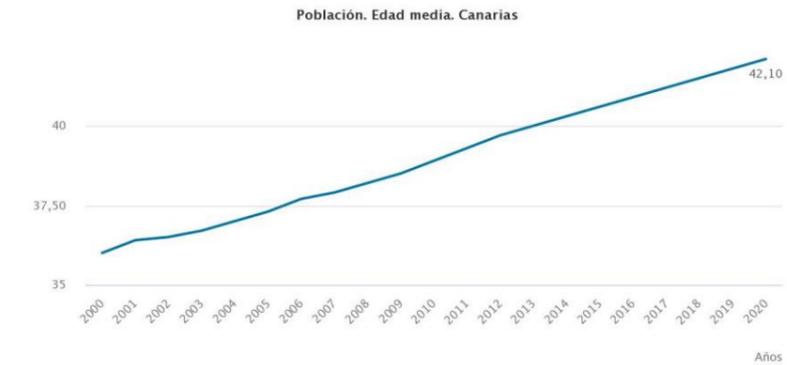


Ilustración 11: Evolución de la edad media de la población en Canarias

## 1. 2.- Tenerife

Según los datos proporcionado por el Instituto Canario de la Estadística (ISTAC), Tenerife (a finales del año 2020) contaba con una población de 928604 habitantes, lo que representa un 42.68% de la población total canaria. Es, por tanto, la isla de Tenerife la isla con mayor población del archipiélago.

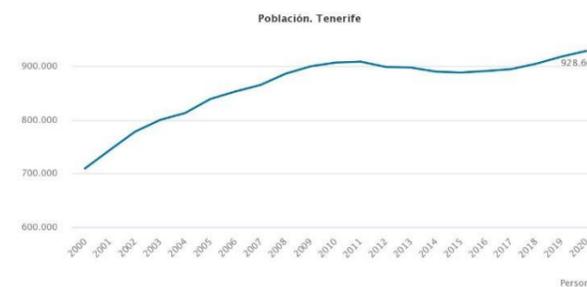


Ilustración 12: Evolución temporal de la población de Tenerife

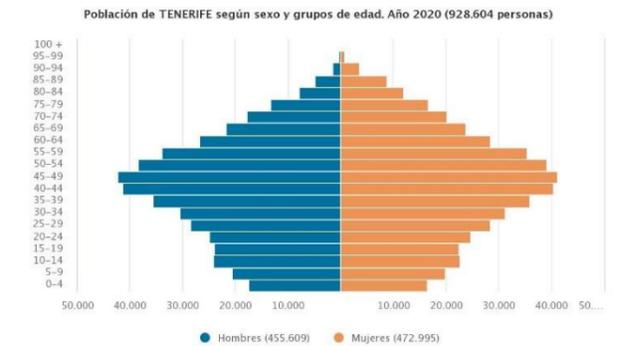


Ilustración 13: Población de Tenerife según sexo y grupos de edad (Año 2020)



Como se ha podido observar también para el caso general del archipiélago, Tenerife presenta una pirámide de población progresiva con una base más estrecha que los escalones centrales, debido a la baja natalidad de las últimas décadas. Dado el aumento de la edad media, mayor longevidad, causado por el incremento de la esperanza de vida y una estructura poblacional que concentra en las edades centrales a la gran mayoría de la población, la población tinerfeña ha ido envejeciendo y seguirá con esta tendencia a menos que aumente la tasa de natalidad.

De los 31 municipios que forman la isla, dos de ellos, Santa Cruz de Tenerife y La Laguna, concentran casi la mitad de la población. Ambos están agrupados bajo la tipología municipal “Metropolitano”. El resto de los municipios que conforman las tipologías “Turístico” y “Urbano” concentran también a gran parte de la población. Finalmente, los municipios restantes que conforman las tipologías “Residencial” y “Rural” son menos significativas.

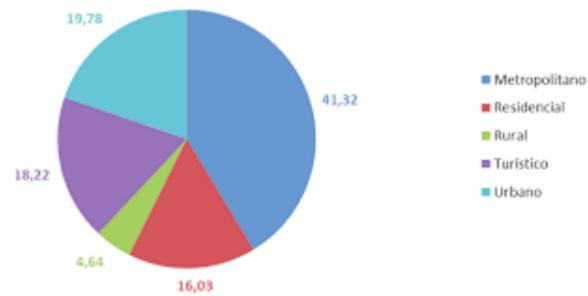


Ilustración 14: Distribución porcentual de la población según la tipología de municipio en Tenerife

DENSIDAD DE POBLACIÓN POR MUNICIPIOS DE TENERIFE (2018)

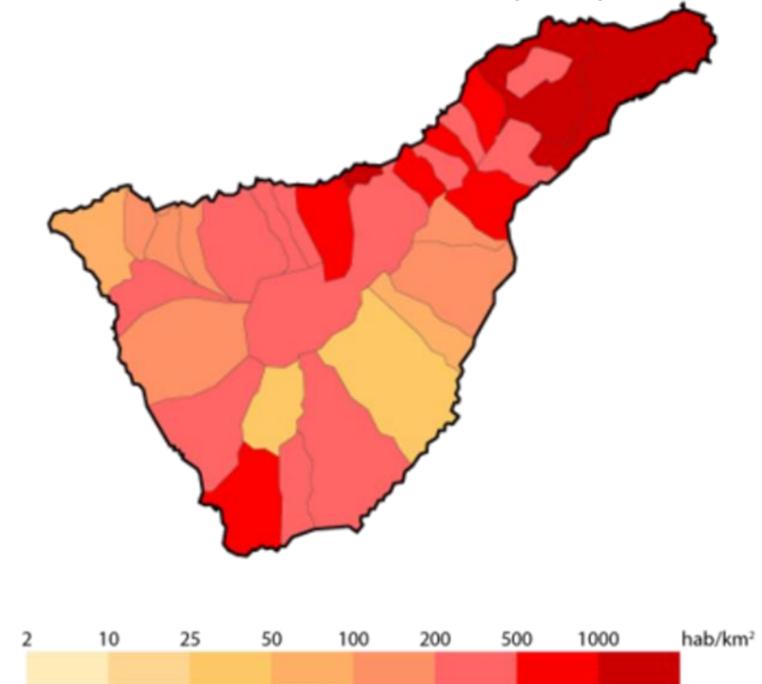


Ilustración 15: Densidad de Población por municipios de Tenerife (Año 2018)

**CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN POR MUNICIPIOS DE TENERIFE (1998-2018)**

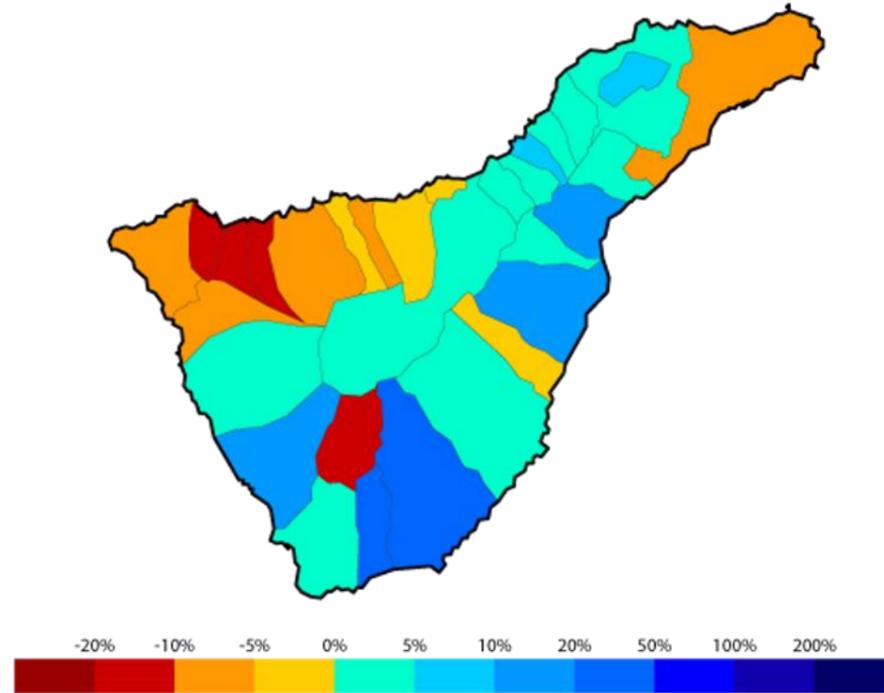


Ilustración 16: Crecimiento de la población por municipios de Tenerife (1998-2018)

1. 3.- Municipio de San Cruz de Tenerife

Como se ha expuesto en el apartado anterior, el municipio de Santa Cruz de Tenerife es uno de los que congrega uno de los más altos porcentajes de población de toda la isla. En 2019, la población empadronada en este municipio era de 209194 habitantes, es decir, el 22.53% de la población total tinerfeña.

Como puede verse en las gráficas (obtenidas del ISTAC) a continuación, la tendencia demográfica se ha mantenido constante desde hace unos años. Asimismo, en la pirámide de población puede observarse que la población de Santa Cruz de Tenerife es una población no muy envejecida, que conserva un equilibrio entre ambos sexos, y con una cuantía significativa de habitantes entre las edades de 35 a 55 años.

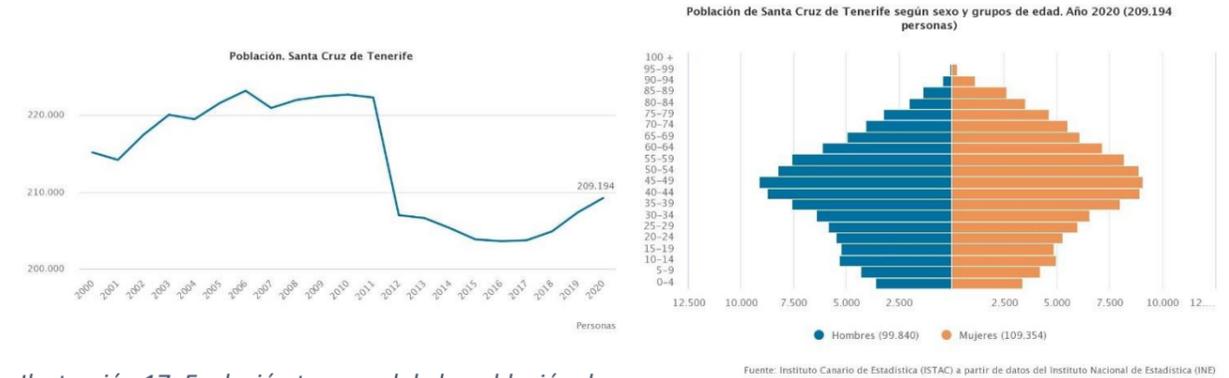


Ilustración 17: Evolución temporal de la población de Santa Cruz de Tenerife

Ilustración 18: Población de Santa Cruz de Tenerife según sexo y grupo de edad (Año 2020)

1. 4.- San Andrés

Específicamente el término municipal de San Andrés cuenta con un total de 4182 habitantes repartidos en toda la extensión del municipio, de los cuales, 2651 se concentran en el núcleo urbano de San Andrés. Como se ha mencionado anteriormente, es uno de los núcleos de población de mayor importancia, dentro de su distrito. Además, las previsiones estiman que la población en San Andrés está al alza, y que es muy probable que sufra un incremento en los próximos años.

## 2.- Economía

### 2. 1.- Islas Canarias

Tras la crisis española de 2008, la tasa de paro de las Islas Canarias se situó en un pico de casi 300.000 personas, descendiendo a partir del año 2014. Actualmente, el paro se encontraba en una tendencia de descenso, pero a causa de la crisis del COVID-19, a lo largo del año 2020, el paro se ha incrementado de manera muy considerable, alcanzando valores de 25.2%.



Ilustración 19: Evolución temporal del paro registrado en Canarias

En cuanto al PIB (Producto Interior Bruto) per cápita, en el año 2019 se estima de 21244€ el cual también se ha visto reducido a lo largo del último año. El PIB generado por la economía canaria registró una caída interanual del 20,2% en el cuarto trimestre de 2020 en comparación con el mismo periodo del año anterior. Este dato, conocido como la variación real del PIB, fue 11,1 puntos porcentuales peor que el registrado por la economía nacional.

En la actualidad, entendiéndose como actualidad las últimas décadas, el modelo económico de explotación de las Canarias está basado en el sector terciario, principalmente por la importancia del turismo en el archipiélago. Canarias está considerado como el tercer destino turístico de España y por

tanto en todas las islas el sector turístico es un elemento fundamental. Las grandes tasas de turismo han propiciado el desarrollo de la construcción en las islas. La industria es escasa y representa entorno al 7-8% del PIB regional. Esta industria se centra en los sectores de transformación agroalimentaria y refino del petróleo. Por tanto, la crisis sanitaria actual ha afectado de manera muy considerable la sustentación económica de las islas.

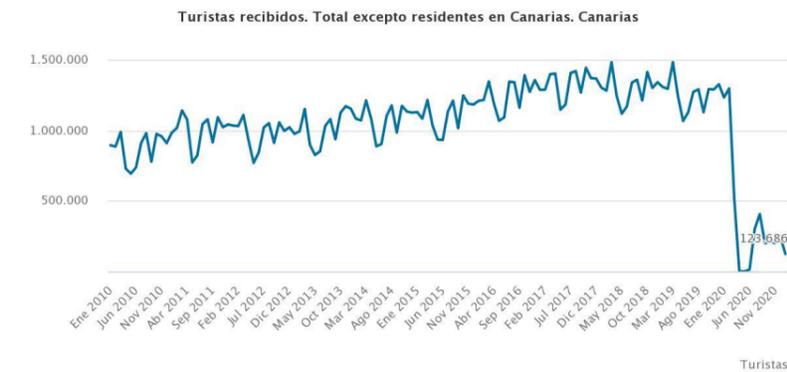


Ilustración 20: Evolución temporal de los turistas recibidos en Canarias

Por encima del resto de islas, destacan Gran Canaria y Tenerife, que son las grandes propulsoras de la economía de las islas. La primera por su potente sector turístico, industrial, astronómico y de tecnologías limpias, además de tener un sector comercial importante por sus puertos y aeropuertos. La segunda, Tenerife, destaca por su predominio del sector comercial a través de sus puertos y aeropuertos, así como el sector industrial y el de las tecnologías limpias.



## 2. 2.- San Andrés

En el caso de San Andrés, desde la fundación del pueblo, sus habitantes se han dedicado mayoritariamente a las explotaciones madereras de los montes y al sector primario. Sin embargo, a partir de la década de los años 50 comenzó la transformación de la economía local hacia el sector terciario, causado principalmente por las actividades portuarios del próximo Puerto de Santa Cruz de Tenerife.

Como consecuencia, desde la década de 1980 la mayor parte de la población trabaja en diferentes especialidades del sector servicios fuera de la localidad. Sin embargo, un cierto porcentaje, realiza actividades del sector terciario en el mismo pueblo, en bares, restaurantes u otros pequeños comercios.

El sector primario se mantiene como complemento de la economía familiar con pequeñas explotaciones agrícolas-ganaderas. La pesca, es una de las señas de identidad de San Andrés, y continúa ejerciéndose de manera tradicional, contando la localidad con una pequeña flota pesquera, instalaciones portuarias y su propia cofradía de pescadores. Los productos obtenidos de la pesca o las actividades agrícola-ganaderas se destinan al autoconsumo o bien se comercializan en el propio núcleo.

En cuanto al sector secundario se refiere, existen en el municipio pequeñas industrias ligeras de tratamiento de madera y áridos.

Finalmente, la artesanía ha sido históricamente de gran importancia en la localidad, especialmente la rama de la alfarería, llegando incluso a ser conocido el lugar como San Andrés de las Ollas por las piezas que se fabricaban y exportaban a otras islas.



## ANEJO Nº3 - EVENTOS REGISTRADOS Y JUSTIFICACIÓN DE LA OBRA



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Descripción de la problemática	3
3.- Exposición histórica de eventos de inundación	3
4.- Estudio del clima marítimo en los eventos de inundación	7
5.- Resumen de las características del clima marítimo en los eventos de rebase	11
6.- Conclusión	12

## 1.- Introducción

El objetivo de este anejo es introducir la problemática que sufre el pueblo de San Andrés respecto de los rebases de su avenida marítima y realizar un análisis de estos.

La zona litoral de San Andrés actualmente experimenta eventos de inundación costera que anualmente suponen graves pérdidas económicas e infraestructurales. Es por este motivo que el TFG de la mención de hidrología realizado anteriormente se ha encargado de analizar, evaluar y diagnosticar las características climáticas que fomentan este tipo de eventos de inundación, así como, proponer medidas de mitigación o alternativas de actuación para intentar minimizar estos efectos.

En el caso de este TFG, perteneciente a la mención de construcción, se continúa el proyecto de diseño y construcción de las medidas propuestas y finalmente adoptadas en el TFG anterior.

Para ello, se realiza primero un resumen de los aspectos más relevantes que conducen hasta la proyección de las alternativas finalistas. En este anejo, se realiza una descripción inicial de la problemática y un seguimiento histórico de los eventos de inundación acaecidos. A parte de por medio de la hemeroteca disponible, estos eventos se van a analizar con las bases de datos facilitadas por el Instituto de Hidráulica de la Universidad de Cantabria (IH Cantabria). Este análisis se ejecuta, debido a que realizar la propagación del oleaje de dichos fenómenos es imprescindible para comprender y sintetizar las características del clima marítimo frente a San Andrés. Una vez se conocen los rasgos principales de los eventos de rebase, puede procederse a su modelaje y al diseño de estructuras de abrigo.

Es posible encontrar un mayor detalle del análisis de los eventos de inundación, sus causas y las distintas simulaciones ejecutadas en el TFG correspondiente a la mención de hidrología.

## 2.- Descripción de la problemática

El pueblo de San Andrés sufre habituales eventos de inundación que perturban significativamente a los vecinos de la comunidad. Hasta el momento, no se ha registrado ninguna víctima mortal o herido grave a causa de las inundaciones. Sin embargo, son cuantiosos los daños tanto económicos como materiales que estos rebases han causado en la infraestructura privada y pública. Esto es fundamentalmente trascendental en el paseo marítimo o comercios y viviendas localizados en las proximidades a la primera línea de costa. A pesar del innegable esfuerzo de los vecinos, que intentan aplacar la entrada de agua colocando sacos de arena y maderas en ventanas y puertas, los locales quedan anegados con más de un metro de agua.

Las repetidas inundaciones, han provocado que los habitantes de San Andrés manifiesten la necesidad de algún tipo de protección costera que ponga fin a estos sucesos. Además, la artificialización de la playa de Las Teresitas en 1973, que provoca que la franja entre la dársena pesquera y la playa de Las Teresitas se sitúe localmente bajo el nivel del mar, y la disposición de las calles, perpendiculares a la avenida marítima, favorecen la intrusión del oleaje en la zona urbana.

## 3.- Exposición histórica de eventos de inundación

Como se demuestra a continuación y mediante una recopilación de artículos de prensa, la costa de San Andrés ha venido experimentando ciertos eventos de inundación de forma sistemática con una cadencia anual.

Por ello y para entender el origen de dichos eventos, se analiza la hemeroteca con el fin de encontrar una posible correlación entre diferentes sucesos, hallar la dependencia entre ellos, determinar las causas que los provocan y encontrar posibles soluciones.

Las fuentes consultadas recogen periódicos digitales, telediarios, testimonios y otras fuentes similares. Además, y debido a que la escala temporal de los eventos se concentra en las dos últimas décadas, se

considera que los incidentes mencionados pueden ser fácilmente contrastados, siendo por tanto esta, una información de calidad.

Cabe mencionar, que durante el año 2015 se llevó a cabo la construcción de la alternativa de mejora en la costa de San Andrés, pero que dicha configuración no ha sido empleada en ninguno de los dos TFGs mencionados (mención de hidrología y mención de construcción respectivamente), con la finalidad de poder encontrar de forma libre una solución alternativa.

Por lo tanto y a continuación se presentan las notas de prensa relacionadas con eventos de inundación en la costa de San Andrés.

6 de enero 2002 - El día de Reyes dejó mucha calima y mal tiempo en Tenerife

*“En la zona Norte, la calima y el fuerte oleaje se adueñaron de la costa del Norte de Tenerife a partir de la media tarde de ayer”.*

*“En Santa Cruz de Tenerife, la situación no difería mucho de la del resto de la Isla, ya que, en San Andrés, por ejemplo, la **escollera del muelle sufrió una fisura** debido a la fuerza con que golpearon las olas durante todo el día.”*

eldia.es

2 de julio 2007 - Las “llagas” de Anaga

*“**efectos del oleaje en la avenida marítima de San Andrés**, donde un tiempo extraño en esta época del verano, castigó la noche del domingo y la mañana del lunes una zona acostumbrada a los embates de la mar, pero **que sigue sin la protección de una escollera que sus vecinos piden desde hace***

2 de julio 2007 - Los destrozos en la avenida de San Andrés estarán arreglados en 10 días

*“**Los destrozos ocasionados por el fuerte oleaje () en San Andrés estarán solucionados en diez días”.***

*“Las obras comenzaron () después de que un fuerte mar de fondo **rompiera un tramo de alrededor de diez metros del paseo**. Las obras () tan sólo se centrarán en la **reparación de los daños causados en la vía***

*muchos años sin que, de momento, les hagan caso las instituciones”.*

eldia.es

*no en la posibilidad de proteger ese litoral en el futuro.*

*Varios vecinos expresaron durante la tarde del lunes que **era necesaria la construcción de un espigón que protegiera la zona.** “*

laopinion.es



23 diciembre 2010 - Consecuencias del oleaje en San Andrés

*“La avenida marítima ha sido cerrada al tráfico por levantarse en parte y hacer el mar un **gran socavón en la acera**. Los vecinos aseguran que **hace falta una escollera”.***

*“**No es la primera vez que ocurre ni era la última**, afirman los vecinos. Todos los años en alguna ocasión el mar termina apoderándose de esta carretera que discurre paralela a la costa. Sus habitantes llevan **años reivindicando una escollera** para frenar los embates del mar”.*



14 de mayo 2011 - Fuerte oleaje en San Andrés

*“Varios establecimientos y casas ubicadas en el pueblo pesquero de San Andrés afectados por el fuerte oleaje reinante en la zona. Las olas saltaron el paseo marítimo hasta adentrarse e inundar varios restaurantes de la zona”.*

*“Esta situación ha sido permanente en la vida de este pueblo () y el dique sigue siendo un sueño”.*

diariodeavisos.com

17 de mayo 2011 - Más de diez mil euros en pérdidas entre los comercios de San Andrés

**“Graves desperfectos en el firme y pérdidas económicas** en varios establecimientos del pueblo mariner. Una primera aproximación al coste de los daños materiales y las pérdidas del género cifra en más de 10.000 euros”.

**“reclamó medidas urgentes en la escollera** que está frente al pueblo de Pescadores, () cada año, tanto en mayo como en septiembre, se producen estas crecidas”.

eldia.es

inundaciones el agua anegó más de una veintena de viviendas y destruyó pavimento, vehículos y árboles.

30 de agosto 2011 - Las olas golpean de nuevo a San Andrés

“El barrio costero de San Andrés sufrió ayer un nuevo azote del oleaje. Al menos cinco casas acabaron inundadas, con un **metro de altura de agua**, y unos 15 vehículos quedaron inservibles”.

“La **pleamar aumenta en intensidad con los cambios de Luna** que ayer entraba en su fase de Luna nueva. En estos días del mes es cuando **las mareas son más largas y arrastra más el agua**. A este fenómeno se ha sumado la **presencia de tiempo del Sur** lo que provoca **más intensidad y fuerza en el mar**”.

“Todos los vecinos coinciden al afirmar que la culpa de que **el mar entre hasta más de cien metros dentro del pueblo**, es la **falta de una escollera** que proteja el frente de su barrio. Por ella luchan desde hace más de 60 años sin () respuesta que les satisfaga”.

laopinion.es



Como puede observarse a continuación, uno de los eventos de inundación de mayor gravedad tuvo lugar a finales de agosto del año 2011, especialmente durante los días 29, 30 y 31. Durante dichas

En las siguientes noticias se detalla cómo, tras las inundaciones de 2011, el Ayuntamiento levantó una estructura en forma de muro con el fin de prevenir las mismas. Sin embargo, un nuevo temporal con fuerte oleaje “tumbó” este muro, dejando patente que era necesario desarrollar una nueva solución.

18 de junio 2012 - El oleaje “tumba” el nuevo muro de San Andrés

“El ayuntamiento **levantó** la **estructura** tras las inundaciones de agosto de 2011”.  
El muro construido para evitar las inundaciones que de forma cíclica sufre la avenida de San Andrés en Santa Cruz **no ha soportado** las primeras embestidas del mar”.  
La colocación de estas rocas de grandes dimensiones fue la primera actuación con el fin de atajar un problema”.  
“El muro construido ya ha demostrado que resulta **insuficiente** para dar una solución a este grave problema”.

eldiario.es

25 de julio 2014 - El puerto de Tenerife aprueba la licitación urgente del dique de San Andrés

“El trámite de urgencia permite **reducir** el **plazo** a la presentación de propuestas () y se ha optado por esa vía para que las obras **comiencen** con la **mayor brevedad**”.  
“El Consejo de Administración del puerto de Santa Cruz de Tenerife, ha aprobado la construcción del **dique de protección** de San Andrés por el **procedimiento de urgencia**”.  
“El objeto del proyecto es la construcción de un **dique** en **talud exento y rebasable** en el frente costero de San Andrés, que tendrá una longitud de 360m. Además, la obra se completa con un **contradique**, en su extremo Sur, de 60m.  
El presupuesto de licitación es de 3.986.869 euros y los trabajos tienen un plazo de ejecución de diez meses”.

cadenadesuministros.es

Tras comprobarse la ineffectividad del muro construido, el Ministerio de Fomento desarrolló un estudio para poder determinar el origen de las inundaciones cíclicas en San Andrés y diseñar una solución definitiva.

En dicho estudio se valoraron un total de nueve soluciones diferentes, determinando que la mejor alternativa era construir una playa doble a lo largo de la avenida principal y un dique discontinuo. Esta solución fue considerada como la que presentaba un mejor comportamiento “logrando minimizar sustancialmente la agitación del oleaje frente a la costa”.

Sin embargo, esta solución no resultó ser tan efectiva como se había pensado, y los eventos de inundación provocados por el fuerte oleaje siguieron causando daños en la avenida de San Andrés, así como en las viviendas más cercanas. Por ello, en el año 2014 se propone un Plan Especial para hacer frente al oleaje.

La construcción del dique diseñado debía de ser lo más rápida e inminente posible, debido a que San Andrés seguía expuesto a las inundaciones provocadas por el fuerte oleaje.

27 de agosto 2014 - El oleaje causa estragos en Canarias

“En el barrio de San Andrés, la **fuerza del mar** ha provocado el cierre de los accesos a la zona”.  
“La zona más afectada () ha sido el litoral de Santa Cruz, y más concretamente el barrio de San Andrés. Allí las **fuertes olas** han **alcanzado** el **paseo** marítimo causando **destrozos** y provocando cortes intermitentes de los carriles de entrada y salida de la zona”.



eldiario.es

Entre las propuestas presentadas, el Puerto de Tenerife adjudicó las obras correspondientes al Proyecto de Construcción de Protección del Frente Litoral de San Andrés a Sacyr Construcción en septiembre de 2014. El plazo de ejecución del proyecto se establece de 10 meses y el presupuesto total se fijó en 3.157.723 euros.

El trabajo que realizar consistió en la construcción de un dique de 350 m de longitud a la cota +4 m y un contradique de 60 m. El dique se construyó a base de bloques prefabricados de hormigón de 7 toneladas de peso. Las características principales del proyecto fueron rapidez, seguridad en los plazos de ejecución y fiabilidad.

Finalmente, la obra comenzó de forma oficial el 17 de octubre de 2014 y se finalizó a finales del año 2015. Tras la ejecución de la construcción del dique exento, que transcurre casi paralelo a la línea del litoral y está formado por unos 6500 bloques de hormigón, no se han vuelto a registrar inundaciones en el pueblo de San Andrés. Por tanto, se puede concluir que el dique protege de manera efectiva el barrio desde finales del año 2015, habiendo demostrado su efectividad ante fuertes mares de fondo Sur Sureste, modelo que históricamente más afectaba a la zona. Sin embargo, se recalca que dicho dique semisumergido no se considera a efectos de análisis en ninguno de los dos TFGs llevados a cabo.

#### 4.- Estudio del clima marítimo en los eventos de inundación

Las bases de datos meteo-oceanográficas empleadas en el análisis del clima marítimo han sido generadas por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IH Cantabria) y proporcionadas para su uso en el proyecto a través de su plataforma informática denominada IHData. Las principales variables comprendidas en esta base de datos son el oleaje, el viento y el nivel del mar. Todos los datos proporcionados han sido calibrados y validados con mediciones instrumentales. IHData incluye las siguientes bases de datos: GOW (*Global Ocean Waves*) y DOW (*Downscaling Ocean Waves*), la marea astronómica GOT (*Global Ocean Tide*) y la marea meteorológica GOS (*Global Ocean Surge*).

En el TFG de la mención de hidrología pueden encontrarse las descripciones y métodos de obtención de cada una de las series de datos mencionadas.

La herramienta empleada para realizar el análisis llevado a cabo en este capítulo ha sido MATLAB, y los datos se han extraído de las bases de datos anteriormente citadas.

El nivel del mar se compone mayoritariamente de la marea astronómica y la marea meteorológica y los datos utilizados para el análisis se han referido al nivel de la Bajamar Máxima Equinoccial (BMVE).

Se muestran a continuación de manera gráfica el análisis realizado para cada evento de inundación recogido en el apartado anterior. Se adjuntan rosas de oleaje y gráficas donde se muestra la evolución del nivel del mar, altura de ola significativa, periodos de pico y dirección del oleaje durante el día en el que el evento tiene lugar.



6 de enero de 2002

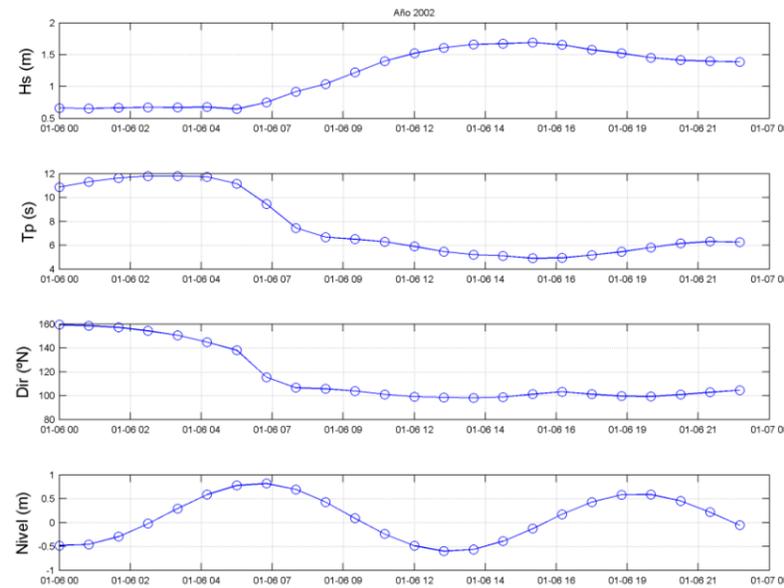


Figura 21: Características del oleaje 06/01/2002

El evento del 6 de enero de 2002 se caracteriza principalmente por la importancia de los componentes direccionales Este y Este Sureste. De acuerdo con la información periodística recabada en el capítulo 1, el evento de inundación tuvo lugar en las horas cercanas al amanecer, y por tanto se estima que el periodo pico es de entorno a los 8 s. El oleaje cuenta a lo largo del evento con una altura significativa de 0.7 m. Cabe mencionar que la inundación tuvo lugar en las horas en las que la marea estaba subiendo, pudiendo ser más dañino entorno a las 7 am. hora de pleamar. Este evento con oleaje de periodos menores a los característicos de la estación de invierno.

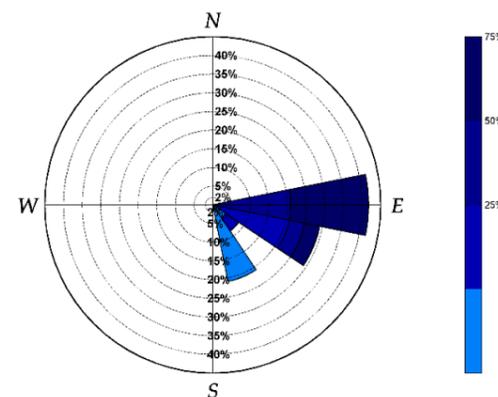


Figura 22: Rosa de oleaje 06/01/2002

2 de julio de 2007

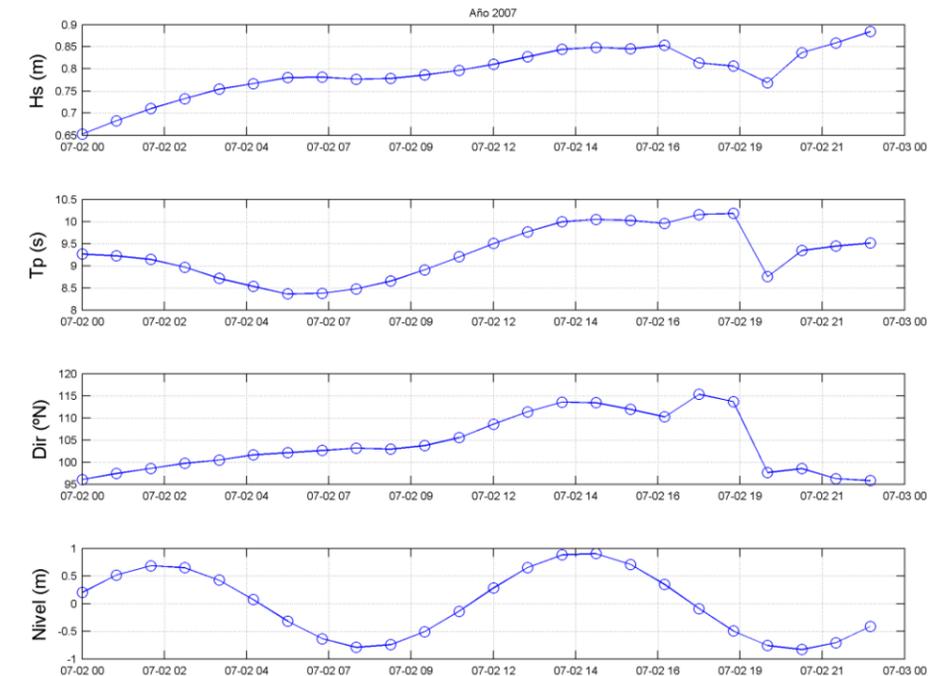


Figura 23: Características del oleaje 02/07/2007

El evento del 2 de julio de 2007 se caracteriza principalmente por la importancia de los componentes direccionales Este y Este Sureste. Se estima que el periodo pico del evento oscila en torno a los 8.5-10 s. Este periodo puede ser considerado un periodo bajo. El oleaje cuenta a lo largo del evento con una altura significativa media de 0.8 m. En lo que a la relación entre las características del evento y la estación se refiere, observamos que no existe componente de ángulo mayor a ESE, característico del verano. Además, el periodo es relativamente bajo.

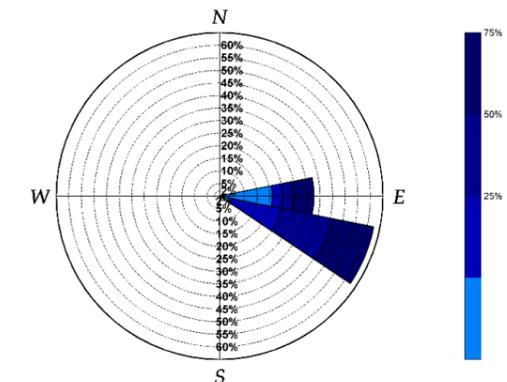


Figura 24: Rosa de oleaje 02/07/2007



23 de diciembre de 2010

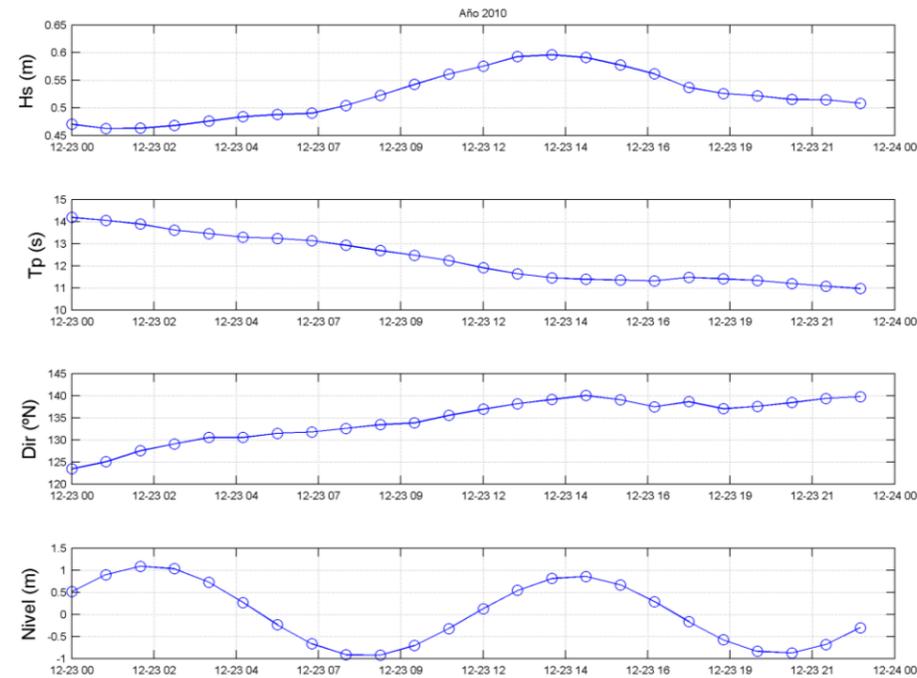


Figura 25: Características del oleaje 23/12/2010

El evento del 23 de diciembre de 2010 se caracteriza principalmente por la importancia de la componente direccional Sureste. Se estima que el periodo pico del evento oscila en torno a los 12-14 s. Se observa que este periodo es mayor a los que previamente se han comentado. El oleaje cuenta a lo largo del evento con una altura significativa media de 0.5 m. Como se ha mencionado anteriormente, los periodos largos son característicos de las estaciones de invierno y otoño, por tanto, el oleaje cumple las particularidades de la estación previamente definidas.

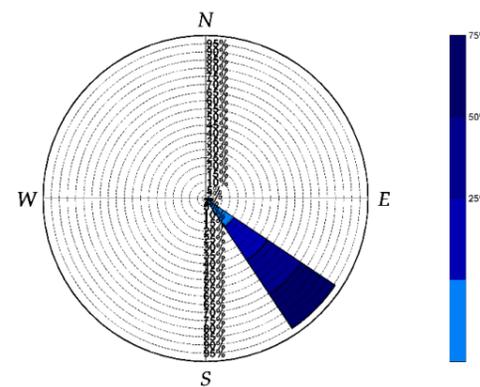


Figura 26: Rosa de oleaje 23/12/2010

14 de mayo de 2011

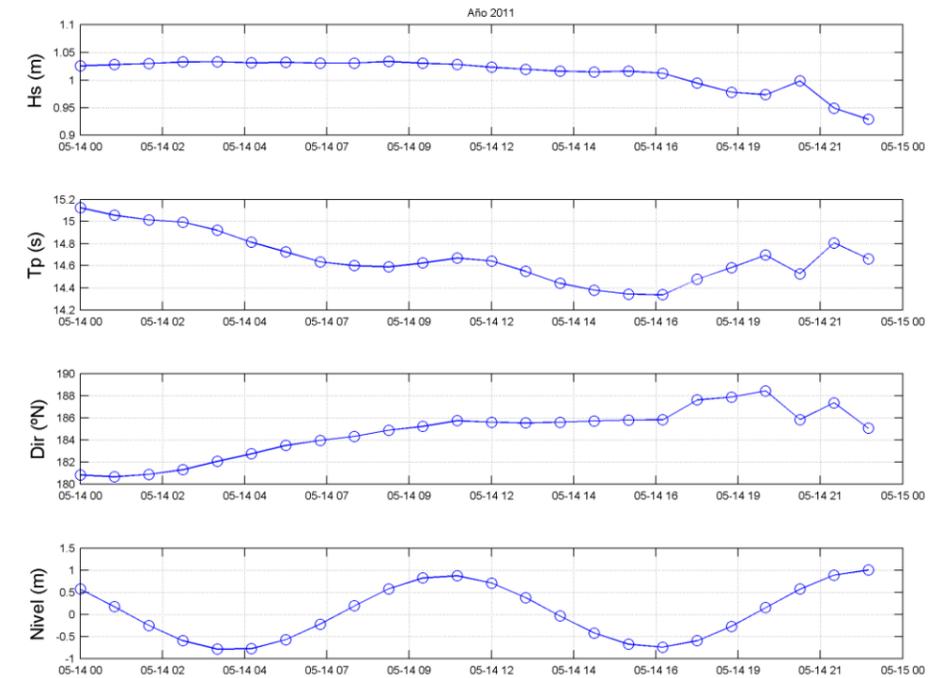


Figura 27: Características del oleaje 14/05/2011

El evento del 14 de mayo de 2011 se caracteriza principalmente por la importancia de la componente direccional puramente Sur. Se estima que el periodo pico del evento oscila en torno a los 14 s. El oleaje posee una altura significativa media mayor al metro. Por tanto, se estima que es de gran relevancia en este evento. Cabe mencionar que la componente puramente Sur no es la dirección predominante en a lo largo de la primavera, pero si es la dirección que cuenta con una altura de ola elevada. Esta característica explica que en este evento se registren olas de mayor altitud al resto de eventos que se recogen.

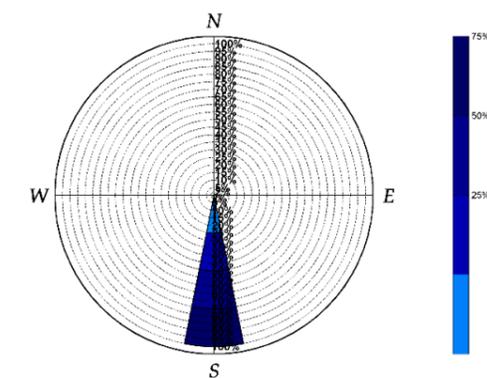


Figura 28: Rosa de oleaje 14/05/2011

29 de agosto de 2011

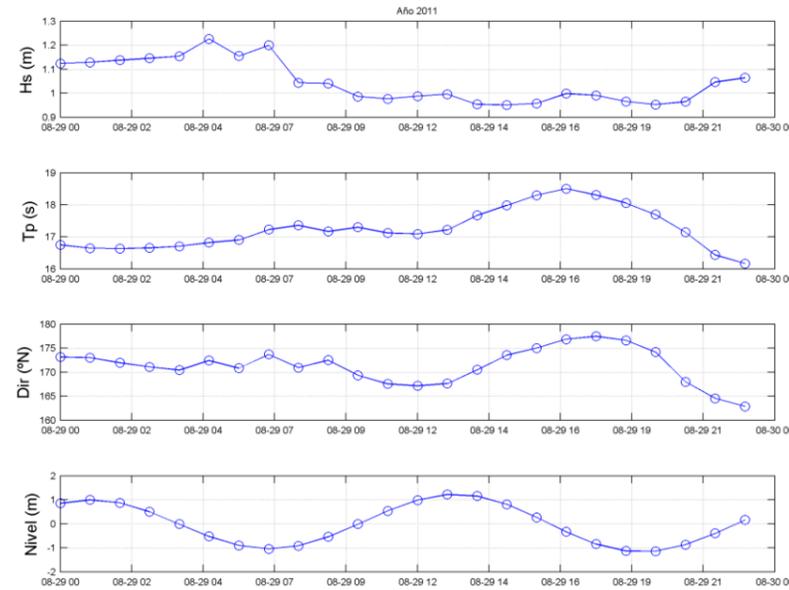


Figura 29: Características del oleaje 29/08/2011

El evento del 29 de agosto de 2011 como se ha venido mencionando, se conoce como uno de los eventos más relevantes en la historia de inundaciones de San Andrés. Este evento se caracteriza principalmente por la importancia de la componente direccional puramente Sur, la cual es anormal para la época del año en la que el evento tiene lugar. Se estima que el periodo pico del evento oscila en torno a los 17-18 s. El oleaje posee una altura significativa media mayor al metro. Por tanto, se estima que es de gran relevancia en este evento. Como se ha expuesto, la componente Sur no es usual en esta época y puede explicar la gran altura de ola registrada. Debido a que como se ha visto anteriormente, la componente Sur se relaciona con altos valores de altura significativa.

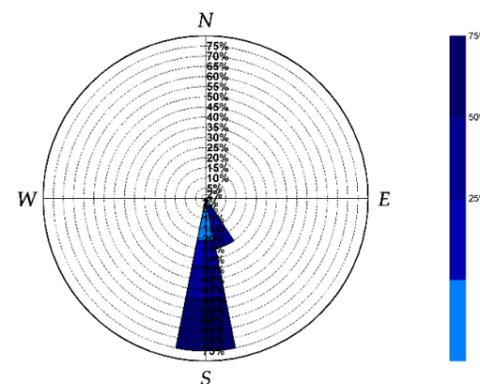


Figura 30: Rosa de oleaje 29/08/2011

18 de junio de 2012

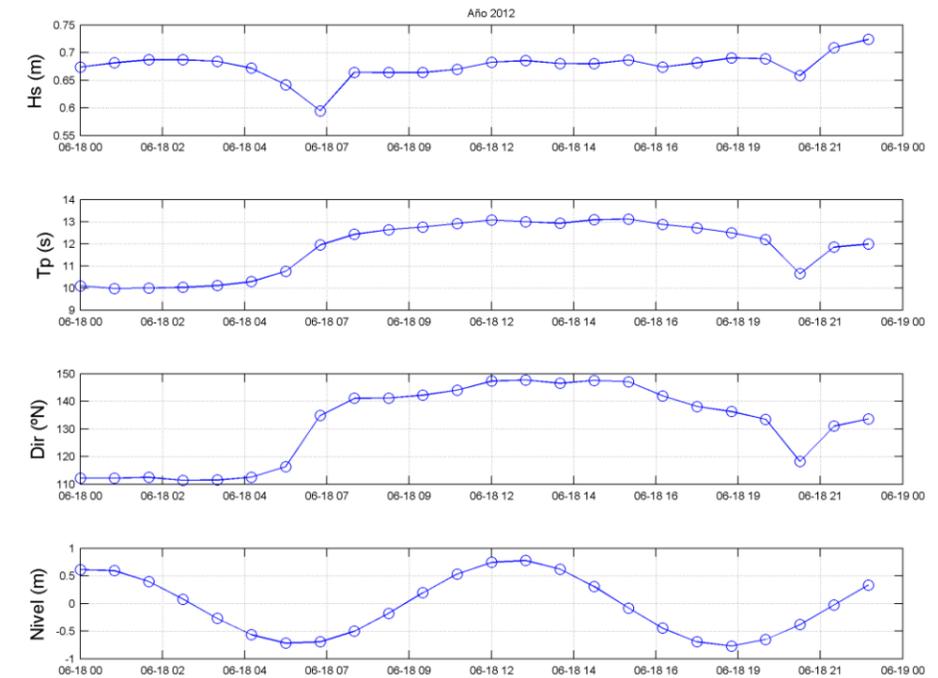


Figura 31: Características del oleaje 18/06/2012

El evento del 18 de junio de 2012 se caracteriza especialmente por la importancia de la componente direccional Sureste. El periodo pico del evento se coloca entorno a los 12-13 s, por lo tanto, es mayor al periodo pico medio de la estación del año. El oleaje posee una altura significativa media de 0.7 m.

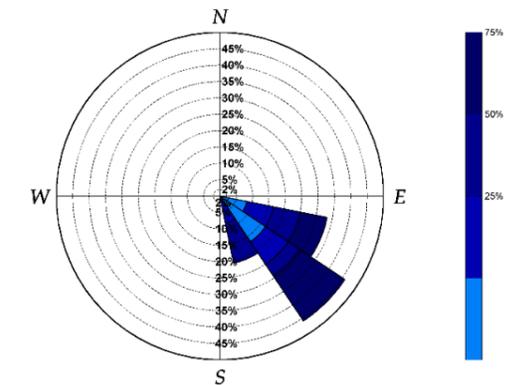


Figura 32: Rosa de oleaje 18/06/2012

27 de agosto de 2014

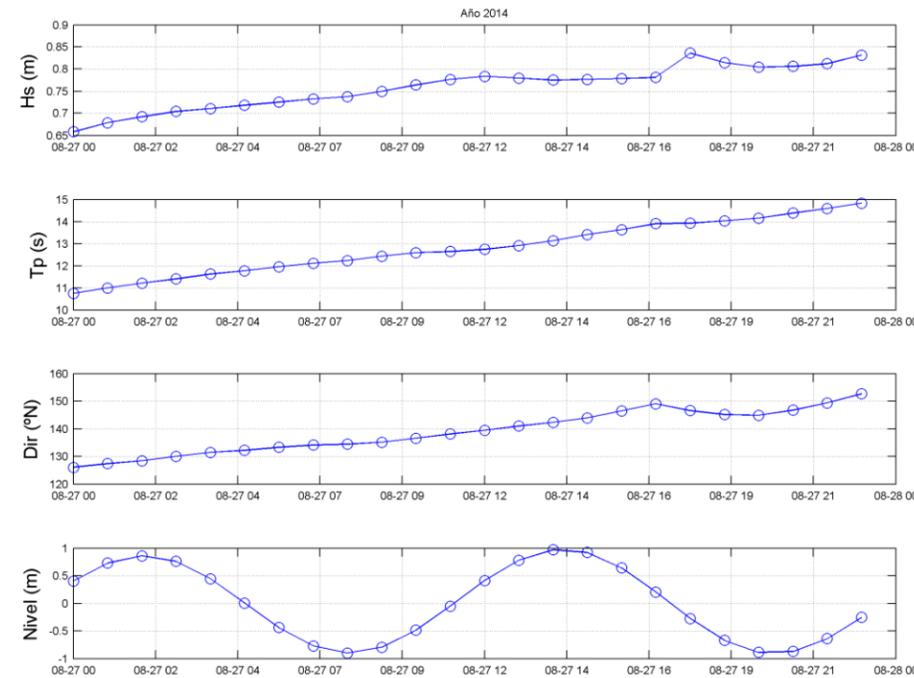


Figura 33: Características del oleaje 27/08/2014

El evento del 27 de agosto de 2014 se caracteriza principalmente, al igual que en eventos anteriores, por la importancia de la componente direccional Sureste. El periodo pico del evento se coloca entorno a los 13 s de media, por lo tanto, es mayor al periodo pico medio de la estación del año. El oleaje posee una altura significativa media de 0.75 m.

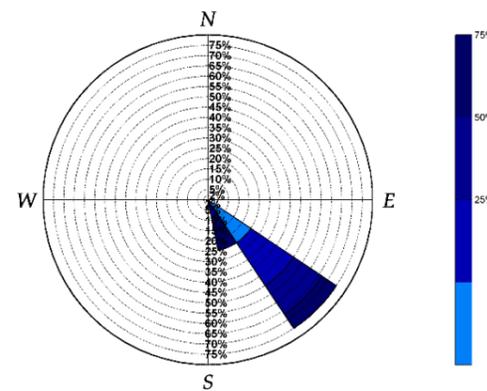


Figura 34: Rosa de oleaje 27/08/2014

5.- Resumen de las características del clima marítimo en los eventos de rebase

Se recoge en la tabla a continuación un resumen de las principales características numéricas de los eventos de inundación. Estas características son la altura significativa de ola ( $H_s$ ), tiempo de pico ( $T_p$ ), dirección principal del oleaje ( $\theta$ ) y carrera máxima.

Fecha (dd/mm/aaaa)	Carrera max (m)	$H_s$ (m)	$T_p$ (s)	$\theta$ (°N)
<i>06/01/2002</i>	<i>1.4183</i>	<i>0.6-1.0</i>	<i>7-10</i>	<i>100-140</i>
<i>02/07/2007</i>	<i>1.7340</i>	<i>0.65-0.90</i>	<i>8.5-10.5</i>	<i>90-115</i>
<u>23/12/2010</u>	<u>2.0128</u>	<u>0.45-0.6</u>	<u>11-14</u>	<u>125-140</u>
<b>14/05/2011</b>	<b>1.7907</b>	<b>0.95-1.05</b>	<b>14-15</b>	<b>180-188</b>
<b>29/08/2011</b>	<b>2.3582</b>	<b>0.95-1.2</b>	<b>16-19</b>	<b>160-180</b>
<u>18/06/2012</u>	<u>1.5477</u>	<u>0.6-0.70</u>	<u>10-13</u>	<u>115-145</u>
<u>27/08/2014</u>	<u>1.8680</u>	<u>0.65-0.85</u>	<u>11-15</u>	<u>125-150</u>

Tabla 1: Resumen de las características del clima marítimo en los eventos de rebase

Puede observarse que los eventos de inundación no se describen por unas características de oleaje concretas. Es decir, no existen unas únicas condiciones que sean las responsables de las inundaciones en San Andrés.

Sin embargo, y atendiendo principalmente a la dirección del oleaje, pueden distinguirse tres comportamientos diferentes.

Por una parte, el grupo de oleaje 1, indicado en la tabla mediante tipología de letra *cursiva*, tiene una dirección del oleaje entre 90° y 140°, es decir, una dirección E, ESE o SE. Por otro lado, el grupo de oleaje 2, indicado en la tabla con tipología de letra **negrita**, tiene una dirección de oleaje entre 150° y 190°. Dicho de otra forma, será oleaje con dirección SSE o S. Finalmente el grupo de oleaje 3, indicado



en la tabla con subrayado, se caracteriza por tener unas componentes principalmente SE o SSE, es decir direcciones entre 120° y 150°.

Las principales características de los grupos de oleaje identificados y de los eventos de inundación mencionados son:

- Todas las inundaciones ocurridas en San Andrés coinciden con mareas vivas u ocurren en fechas cercanas a los perigeos. Por tanto, queda clara la relación entre las componentes mareales del nivel del mar y los eventos de inundación.
- El oleaje con menor ángulo de incidencia, grupo de oleaje 1, se caracteriza por tener un periodo de pico menor al de los grupos de oleaje 2 y 3. Asimismo, el grupo 3 se identifica como el grupo con mayores periodos de pico.
- Los grupos de oleaje descritos anteriormente (Grupo 1, Grupo 2 y Grupo 3) tienen una altura de ola significativa similar. Siendo el valor de esta de en torno a 0.5 – 1.2 m. Aun no siendo la diferencia muy notable, puede distinguirse la tendencia del grupo de oleaje 3, a tener una altura significativa de ola mayor.
- Puede decirse que el oleaje de los grupos 2 y 3, con periodos mayores, tiene un rango de dirección de incidencia menor, es decir, la dirección puede considerarse más específica y constante. Esto da lugar a pensar que estos oleajes, tiene carácter de swell (oleaje de fondo). A su vez, el oleaje del grupo 1, aparece menos ordenado y con periodos de pico menores, lo que implica que se ha formado en un lugar más próximo a San Andrés, no teniendo tanto espacio disponible (fetch) para su total desarrollo. Puede entenderse además por la dirección del oleaje, que este se ha formado al Este de la isla. Esta zona se encuentra geográficamente limitada, y por tanto el oleaje no dispone de tanto espacio para su desarrollo.

## 6.- Conclusión

En este anejo se ha expuesto la magnitud y ciclicidad de los eventos de inundación que tienen lugar en San Andrés. Asimismo, se han recopilado sus características principales, con el principal fin de posibilitar el modelaje de los eventos y su propagación. Con todo ello, se justifica la necesidad del pueblo de San Andrés de contar con una estructura de protección frente al avance del oleaje.



## ANEJO Nº4 - ESTUDIO DEL NIVEL DEL MAR



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Niveles de referencia	3
2. 1.- Cero geodésico	3
2. 2.- Cero hidrográfico	3
2. 3.- Cero del puerto	4
2. 4.- Cero REDMAR	4
3.- Origen de la base de datos utilizada	5
4.- Nivel del mar	5

## 1.- Introducción

Para el diseño y realización de cualquier obra marítima es vital conocer el nivel medio del mar y su variación a lo largo del tiempo en cualquier punto del espacio. Es decir, es necesario conocer la distribución temporal y espacial de la variación del nivel del mar. Con estos datos, pueden definirse la altura o cota de coronación de las estructuras y por tanto su francobordo. Para ello, además de conocer los diferentes componentes que forman el nivel del mar, es necesario también definir un nivel de referencia.

## 2.- Niveles de referencia

Existen diferentes niveles o cotas de referencia respecto de los cuales pueden referirse los datos del nivel del mar que se empleen en el análisis de clima marítimo o diseño de estructuras.

### 2. 1.- Cero geodésico

El IGN (Instituto Geográfico Nacional) sitúa el origen de altitudes en tierra o cero geodésico. En el caso de la Península, la referencia es el Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA) obtenido a partir de datos del nivel del mar en el puerto de Alicante durante la década 1870-1880. Históricamente se ha empleado el mareógrafo de Alicante para la determinación del cero geodésico debido a que fue el primer mareógrafo español dispuesto con carácter permanente y por tanto cuenta con la serie de datos de mayor longitud del país.

En el caso de las islas se utiliza como cero el nivel medio del mar local. Éste se consigue a partir de las mediciones de nivel del mar de un mareógrafo permanente en dicha isla, si existe, para un periodo estipulado. De esta forma, las altitudes en la isla de Tenerife, por ejemplo, estarán referidas al Nivel Medio del Mar en Tenerife.

Al cero geodésico están referidas las altitudes ortométricas de clavos geodésicos o señales que forman la única referencia nacional terrestre. Una vez la red se aproxima a la línea de costa, aparecen nuevos ceros de referencia, ya dentro del agua, que se describen brevemente a continuación.

### 2. 2.- Cero hidrográfico

El Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) tiene como una de sus misiones el establecimiento de la referencia vertical de la cartografía náutica. Esta referencia se denomina cero hidrográfico y se utiliza en la publicación del Anuario de Mareas y en la elaboración de cartas náuticas. El valor del cero hidrográfico coincide aproximadamente con el nivel de agua más bajo y varía con las características de las mareas a lo largo de la geometría de la costa.

La OHI (Organización Hidrográfica Internacional) recomienda el uso del LAT (*Lowest Astronomical Tide*) o de la marea astronómica más baja como referencia vertical de la cartografía náutica en zonas donde el rango de marea sea mayor a 30 cm. Se define el LAT como la menor bajamar que puede ser predicha en condiciones meteorológicas medias y bajo cualquier combinación de condiciones astronómicas. Para la definición del LAT, la predicción que ha de realizarse con las constantes armónicas obtenidas de series de al menos un año de duración no debe ser menor a 19 años. Debido a que, 19 años es el periodo de repetición del patrón astronómico afectando las mareas.

Estas series de al menos un año de duración empleadas para la actualización de esta referencia se obtienen de los mareógrafos de la red REDMAR.

2. 3.- Cero del puerto

Cada puerto define un nivel de referencia propio o cero conveniente para la realización de obras, dragados o similares que se conoce como cero del puerto y que normalmente coincide con la mínima bajamar registrada. La altura del cero del puerto puede coincidir o no con el cero hidrográfico, dependiendo de los datos a partir de los cuales se ha obtenido el valor de esta segunda referencia, de las variaciones históricas de las mareas, etc.

La mayor diferencia entre ambos ceros es que el cero del puerto requiere una referencia que no se quede “en seco”, lo cual daría lugar a valores del nivel del mar negativos. Esta consideración no se impone en el caso del cero hidrográfico.

2. 4.- Cero REDMAR

Se conoce como cero REDMAR al cero utilizado por cada mareógrafo que forma parte de la red REDMAR. Este cero puede coincidir o no con algunas de las referencias descritas anteriormente. En el caso de Tenerife, los “ceros” de referencia del mareógrafo perteneciente a la red, son los siguientes (actualizados en el año 2018 y obtenidos desde la plataforma de Puertos del Estado):

<b>Identificador</b>	SS 412
<b>Ubicación</b>	Latitud: 28° 28.6' N Longitud: 16° 14.5' W
<b>Tipo de instalación</b>	Permanente
<b>Propietario</b>	Puertos del Estado
<b>Cero REDMAR</b>	5,198
<b>Cero geodésico</b>	3,754
<b>Cero hidrográfico</b>	5,028
<b>Cero Puerto</b>	1,444

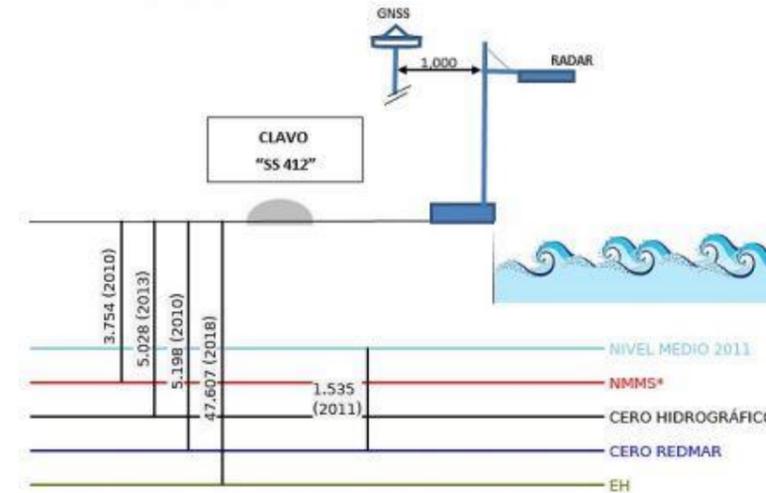


Ilustración 35: Referencias verticales del mareógrafo SS 412



Ilustración 36: Ubicación estación de mareas

### 3.- Origen de la base de datos utilizada

La base de datos de oleaje proporcionada por el IH Cantabria y utilizada en este proyecto esta localizada en un punto en aguas profundas frente a la costa de San Andrés. Las coordenadas de este punto son:

<b>Longitud:</b>	-16,1873°	<b>Latitud:</b>	28,4993
------------------	-----------	-----------------	---------

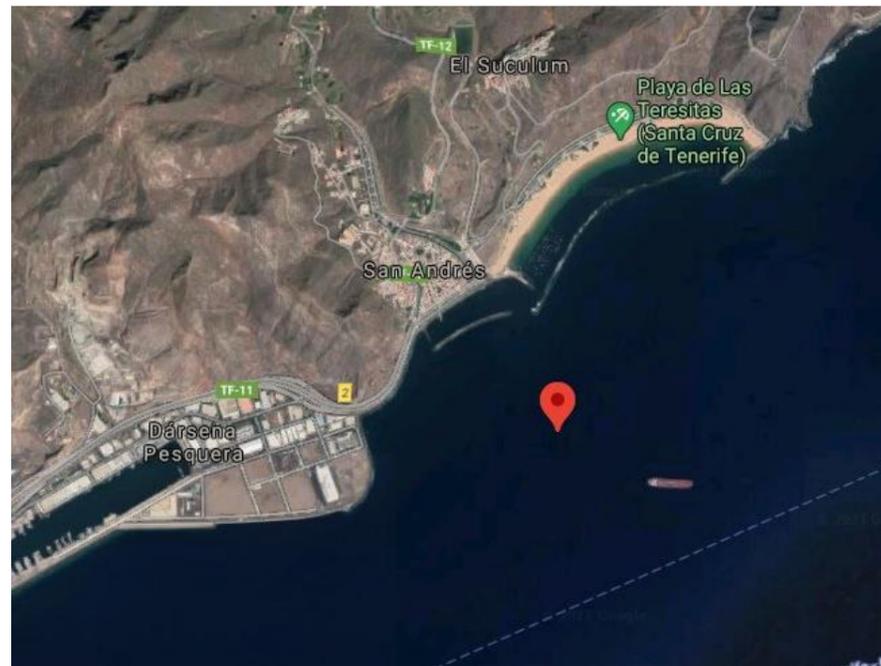


Ilustración 37: Localización del origen de la base de datos utilizada

### 4.- Nivel del mar

Como se ha explicado con mayor detalle en el estudio correspondiente a la mención de hidrología, el nivel del mar se compone mayoritariamente de la marea astronómica y la marea meteorológica. Asimismo, tanto el estudio del nivel de la superficie libre como la definición de cotas cartográficas se realizan utilizando los datos referenciados a la cota de la Bajamar Máxima Viva Equinoccial (BMVE).

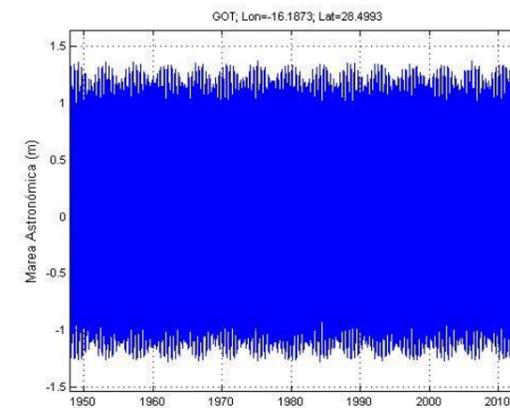


Ilustración 38: Variación de la componente astronómica del nivel del mar

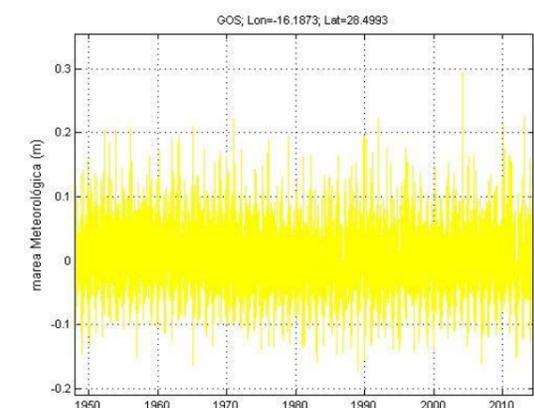


Ilustración 39: Variación de la componente meteorológica del nivel del mar

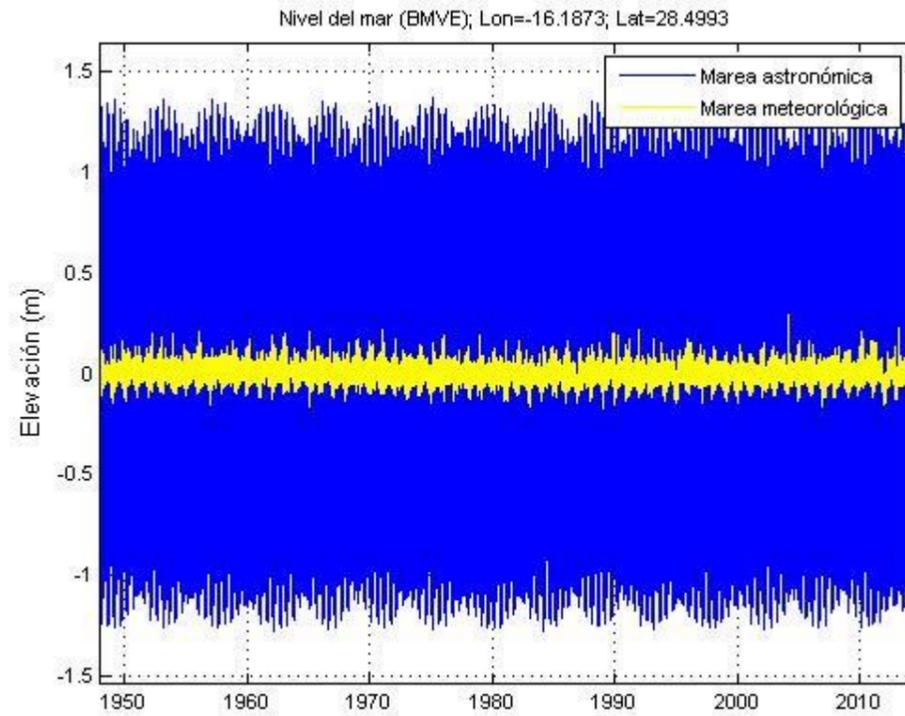


Ilustración 40: Composición de la variación astronómica y meteorológica del nivel del mar

En las figuras se observa que las mareas muertas tienen una carrera de entorno a los 2 m y las carreras de las mareas vivas se incrementan hasta un valor cercano a los 2.35 m. Además, se identifica el dominio de la marea astronómica en la definición del nivel del mar, pues es esta la que domina sobre la marea meteorológica. Puede apreciarse que el nivel de la marea meteorológica fluctúa entre un incremento y decremento de unos 20 cm respecto del nivel medio del mar. Igualmente, puede comprobarse cómo la marea astronómica sigue un patrón sinusoidal y cómo la marea meteorológica tiene un carácter aleatorio.



## ANEJO Nº5 - ESTUDIO DEL CLIMA MARÍTIMO



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Régimen medio	3
3.- Análisis del clima marítimo estacional	5
4.- Conclusiones	7



## 1.- Introducción

El objetivo de este anejo es dar continuidad al análisis del clima marítimo introducido anteriormente, estudiando en este caso el régimen medio del oleaje frente a la costa de San Andrés, y el régimen estacional, es decir, el régimen en cada una de las estaciones del año. Como se ha venido diciendo, un profundo análisis de las condiciones marítimas es de gran importancia dada su utilidad en la proyección y construcción de la estructura.

Cabe mencionar, que en este anejo se estudia el régimen medio, que está contenido en la base de datos proporcionada por el IH, debido a que el análisis del régimen extremal se llevará a cabo en su correspondiente anejo a la hora de realizar el dimensionamiento de las piezas que forman el manto exterior del dique.

Con el fin de realizar el análisis con más detalle, se representa el oleaje mediante un histograma con los valores de altura significativa de ola y periodo pico, se anexa asimismo una tabla resumen donde se muestran los estadísticos básicos que lo caracterizan y una rosa de oleaje para describir el clima marítimo general.

Como explicación adicional y debido a la importancia de estas variables en este apartado, se procede a detallar de manera breve el significado de altura significativa de ola y periodo de pico. La altura significativa de ola es la media aritmética del tercio de olas más altas registradas durante un periodo de tiempo en un muestreo. Además, el periodo de pico se entiende como el periodo asociado al pico de energía espectral. Cuanto más regular es el oleaje, más similares son los valores del periodo de pico y periodo medio,  $T_p$  y  $T_m$  respectivamente.

## 2.- Régimen medio

En las siguientes figuras se aprecia el régimen medio asociado al clima marítimo.

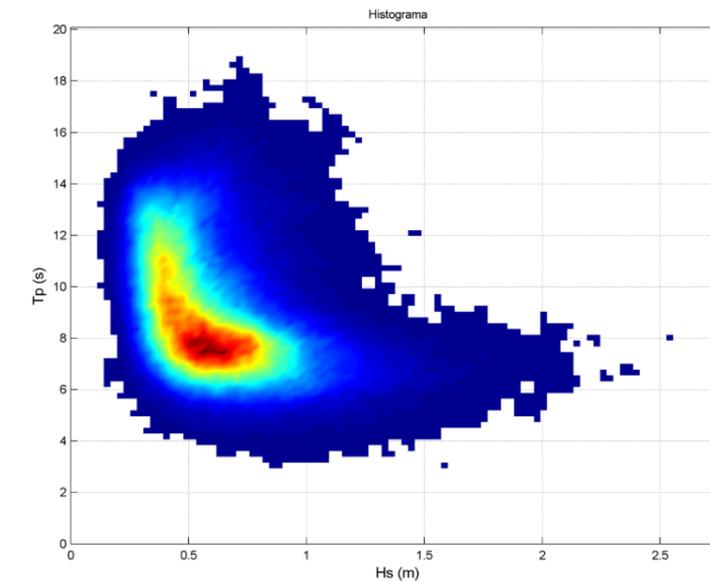


Ilustración 41: Histograma de altura de ola significativa y periodo pico del régimen medio

El histograma combina diferentes parejas de altura de ola significativa y periodo de pico y es utilizado para representar la frecuencia con la que cada combinación de altura y periodo tienen lugar. En el histograma, se representan las mayores frecuencias con colores rojizos y las menores frecuencias mediante colores azulados. Cabe destacar que los puntos sin información son interpolados a partir de la información que contienen los puntos adyacentes.

En la figura se advierte cómo existen dos comportamientos muy diferenciados. Por una parte, existen eventos con altos periodos de pico (mayores a 8 s) y pequeña altura significativa de ola (entorno a los 0.5 m). Por otro lado, existen eventos con periodos de pico pequeños (menores a los 8 s) y altura significativa de ola superior (mayores a 0.75 m). El evento de mayor probabilidad de ocurrencia, representado con un color magenta, se caracteriza por combinar periodos de pico entorno a los 8 s y

alturas significantes de olas de 0.6 m. La altura de ola máxima registrada está en torno a 2.5 m y el mayor periodo de pico es de 19 s.

**TABLA ESTADÍSTICOS BASICOS**

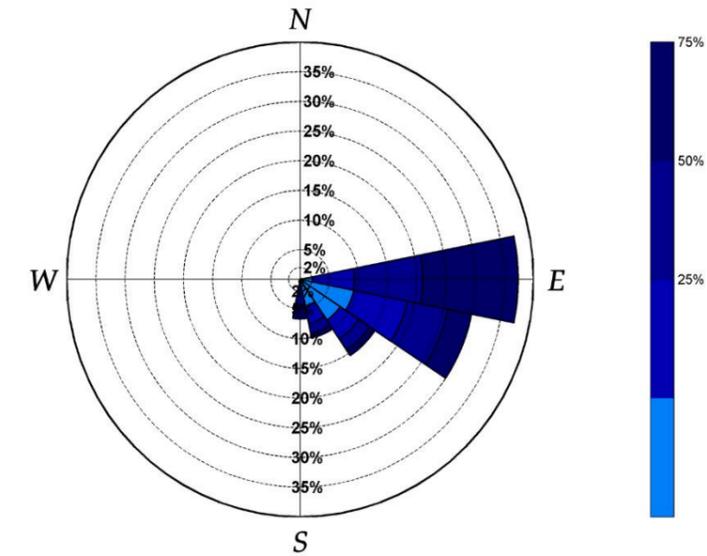
Variable medida:Hs; P 1

direcciones(°)	prob.direccion	Hs; P 1 <sub>50%</sub>	Hs; P 1 <sub>90%</sub>	Hs; P 1 <sub>99%</sub>	Hs; P 1 <sub>12</sub>
N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NNE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ENE	0.0026	0.7082	1.2034	1.6055	1.7334
E	0.3732	0.7185	1.0979	1.5164	1.7951
ESE	0.2993	0.5096	0.8074	1.1305	1.4989
SE	0.1541	0.4187	0.7059	1.0484	1.3781
SSE	0.1000	0.4508	0.7147	1.1037	1.4377
S	0.0664	0.6452	1.1279	1.9055	2.3721
SSW	0.0043	0.8701	1.5039	2.2660	2.5601
SW	0.0000	0.5074	0.5874	0.7341	0.7341
WSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
W	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WNW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NNW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

*Ilustración 42: Tabla de estadísticos básicos del clima marítimo del régimen medio*

La tabla muestra información estadística sobre la probabilidad de que el oleaje siga una dirección concreta con una altura caracterizada por los percentiles 50, 90 y 99% de altura de ola significativa. Estos percentiles representan la altura de ola que no se excede el 50, 90 o 99% de las veces respectivamente. La última columna muestra la altura de ola que puede asemejarse a la altura máxima, dado que representa la altura que es superada únicamente 12 horas de las 8760 horas anuales.

Mediante estos valores estadísticos puede contemplarse la caracterización del clima marítimo general de San Andrés que se ha venido comentando. Por una parte, la probabilidad de ocurrencia del oleaje se concentra en las direcciones E, ESE y SE. Por otra parte, puede observarse cómo mayores alturas de olas ocurren con un oleaje en dirección Este. No obstante, y aunque la probabilidad de ocurrencia es menor, cabe destacar la elevada altura del oleaje cuando este sigue una dirección puramente Sur.



*Ilustración 43: Rosa de oleaje para el régimen medio*

La distribución sectorial del oleaje puede caracterizarse también mediante el uso de rosas de oleaje. En este caso, la rosa de oleaje presentada en la figura anterior discretiza los datos en clases de direcciones, alturas de olas y probabilidad de ocurrencia de la combinación de ambas. Cada sector se representa con un brazo en la rosa de oleaje. La longitud de estos brazos es proporcional a la probabilidad de ocurrencia de cada sector, calculada como la frecuencia relativa muestral. La altura de ola se representa respecto a los cuartiles de altura de ola significativa. Las rosas de oleaje son representaciones muy visuales del clima marítimo, debido a que permiten determinar de forma ágil cuál es el sector predominante. Asimismo, la altura de ola permite también determinar qué sector es el más energético.

En cuanto al análisis del clima marítimo general de San Andrés, puede claramente percibirse que la dirección predominante es Este, siendo también importante la componente Este Sureste o incluso Sureste. Al mismo tiempo las olas más grandes ocurren en los sectores Este y Este Sureste además de en el sector de dirección puramente Sur.



### 3.- Análisis del clima marítimo estacional

En este caso, se repite el análisis utilizando las mismas herramientas y representando los resultados en el mismo tipo de gráficos. Sin embargo, se divide los datos de la serie temporal según su estación. El principal objetivo de este análisis desde el punto de vista de la ingeniería de costas es verificar si el oleaje sigue algún patrón concreto dependiendo de la estación del año en el que el evento tiene lugar. Además, realizar un análisis de acuerdo con la distribución temporal del oleaje es de gran interés para realizar una planificación y organización de obra optima.

#### Primavera (20 marzo – 21 junio)

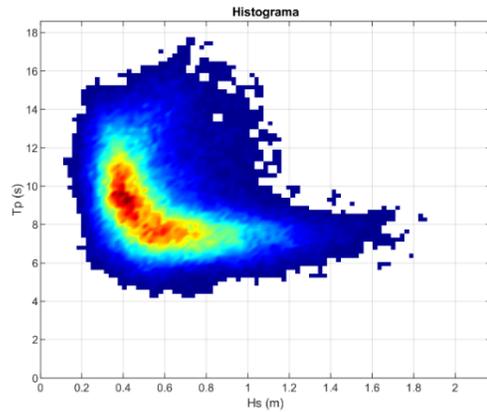


Figura 44: Histograma de la altura de ola significativa y periodo pico en primavera

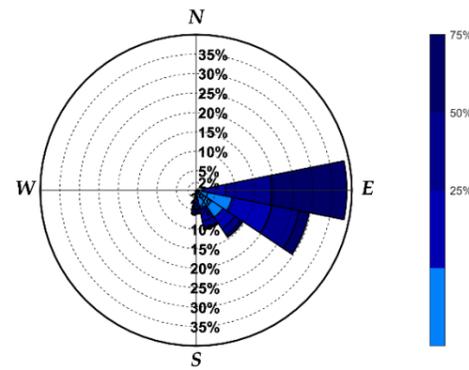


Figura 45: Rosa de oleaje para primavera

En el análisis realizado para primavera, estación comprendida entre el 20 de marzo y 21 de junio, puede verse cómo las direcciones de la mayoría de los registros son E y ESE, siendo la probabilidad de ocurrencia elevada (entorno al 40%) para la dirección puramente Este. El histograma estacional tiene una forma similar al histograma del régimen normal obtenido previamente. En cuanto a los rangos de valores con mayor probabilidad de ocurrencia, los períodos pico se sitúan entre los 7 a 11 s y la altura significativa de ola está en valores entre los 0.3 a 0.7 m, teniendo la máxima recurrencia una altura de ola de 0.4 m.

#### Verano (21 junio – 22 septiembre)

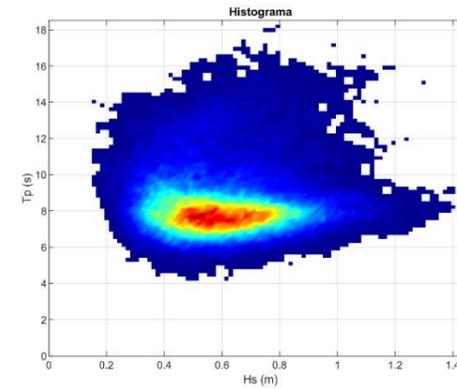


Figura 46: Histograma de la altura de ola significativa y periodo pico en verano

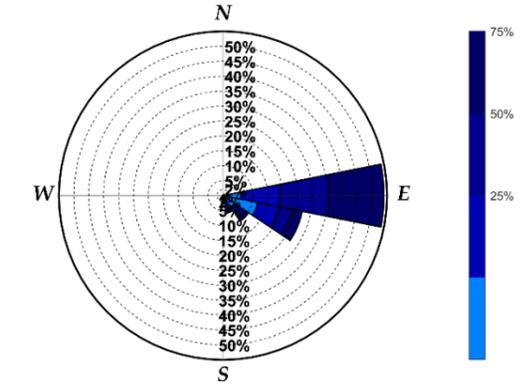


Figura 47: Rosa de oleaje para verano

En el análisis realizado para verano, estación comprendida entre el 21 de junio y 22 de septiembre, puede verse cómo una vez más las direcciones predominantes son E y ESE, no habiendo en este caso ningún registro de componente puramente Sur. Una vez más la probabilidad de ocurrencia para eventos con dirección puramente Este es elevado, siendo mayor al 50%. En este caso, el histograma se concentra en periodos de pico entorno a los 8 s. Estos periodos se combinan con alturas significativas de olas, ligeramente mayores a las de primavera, pero que oscilan también en el rango de 0.4 a 0.8 m, dándose la mayor ocurrencia en torno a 0.5 m.



▪ Otoño (22 septiembre – 21 diciembre)

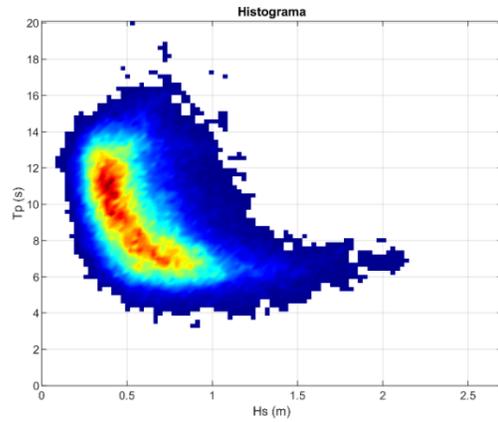


Figura 48: Histograma de la altura de ola significativa y periodo pico en otoño

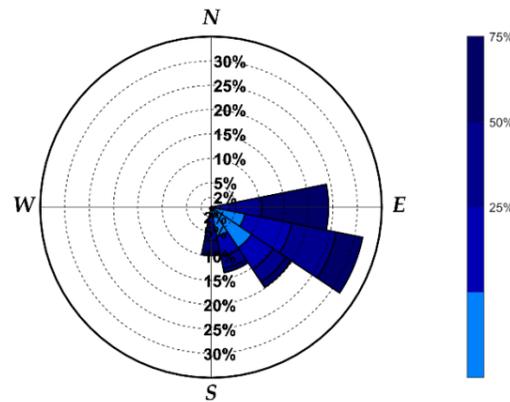


Figura 49: Rosa de oleaje para otoño

▪ Invierno (21 diciembre – 20 marzo)

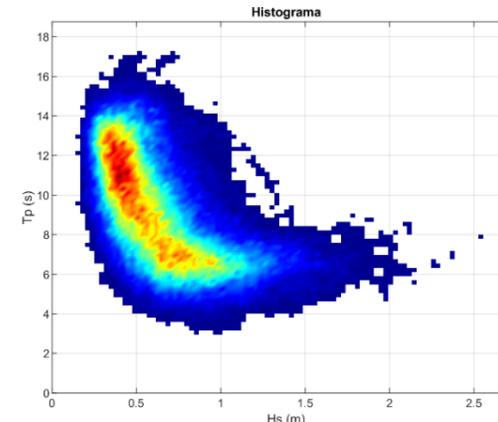


Figura 50: Histograma de la altura de ola significativa y periodo pico en invierno

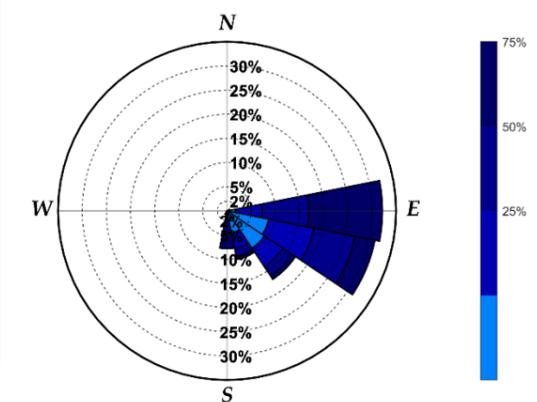


Figura 51: Rosa de oleaje para invierno

En el análisis realizado para otoño, estación comprendida entre el 22 de septiembre y 21 de diciembre, puede verse cómo las direcciones SE y SSE ganan relevancia, reduciéndose así la probabilidad de ocurrencia del oleaje puramente Este. Es de gran importancia asimismo destacar que los percentiles de altura significativa aumentan tanto en la dirección Este como en la dirección Sur. En este caso, aumenta los periodos de pico, colocándose en el intervalo de 6 a 13 s, teniendo la máxima ocurrencia el periodo de pico de 11 s. La altura significativa de ola se sitúa en torno a un valor medio de 0.4 m. Cabe destacar que se registran olas de altura mayor a 2 m.

En el análisis realizado para invierno, estación comprendida entre el 21 de diciembre y 20 de marzo, puede verse como las direcciones SE y SSE ganan relevancia en comparación al régimen medio. En este caso, aumenta los periodos de pico, colocándose en el intervalo de 9 a 13 s, teniendo la máxima ocurrencia el periodo de pico de 12 s. La altura significativa de ola se sitúa en torno a un valor medio de 0.4 m aproximadamente. Al igual que en la estación de otoño, cabe destacar que se registran olas de altura mayor a 2 m.



#### 4.- Conclusiones

- En cuanto a la dirección del oleaje, tiene lugar un oleaje de dirección E, SE en primavera, dirección mayoritariamente E durante verano, predominio SE y ESE en otoño y finalmente en invierno, el oleaje se produce en todas las direcciones comprendidas en el cuadrante. Es decir, la importancia de la dirección puramente Este es mínimo en otoño. Durante invierno y primavera esta dirección recupera importancia, hasta ser dominante durante el verano.
- En lo que a altura media de ola respecta, puede concluirse que la altura más frecuente es de 0.4 m, no existiendo gran diferencia entre estaciones. Sin embargo, debe de destacarse que, durante las estaciones de otoño e invierno, se registran extremos en los que la altura de ola supera 2.0 m pudiendo llegar hasta máximos de 2.5 m.
- En lo que al periodo pico concierne, es máximo durante las estaciones invernales y otoñales, siendo estos valores aproximadamente de 11 s. Sus valores mínimos se registran durante el verano, donde además cabe destacar su uniformidad.
- Finalmente, puede apreciarse que la forma del histograma de la estación de verano es significativamente diferente a los histogramas del resto de estaciones. La forma redondeada del histograma de verano refleja una menor influencia del mar de fondo o *swell*, que se caracteriza por períodos mayores.

En definitiva, no se estima oportuna la parada de las actividades constructivas durante las estaciones de otoño o invierno, pues su caracterización del oleaje es similar al resto de estaciones, salvo casos puntuales. Sin embargo, es conveniente realizar una correcta previsión de temporales (especialmente en aquellos eventos en los que actúen Tierra-Sol-Luna de manera conjunta) para proteger al dique a lo largo de las distintas etapas de construcción.



## ANEJO N°6 - BATIMETRÍA



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Descripción geométrica y espacial de la batimetría en San Andrés	3



## 1.- Introducción

La batimetría, atribuida al medio marino, es la medición de las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar. Su medición implica la obtención de datos con los valores de la profundidad y la posición de cada uno de los puntos muestreados. Estos puntos de posición, al igual que ocurre con la altimetría, están formados por coordenadas de puntos X, Y, Z.

A partir de los puntos muestreados se pueden definir líneas con el mismo valor de profundidades, estas líneas reciben el nombre de isobatas. El conjunto de todas las isobatas de una determinada zona da lugar al modelo batimétrico que determina la estructura del fondo marino.

Un modelo batimétrico es el origen esencial de información para la comprensión del medio marino y es la base principal a tener en cuenta a la hora de proyectar cualquier estructura a partir de cartografía marina. El diseño de cualquier estructura de protección costera o estructura *offshore* está condicionado por la batimetría del fondo, pues es uno de los principales factores que modifican las características del oleaje a lo largo de su propagación. Este efecto es especialmente importante en las zonas de rompientes, donde el oleaje está afectado por el fondo y las diferentes condiciones de contorno, y por tanto realizar un estudio batimétrico de precisión es fundamental en los proyectos de construcción de diques y estructuras de abrigo similares.

Actualmente, el estudio de la batimetría se puede llevar a cabo mediante diferentes técnicas, dando el uso de cada una de ellas diferentes resultados dependiendo de la precisión utilizada. Las técnicas más utilizadas hoy en día son las ecosondas, tanto la monohaz como la multihaz.

## 2.- Descripción geométrica y espacial de la batimetría en San Andrés

Los datos utilizados para la realización del estudio batimétrico han sido obtenidos a partir de un fichero de datos que contiene las coordenadas de latitud y longitud, además de información de elevación para

puntos situados en el frente litoral del pueblo de San Andrés. Estos datos han sido facilitados por el Instituto de Hidráulica Ambiental IH Cantabria.

En el mapa mostrado a continuación (obtenido a partir del procesamiento de los datos facilitados) puede verse reflejada la batimetría de la zona de San Andrés.

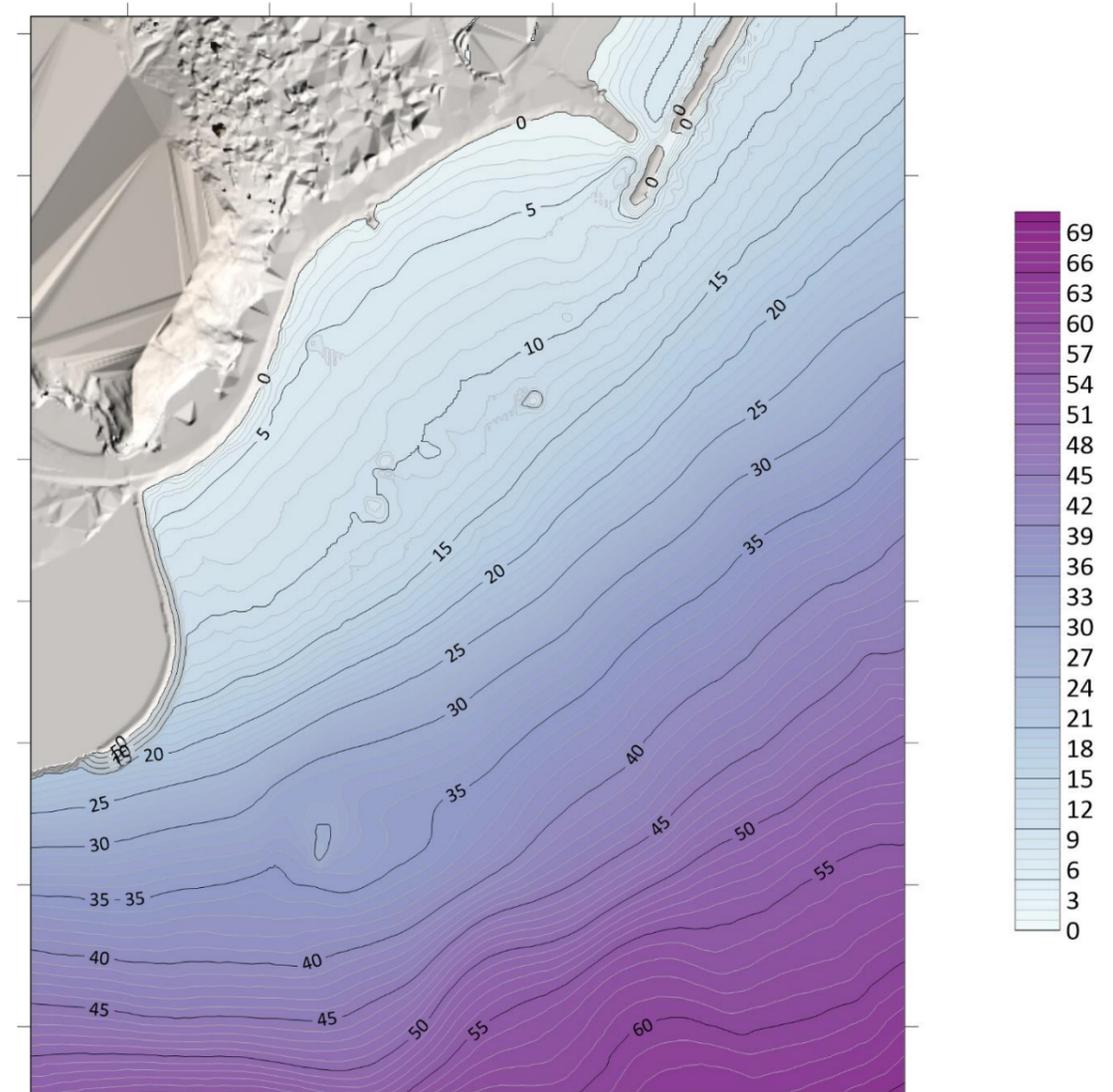


Ilustración 52: Batimetría de la zona costera de San Andrés



Como puede observarse, los frentes del fondo marino de San Andrés son rectos y paralelos entre sí. Estos frentes o isobatas reproducen el contorno del litoral. El fondo tiene una orientación de nivel ascendente en dirección Noroeste. Además, no existe ningún accidente natural relevante en la zona, y a excepción de afloramientos puntuales, no existen áreas notablemente elevadas. Por tanto, la pendiente del fondo es uniforme a lo largo de una amplia distancia.

Por otra parte, en la parte superior derecha de la figura puede verse el dique semisumergido de escollera situado frente a la playa de las Teresitas. En el lado inferior izquierdo se ubica la protección de forma curva de la dársena pesquera. Ambos elementos son de gran relevancia, debido a los procesos de transformación de la propagación del oleaje que provocan. Los cambios más importantes para el estudio son: la refracción, la reflexión y la propagación longitudinal a lo largo de la costa.

Por lo expuesto anteriormente, se explica la razón por la cual el oleaje proveniente del Sur y Sureste causa consecuencias de mayor gravedad en el paseo marítimo de San Andrés.



## ANEJO Nº7 - ESTUDIO CLIMATOLÓGICO



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Descripción general del clima	3
2. 1.- La latitud	3
2. 2.- Los vientos Alisios	3
2. 3.- La inversión térmica	4
2. 4.- Mar de nubes	4
2. 5.- Corriente oceánica fría	4
2. 6.- Proximidad al continente africano	4
2. 7.- El relieve	4
3.- Termometría	5
4.- Pluviometría	6
5.- Viento	7



## 1.- Introducción

El objetivo principal de este anejo es realizar un estudio de la climatología de la zona de San Andrés y de forma más general, un estudio del clima en Tenerife e Islas Canarias.

Habitualmente, por su situación subtropical, por la influencia de los vientos alisios, por ser enclave marítimo y por otros diversos factores, se dice que “Canarias posee uno de los mejores climas del mundo”. Los contrastes entre las estaciones, al igual que entre el día y la noche, son muy suaves, especialmente en las franjas costeras.

## 2.- Descripción general del clima

La situación de las Islas Canarias en el Océano Atlántico, al oeste del continente africano y en el eje de la franja subtropical, le confiere unos rasgos climáticos muy característicos y completamente distintos al clima peninsular. El clima del Archipiélago adquiere esas características tan representativas como consecuencia a la interacción de dos factores que actúan a distinta escala. Por un lado, el factor geográfico, pues la orografía de las islas las dota de un relieve muy abrupto, con costas y zonas litorales bañadas por una corriente oceánica fría y próximas a un continente. Por otro lado, el clima se encuentra altamente influenciado por la dinámica atmosférica subtropical.

### 2. 1.- La latitud

La latitud entendida como la proximidad al Ecuador, es uno de los factores principales a gran escala que influencia el clima, debido a que determina en rasgos generales una mayor o menor temperatura. En el caso de las Islas Canarias, el archipiélago se sitúa entre las latitudes 28° y 29° al norte del Ecuador. Por tanto, esta situación próxima al trópico de Cáncer debiera de dotar a las islas en principio de una

temperatura mayor. Sin embargo, las temperaturas alcanzadas no son tan elevadas por la influencia que los vientos alisios tienen en la dinámica climática.

### 2. 2.- Los vientos Alisios

Debido a la situación latitudinal y a la cercanía respecto del anticiclón de las Azores, las Islas Canarias se ven afectadas casi todo el año por los vientos Alisios.

Estas corrientes de vientos constantes soplan desde las zonas polares de ambos hemisferios hacia las zonas ecuatoriales, causadas por el gradiente de presiones que aparece entre estas zonas. En el caso específico de las Canarias, las corrientes parten desde el paralelo 30°N hacia el Ecuador, atravesando las Islas a su paso. Los vientos aportan grandes beneficios, debido a que aportan humedad y uniformidad de temperatura.

Los vientos presentan en Canarias dos componentes. Por un lado, encontramos vientos alisios superiores (por encima de 1500 m), cálidos, secos y que son fruto de la circulación general del oeste en altura. Por otro lado, se encuentran los vientos alisios inferiores, caracterizados por ser frescos y húmedos, procedentes del norte y noreste que actúan entre el nivel del mar y los 1500 m.

La dirección y velocidad de las corrientes de viento se modifican cuando se topan con el Archipiélago, debido a que las islas presentan un obstáculo en su recorrido.

Los Alisios varían en intensidad a lo largo del año de acuerdo con el desplazamiento que sufre el anticiclón de las Azores. Durante el invierno, el anticiclón se sitúa cerca de las islas. Al reducir la distancia relativa entre sus posiciones, se reduce también la intensidad de las corrientes de viento. Contrariamente, en verano, el anticiclón se aleja de las Canarias y esto facilita que los alisios en un recorrido más largo recojan más humedad, formando nubes e incrementando la intensidad de su efecto en el clima de las islas.

### 2. 3.- La inversión térmica

Las diferencias tanto respecto de la humedad o contenido de agua del aire como de la temperatura entre los vientos alisios superiores e inferiores provocan un efecto conocido como inversión térmica. La consecuencia directa de este efecto es que no siempre a mayor altitud la temperatura va a ser más baja o el viento va a ser más húmedo. Esto implica que, a unos 2000 m de altitud, por encima de la zona de inversión, donde se actúan los vientos alisios superiores, se registran temperaturas más altas y aire más seco. Mientras, por debajo de la zona de inversión, las temperaturas son más bajas y el aire tendrá mayor humedad.

### 2. 4.- Mar de nubes

Los vientos alisios inferiores (fríos y secos) se cargan de humedad y aumentan su humedad según fluyen sobre el océano hacia el sur. Cuando los alisios se chocan con las vertientes norte de las montañas, estos inician un ascenso por las laderas. Al aumentar su elevación, se condensan y aumenta su humedad. Sin embargo, la circulación de los vientos alisios superiores, más templados y ligeros, impiden este ascenso por encima de los 1500 – 1600 m lo que provoca una condensación aún mayor y dan lugar a la formación de “mares de nubes”. Las lluvias locales que estas nubes pueden provocar son una de las razones principales tras las diferencias de paisaje tan notables entre las vertientes norte y sur de las islas. Asimismo, la formación de nubes atenúa las temperaturas de las localidades situadas bajo ellas, impidiendo además que la humedad se escape hacia capas superiores.

### 2. 5.- Corriente oceánica fría

La existencia de una corriente oceánica fría es el factor geográfico principal que explica la estabilidad atmosférica del archipiélago. Esta región se localiza en una zona afectada por una circulación oceánica

fría causada por el descenso (en paralelo a las costas de Portugal y Marruecos) de la rama meridional de la corriente oceánica de El Golfo. La temperatura de las aguas de esta corriente es más fría que lo que le correspondería por latitud, debido al efecto de *upwelling* que tiene lugar por la retirada hacia el oeste de agua superficial provocada por los vientos alisios.

Además, la corriente fría provoca el enfriamiento del aire en contacto con la superficie marina, y por tanto se reduce la formación de nubes de lluvia.

Otro de los efectos que tiene la corriente fría es que previene especialmente a las islas más orientales y las zonas costeras del aire sahariano, reduciendo así la intensidad del calor de estas zonas.

### 2. 6.- Proximidad al continente africano

La proximidad del archipiélago a la costa oeste del continente africano tiene únicamente como consecuencia climática la llegada esporádica de masas de aire cálidas y secas. Estas masas de aire dan lugar a días de calor muy intenso y provocan cambios bruscos en el tiempo. Además, los vientos pueden arrastrar polvo desértico desde el continente hasta las islas, lo que causa un fenómeno conocido como calima.

### 2. 7.- El relieve

Como se ha mencionado anteriormente, el relieve de las islas es complejo y varía de manera significativa de una isla a otra. La altitud y orientación del relieve son responsables de las diferencias en la distribución espacial de los elementos climáticos (nubosidad, temperatura y precipitación). Además, el relieve actúa como obstáculo en la trayectoria de flujo de los vientos, proporcionando un desigual reparto de humedad y temperaturas. Causado por el relieve se puede distinguir entre islas bajas y altas y vertiente barlovento (norte) o sotavento (sur).



Por tanto, por la localización y por los factores mencionados, es muy difícil describir la dinámica climática de las islas como una sola. Es por ello, que la palabra microclima es habitualmente empleada para describir la climatología de las Islas Canarias.

### 3.- Termometría

La característica general del clima canario es su condición térmica suave. Las temperaturas más elevadas se localizan en las vertientes sur de cada una de las islas. En estas zonas, la media anual es mayor a 20 °C. Sin embargo, y especialmente en las islas en las que se encuentran picos montañosos o elevaciones considerables, la temperatura se verá afectada por la formación de mares de nubes y cuanto mayor es la altitud, menor es la temperatura anual media. En Tenerife, en las Cañadas del Teide, la temperatura anual media desciende hasta los 5 °C.

Como se ha mencionado, los resultados obtenidos a partir del estudio de la termometría de las islas dependen de la vertiente en la que este se lleve a cabo. La vertiente norte (lado de barlovento) está expuesta a los vientos alisios. Respecto de la altitud, pueden diferenciar tres zonas principales con diferentes características termométricas distintas.

En zonas muy bajas (hasta 200 m de altitud) la temperatura está influenciada por la brisa marina. Por consiguiente, son escasas las oscilaciones térmicas y la temperatura media varía entre los 19 °C a los 23 °C. En zonas bajas (200 – 600 m de altitud) se reduce la influencia de las dinámicas marinas sobre el clima y las temperaturas sufren una oscilación mayor, situándose las medias entre los 16 °C y los 21 °C. En cuanto a la zona media (altitudes entre 600 y 1500 m) y clima es más frío y húmedo que en las zonas anteriores y las temperaturas oscilan entre 12 °C y 16 °C. Finalmente, en las zonas altas (altitudes mayores a 1500 m) existe una gran oscilación térmica entre el día y la noche. La temperatura media anual es de 9 °C y con frecuencia las temperaturas son inferiores a los 0 °C.

En la vertiente opuesta, vertiente sur de las islas (lado de sotavento), el clima no está directamente afectado por los vientos alisios. En esta vertiente, de igual manera, pueden diferenciarse también 3 zonas de condiciones climáticas distintas de acuerdo con su elevación.

En zonas bajas, franja costera, la aridez es mayor que la de la vertiente norte y ocurre una mayor oscilación de las temperaturas. En la zona media, el clima varía dependiendo de los temporales del Sur y podría asemejarse al clima mediterráneo de la Península. Finalmente, la zona alta es muy similar en ambas vertientes y la termometría se caracteriza por grandes oscilaciones térmicas.

Se muestran en las figuras a continuación la evolución de la temperatura media a lo largo del año para Santa Cruz de Tenerife (ciudad situada a escasos 10 km del lugar de estudio) y la distribución de las temperaturas máximas y mínimas.

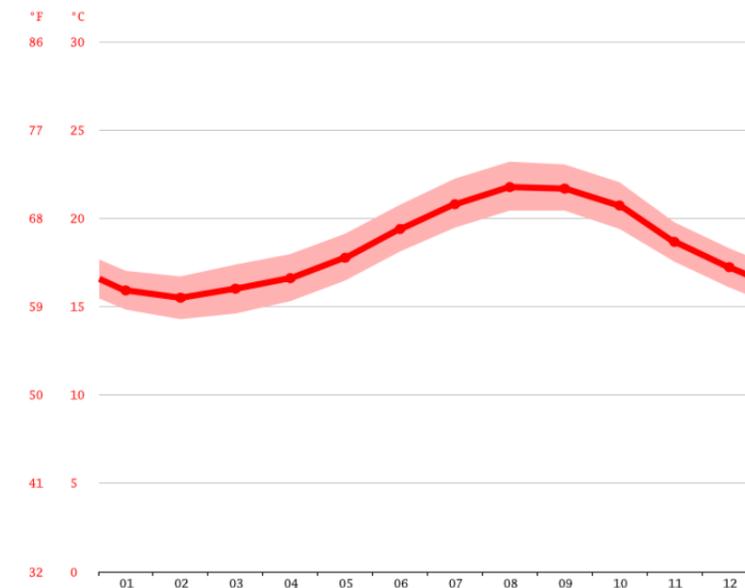


Ilustración 53: Termometría media de Santa Cruz de Tenerife

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	15.9	15.5	16	16.6	17.8	19.4	20.8	21.8	21.7	20.7	18.7	17.2
Temperatura min. (°C)	14.8	14.3	14.6	15.3	16.5	18.1	19.5	20.4	20.4	19.4	17.5	16.1
Temperatura máx. (°C)	17	16.7	17.4	18	19.1	20.8	22.2	23.2	23	22	19.8	18.3
Precipitación (mm)	30	31	29	20	12	11	15	12	14	30	37	40
Humedad(%)	71%	72%	74%	73%	74%	78%	79%	79%	77%	76%	72%	71%
Días lluviosos (días)	5	5	5	4	3	2	4	2	2	5	6	6

Ilustración 54: Características climáticas mensuales en Santa Cruz de Tenerife

Se muestra en la figura a continuación un climograma en el que se representa la precipitación mensual y temperatura media a lo largo de un año para Santa Cruz de Tenerife. Puede apreciarse como la menor precipitación ocurre en junio, con un valor promedio de 11 mm y diciembre recoge las mayores precipitaciones, con un valor promedio de 40 mm.

#### 4.- Pluviometría

A grandes rasgos, el clima de las Islas se caracteriza por unas precipitaciones muy escasas e irregulares, especialmente en las zonas bajas (menos de 300 mm), debido al predominio del Anticiclón de Las Azores. En las zonas medias de medias las precipitaciones pueden llegar a los 800-1.000 mm en las vertientes de barlovento expuestas a los vientos alisios húmedos y constantes. Es en este sector donde se produce el estancamiento del mar de nubes. Mientras que en las vertientes de sotavento esta cantidad pluviométrica se reduce bastante a consecuencia de la desaparición del mar de nubes. En la zona de cumbres, principalmente en las islas de mayor altitud la precipitación se reduce hasta 400 mm, pudiendo presentarse en ocasiones en forma de nieve.

En aquellas zonas donde las precipitaciones son más habituales, estas pueden suponer un riesgo climático importante, ya que se puede producir precipitaciones de fuerte intensidad que pueden llegar a catalogarse como lluvias torrenciales en algunos casos.

En cuanto a la distribución temporal de la lluvia en Canarias, las precipitaciones son más intensas a finales del otoño y durante el invierno. Asimismo, los eventos de precipitación son muy escasos durante el verano, lo que lo convierte en la estación más seca del año. Además, una característica muy importante de la pluviometría canaria es su irregularidad interanual.

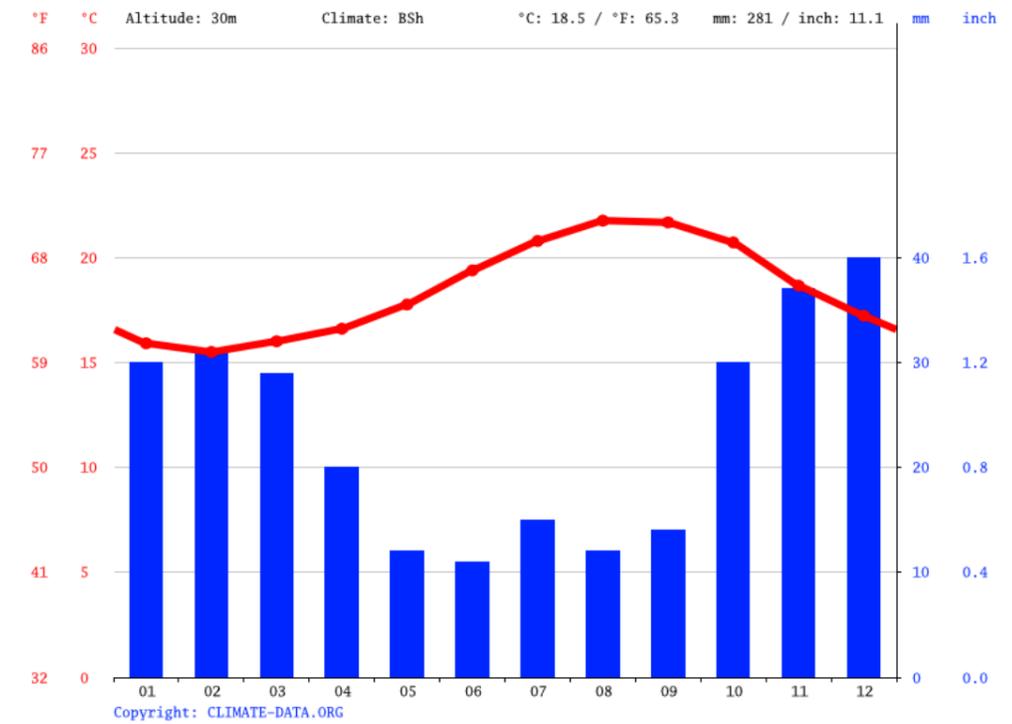


Ilustración 55: Climograma de Santa Cruz de Tenerife



## 5.- Viento

El estudio del viento en la construcción de obras marítimas es de gran importancia, debido a que influencia significativamente las características del oleaje, incrementando la altura de ola. Además, los vientos afectan de manera considerable la operatividad y constructividad por la influencia que tienen sobre el manejo de cierta maquinaria.

Estudios realizados determinan que en la franja litoral el viento no supera los 90 km/h aunque varían significativamente dependiendo del punto en el que se realizan las mediciones a causa del efecto que la forma del litoral y procesos como la canalización o la formación de turbulencias tiene sobre este.



## ANEJO Nº8 - ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Formación del Archipiélago canario	3
3.- Formación de Tenerife	4
4.- Actividad volcánica de Tenerife	5
5.- Litología y estratigrafía de San Andrés	6
6.- Geotecnia	10
7.- Conclusión	11



## 1.- Introducción

En este anejo se describen las características principales del ámbito físico general de Tenerife, así como el ámbito físico de manera localizada en las proximidades de San Andrés. Se llevará a cabo una descripción de aspectos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos, debido a que todos ellos son imprescindibles para asegurar la viabilidad de una obra. Es necesario conocer las características de los materiales que forman el suelo, para poder así determinar su capacidad portante, resistencias y proceso constructivo más adecuado.

## 2.- Formación del Archipiélago canario

En la actualidad, ha quedado demostrado mediante diversas teorías inmersas en la dinámica global de la tectónica de placas que, las Islas Canarias tienen origen volcánico. Sin embargo, aunque existe consenso en el aspecto volcánico del origen de las islas, hay diversas teorías que intentan explicar el proceso concreto de formación y evolución de estas. La falta de consenso se ve motivada por las especiales características geológicas y geomorfológicas que posee el archipiélago.

El archipiélago se localiza en el océano Atlántico a escasos 100 km de borde litoral del Sahara. Esto implica que se sitúa sobre la placa africana, en una zona intraplaca entre la corteza continental y la oceánica. Esta situación espacial característica es la causa principal de la discusión en torno al origen de las islas. En la actualidad, existen 4 teorías principales que intentan explicar los procesos que han originado las islas.

- Teoría de los bloques levantados: según esta hipótesis (Saavedra et al. 1976) las islas se formaron hace 40 millones de años debido al choque entre la placa africana y la euroasiática. Los movimientos de compresión causados en el choque provocaron la fractura de la corteza oceánica en sus puntos más débiles, dando lugar al levantamiento de bloques que conformarían la base de cada una de las islas. Según esta hipótesis una vez cesó el movimiento de las placas

litosféricas, se originó el ascenso del magma a través de las fracturas. Por tanto, las islas se formaron por la sucesión de una fase de vulcanismo submarino (que formó el complejo basal) y otra de vulcanismo subaéreo.

- Teoría del punto caliente: esta teoría (Wilson T.) argumenta que los archipiélagos de intraplaca están producidos por una fuente de magma conocido como *hot spot* o punto caliente. Esta hipótesis explica que estos puntos calientes se encuentran situados en el manto terrestre, a mayor profundidad que las placas litosféricas y que al producirse su ascenso, se expulsan al exterior y forman una isla. Tras ello, una vez en superficie, las islas se alejan del punto de emisión por el desplazamiento de la placa africana de oeste a este.
- Teoría de la fractura propagante: esta hipótesis (Anguita F. y Hernán F. 1975) relaciona la formación de las Islas Canarias con la formación de la falla del Atlas Meridional. Esta falla se formó por el choque de la placa africana y la euroasiática y se cree que se propagó hacia el oeste a través del fondo oceánico. Esta falla daría lugar al ascenso puntual de magma.
- Teoría de los empujes ascensionales: esta teoría es muy similar a la de los empujes ascensionales, pero en vez de bloques levantados el material que emerge a la superficie es simplemente magma.

La formación del archipiélago se ha dado en diferentes ciclos volcánicos que se han desarrollado desde el Cretácico inferior hasta la actualidad. Estos ciclos pueden agruparse en tres series de acuerdo con la edad y características de los materiales: series volcánicas submarinas, series miocenas y series plio-pleistocenas. La primera serie hace referencia al vulcanismo bajo la superficie marina y las dos últimas al vulcanismo subaéreo que dio lugar a la superficie emergida.

Asimismo, las islas se organizan en tres ejes o directrices estructurales principales, que tienen dirección noroeste-sureste (agrupa La Palma, Tenerife y Gran Canaria), noreste-suroeste (une Tenerife, La Gomera y el Hierro) y noreste-suroeste (conecta Lanzarote y Fuerteventura).

Respecto de los ciclos temporales mencionadas anteriormente, las series submarinas tuvieron lugar hace unos 40 millones de años. La acción volcánica de este ciclo formó el Complejo Basal que constituye la base de las islas. A partir de estas erupciones se formaban lavas almohadilladas (*pillow*

*lavas*) que tras enfriarse rápidamente por el contacto con el agua obtenían una forma muy característica. Después, en las series volcánicas miocenas comenzaron las primeras emisiones de materiales de proyección aérea. Durante esta época se dieron erupciones fisurales a partir de los principales ejes estructurales de cada isla (en direcciones noroeste-sureste y noreste-suroeste). Se considera que estas erupciones fueron tranquilas, con escasa explosividad y con predominancia de derrames lávicos de naturaleza basáltica. Estos derrames se acumularon creciendo en altura y formando los macizos antiguos de las islas. En el caso de Tenerife, se formaron los macizos de Adeje, Teno y Anaga.

Tras los ciclos submarinos hubo un periodo de inactividad (duración aproximada de 2 millones de años) que causó la erosión de parte del relieve que se había formado anteriormente. La actividad volvió tras esta pausa con las series volcánicas pio-pleistocenas. Este ciclo se caracteriza por las emisiones de materiales de mayor diversidad, apareciendo además de lavas basálticas, materiales de naturaleza sálica importante. La acumulación de los materiales emitidos durante esta época da lugar al aspecto actual del Archipiélago, excepto por formas que se generan por procesos erosivos o por deslizamientos.

### 3.- Formación de Tenerife

Tenerife es la única isla del archipiélago en la que intervienen los tres ejes o directrices previamente mencionados. Por tanto, es una de las islas que mayor actividad volcánica ha registrado.

Tenerife puede entenderse como un edificio volcánico que se levanta independientemente desde el fondo oceánico (situado en esta zona a una profundidad mayor a 3000 m). Se estima que la isla comenzó a formarse hace 10-15 millones de años, por la acumulación sucesiva de materiales siguiendo el proceso de formación comentado anteriormente para el archipiélago en su totalidad.

En el caso de Tenerife, durante la primera etapa subaérea, algunos autores creen que primero surgieron tres islotes independientes (Anaga, Teno y Adeje) y otros creen que el bloque emergido ya

constituía el grueso del volumen actual de la isla. Sea cual fuere la distribución de estos bloques, todos ellos forman la Serie Basáltica Antigua o Serie I. Estos macizos están predominantemente formados por materiales de origen basáltico y pueden alcanzar los 1000 m de altura en algunos puntos. Sin embargo, y de manera significativa en el macizo de Anaga, existen afloramientos puntuales de magmas sálicos.

Durante el periodo de inactividad, se crearon gran parte de los barrancos de Tenerife.

Finalmente, en la tercera fase de formación, la cual se restringe a la zona central de la isla, tiene lugar las denominadas Series Recientes (II, III y IV) o Postmiocenas. En los macizos antiguos durante esta época la actividad volcánica tiene un carácter esporádico (con erupciones cuaternarias en zonas como la punta de Teno, Buenavista y El Palmar en el macizo de Teno y la Punta del Hidalgo en el macizo de Anaga. Por consiguiente, lo que predomina en estas zonas durante este periodo son los procesos erosivos.

El vulcanismo de las Series Recientes comenzó hace aproximadamente 3 millones de años, generando una gran estructura en la zona central de la isla. Esta estructura, conocida como Edificio Pre-Cañadas tiene unos 2300 m de altitud y 23 km de diámetro y sobre sus restos se levantaron posteriormente el Edificio Cañadas I y el Edificio Cañadas II. Se estima que esta última estructura pudo alcanzar los 5000 m de altitud, pero debido a su inestabilidad (por la relación altitud-plataforma insular) ha sido progresivamente destruido por deslizamientos gravitacionales.

Durante estos deslizamientos, se inició la construcción de la Cordillera Dorsal (Dorsal de Pedro Gil), la cual está principalmente formada por materiales basáltico que dan lugar una estructura a dos aguas que separa la vertientes norte y sur de la isla. Esta es la mayor dorsal de todo el archipiélago, con 25 km de longitud y 1600 m de altura, superando en algunos puntos 2200 m de altitud.

Finalmente, tras la formación de la dorsal, hace unos 200000 años, comenzaron las erupciones que originarían el estratovolcán Teide-Pico Viejo. Este volcán reúne materiales de diferente naturaleza y alcanza los 3718 m de altitud.



Después de su formación, el vulcanismo de composición traquibasáltica y traquítica rellenó parcialmente la depresión de La Caldera y a partir del estratovolcán, surgieron lavas que se derramaron en todas direcciones. Es en esta época también en la que tuvieron lugar actividades hidromagmáticas especialmente importantes en el sur.

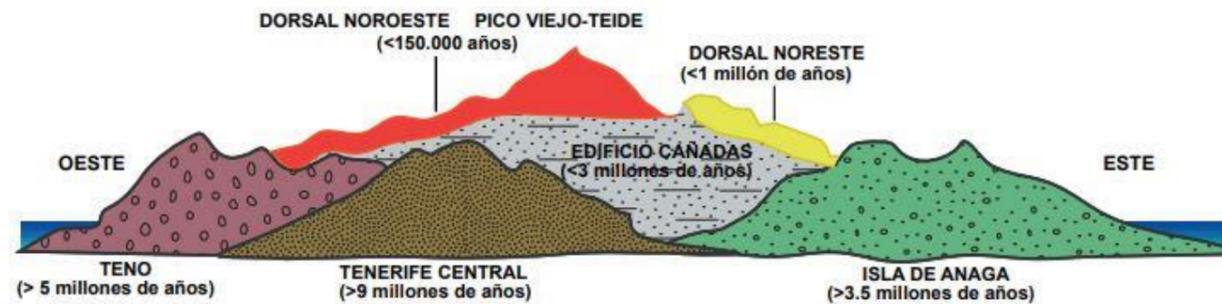


Ilustración 56: Estructura volcánica de la isla de Tenerife

#### 4.- Actividad volcánica de Tenerife

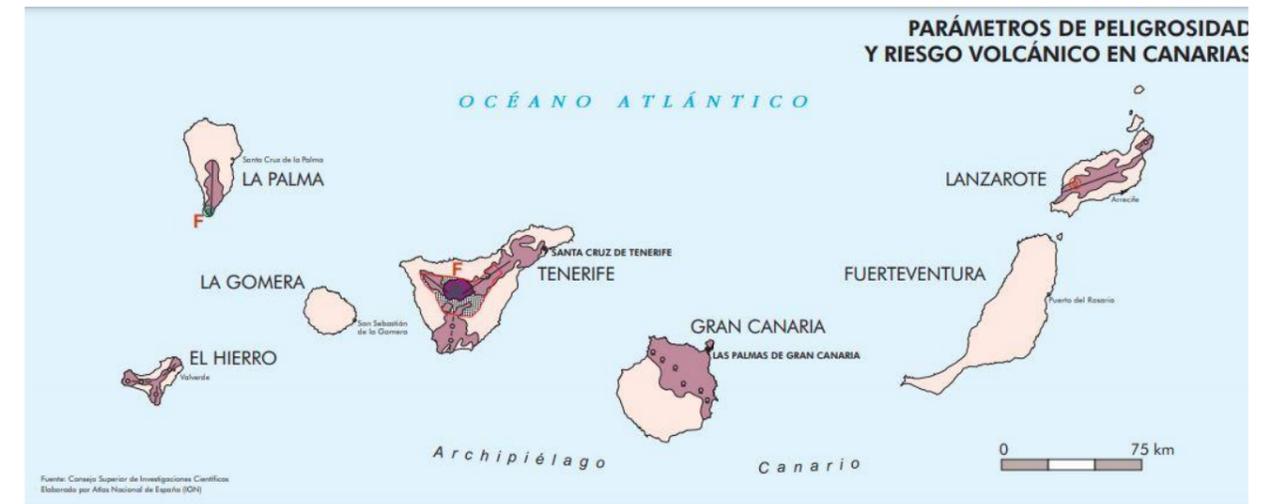
Debido a la significativa actividad volcánica de Tenerife, se pueden reconocer en la isla diferentes estructuras volcánicas. Entre ellos destacan los volcanes escudos, estratovolcanes, calderas, mares, anillos y conos de tobas, domos y conos de escorias. Además, cabe resaltar que pueden encontrarse hasta 297 volcanes basálticos monogénicos.

Las erupciones volcánicas históricas son aquellas que han quedado registradas y documentadas por el hombre a lo largo de la historia, y en Canarias, el periodo abarca los últimos 500 años. Durante este tiempo, no en todas las islas se ha producido actividad, tan sólo en El Hierro, Lanzarote, Tenerife y La Palma se han conocido erupciones volcánicas.

Con respecto a Tenerife, se han registrado erupciones volcánicas en 1492 (observada por Cristóbal Colón en las proximidades de la cumbre del Teide), entre 1704 y 1705 (erupciones del volcán de Siete

Fuentes, volcán de Fasnia y volcán de Arafo), en 1706 (erupción del volcán de Arenas Negras), en 1798 (volcán de Chahorra) y el último registro data de 1909 (erupción del volcán Chinyero).

En las imágenes a continuación se muestran un mapa (creado por el Instituto Geográfico Nacional, IGN) de la distribución de riesgo volcánico en el archipiélago canario y un mapa generado a nivel regional del riesgo total volcánico (obtenido del Graftan).



- Área de máxima probabilidad de localización de centros eruptivos de moderada explosividad (vulcanismo ácido asociado al complejo Teide)
- Área de máxima probabilidad de localización de centros eruptivos efusivos (vulcanismo basáltico fisural)
- Área de concentración más o menos difusa de gases magmáticos en galerías subterráneas
- Eje estructural vulcano-tectónico, activo en época histórica (menos de 500 años)
- Eje estructural, en época reciente (hasta unos centenares de miles de años)
- Eje estructural poco definido en época reciente
- F Fumarolas
- Zonas con anomalías térmicas superficiales
- Zonas con fuertes anomalías térmicas superficiales (600°C)

Ilustración 57: Parámetros de peligrosidad y riesgo volcánico en Canarias (IGN)



Ilustración 58: Mapa de riesgo volcánico (Grafcan)

En ambos mapas, puede observarse como la localidad de San Andrés, se encuentra en una zona catalogada con un riesgo volcánico bajo.

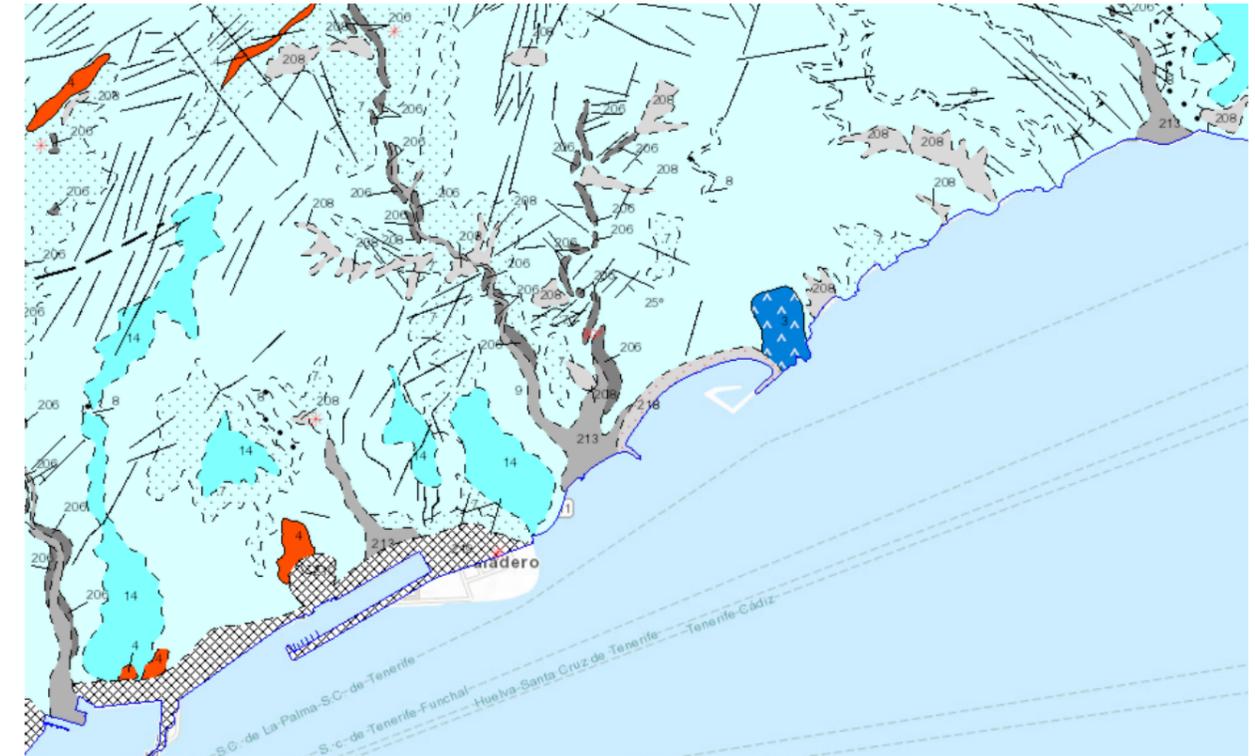


Ilustración 59: Mapa geológico nacional a escala 1:25.000

## 5.- Litología y estratigrafía de San Andrés

Para poder realizar el estudio geológico de la zona de San Andrés, es necesario recurrir a los mapas geológicos a escala 1:25000 proporcionados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Desde el portal de dicho Instituto se han obtenido del Magna50 las páginas 1097 (5-60) Punta Anaga y 1105 (5-61) Santa Cruz de Tenerife. El municipio de San Andrés se encuentra dividido en ambas hojas.

Los mapas utilizados en este anejo pertenecen a la serie antigua, que se estima de suficiente calidad para realizar el estudio a falta de información más reciente.



Código de unidad	Descripción de unidad geológica	Edad de unidad geológica
9	Coladas basálticas con niveles piroclásticos subordinados	Mioceno Superior
208	Depósitos de ladera y conos de deyección	Holoceno – Pleistoceno Superior
3	Intrusivos básicos	Indiferenciado
218	Playas de arenas y cantos	Holoceno
213	Depósitos aluviales y de fondo de valle	Holoceno
206	Aluviales antiguos y terrazas (Anaga)	Pleistoceno Superior
14	Coladas intermedias y fonolitas máficas	Plioceno Inferior – Mioceno superior
219	Antrópico	Holoceno
7	Centros de emisión estrombolianos	Mioceno Superior
4	Roques fonolíticas	Indiferenciado
8	Piroclastos de dispersión	Mioceno Superior

Tabla 2: Identificación de las unidades geológicas del mapa geológico a escala 1:25000



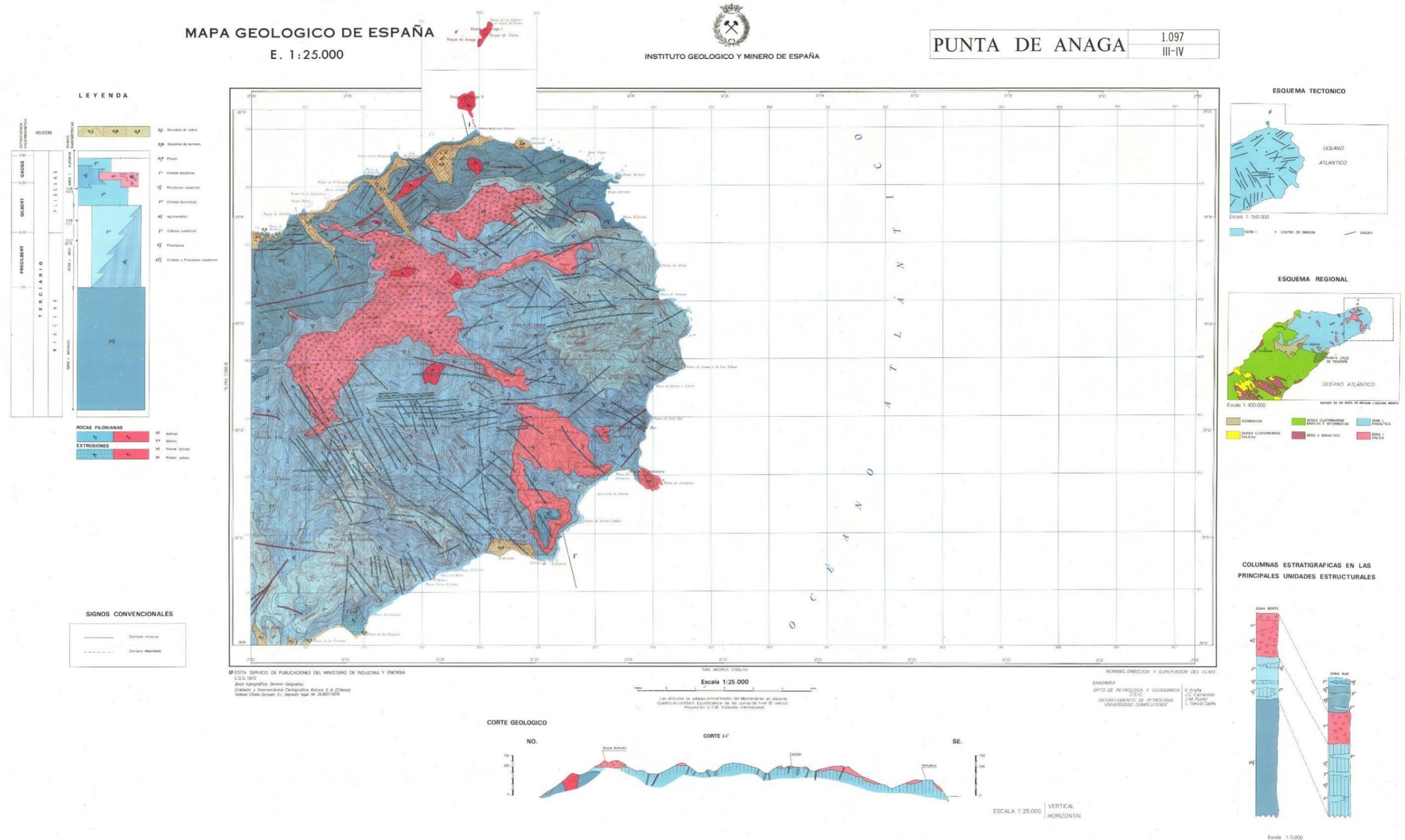


Ilustración 61: Mapa geológico nacional Magna50 a escala 1:25000, página 1097 - Punta de Anaga



La zona Sur de la isla está formada principalmente por series Cuaternarias básicas, intermedias y sálicas, con intrusiones de series II basálticas. Sin embargo, la parte más septentrional es fundamentalmente basáltica I. El municipio de San Andrés se sitúa en una zona constituida por sedimentos. Estos sedimentos, según lo indica la leyenda, de la época del Holoceno, corresponden a derrubios de ladera. Mayoritariamente los sedimentos se localizan en el fondo de los barrancos, especialmente en el curso bajo, donde hay depósitos de cantos rodados de las rocas volcánicas que afloran en la cuenca. En los depósitos de sedimentos, se encuentran gravas, arenas, arcillas y limos de colores variados, generados por aguas de arroyos. En las zonas cercanas a los depósitos sedimentarios, se localizan zonas superficiales de coladas intermedias y fonolitas máficas del Plioceno y coladas basálticas con niveles piroclásticos del Mioceno.



Ilustración 62: Mapa geotécnico de la zona de San Andrés (Grafcan)

## 6.- Geotecnia

Desde el portal del Grafcan puede accederse a los mapas de unidades geotécnicas y distribución espacial de los terrenos clasificados según el Código Técnico de Edificación (CTE).

La zona de la localidad de San Andrés se cataloga, como puede verse en los mapas geotécnicos y mapa de recomendaciones el Código Técnico de Edificación mostrados a continuación, como una zona de tipo unidades geotécnicas tipo VII y zona T3 – Terrenos desfavorables.

La unidad geotécnica VII se caracteriza por estar formada de depósitos aluviales y coluviales que se extienden a lo largo de los tramos inferiores y zonas de desembocadura del fondo de los fondos de barranco. Ocasionalmente, estos materiales pueden aparecer a cotas superiores como consecuencia del encajamiento de dichos barrancos.



Ilustración 63: Detalle del mapa geotécnico de la zona de San Andrés (Grafcan)



- ☐ Código Técnico Edificación
- T1. Terrenos favorables
  - T2. Terrenos intermedios
  - T3. Terrenos desfavorables
  - T1-T3. Terrenos favorables o desfavorables

Ilustración 64: Mapa geotécnico según especificaciones del Código Técnico de Edificación (Grafcan)

## 7.- Conclusión

Con todo lo mencionado anteriormente, puede concluirse que la localización donde se va a construir el dique no está afectada por un alto riesgo volcánico. Sin embargo, las condiciones geotécnicas del suelo no son las más apropiadas, debido a que el suelo está formado por cantos rodados de origen volcánico de tamaño considerable y por consiguiente es bastante inestable. De acuerdo con el código técnico de edificación, el terreno es desfavorable para llevar a cabo construcciones. No obstante, y debido a que estructuralmente un dique en talud es bastante sencillo, se espera no tener grandes problemas o no tener la necesidad de llevar a cabo procedimientos de alto coste durante la etapa de construcción de la obra.



## ANEJO Nº9 - ESTUDIO SÍSMICO



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Consideraciones generales de la norma	3
2. 1.- Clasificación de las construcciones	3
2. 2.- Parámetros del cálculo sísmico	3
2. 3.- Criterios de aplicación de la norma	5
3.- Conclusiones	5

## 1.- Introducción

En este anejo se lleva a cabo un estudio sísmico con el objetivo de definir la normativa sismorresistente y aplicar criterios de diseño antisísmico con el fin de asegurar la estabilidad estructural de la obra marítima a construir. Asimismo, se realiza una primera evaluación de las consecuencias que eventos sísmicos pudieran acarrear.

A lo largo de este anejo, se aplica la norma sismorresistente de la construcción española NCSE-02 aprobada por el real decreto RD 997/2002 el 27 de septiembre de 2002 publicada posteriormente en el BOE (Boletín Oficial del Estado) el 11 de octubre de ese mismo año.

## 2.- Consideraciones generales de la norma

La norma NCSE-02 extiende su aplicación a todos los proyectos y obras de construcción relativos a la edificación, y, en lo que corresponda a los demás tipos de construcciones, en tanto no se aprueben para los mismos normas o disposiciones específicas con prescripciones de contenido sismorresistente (BOE num. 244).

El principal objetivo de la norma es evitar la pérdida de vidas humanas y reducir el daño y coste económico asociado que puedan causar eventos sísmicos. Asimismo, la norma no excluye prestaciones mayores que el promotor pudiera exigir.

### 2. 1.- Clasificación de las construcciones

A efectos de la norma, las estructuras o edificaciones se clasifican de acuerdo con los daños que pudieran causar su destrucción, siendo esto independiente al tipo de obra de que se trate. Las construcciones pueden ser:

<b>De importancia moderada</b>	Son aquellas estructuras que tienen una probabilidad despreciable de que su destrucción pueda ocasionar víctimas, producir daños económicos significativos a terceros o interrumpir un servicio primario.
<b>De importancia normal</b>	Son aquellas estructuras cuya destrucción por un terremoto pueda dar lugar a víctimas, producir importantes pérdidas económicas o interrumpir un servicio colectivo, sin ser este imprescindible ni pueda causar efectos catastróficos.
<b>De importancia especial</b>	Son aquellas estructuras cuya destrucción por terremoto ocasione efectos catastróficos o interrumpa un servicio imprescindible. Bajo esta clasificación se agrupan hospitales y demás instalaciones sanitarias, edificios básicos de comunicaciones, centros de organización y coordinación de funciones para casos de desastre, construcciones de suministros, vías de comunicación, monumentos históricos entre otros.

La estructura diseñada en este proyecto puede clasificarse como de importancia moderada, debido a que no es probable que su destrucción a causa de un terremoto cause víctimas mortales, daños económicos significativos o la interrupción de un servicio de gran importancia.

### 2. 2.- Parámetros del cálculo sísmico

La peligrosidad sísmica se define utilizando el mapa de peligrosidad sísmica de territorio nacional. En el mapa se expresa, en relación con el valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica y el coeficiente de contribución. Este mapa se aprecia en la figura a continuación:

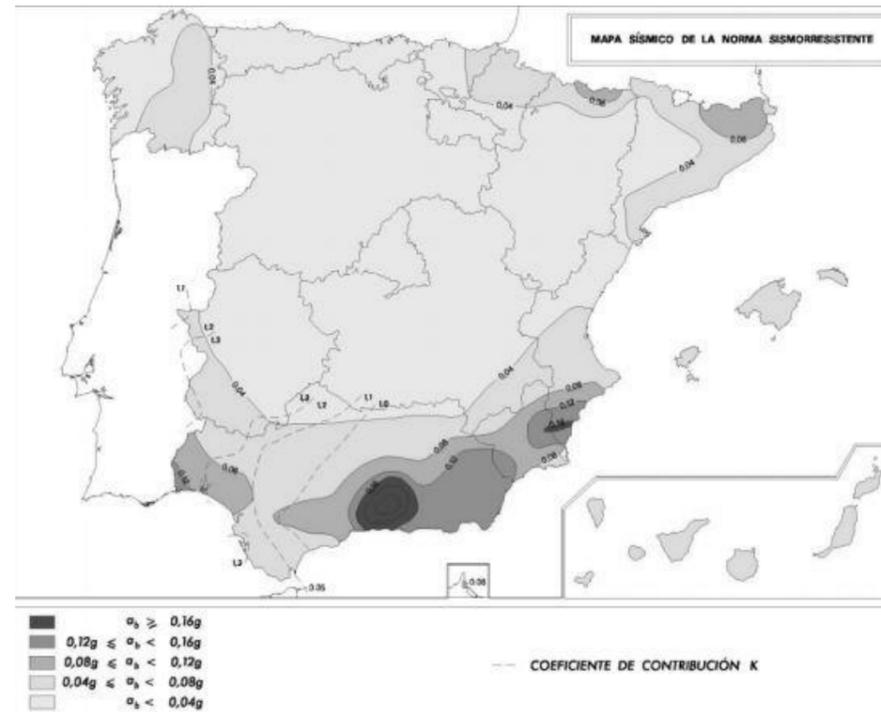


Ilustración 65: Mapa de peligrosidad sísmica

Dicha aceleración se entiende como un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno y el coeficiente considera la influencia de los distintos tipos de terremotos en la peligrosidad sísmica en cada punto.

La aceleración sísmica de cálculo puede obtenerse como:

$$a_c = S \times \rho \times a_b$$

Donde:

$a_b$  es la aceleración sísmica básica.

$\rho$  es el coeficiente adimensional de riesgo. Expresa la probabilidad aceptable de que se exceda el valor de la aceleración sísmica de cálculo  $a_c$  a lo largo e la vida útil de una determinada construcción.

En construcciones de importancia normal se toma un valor  $\rho = 1.0$  y en construcciones de importancia especial valor de  $\rho = 1.3$ .

S es el coeficiente de amplificación del terreno que toma los siguientes valores:

$$\text{Para } \rho \times a_b \leq 0.1 g$$

$$S = \frac{C}{1.25}$$

$$\text{Para } 0.1 g \leq \rho \times a_b \leq 0.4 g$$

$$S = \frac{C}{1.25} + 3.33 \left( \rho \times \frac{a_b}{g} - 0.1 \right) \left( 1 - \frac{C}{1.25} \right)$$

$$\text{Para } 0.4 g \leq \rho \times a_b$$

$$S = 1.0$$

Siendo C el coeficiente de terreno que depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación. El valor de este coeficiente viene detallado en el apartado 2.4 de la norma, en la cual los terrenos se clasifican según:

<b>Terreno tipo I</b>	Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas de cizalla o elásticas transversales, $V_s > 750$ m/s.
<b>Terreno tipo II</b>	Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas de cizalla o elásticas transversales, $750 \text{ m/s} \geq V_s > 400 \text{ m/s}$ .
<b>Terreno tipo III</b>	Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas de cizalla o elásticas transversales, $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200 \text{ m/s}$ .
<b>Terreno tipo IV</b>	Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas de cizalla o elásticas transversales, $V_s \leq 200$ m/s.

A cada uno de estos terrenos se les asigna el valor del coeficiente C según lo expresado en la siguiente tabla:

Tipo de terreno	Valor de C
I	1.0
II	1.3
III	1.6
IV	2.0

### 2. 3.- Criterios de aplicación de la norma

La aplicación de la norma es obligatoria en todas las construcciones excepto:

- Construcciones de importancia moderada.
- Edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0.04 g.
- En construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0.08 g. Sin embargo, la norma deberá aplicarse en los edificios de más de 7 plantas si la aceleración sísmica de cálculo es igual o mayor a 0.08 g.

### 3.- Conclusiones

De acuerdo con la localización del proyecto y su clasificación según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), no es necesario realizar un estudio sísmico para el desarrollo de la construcción. Esta decisión puede legitimarse por lo expresado en el apartado 2.3 de este anejo

referente a los criterios de aplicación de la norma. Debido a que, la estructura ha sido clasificada como de importancia moderada y la aceleración sísmica básica en el enclave se estima menor a 0.4 g.

Asimismo, para comprobar y asegurar con total certeza que un estudio sísmico más extenso no es necesario, se ha analizado y se muestra a continuación el mapa de intensidad sísmica de Tenerife. Este mapa ha sido obtenido a partir del visor del Grafcan y clasifica las localidades de la isla según un código de colores atendiendo a su intensidad sísmica.

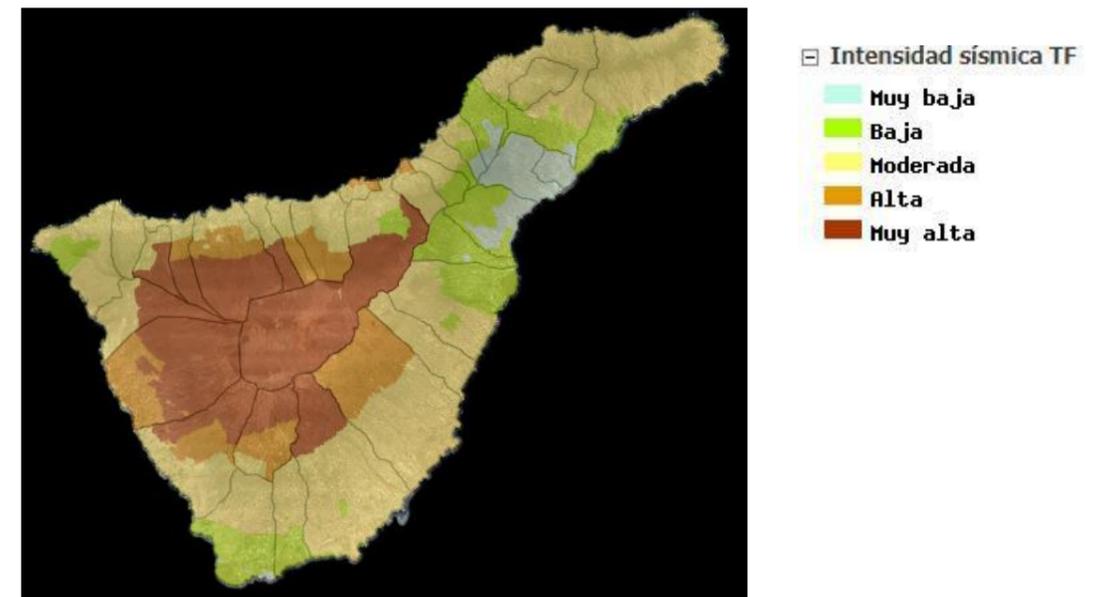


Ilustración 66: Mapa de intensidad sísmica de la isla de Tenerife (Grafcan)

Como puede observarse, San Andrés se sitúa en una zona de intensidad sísmica baja, y por tanto se confirma que no es necesario tomar precauciones especiales en el proyecto.



## ANEJO Nº10 - DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Limitaciones de diseño	3
2. 1.- Caudal de rebase de la avenida marítima	3
2. 2.- Altura de ola máxima admisible	4
3.- Planteamiento de estrategias	4
3. 1.- Conclusiones de las estrategias	7
4.- Planteamiento de alternativas	7

## 1.- Introducción

Tanto con la descripción de los eventos de inundación que han tenido históricamente lugar en la localidad de San Andrés expuestos en anejos anteriores, donde además se ha resaltado la recurrencia que estos tienen, así como con el estudio exhaustivo llevado a cabo en el TFG correspondiente a la mención de Hidrología, se ha concluido que es necesaria una estructura de protección para resguardar la avenida marítima del pueblo del oleaje incidente.

En este anejo se resaltan posibles estrategias que podrían seguirse al realizar la proyección en planta de la estructura de protección litoral. Una vez analizado el efecto que estas estrategias tienen sobre las características del oleaje incidente sobre la avenida por causar modificaciones en su propagación, se diseña la planta de dos alternativas posibles para la estructura de abrigo o dique. En anejos posteriores, se justifica la elección de la planta de la alternativa finalista.

Para una explicación más detallada en el procedimiento seguido para el diseño y prueba de las distintas estrategias y alternativas, se recomienda consultar el capítulo 4 del TFG de Hidrología correspondiente.

## 2.- Limitaciones de diseño

### 2. 1.- Caudal de rebase de la avenida marítima

Se define como variable condicionante del diseño de estructuras de abrigo el caudal de rebase u *overtopping* admisible. Se entiende como el caudal de rebase, el caudal del flujo de agua que rebasa la estructura de la avenida marítima por encima de su francobordo.

Para llevar a cabo el cálculo del caudal de rebase por metro lineal de estructura, en este apartado se utiliza la ecuación propuesta por el EuroTop. En esta ecuación, el caudal se relaciona directamente con el diseño o determinación de la altura (francobordo) de la estructura. El valor del caudal por metro

línea puede ser empleado para determinar la importancia o peligrosidad de los rebases que sufre la avenida.

El caudal se obtiene como:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.2 \cdot \exp\left(-2.3 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

Donde:

q representa el caudal de rebase (m<sup>3</sup>/s/m).

g representa la aceleración gravitatoria (m/s<sup>2</sup>).

H<sub>m0</sub> representa la altura de ola medida en el pie de la estructura (m).

R<sub>c</sub> es el francobordo de la infraestructura (m), en el caso de la avenida marítima caso igual a 0.8 m.

γ<sub>f</sub> se conoce como el coeficiente de fricción de la estructura. En este caso se considera igual a 0.55, pues la estructura de la avenida marítima está formada por rocas.

γ<sub>β</sub> es el coeficiente del ángulo de ataque. En el caso de estudio se asume un valor igual a 1, debido a que representa el caso más desfavorable.

El EuroTop establece por norma general los siguientes valores de referencia para el caudal de *overtopping* expresado en litros/s por metro lineal de estructura.

- q < 0.1 l/s/m: caudal insignificante con respecto a la resistencia de la cresta y parte posterior de la estructura.
- q = 1 l/s/m: en la cresta y las pendientes interiores la hierba y/o arcilla pueden comenzar a erosionarse.
- q = 10 l/s/m: desbordamiento significativo para diques.
- q = 100 l/s/m: la cresta y pendientes interiores de los diques deben protegerse con asfalto u hormigón. Para los rompeolas de escollera se pueden generar ondas transmitidas.

Asimismo, los procesos y peligros de rebase son:

- Peligro directo de lesiones o muerte para las personas inmediatamente detrás de la estructura de defensa.
- Daños a la propiedad, operación y/o infraestructura en el área defendida, incluida la pérdida de recursos económicos, ambientales o de otro tipo, o la interrupción de una actividad o proceso económico.
- Daños a la estructura de defensa, ya sea a corto o largo plazo, con posibilidad de ruptura e inundación.
- Inundaciones de poca profundidad (inconvenientes, pero no peligrosas).

Por otro lado, el código establece ciertos límites para el valor del caudal de overtopping atendiendo a la seguridad operativa de la estructura. Se determina que para estructuras en talud 0.3 l/s/m (0.0003 m<sup>3</sup>/s/m) es el límite que marca peligrosidad para peatones, siendo la situación extremadamente peligrosa a partir de 6 l/s/m (0.006 m<sup>3</sup>/s/m). Para los vehículos, la norma dicta que a partir de 0.6 l/s/m (0.0006 m<sup>3</sup>/s/m) el tránsito es peligroso a cualquier velocidad.

### 2. 2.- Altura de ola máxima admisible

Conocido el límite del caudal de rebase admisible de la avenida marítima de San Andrés, puede obtenerse la altura de ola máxima aceptable con la ecuación del EuroTop mostrada anteriormente. En este caso, se establece el límite para el caudal de overtopping máximo atendiendo a la seguridad de los peatones (por su mayor vulnerabilidad), y se obtiene a partir de ese límite la altura de ola máxima.

$$\frac{0.0003}{\sqrt{9.81 \cdot H_{m0}^3}} = 0.2 \cdot \exp\left(-2.3 \frac{0.8}{H_{m0} \cdot 0.55 \cdot 1}\right) \rightarrow H_{m0} \leq 0.505 \text{ m}$$

Por tanto, la altura máxima de ola que puede ser registrada en cualquier punto de la avenida debe de ser igual o menor a 0.505 m.

### 3.- Planteamiento de estrategias

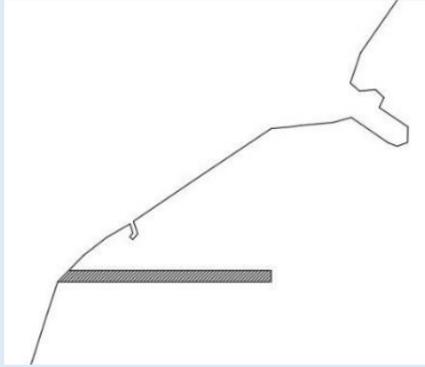
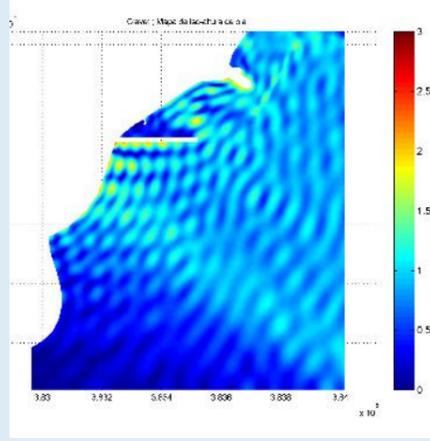
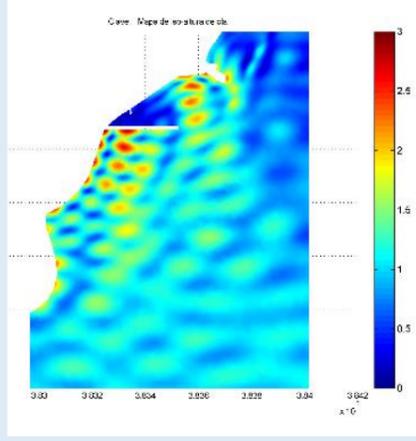
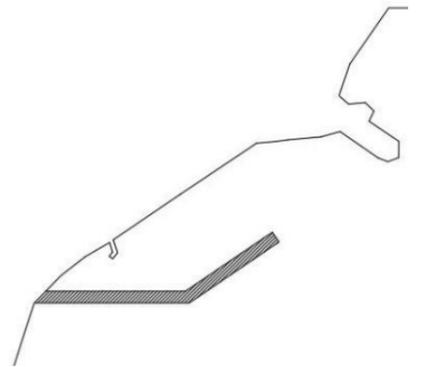
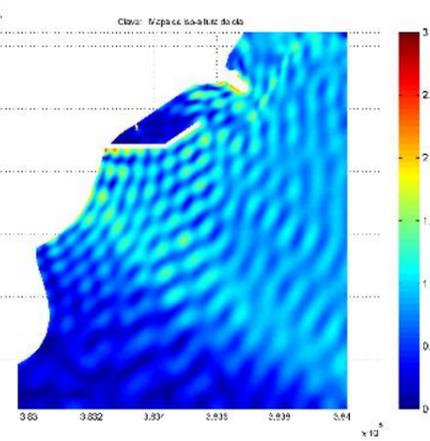
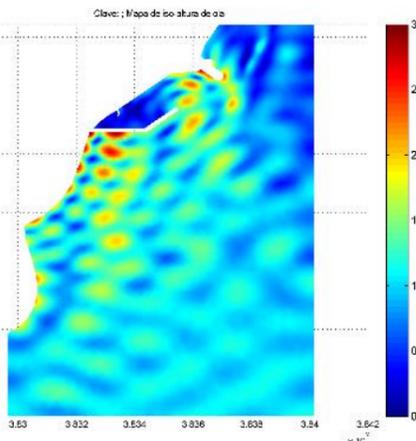
Al realizar el planteamiento de estrategias, se consideran dos ideas principales para hacer frente a los problemas de inundación en San Andrés.

Primeramente, se persigue realizar un bloqueo de las olas. Esta es una de las estrategias comúnmente empleadas para solucionar problemas causados por rebases. Con ello se pretende reducir el impacto o incidencia de las olas más perjudiciales. En el caso de estudio, esta estrategia pretende reducir la propagación de olas de dirección Sur y dirección Este desde aguas profundas a aguas someras.

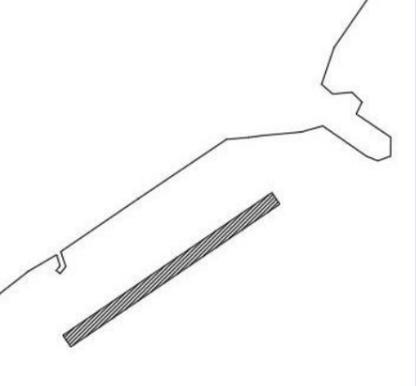
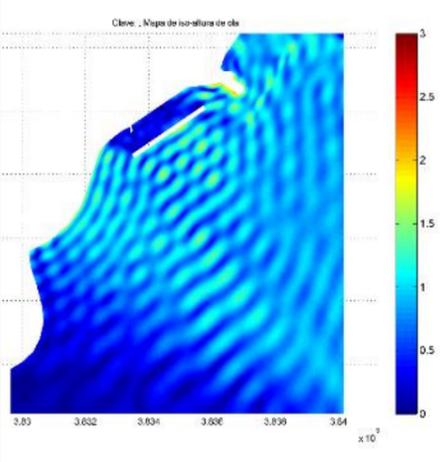
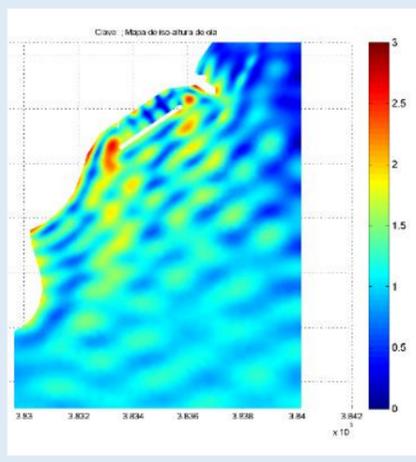
Asimismo, se busca realizar la compartimentación de la costa. Con ello se pretende dividir las ondas largas, evitando así el acoplamiento con olas de longitud menor. En consecuencia, se consigue reducir el incremento en amplitud de ola generada por este fenómeno de acoplamiento. Esta técnica es especialmente efectiva en la localidad de interés para reducir el impacto de los oleajes del Sur, pues son estos los más relacionados con el fenómeno de inundación descrito.

En la tabla a continuación se muestran tres geometrías básicas que implementan las ideas propuestas en este apartado. Además, se realiza una breve descripción de su geometría y se analiza el comportamiento que provocan en la agitación del oleaje frente a un evento caracterizado por un oleaje de dirección Este (ocurrido el 07/02/2007) y un evento caracterizado por un oleaje de dirección Sur (ocurrido el 14/05/2011).



Esquema	Descripción	Agitación frente a oleaje del Este	Agitación frente a oleaje del Sur	Comentarios
<p><b>Estrategia 1</b></p> 	<p>En la primera estrategia se plantea un espigón con dirección Este-Oeste. La estructura avanza hasta la perpendicular lanzada desde la zona de la Cofradía de Pescadores en la avenida marítima. El espigón es una estructura de tipo dique en talud de materiales sueltos, y por tanto el coeficiente de reflexión se fija en 0.3 para toda su longitud.</p>			<p>El espigón crea una zona de sombra en su lado Norte, debido a la reflexión y refracción de las olas. Esta estrategia es especialmente eficiente para reducir la altura de olas de dirección sur en la parte baja de la avenida. Sin embargo, no obstaculiza la propagación de oleaje del Este u oleaje del Sur hacia la zona de la Cofradía de Pescadores.</p>
<p><b>Estrategia 2</b></p> 	<p>Como segunda estrategia se plantea un espigón compuesto por dos partes diferenciadas. En la primera parte, este avanza con dirección Este-Oeste. En su segunda parte avanza siendo paralelo a la avenida marítima. La estructura avanza hasta la perpendicular lanzada desde la zona de la Cofradía de Pescadores en la avenida marítima. El espigón es una estructura de tipo dique en talud de materiales sueltos, y por tanto el coeficiente de reflexión se fija en 0.3 para toda su longitud.</p>			<p>El espigón crea una zona de sombra en su lado Norte, debido a la reflexión y refracción de las olas. Esta estrategia es más eficiente que la estrategia 1, tanto para reducir la altura del oleaje de dirección Este como Sur. Sin embargo, no obstaculiza totalmente la propagación de oleaje del Este u oleaje del Sur hacia la zona de la Cofradía de Pescadores, donde se registran alturas de ola mayores a las máximas establecidas según el código.</p>



Esquema	Descripción	Agitación frente a oleaje del Este	Agitación frente a oleaje del Sur	Comentarios
<p><b>Estrategia 3</b></p> 	<p>En la tercera estrategia se plantea un dique exento con dirección Suroeste-Noreste que avanza paralelamente a la avenida marítima en toda su longitud. El dique exento es una estructura de tipo dique en talud de materiales sueltos, y por tanto el coeficiente de reflexión se fija en 0.3 para toda su longitud.</p>			<p>El dique exento crea una zona de sombra hacia la costa, debido a la reflexión y refracción de las olas. Esta estrategia es más eficiente que las planteadas anteriormente para hacer frente a los oleajes de dirección Este. No obstante, no evita la propagación hacia la avenida de las olas de dirección Sur. Esto implica que especialmente que las alturas de olas registradas a pie de paseo marítimo exceden las máximas alturas establecidas anteriormente.</p>

### 3. 1.- Conclusiones de las estrategias

En cuanto a la idea de diseño que se basa en realizar un bloqueo en la propagación de las olas, se demuestra que tanto la estrategia 2 como la estrategia 3 son efectivas. Ambas estrategias bloquean de forma paralela u oblicua la costa ante oleajes de dirección Este o Sur. La primera estrategia es efectiva de manera local, debido a que bloquea únicamente de manera parcial a los oleajes de dirección Sur. Por tanto, se concluye que esta primera estrategia no cumple todos los requisitos que debe de cumplir la estructura de protección definitiva.

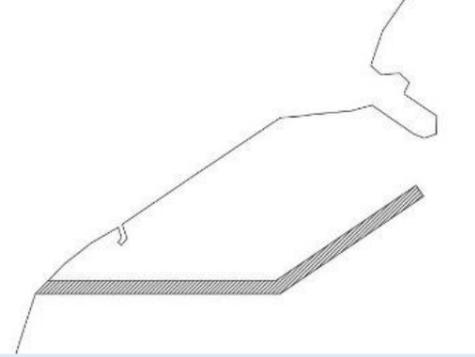
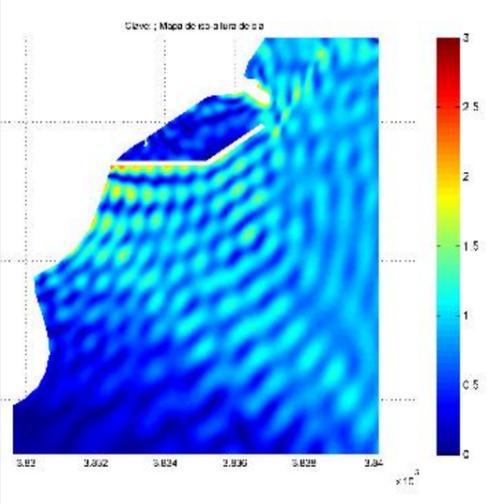
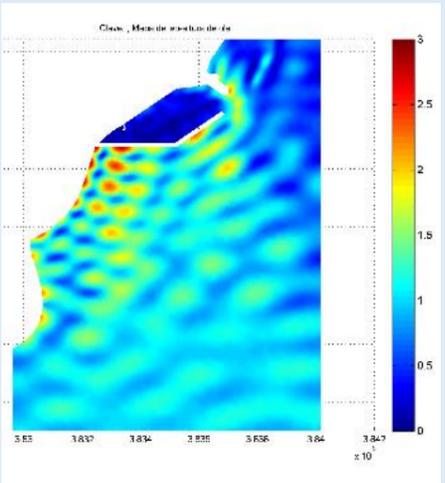
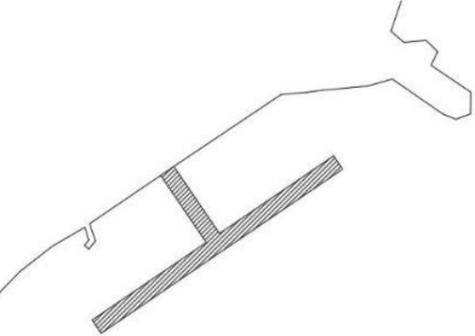
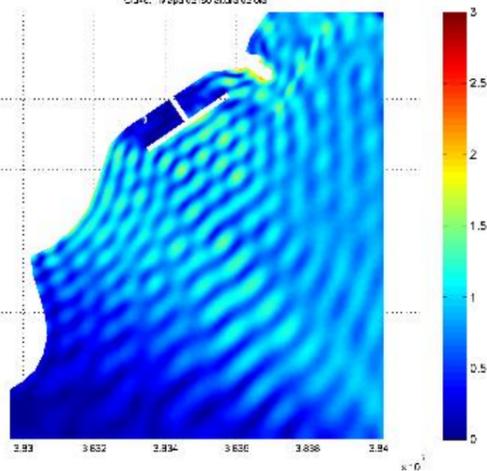
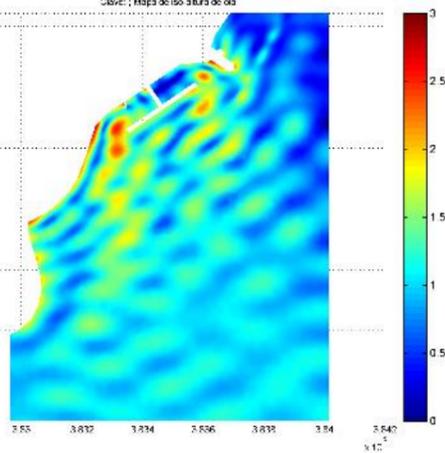
Asimismo, puede observarse que la estrategia 2 necesita una alteración para ser capaz de proteger la zona de la Cofradía de Pescadores de la avenida marítima. Una de las alternativas que se proponen a continuación tiene una planta muy similar a la estrategia 2, pero con el fin de aumentar la extensión de la zona de sombra que la estructura provoca, se alarga el brazo del espigón que avanza en dirección Este-Oeste de manera oblicua a la avenida. Además, una de las principales ventajas de esta alternativa es su capacidad para quebrar la propagación de la onda longitudinal a la costa.

Finalmente, en la tabla expuesta anteriormente queda clara la efectividad de la estrategia 3 a la hora de bloquear las olas del Este o del Sur. Sin embargo, esta estrategia debe modificarse para reducir el incremento de la amplitud de onda provocado por la presencia de una onda larga longitudinal a la costa. La segunda alternativa propuesta es por tanto una estructura en forma de T, en la cual el dique exento se une a la avenida marítima por su zona central. Esta unión compartimenta la propagación de olas, haciendo así frente a la onda longitudinal.

### 4.- Planteamiento de alternativas

Se procede ahora a combinar las estrategias planteadas anteriormente para analizar dos alternativas de estructura de abrigo diferentes.



Esquema	Descripción	Agitación frente a oleaje del Este	Agitación frente a oleaje del Sur	Comentarios
<p><b>Alternativa 1</b></p> 	<p>La primera alternativa es una modificación de la estructura planteada en la segunda estrategia. Se plantea un espigón compuesto por dos partes diferenciadas. En la primera parte, este avanza con dirección Este-Oeste. La primera sección del espigón avanza hasta la perpendicular lanzada desde el final de la avenida marítima. En su segunda parte avanza siendo paralelo a la avenida marítima hasta la altura del espigón que separa la avenida de la playa de Las Teresitas. El espigón es una estructura de tipo dique en talud de materiales sueltos, y por tanto el coeficiente de reflexión se fija en 0.3 para toda su longitud.</p>			<p>El espigón crea una zona de sombra en su lado Norte, debido a la reflexión y refracción de las olas. Esta zona de sombra es más amplia que la causada por la estructura planteada en la estrategia 2, debido a la mayor longitud de la estructura en este caso. La modificación de la longitud de la estructura aumenta su efectividad principalmente ante oleajes de dirección Este. Puede verse en las gráficas que se mantiene su utilidad ante el oleaje Sur, ya que bloquea la propagación de las olas y compartimenta la costa reduciendo el efecto de la onda larga longitudinal.</p>
<p><b>Alternativa 2</b></p> 	<p>La segunda alternativa es una modificación de la estructura planteada en la tercera estrategia. Se plantea ahora un espigón, pues está unido por su parte central a la avenida marítima. La estructura está compuesta por dos partes diferenciadas. La primera parte es perpendicular a la avenida y avanza hasta el dique exento planteado en la estrategia 3. La segunda parte de la estructura tiene una planta muy similar al dique exento planteado en la estrategia 3. Esta parte avanza en dirección Suroeste-Noreste (paralelamente a la avenida marítima) en toda su longitud. El espigón es una estructura de tipo dique en talud de materiales sueltos, y por tanto el coeficiente de reflexión se fija en 0.3 para toda su longitud.</p>			<p>El dique exento crea una zona de sombra hacia la costa, debido a la reflexión y refracción de las olas. Esta alternativa es ligeramente más eficiente que el dique exento planteado en la estrategia 3 frente a oleajes de dirección Sur. Debido a que principalmente compartimenta la costa y reduce la altura de ola al pie de la avenida marítima especialmente hacia la zona de la Cofradía de Pescadores. No obstante, no reduce por completo la altura de las olas incidentes de dirección Sur en la zona baja de la avenida. Asimismo, puede verse en las gráficas que se mantiene la utilidad de la estructura ante el oleaje Este, ya que bloquea la propagación de las olas hacia aguas someras.</p>



ANEJO Nº11 - JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA  
SELECCIONADA



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Establecimiento de criterios	3
3.- Valoración de las alternativas	3
3. 1.- Alternativa seleccionada	5
4.- Análisis de efectividad relativa de la protección propuesta	5
4. 1.- Reducción relativa del caudal de rebase para oleaje del Este	5
4. 2.- Reducción relativa del caudal de rebase para oleaje del Sur	6
4. 3.- Reducción relativa del caudal de rebase para oleaje del Sureste	6
5.- Conclusiones	7

### 1.- Introducción

En esta sección se valoran las dos alternativas propuestas previamente y se selecciona la más adecuada mediante la realización de un análisis multicriterio. Este procedimiento permite seleccionar una alternativa entre las propuestas en función del grado de cumplimiento de distintos criterios. Asimismo, estos criterios permiten obtener una solución óptima para hacer frente a los problemas de inundaciones en San Andrés.

### 2.- Establecimiento de criterios

Los principales aspectos que se valoran en el análisis multicriterio son:

<p><b>Aspecto económico</b></p>	<p>Cuanto más barata sea la construcción del diseño propuesto mejor, debido a que esto supone una mayor rapidez a la hora de amortizar la inversión inicial. A su vez, el criterio económico está relacionado con el proceso constructivo y el volumen de material a utilizar. Por norma general, a mayor sencillez de construcción, mayor rentabilidad económica. Asimismo, el volumen de material depende tanto de la profundidad de la estructura de abrigo (profundidad media y máxima) y el área en planta.</p>
<p><b>Aspecto constructivo</b></p>	<p>Este criterio considera la facilidad constructiva de la estructura, así como la organización de la obra y calendario. Como se ha venido mencionando, el problema de las inundaciones en San Andrés se repite periódicamente y causa grandes daños materiales y económicos. Por tanto, es de vital importancia que la rapidez durante la construcción de la infraestructura sea la mayor posible. Ha de mencionarse que, debido a los avances tecnológicos y la sencillez de</p>

	<p>ambas propuestas, estas no suponen un reto ante la tecnología y maquinaria de construcción disponible. Asimismo, el aspecto constructivo hace referencia también a la ubicación de materiales y la seguridad de la obra.</p>
<p><b>Aspecto funcional</b></p>	<p>En este criterio se considera la efectividad de la estructura para cumplir su objetivo. Por tanto, se considera la disipación del oleaje y la reducción de la altura de ola a pie de avenida marítima.</p>
<p><b>Aspecto medioambiental</b></p>	<p>Aun siendo el principal objetivo de la estructura de abrigo la disipación del oleaje, este propósito debe de llevarse a cabo causando el menor impacto medioambiental posible. Dentro del criterio medioambiental se valoran tanto el impacto sobre el medio físico como el impacto al medio biótico. Esto supone, que debe de prestarse gran atención a los problemas derivados del estancamiento de aguas.</p>

### 3.- Valoración de las alternativas

En la tabla a continuación se comparan ambas alternativas propuestas y se señala con una "X" para cada uno de los criterios cuál es la mejor alternativa. Además, se acompaña con un comentario explicativo que especifica la razón tras la elección.



Criterio // Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Comentario
<b>Económico</b>		X	Como se ha mencionado anteriormente, el aspecto económico se relaciona tanto con la rapidez de ejecución de la obra como con el volumen de material a emplear. Por una parte, debido a la mayor rapidez de construcción, la alternativa 2 es más rentable. Por otra parte, el volumen de material a utilizar es menor, principalmente por dos razones: el área en planta es menor y la profundidad media y máxima del dique son menores (como la estructura se sitúa a una distancia menor de la avenida marítima y paralelamente a esta, la cota batimétrica que se alcanza no es tan profunda como en el caso de la alternativa 1). Por todo ello, se establece que la segunda alternativa implica un tiempo menor para amortizar la inversión inicial del proyecto.
<b>Constructivo</b>		X	En cuanto al aspecto constructivo, reparando a la disposición de materiales o la accesibilidad a la obra, ambas alternativas son muy similares debido a que las dos alternativas permiten el acceso por vía terrestre. Asimismo, la avenida marítima de San Andrés cuenta con dos carriles en cada uno de los sentidos del tráfico, y por tanto ambas alternativas permiten mantener un tráfico fluido en mayor o menor medida. Sin embargo, debido a la forma en planta de la segunda alternativa, se establece que la construcción de la estructura conlleva menor tiempo. Esto se debe principalmente a que, aunque la estructura tiene un carácter lineal, una vez construida la parte de unión del dique exento con la avenida marítima, la construcción del dique puede realizarse en ambas direcciones de manera simultánea.
<b>Funcional</b>	X		Ambas estructuras han sido analizadas mediante el modelo MSP en el que han sido sometidas a los oleajes más perjudiciales para el pueblo de San Andrés (Oleaje del Grupo 1 – Este y Oleaje del Grupo 2 – Sur). Teniendo en cuenta los resultados de agitación obtenidos, la alternativa 1 reduce en mayor medida la altura de ola registrada a pie de paseo marítimo, especialmente en el caso del oleaje del Sur. Por tanto, puede determinarse que esta primera estructura, es mejor en cuanto a aspecto funcional se
<b>Medioambiental</b>		X	Se considera que la alternativa 2 supone un impacto medioambiental menor por dos razones. Primero, esta solución modifica en menor medida el comportamiento del oleaje. Asimismo, permite la propagación longitudinal de las olas (sin obstáculos) hasta su parte central e incluso permite atravesar el espigón si se trata de un dique de baja cota de coronación. Segundo, debido a la mayor apertura de la costa con esta segunda alternativa, las corrientes facilitan la renovación de aguas y por consiguiente se reduce la posibilidad de ocurrencia de problemas relacionados con aguas estancadas. Ambas razones se estiman suficientes para argumentar que la segunda solución es más beneficiosa que la primera para los ecosistemas de la zona.

### 3. 1.- Alternativa seleccionada

Por lo mencionado anteriormente, y debido a la clara superioridad de la segunda alternativa en el análisis multicriterio, se determina que la alternativa 2 es la solución definitiva. En el TFG relativo a la mención de hidrología, se realiza el modelaje y análisis completo de esta estructura frente a los distintos grupos de oleaje y se estudian los caudales de overtopping obtenidos en diversos puntos de control a lo largo de la avenida marítima. Por tanto, para una caracterización más exhaustiva del efecto que la planta de la estructura planteada tiene sobre el oleaje, se recomienda seguir el estudio realizado en dicho TFG.

### 4.- Análisis de efectividad relativa de la protección propuesta

Como resumen de la efectividad de la alternativa de la planta de la estructura de abrigo propuesta para su construcción en San Andrés, Tenerife se analizan los valores de caudales de rebase que tienen lugar antes y tras la construcción de dicha estructura. Es decir, se mide la reducción del valor de estos rebases que provoca la estructura.

Con el fin de mostrar en términos relativos la efectividad del dique, se muestran a continuación gráficas que representan la reducción del caudal de *overtopping* respecto de su valor inicial en diversos puntos de control a lo largo de la avenida marítima.

Se obtiene la reducción relativa del caudal de overtopping mediante la siguiente expresión.

$$\Delta q (\%) = \frac{|q_{dique} - q_0|}{q_0} \times 100$$

### 4. 1.- Reducción relativa del caudal de rebase para oleaje del Este

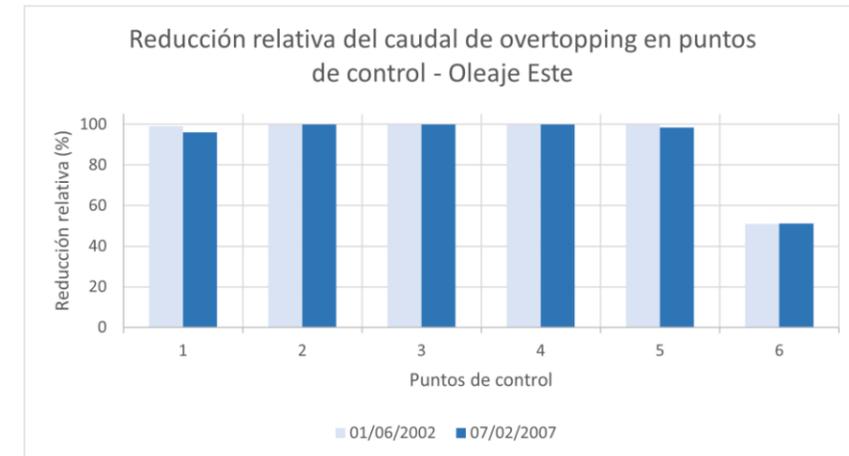


Gráfico 1: Reducción relativa del caudal de overtopping en puntos de control con oleaje del Este

Como se ha comentado anteriormente el dique propuesto es efectivo para los oleajes de dirección Este. La reducción del caudal de *overtopping* es aproximadamente del 100% en todos los puntos de control. En el sexto punto, situado en la zona de la Cofradía de Pescadores, la altura de ola registrada no se ve tan reducida, y por tanto la reducción del caudal de rebase no es tan importante. Sin embargo, se sitúa en torno al 50%, y puede considerarse significativa.

4. 2.- Reducción relativa del caudal de rebase para oleaje del Sur

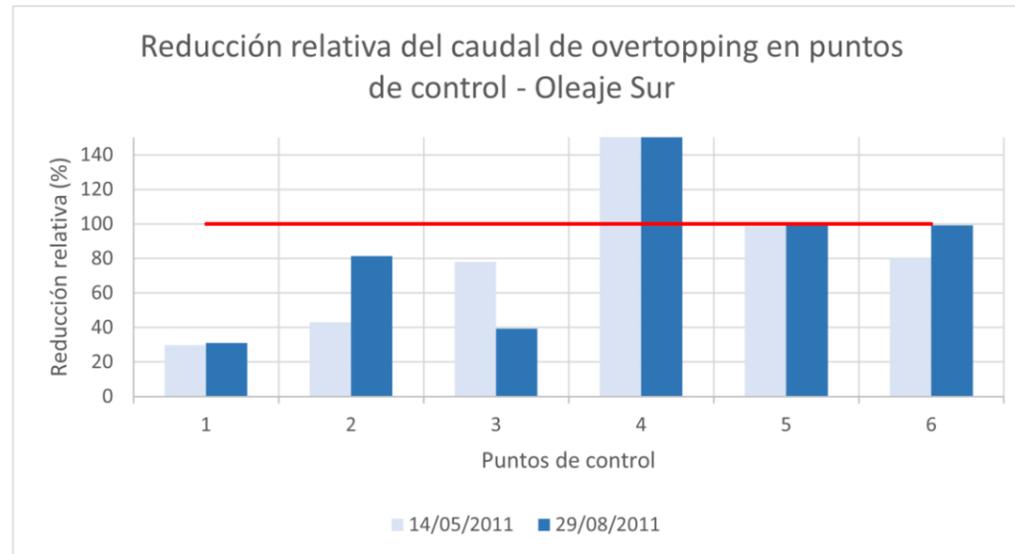


Gráfico 2: Reducción relativa del caudal de overtopping en puntos de control con oleaje del Sur

La línea horizontal en color rojo muestra el límite de reducción relativa del 100%. Valores mayores implican que la altura de ola ha incrementado.

En el caso del oleaje de dirección Sur, la efectividad de la estructura de abrigo es menor, especialmente en los puntos localizados en la zona baja de la avenida marítima. Asimismo, cabe mencionar que en el punto de control 4, la altura de ola registrada una vez planteado el dique es mayor que sin estructura de abrigo para ambos eventos. Este fenómeno puede deberse a reflexiones localizadas en puntos específicos de la estructura. Por tanto, y aun siendo menor la reducción relativa del caudal de rebase, se concluye que la estructura es también efectiva frente a oleajes del Grupo 2.

4. 3.- Reducción relativa del caudal de rebase para oleaje del Sureste

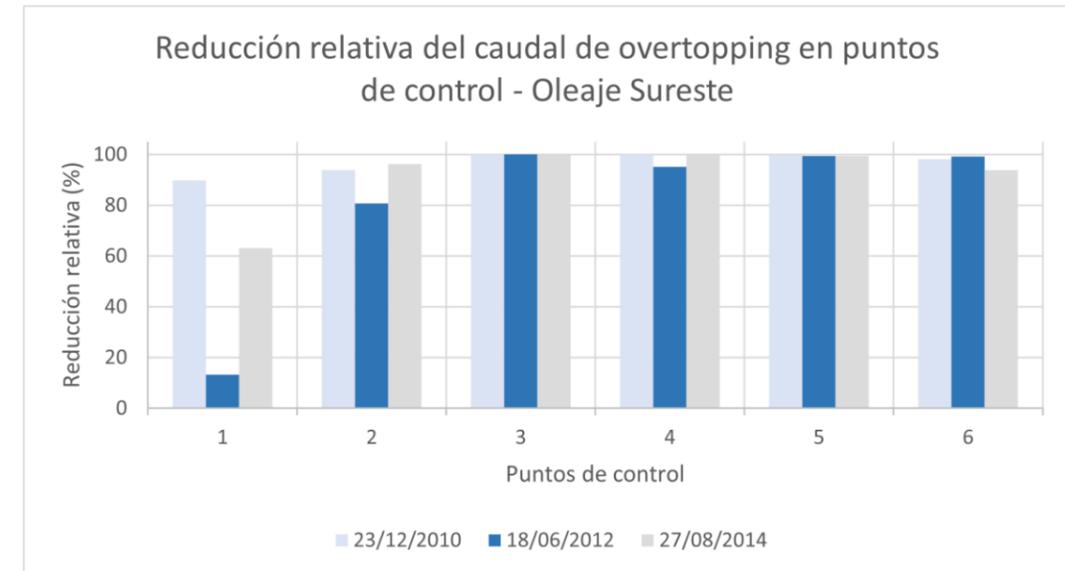


Gráfico 3: Reducción relativa del caudal de overtopping en puntos de control con oleaje del Sureste

Finalmente, para el oleaje de dirección Sureste, la estructura planteada es efectiva, pues en la mayoría de los puntos de control la reducción del caudal de *overtopping* tiene un valor cercano al 100%. La menor reducción se registra para el punto de control 1 en el evento del 18/06/2012, debido a que es este evento el que mayor dirección Sur tiene dentro del Grupo 3, y por tanto avenida marítima no se encuentra tan protegida de la incidencia de las olas

## 5.- Conclusiones

El estudio ha atacado el problema de los sucesos de inundación en el pueblo de San Andrés con el propósito principal de proyectar una estructura de abrigo que aminorase la periodicidad y los desperfectos materiales y económicos asociados a estos. El punto de partida del análisis ha sido la hemeroteca consultada, en la cual se recogían diversos eventos de rebase de la avenida marítima. El objetivo fundamental de esta consulta ha sido lograr mediante un razonamiento deductivo el patrón y los factores responsables de las inundaciones.

Después de haber determinado las constituyentes principales de los eventos de rebase, se han modelado diversos dominios numéricos con el fin de propagar la información del clima marítimo proporcionadas por las bases de datos, medidas en aguas profundas, hasta el pie de la avenida marítima de San Andrés, emplazada en aguas someras. El modelo numérico ha permitido comprender el funcionamiento hidrodinámico de la costa ante diversos oleajes, lo que ha resultado de vital importancia en el momento de plantear una estructura de abrigo.

Una vez detalladas las particularidades del oleaje a pie del paseo, se han calculado los caudales de *overtopping* mediante el procedimiento concretado por el reglamento propuesto por el EuroTop. Debido primordialmente a que los caudales logrados eran significativamente superiores a los máximos recomendados por el código, ha quedado en evidencia la necesidad de resguardar el frente de la avenida mediante una infraestructura de protección.

El análisis hidrodinámico ha permitido establecer que las funciones sustanciales del dique eran no solo bloquear la propagación del oleaje desde aguas profundas hacia aguas someras sino también compartimentar la costa para reducir el acoplamiento longitudinal de ondas largas. Especialmente, a lo largo del TFG correspondiente a la mención de hidrología, se ha llevado a cabo el esbozo y estudio de diversas estrategias que podían ser válidas para minimizar la repercusión de las olas en San Andrés. A continuación, se ha ejecutado nuevamente un modelaje numérico, incluyendo esta vez las estructuras planteadas. Los resultados obtenidos han conducido a la determinación de la estructura definitiva.

Finalmente, se ha reproducido con el modelo numérico una última vez el comportamiento de la estructura finalista con propósito de verificar su efectividad. Ha sido posible concluir que el espigón propuesto reduce de manera considerable las alturas de ola a pie de la avenida marítima y es, por tanto, una solución eficaz. Sin embargo, para cerciorar con total certeza que no acaecen rebases a lo largo de todo el frente, es necesario modificar ligeramente el diseño proyectado para reforzar algunas zonas concretas. Estas zonas se localizan especialmente en la parte baja de la avenida marítima y en la franja del espigón que separa el pueblo de la playa de Las Teresitas. Asimismo, como se calcula en anejos posteriores, la cota de coronación de dique se obtiene de tal forma que se reducen muy considerablemente los rebases que podrían tener lugar sobre este.



## ANEJO Nº12 - DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA



## ÍNDICE

1.- Introducción	4
2.- Introducción a la tipología de estructura	4
2. 1.- Aplicación de los diques	4
2. 2.- Sección típica de diques	4
2. 2. 1.- Diques en talud	4
2. 2. 2.- Diques verticales	5
2. 2. 3.- Ventajas y desventajas de cada tipo de sección	5
2. 2. 4.- Diques mixtos	6
3.- Introducción al material a emplear	6
3. 1.- Propiedades físicas	7
3. 1. 1.- Peso específico	7
3. 1. 2.- Resistencia	7
3. 1. 3.- Flexibilidad	7
3. 1. 4.- Compatibilidad de materiales	7
3. 1. 5.- Durabilidad de materiales	7
3. 1. 6.- Adaptabilidad	8
3. 2.- Costes asociados al material	8
3. 2. 1.- Disponibilidad de materiales	9
3. 2. 2.- Costes de mantenimiento y gestión	9
4.- Introducción a la teoría del diseño a utilizar	9
4. 1.- Introducción a la inestabilidad de diques	9
4. 1. 1.- Aproximaciones cuantitativas de estabilidad	9
4. 2.- Cálculo de daño e inestabilidad de diques	10



4. 2. 1.- Clasificación convencional de daño	11
4. 2. 2.- Conclusiones	11
4. 3.- Formulación de Van der Meer para el cálculo de estabilidad	12

## 1.- Introducción

El principal objetivo de este anejo es el de realizar una breve introducción a las principales características de obras marítimas de tipo dique. Se resumen: la clasificación de los diques atendiendo a su aplicación, la sección típica de las estructuras de abrigo, los materiales comúnmente empleados y la teoría de diseño utilizada para el dimensionamiento del dique a lo largo de este proyecto.

## 2.- Introducción a la tipología de estructura

### 2. 1.- Aplicación de los diques

En cuanto a aplicación se refiere, las estructuras costeras se utilizan como obras marítimas tanto con el objetivo de prevenir la erosión del litoral como con el propósito de reducir la gravedad o frecuencia de inundaciones del interior. Otros objetivos habituales incluyen la protección de las cuencas portuarias y entradas al puerto contra oleaje, la estabilización de canales de navegación en ensenadas o la protección de tomas o desagües de agua.

En el caso de estudio, el tipo de estructura planteada es un dique. Los diques, conocidos también como rompeolas, se construyen con el objetivo de reducir la acción de las olas en un área localizada a sotavento de la estructura. Estas estructuras provocan una reducción en la altura de las olas incidentes mediante procesos de transformación del oleaje. Estos procesos, reducen el tamaño de las olas mediante una combinación de reflexión y disipación de la energía.

Cuando los diques se utilizan en la protección de puertos, su principal función es la de crear aguas suficientemente tranquilas para posibilitar el amarre, carga y manejo de buques bajo condiciones de seguridad, además de para proteger las diversas instalaciones portuarias. Asimismo, las escolleras también se diseñan con el fin de mejorar las condiciones de maniobra en las entradas del puerto y con

el propósito de ayudar a regular la sedimentación. Otras de las aplicaciones de los rompeolas son la protección de las tomas de agua en centrales eléctricas y protección costeras contra olas de tsunamis o temporales.

Cuando los diques se utilizan para la protección del litoral, estos se construyen en aguas cercanas a la costa y, por lo general, se orientan paralelamente a la orilla. La disposición de los diques en zonas someras se determina considerando el tamaño y forma del área de abrigo necesaria, así como por las direcciones predominantes de las olas incidentes, la dirección de las corrientes, la deriva litoral (*litoral drift*) y la maniobrabilidad de las embarcaciones que pudieran verse afectadas.

El costo de los rompeolas aumenta significativamente con la profundidad del agua y la severidad del clima de las olas. Además, unas pobres condiciones de cimentación contribuyen también al incremento de los costes de construcción. Por tanto, estos tres factores ambientales (profundidad del suelo marino, severidad del clima marítimo y condiciones de cimentación), son determinantes durante la fase de diseño, pues influyen considerablemente el posicionamiento y la sección del rompeolas.

### 2. 2.- Sección típica de diques

Por otro lado, en cuanto a su corte, los rompeolas se pueden clasificar principalmente en dos tipos de estructuras: estructuras de frente inclinado (diques en talud) o estructuras de frente vertical (diques verticales). Además de estos dos grandes grupos, existen también diques mixtos, los cuales reúnen características de ambos tipos.

#### 2. 2. 1.- Diques en talud

Atendiendo a la clasificación de las infraestructuras costeras según su sección transversal o disposición, en el caso de estudio se emplea, un rompeolas de tipo inclinado. Los diques en talud son en la mayoría de los casos estructuras formadas por la acumulación de escombros o materiales sueltos (de diferentes



pesos y tamaños), reforzados mediante unidades de roca u hormigón que pueden contar en algunos casos con espaldones.

Estas estructuras son en su forma más simple un montículo de piedras. Sin embargo, debe considerarse que el tamaño de las rocas que forman la estructura del lado de barlomar debe ser lo suficientemente grandes para resistir los desplazamientos debidos a las fuerzas ejercidas por el flujo de las olas. Dependiendo de la permeabilidad de esta estructura, pudieran aparecer problemas debido a una penetración elevada, no solo de agua sino también de sedimentos. Por tanto, el grado de transmisión requerido de la estructura frente a ondas largas y cortas es un factor importante en la determinación de los materiales que componen la sección. Además, la obtención de rocas de gran tamaño lleva asociado un alto coste, porque la mayoría de las canteras producen principalmente material de granulometría más fina.

Como consecuencia, la sección de las infraestructuras costeras se caracteriza habitualmente por contar con un núcleo de materiales finos recubierto por grandes bloques que forman el llamado manto principal. En el caso de diques permeables frente a ondas cortas y largas, el núcleo está formado por todo uno de cantera. Para evitar que el material más fino se lave a través de la capa exterior, se deben proporcionar capas de filtro, conocidas también como capas inferiores. Además, estas capas aseguran la estabilidad de la sección, pues aumentan el rozamiento entre las diferentes capas del dique. Las estructuras que constan de una capa de armadura, capas de filtro y un núcleo se denominan multicapa. La parte inferior del manto exterior (principal) suele estar sostenida por una berma en la puntera, excepto en el caso de aguas poco profundas. Esta berma asegura la estabilidad de todas las capas, reduciendo la pérdida de material por la zona frontal del dique.

Se muestra en la figura a continuación, un esquema de la sección típica de un dique de escollera. Bloques de hormigón armado pueden utilizarse como elementos del manto principal en zonas con climas de oleaje severo o en lugares en los que no se dispone de una cantidad suficiente de piedras de gran tamaño provenientes de canteras.

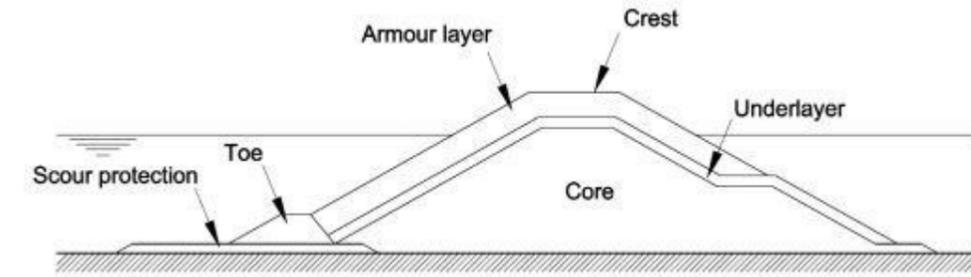


Ilustración 67: Sección típica de dique de escollera

### 2. 2. 2.- Diques verticales

En el caso de los rompeolas de frente vertical, están habitualmente contruidos con cajones de hormigón rellenos de arena o bloques de hormigón macizo apilados y colocados sobre un lecho de piedra. Este lecho sobre el que se colocan en aguas profundas los cajones de hormigón, con el propósito de reducir el coste económico, suele estar formado por rocas provenientes de canteras. Por consiguiente, este tipo de estructuras se denominan rompeolas compuestos.

### 2. 2. 3.- Ventajas y desventajas de cada tipo de sección

En cuanto a las ventajas de cada uno de los perfiles constructivos de rompeolas, la parte superior de la estructura de hormigón puede construirse siguiendo la técnica de construcción de rompeolas en talud para reducir la fuerza ejercida por las olas. Por la misma razón, la pared frontal puede estar perforada y provista de una cámara de olas detrás, para disipar así la energía de las olas. Los de materiales sueltos en talud son una de las estructuras más empleadas en el ámbito marítimo debido a las ventajas que presentan en comparación a otra tipología de diques:

- Mínimas exigencias de cimentación.
- Medios constructivos sencillos.
- Fácil construcción en condiciones de oleaje no favorables.
- Grandes disipadores de energía del oleaje incidente.
- Sencillo control de las frecuencias transmitidas, por el control de la permeabilidad del núcleo.



- Elevada flexibilidad de los diques y resistencia frente a averías de carácter progresivo.
- Resistencia a la rotura del oleaje en zona de rompientes.

Sin embargo, los diques en talud no son en todos los casos la tipología de dique elegida, debido a que tienen algunos inconvenientes. Especialmente los diques en talud situados en aguas profundas requieren grandes cantidades de materiales para su construcción. Dependiendo de la magnitud del talud, estos ocupan amplias superficies y cuentan con grandes áreas en planta. Por tanto, estas estructuras pueden presentar problemas en zonas donde es necesario contar con espacio para realizar maniobras, siendo el caso de canales de navegación o puertos. Por todo ello, en zonas donde las condiciones de oleaje o clima marítimo y condiciones de cimentación lo permiten, los diques en talud pueden ser sustituidos por diques verticales.

Los diques verticales se diferencian principalmente de los diques en talud en que la energía del oleaje no se disipa, como si ocurre en los diques en talud, debido a que, en los diques verticales, la energía procedente de las olas se refleja. En cuanto a la sección, los diques verticales presentan varias partes. Por un lado, la banquetta de escollera actúa como la cimentación del dique, el monolito (cajones, bloques o pantallas) forma la pared vertical que enfrenta y refleja el oleaje y el espaldón tiene como objetivo principal reducir los rebases provocados por oleajes de altura de ola especialmente elevada. Las principales características de los diques verticales son las siguientes:

- Los fallos son de carácter instantáneo lo que puede suponer el colapso total de la estructura sin previo aviso.
- Permiten alcanzar profundidades elevadas con un reducido volumen de material.
- Mayor dificultad de construcción y la necesidad de medios específicos para ello.

Los diques verticales forman una estructura de tipo monolítica a pesar de estar formados por elementos individuales. Además, resisten el impacto de las olas y los esfuerzos de subpresión conjuntamente mediante su propio peso y el rozamiento entre la banquetta de escollera y la estructura vertical.

#### 2. 2. 4.- Diques mixtos

Finalmente, los diques mixtos, consisten en la combinación de una estructura vertical, ya sea en forma de cajón o de bloques apilados, que se colocan sobre una capa de escolleras. La característica principal de los diques combinados es que el oleaje puede romper contra la escollera o contra el elemento vertical. Esta rotura puede ser del tipo rotura por fondo, la cual se debe a la presencia del fondo, o puede deberse a la geometría de la berma sobre la que se asienta la pared vertical. En este segundo caso, la rotura dependerá de parámetros geométricos de diseño del dique, de las características del oleaje incidente y del impacto entre ambos.

### 3.- Introducción al material a emplear

Los materiales utilizados en la construcción de proyectos costeros son de vital importancia para el éxito y la longevidad del proyecto. Los materiales de construcción seleccionados a menudo deben soportar el implacable golpeteo asociado a las dinámicas superficiales marinas en un entorno corrosivo donde podrían llegar a sufrir ciclos de congelación y descongelación. Los principales criterios de selección de materiales son propiedades físicas de resistencia, durabilidad, adaptabilidad, coste, disponibilidad, requisitos de manipulación, requisitos de mantenimiento e impacto medioambiental. Asimismo, el conocimiento del rendimiento de materiales constructivos en proyectos costeros similares al de diseño es una consideración importante en el momento de realizar la selección de materiales a emplear. En la construcción de los elementos del proyecto costero, en prácticamente todos los casos, se utilizan materiales con propiedades físicas y resistencias bien documentadas.

Como se ha venido mencionando, los materiales de construcción más comunes en la construcción de diques y estructuras costeras similares son las rocas (escollera), hormigones y las tierras. En el contexto de la ingeniería costera, la “piedra” o “rocas” se refieren a bloques individuales o a fragmentos que han sido rotos o extraídos de exposiciones del lecho rocoso u obtenidos de rocas y cantos rodados de



aluvión. La piedra de calidad comercial puede clasificarse según el tamaño, forma, la distribución de tamaños y diversas propiedades físico-químicas del material. La escollera es una piedra triturada, rota o aluvial en la que no se ha especificado la forma de las piedras individuales y la distribución de los tamaños es bastante amplia. Las piedras de cantera son trozos de roca más grandes que tiene forma de “bloque” en lugar de una forma alargada y característica de las “losas”.

### 3. 1.- Propiedades físicas

#### 3. 1. 1.- Peso específico

En cuanto a propiedades físicas de estos materiales, el peso específico es una propiedad fundamental para todos los materiales de construcción costeros. Las estructuras como los rompeolas dependen del peso propio de la estructura para resistir las cargas aplicadas por el oleaje. Por lo tanto, los materiales con alto peso específico, como la roca y el hormigón, son ideales para este tipo de aplicaciones, especialmente para las partes sumergidas de las estructuras, donde la flotabilidad del agua disminuye el peso efectivo de la estructura.

#### 3. 1. 2.- Resistencia

Otra de las características que deben considerarse cuando se opta por un material es su resistencia. Dependiendo de la aplicación, los materiales utilizados pueden necesitar resistir tensión, compresión y flexión. Las propiedades de resistencia de los materiales ayudan a determinar el tamaño, la forma y la estabilidad de los componentes estructurales. Las estructuras construidas con rocas, tierra, hormigón o asfalto son capaces de soportar cargas de compresión, cizallamiento o impacto, pero generalmente no muestran alta resistencia frente a esfuerzos a tracción. La resistencia a tracción puede mejorarse utilizando estructuras de hormigón armado o pretensado con acero o añadiendo geosintéticos a la masa de tierras.

#### 3. 1. 3.- Flexibilidad

La flexibilidad es la propiedad de un material que le permite deformarse sin romperse. Los materiales con buena flexibilidad ayudan a absorber las cargas de impacto y las cíclicas, siendo estas muy comunes en proyectos costeros, pero la flexión continua puede conducir eventualmente a la fatiga, la deformación plástica y la formación de grietas. La flexibilidad de los materiales es un término relativo y depende tanto del material como de la forma del miembro estructural. En general, la piedra y el hormigón se consideran poco flexibles, seguidos del acero y la madera, que son materiales que aceptan mayores deformaciones.

Asimismo, la flexibilidad puede describir también la respuesta de diversos proyectos costeros. Por ejemplo, los bloques de piedra individuales del manto principal no tienen una alta flexibilidad. Sin embargo, toda la capa que forma el manto principal es capaz de moverse y asentarse en una nueva posición sin perder funcionalidad, lo que lo convierte en una estructura “flexible”.

#### 3. 1. 4.- Compatibilidad de materiales

Finalmente, considerando los distintos materiales empleados en la construcción de infraestructuras costeras, debe tenerse en cuenta la compatibilidad entre ellos. Debido al uso de diversos materiales pueden surgir problemas de compatibilidad debido a las diferencias en las propiedades físicas o químicas de estos. En cuanto a diques en talud, es muy importante recordar que los diferentes materiales empleados sufren abrasión a diferente ritmo. Esto puede dar lugar a puntos débiles en las capas exteriores de la estructura. Además, y debido principalmente al ambiente marino, el contacto entre diferentes tipos de metales puede provocar una reacción galvánica y una rápida corrosión que debe ser estudiada con atención.

#### 3. 1. 5.- Durabilidad de materiales

Además de la resistencia puramente física, en proyectos costeros es muy importante analizar la durabilidad de los materiales, pues están sometidos a ambientes altamente agresivos. La durabilidad de los materiales es un término relativo que describe la resistencia de estos ante los efectos del



entorno en el que se encuentra. La durabilidad de un elemento concreto de un proyecto costero es una combinación de la durabilidad de los materiales de construcción y la capacidad del proyecto para seguir funcionando a un nivel aceptable incluso después de que el material de construcción ya haya empezado a degradarse. Por lo tanto, la durabilidad de los materiales debe considerarse en función de la vida útil del proyecto, los primeros costes y los gastos de mantenimiento previstos. Los factores principales que afectan a la durabilidad de un material incluyen su capacidad para resistir la abrasión, el ataque químico y la corrosión, la biodegradación marina, los ciclos de hielo/deshielo, ciclos de humedad/secado y las temperaturas extremas. Por tanto, los proyectos costeros con una vida útil corta pueden tolerar materiales menos duraderos con un coste reducido.

Detallando la durabilidad de los materiales más habituales en la construcción de diques en talud, la tierra y arena se consideran generalmente duraderas a menos que los cambios en el volumen o composición química del agua reduzcan el tamaño de los granos. La arena formada principalmente por cuarzo es muy duradera, pero las mezclas de arena con un alto contenido en carbonatos son más vulnerables al ataque químico si el agua es ácida. En cuanto a las rocas, la roca de procedencia ígnea se considera la más duradera, aunque depende del tipo y composición específica de cada roca. Las rocas sedimentarias suelen estar estratificadas y están sujetas a fallos por esfuerzos de cizallamiento, impactos, deterioro químico o cambios en la composición del agua. Asimismo, e independientemente del tipo de roca, cualquier material rocoso que desarrolle pequeñas grietas puede acabar fracturándose debido a los esfuerzos provocados por ciclos de hielo y deshielo.

### 3. 1. 6.- Adaptabilidad

En cuanto a la adaptabilidad de los materiales, las estructuras no rígidas en talud de piedra y tierra pueden ser construidas en diversidad de formas y tamaños, adaptándose así a multitud de terrenos o condiciones sin perder funcionalidad ni estabilidad estructural. Los materiales rocosos y las tierras pueden utilizarse en la mayoría de las condiciones climáticas y temperaturas extremas sin consecuencias significativas, especialmente si son comparados con materiales como los metales o mezclas asfálticas. El hormigón es un material con una gran capacidad de adaptación, sin embargo, el

coste puede limitar su uso a aplicaciones que no pueden construirse eficazmente con materiales menos costosos, como la piedra. Por ejemplo, el hormigón se utiliza en forma de cajones en la construcción de diques verticales cuando las profundidades de agua son demasiado elevadas para las estructuras convencionales de escollera en talud.

### 3. 2.- Costes asociados al material

Uno de los factores principales que se consideran en el proceso de selección de materiales para la construcción de infraestructuras marinas es el coste de material. Debido a las grandes cantidades de material que se necesitan para la mayoría de los proyectos costeros, el coste de los materiales es una consideración importante en el diseño. Históricamente las estructuras costeras se han construido con materiales comunes, fácilmente disponibles que se obtenían localmente a bajo coste. Al evaluar los costes de los materiales, deben incluirse los costes asociados al transporte de los mismos hasta el lugar de la obra. Si el material no estuviese disponible localmente, los costes de transporte podrían igualar o superar los costes del material por unidad de volumen. En consecuencia, puede ser preferible una fuente local de material más cara a una alternativa menos costosa situada más lejos de la localización del proyecto. Además, cualquier selección de material basada en el coste debe incluir la consideración de los gastos de mantenimiento posteriores asociados. Por ejemplo, seleccionar una fuente local de piedra de menor calidad para un rompeolas puede suponer un ahorro inicial en los costes de construcción, pero esta selección puede suponer un aumento en los gastos de mantenimiento debido a la fractura y la abrasión de las piedras. En la adquisición de materiales, los materiales a granel pueden suponer un importante ahorro en costes debido a las grandes cantidades necesarias.



### 3. 2. 1.- Disponibilidad de materiales

Muy relacionado con el coste del material, debe de valorarse la disponibilidad de estos. La disponibilidad de materiales adecuados para la construcción del proyecto costero y su futuro mantenimiento es una consideración importante en el diseño. La falta de fuentes locales de material primario viables puede limitar las opciones de diseño o aumentar significativamente los costes y el plazo de ejecución de la obra. La tierra y arena son materiales de construcción comunes y en la mayoría de los lugares existe una fuente local adecuada para su uso. En cuanto a la piedra se refiere, esta suele ser abundante en la mayoría de las regiones, pero no siempre cumple los estándares de calidad requeridos. Además, en lugares donde la energía de las olas es elevada y las estructuras costeras se encuentran muy expuestas al efecto de las olas, los proyectos pueden requerir piedras de gran tamaño que son difíciles de producir en canteras locales.

### 3. 2. 2.- Costes de mantenimiento y gestión

Finalmente, en cuanto a procedimientos de gestión concierne, tanto los materiales rocosos como las tierras son relativamente sencillos de manipular y no requieren de consideraciones especiales. La manipulación de materiales ha de tener en cuenta el transporte, almacenamiento, mezcla y fabricación y la puesta en obra. La tierra se manipula fácilmente con equipos convencionales de transporte y movimiento de tierras. En rocas, las limitaciones principales surgen con los tamaños de bloques grandes. Una vez finalizada la obra, debe gestionarse el mantenimiento de la infraestructura para asegurar así su durabilidad. Los requisitos de mantenimiento de un proyecto dependen de cómo se deterioran con el tiempo los materiales seleccionados debido a los procesos físicos y químicos. En el caso de la tierra y la arena, no es necesario protegerlos frente al deterioro físico o químico, pero sí es necesario evitar o retardar la eliminación de material por la erosión del viento o el agua. Los costes de mantenimiento estarán asociados a la sustitución del material erosionado. La principal preocupación con la piedra es su reducción de tamaño por la abrasión y rotura, pues las piedras rotas en trozos más pequeños pueden ser retiradas de su posición original por la acción de las olas. En este caso, el mantenimiento consiste en reemplazar las piedras dañadas o eliminadas.

## 4.- Introducción a la teoría del diseño a utilizar

### 4. 1.- Introducción a la inestabilidad de diques

En los diques de escollera en talud, la fuerza de las olas que golpean el manto principal puede provocar el movimiento de las unidades que forman este manto. Este movimiento involuntario de las piezas se conoce como inestabilidad hidráulica. Estos movimientos pueden caracterizarse por ser el balanceo, el desplazamiento de las unidades fuera de la capa, el deslizamiento de una sección del manto principal o el asentamiento debido a la compactación de la capa. Por otro lado, si el golpeo de las olas causase la rotura de las piezas, esta inestabilidad se conocería como inestabilidad en la integridad estructural de las unidades del manto principal. Ambas inestabilidades son muy difíciles de calcular o prever, pues es complicado calcular las fuerzas asociadas al flujo de las olas que actúan sobre cada una de las piezas que forman el manto. Además, la forma compleja de las unidades junto con su colocación relativamente aleatoria hace imposible el cálculo de las fuerzas de reacción entre piezas adyacentes. En consecuencia, no se pueden realizar cálculos deterministas de las condiciones de estabilidad instantánea del dique en talud, y por tanto las fórmulas de estabilidad se basan en ensayos de modelos hidráulicos.

#### 4. 1. 1.- Aproximaciones cuantitativas de estabilidad

Partiendo de los ensayos de laboratorio realizados, puede obtenerse una aproximación cuantitativa de la estabilidad de los diques en talud mediante las ecuaciones de Morrison. Estas ecuaciones relacionan los valores de las fuerzas de arrastre ( $F_D$ ), de inercia ( $F_I$ ) y de elevación ( $F_L$ ). La fuerza estabilizadora es la fuerza gravitatoria ( $F_G$ ). Suponiendo que cuando ocurre la inestabilidad la fuerza de arrastre y elevación dominan a la fuerza de inercia, se puede formular una relación de estabilidad cualitativa.

$$\frac{F_D + F_L}{F_G} = \frac{\rho_w D_n^2 v^2}{g(\rho_s - \rho_w)D_n^3} = \frac{v^2}{g \Delta D_n}$$

Donde:

- $D_n$  se conoce como el diámetro nominal (longitud equivalente del cubo) de las piezas que forman el manto de estudio.
- $\rho_s$  y  $\rho_w$  son las densidades de las piezas y del agua respectivamente.
- $v$  es la velocidad característica del flujo que impacta contra el dique en talud.

Puede caracterizarse la velocidad característica del flujo como:

$$v = (g H)^{\frac{1}{2}}$$

Por tanto, se obtiene que para una altura de ola determinada ( $H$ ) el parámetro de estabilidad ( $N_s$ ) es:

$$N_s = \frac{H}{\Delta D_n}$$

Entendiéndose el parámetro o número de estabilidad como la relación entre la energía de las olas y la resistencia de la estructura en forma de diámetro o peso (obtenido mediante las correspondientes densidades) nominal de las piezas.

Como  $\Delta$  puede expresarse en función de las densidades de las piezas y del agua, la no superación de la inestabilidad, o de un determinado grado de daño, puede expresarse de forma general como:

$$\Delta = \left( \frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right) \rightarrow K_1^a K_2^b K_3^c \dots$$

Donde los factores dependen de todos los componentes que influyen en la estabilidad, excepto  $H$ ,  $\Delta$  y  $D_n$ . Debido a la naturaleza estocástica de la carga de las olas y la respuesta del dique, se introduce en cualquier fórmula de estabilidad una variable estocástica de distribución gaussiana con un valor medio y una desviación estándar especificados.

#### 4. 2.- Cálculo de daño e inestabilidad de diques

En este proyecto se emplea la formulación de Iribarren (1938) para el cálculo del daño e inestabilidad de diques de escollera en talud. Esta formulación obtiene el valor del parámetro de estabilidad de la estructura en función del ángulo de reposo del manto ( $\varphi$ ) y el talud de la estructura ( $\alpha$ ). Asimismo, el coeficiente  $K$  incluye el nivel de daño, así como todos los otros parámetros influyentes no incluidos explícitamente en las fórmulas.

$$N_s = \frac{H}{\Delta D_n} = K (\tan\varphi \cos\alpha - \sin\alpha)$$

El daño provocado en la estructura puede medirse en función del número de unidades desplazadas o por mediciones de la superficie erosionada del perfil. En ambos casos, el daño se relaciona con un determinado estado de mar de duración determinada. El daño en términos de unidades desplazadas se da generalmente como el desplazamiento relativo,  $D$ , definido como la proporción de unidades desplazadas en relación con el número total de unidades, o preferiblemente, con el número de unidades dentro de una zona específica entorno al área donde ha tenido lugar el daño. La razón de limitar los daños a una zona específica es que, de lo contrario, sería difícil comparar varias estructuras. El daño  $D$  puede estar relacionado con cualquier definición de movimientos, incluido el balanceo. El número relativo de unidades en movimiento también puede relacionarse con el número total de unidades dentro de una franja vertical de anchura  $D_n$  que se extiende desde la parte inferior a la superior del manto.

Para esta definición de desplazamiento de las piezas, Van der Meer (1988) utilizó el término  $N_{od}$  para las unidades desplazadas fuera de la capa y  $N_{or}$  para las piezas que únicamente se balanceaban. El inconveniente de utilizar los conceptos de  $N_{od}$  y  $N_{or}$  es la dependencia que estos tienen de la longitud del talud (franja). Su valor puede calcularse como:

$$N_{od} = \frac{S - 0.4}{1.8} \text{ (formas cúbicas)}$$



La caracterización del daño basada en el área de la sección transversal erosionada  $A_e$  alrededor del NMM fue utilizada por Iribarren y por Hudson. En su caso, Iribarren definió que el límite de daño severo ocurría cuando la profundidad de la erosión en la capa principal alcanzaba el valor de  $D_n$ .

4. 2. 1.- Clasificación convencional de daño

Broderick (1983) definió un parámetro de daño adimensional para la escollera dado como:

$$S = \frac{A_c}{D_{n50}^2}$$

La utilización de este parámetro adimensional, conocido como área relativa erosionada, es de gran utilidad, pues es independiente de la longitud del talud y tiene en cuenta los asentamientos verticales, pero no los asentamientos y los deslizamientos paralelos al talud. A continuación, se presenta una clasificación convencional del nivel de daño (Losada et al. y Vidal et al.):

<b>Iniciación de avería (IA)</b>	Un cierto número de unidades de blindaje se desplazan una distancia igual o mayor a un diámetro nominal ( $D_{n50}$ ) desde su posición original. Los huecos creados son mayores que la media de los poros y por tanto se aprecian claramente, sin embargo, la funcionalidad de la estructura no se ve comprometida.
<b>Avería de Iribarren (AI)</b>	Los agujeros creados a partir del movimiento de las piezas son lo suficientemente grandes como para exponer la capa inferior del manto principal. Las unidades de esta capa inferior son susceptibles de ser extraídas. Además, en esta etapa se desarrolla un incipiente perfil en forma de S.
<b>Inicio de Destrucción (ID)</b>	Esta fase es similar a la de “Inicio de avería”, pero aplicada a la capa inferior del manto principal. Asimismo, un pequeño número de unidades de la capa inferior son arrancadas y esta capa empieza a estar expuesta a la acción de las olas.

<b>Destrucción (D)</b>	La capa inferior queda expuesta a la acción de las olas y sus unidades se desprenden fácilmente. Además, es probable que el dique pierda su funcionalidad por completo.
------------------------	---

4. 2. 2.- Conclusiones

Como se ha mencionado anteriormente, las fórmulas prácticas para la estabilidad hidráulica del manto principal de diques de escollera en talud se basan casi exclusivamente en pruebas de modelos a pequeña escala. En pocos casos se han realizado ensayos a gran escala para verificar los resultados de los ensayos con modelos a pequeña escala. Generalmente las pruebas hidráulicas de laboratorio se analizan desde una perspectiva conservadora en el caso de que aparezca algún desvío. Sin embargo, las fórmulas de estabilidad de la estructura deben aplicarse sólo para el diseño conceptual de esta, y la incertidumbre de las fórmulas debe ser considerada. Además, cuando las fórmulas no son suficientes para cubrir la geometría real de las estructuras y/o los estados de mar, los diseños preliminares deben ser testados con modelos antes de proceder a su construcción. Es decir, las estructuras de alto grado de complejidad deben probarse siempre en un modelo físico.

4. 3.- Formulación de Van der Meer para el cálculo de estabilidad hidráulica

En este apartado se estudian las fórmulas propuestas por Van der Meer (1988) para el estudio de la estabilidad hidráulica de los diques de escollera (roca) en talud no rebasables por las olas. Las fórmulas presentadas dependen del tipo de rotura de las olas para olas irregulares.

$$\text{Voluta (plunging waves)} \quad \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 \cdot S^{0.2} P^{0.18} N_z^{-0.1} \xi_m^{-0.5} \quad \xi_m < \xi_{mc}$$

$$\text{Oscilación (surging waves)} \quad \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 \cdot S^{0.2} P^{-0.13} N_z^{-0.1} (\cot \alpha)^{0.5} \xi_m^P \quad \xi_m > \xi_{mc}$$

$$\xi_m = s_m^{-0.5} \tan \alpha \quad \xi_{mc} = (6.2 P^{0.31} (\tan \alpha)^{0.5})^{\frac{1}{P+0.5}}$$

Donde:

- $H_s$  es la altura de ola significativa en frente del dique.
- $D_{n50}$  es la longitud equivalente del cubo de la roca mediana.
- $\rho_s$  es la densidad del material rocoso.
- $\rho_w$  es la densidad del agua.
- $\Delta = (\rho_s / \rho_w) - 1$
- $S$  es la superficie relativa erosionada
- $P$  es la permeabilidad teórica.
- $N_z$  es el número de olas en el estado de mar de estudio.
- $\alpha$  es el talud del dique.
- $s_m$  es el talud de las olas ( $s_m = H_s / L_{om}$ )
- $L_{om}$  es la longitud de onda correspondiente al periodo medio en aguas profundas.

En las fórmulas anteriormente expuestas deben tenerse en cuenta ciertas consideraciones:

- Ambas ecuaciones son válidas para olas que no están limitadas por la profundidad del fondo. En casos dónde la altura significativa de ola esté afectada por el fondo, debe reemplazarse  $H_s$  por  $H_{2\%}/1.4$ .
- Cuando el valor de  $\cot \alpha \geq 4.0$  solo debe usarse la ecuación correspondiente a voluta.
- $N_z \leq 7500$  tras lo cual se alcanza más o menos el equilibrio de daño.
- $0.1 \leq P \leq 0.6$ ,  $0.005 \leq s_m \leq 0.06$ ,  $2.0 \text{ ton/m}^3 \leq \rho \leq 3.1 \text{ ton/m}^3$

En el caso de que el material a utilizar en la construcción del dique en talud no sean rocas, sino bloques de hormigón, Van der Meer (1988) propone las siguientes fórmulas para el estudio de la estabilidad hidráulica del dique. Cabe destacar que estas fórmulas han de emplearse en el caso de diques no rebasables bicapa.

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_n} = \left( \frac{6.7 N_{od}^{0.4}}{N_z^{0.3}} + 1.0 \right) s_m^{-0.1}$$

Donde:

- $H_s$  es la altura de ola significativa en frente del dique.
- $D_n$  es la longitud del cubo.
- $\rho_s$  es la densidad del hormigón.
- $\rho_w$  es la densidad del agua.
- $\Delta = (\rho_s / \rho_w) - 1$
- $N_z$  es el número de olas en el estado de mar de estudio.
- $s_{om}$  es el talud de las olas ( $s_m = H_s / L_{om}$ )
- $L_{om}$  es la longitud de onda correspondiente al periodo medio en aguas profundas.
- $N_{od}$  es el número de bloques desplazados del manto principal en una franja de anchura  $D_n$ .



ANEJO Nº13 - DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN  
CONSTRUCTIVA



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Cálculo de la cota de coronación	3
2. 1.- Cota de coronación según el impacto visual en el horizonte	3
2. 2.- Cota de coronación según seguridad de peatones	4
2. 2. 1.- Carácter operativo de la obra	4
3.- Cálculo de la geometría interna del dique	9
3. 1.- Manto	12
3. 1. 1.- Escollera	12
3. 1. 2.- Cubos de hormigón	13
3. 2.- Filtro	13
3. 3.- Núcleo	14
3. 4.- Diseño de los morros	14
3. 5.- Anchura de la solera	15
3. 6.- Sección final del dique	16
3. 7.- Diseño de la pasarela superior	16
4.- Conclusiones	17

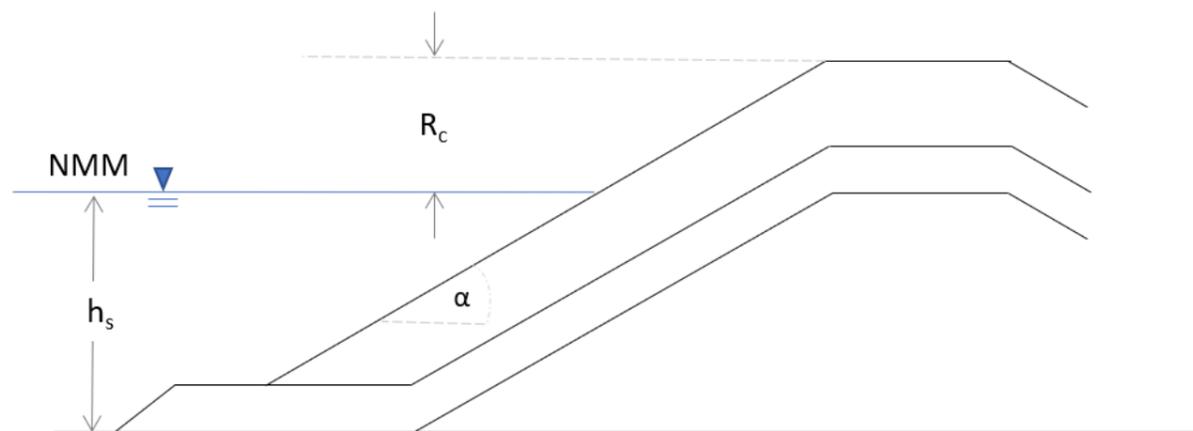


## 1.- Introducción

El diseño, o determinación de los parámetros que definen la sección constructiva del dique, debe realizarse con el fin de crear una estructura que se ajuste a las características del clima marítimo analizado anteriormente, es decir que se ajuste a la propagación del oleaje realizado, y que cumpla con las restricciones impuestas por la norma ROM (Recomendaciones de Obras Marítimas).

En el diseño de un dique los principales parámetros a determinar son: la cota de coronación del dique, el francobordo y el talud. Además, deberán determinarse las características (dimensiones y peso) de los materiales a emplear en las diferentes capas que forman la sección.

Se muestra a continuación mediante un esquema los distintos parámetros que definen la sección de un dique en talud.



Esquema 1: Variables de diseño principales en diques en talud

## 2.- Cálculo de la cota de coronación

La cota de coronación de las obras marítimas se establece atendiendo al carácter de la obra, es decir, atendiendo a la categorización de la obra civil marítima. Este carácter se determina dependiendo de los usos que la estructura va a satisfacer a lo largo de su vida útil.

En este proyecto, se realiza el estudio pertinente para la determinación de la cota de coronación del dique atendiendo a dos principios:

- a) Cuantificación del impacto visual de la obra marítima.
- b) Funcionalidad y operatividad de la infraestructura.

En el caso del dique planteado, existen dos posibilidades diferentes. Por un lado, con el fin de obtener una altura de coronación menor, y por tanto reducir el impacto visual que la obra tiene en el horizonte, podría prohibirse el paso de los peatones a la estructura. Es decir, en este caso la funcionalidad de la estructura se reduciría únicamente a minimizar el impacto de las olas sobre la avenida marítima de San Andrés, actuando como obstáculo en su propagación. Por otro lado, podría permitirse el paso de los peatones a la estructura, adecuando esta para que cumpla también la funcionalidad de paseo marítimo o mirador para los habitantes y visitantes de San Andrés. En este segundo caso, la altura de coronación del dique será mayor, pues deberá asegurarse la seguridad de los viandantes ante los rebases de las olas sobre la estructura.

### 2. 1.- Cota de coronación según el impacto visual en el horizonte

Como se ha mencionado anteriormente, en el caso de querer reducir al mínimo el impacto visual que el dique tiene sobre el horizonte, la funcionalidad de la estructura debiera reducirse únicamente a actuar como obstáculo en la propagación del oleaje. En el caso de no permitir el acceso a peatones, las restricciones sobre el caudal de rebase (*overtopping*) que puede tener lugar sobre el dique son menores, y por tanto, puede diseñarse la sección con una altura de coronación menor. Una obra de



altura menor cumple mejor los criterios de visibilidad, lo que reduce significativamente la perturbación que la obra causa en el paisaje de la zona. Sin embargo, se premia la posibilidad de que el dique tenga uso de paseo marítimo para los usuarios, y por tanto, su cota de coronación resultará mayor.

En cuanto al impacto visual que esta cota de coronación superior tiene sobre el horizonte, el paisaje constituye un recurso natural sobre el que se identifican efectos notables con el Proyecto de las obras de protección costera en San Andrés. Debido a que se modifica la estructura y disposición del paisaje actual, añadiendo un nuevo elemento urbano en la línea visual hacia el mar y alterando la actual configuración del paisaje percibido desde la avenida marítima. Además, el paisaje forma parte de la herencia cultural, histórica y natural de un territorio y como tal tiene una gran importancia en el arraigo de las personas a un lugar además de la atracción turística que supone.

Como estructura, el dique añade elementos geométricos y duros al paisaje actual, pudiéndose distinguir entre dos tipos por su influencia en la percepción del observador potencial, que son los que se extienden horizontalmente, en superficie, y los que se extienden verticalmente, en altura.

De forma breve, el estudio del impacto visual de la obra se realiza llevando a cabo un análisis visual. El análisis visual se centra en los aspectos de la percepción en función de la posición del observador y de las características del territorio, definiendo el paisaje visual o percibido de un determinado espacio. Se realiza un análisis de las cuencas visuales en las que se incluye el ámbito de estudio (intrusión visual), así como la cuenca visual que se obtiene desde el ámbito (intervisibilidad), de manera que pueda valorarse el impacto visual que tendrán las actuaciones incluidas en el proyecto en el entorno en el que se enmarca. De esta manera se puede conocer en qué medida el nuevo dique contribuye a la percepción del paisaje.

La cuenca visual de un punto se define como la zona que es visible desde ese punto. Por extensión, puede ampliarse el concepto a un conjunto de puntos próximos a una unidad u objeto (carretera, urbanización, etc.), y considerarla como la porción del territorio vista desde ellos o, lo que es lo mismo, desde donde pueden ser vistos.

## 2. 2.- Cota de coronación según seguridad de peatones

En el caso de ampliar la funcionalidad del dique y dotarlo de un uso alternativo como pasarela o mirador, el diseño de la cota de coronación debe cumplir con las restricciones de seguridad para este carácter funcional. Por tanto, el estudio a realizar analiza la operatividad y la funcionalidad del dique. En este caso, la cota de coronación y por consiguiente el francobordo de la estructura dependen de las restricciones del caudal de rebase.

### 2. 2. 1.- Carácter operativo de la obra

El carácter operativo es un indicador de las repercusiones sociales, económicas y ambientales que se pueden producir cuando no se alcanzan o se reducen considerablemente las condiciones de operatividad en el área de abrigo del dique o en los accesos a estas áreas. Por lo tanto, es un indicativo del alcance de las consecuencias originadas por las paradas operativas en la fase de servicio de la infraestructura.

El carácter operativo de cualquier estructura debe ser especificada por el promotor de la misma, siendo en todo momento su valor no inferior al obtenido a partir de los índices de repercusión económica operativo (IREO) y de repercusión social y ambiental operativo (ISAO) detallados en la ROM.

Se muestra a continuación como se han determinado los valores de ambos coeficientes. Para ello, se considera que la estructura es de uso peatonal. Asimismo, se sitúa en una zona clasificada como área litoral y puede clasificarse por ser una estructura de protección y defensa de márgenes. Es por tanto una obra de gran relevancia y por tanto las especificaciones de diseño serán muy restrictivas. Se obtiene también del estudio de estos índices el valor del coeficiente  $r_{f,ELO}$ . Este coeficiente expresa en la duración genérica de un año, la operatividad mínima admisible.

El índice IREO (índice de repercusión económica operativo) valora cuantitativamente los costes ocasionados por la parada operativa de un tramo de obra. Por los criterios mencionados anteriormente, el valor del índice IREO para el dique de estudio es de "ALTO", debido a que su valor

debe aumentarse por ser la afección de la zona de tipo urbano. Esto significa, que el valor de  $r_{f,ELO}$  es 0.99, lo cual implica que únicamente 0.01 del año puede realizarse una parada operativa de la estructura.

Por su parte, el índice ISAO (índice de repercusión social y ambiental operativo) estima de manera cualitativa el impacto social y ambiental esperable en el caso de producirse un modo de parada operativa de la obra marítima. Valora la probabilidad de ocurrencia y el alcance en tal caso de: pérdida de vidas humanas, daños en el medio ambiente y el patrimonio histórico-artístico y la alarma social generada. El valor del índice ISAO para el dique de estudio es "ALTO". Además, en el intervalo de tiempo especificado, que se asume en general de un año y medio, se recomienda que la suma del número medio de paradas operativas admisible,  $N_m$ , para el área protegida o abrigada por el dique en cuestión, sea inferior a los valores máximos incluidos en la ROM. Para el caso de estudio, el valor de  $N_m$  debe ser no superior a 2 paradas.

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE IREO		$r_{f,ELO}$		
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	$r_{03}$	Alto	0.99	
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique con adosadas a las que no les afecte el rebase	Con tráfico de graneles	$r_{02}^2$	Medio	0.95 <sup>1</sup>
			Con tráfico de pasajeros y de mercancía general regulares	$r_{03}^2$	Alto	0.99 <sup>1</sup>
			Con tráfico de mercancía general tramp	$r_{02}^2$	Medio	0.95 <sup>1</sup>
	PUERTO PESQUERO		$r_{03}$	Alto	0.99 <sup>1</sup>	
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		$r_{03}$	Alto	0.99 <sup>1</sup>	
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	$r_{03}$	Alto	0.99	
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	$r_{02}$	Medio	0.95 <sup>1</sup>	
		MILITAR		$r_{03}$	Alto	0.99
		PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		$r_{03}$	Alto	0.99
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES		$r_{03}$	Alto	0.99	
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		$r_{03}$ $(r_{02})^3$	Alto (medio) <sup>3</sup>	0.99 (0.95) <sup>3</sup>	
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		$r_{01}$ $(r_{03})^4$	Bajo (alto) <sup>4</sup>	0.85 (0.99) <sup>4</sup>	
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		$r_{01}$	Bajo	0.85	

1. En el caso de que los tráfico sean estacionales, la operatividad mínima se referirá a dicho periodo.  
 2. En el caso de que la intensidad de la demanda sea pequeña (grado de utilización del área abrigada < 40%) los índices obtenidos podrán reducirse un grado.  
 3. El índice IREO para la protección de toma de agua o punto de vertido será que la estructura pueda soportar la parada operativa.  
 4. El índice IREO deberá aumentarse a  $r_{03}$  cuando su zona de afección sea urbana o industrial.

Tabla 3: Valores IREO (ROM 1.0-0.9)

Figura 2.2.36. ISAO y número máximo de paradas anuales

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA			ÍNDICE ISAO	N <sub>m</sub>		
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas <sup>1</sup> Pasajeros y Mercancías no peligrosas	s <sub>03</sub> s <sub>02</sub>	Alto Bajo	2 5
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique o sólo con las que no les afecte el rebase		s <sub>01</sub>	No signif.	10
		PUERTO PESQUERO		s <sub>02</sub>	Bajo	5
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		s <sub>02</sub>	Bajo	5	
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas <sup>1</sup> Mercancías no peligrosas	s <sub>03</sub> s <sub>02</sub>	Alto Bajo	2 5
			Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique o adosadas a las que no les afecte el rebase		s <sub>01</sub>	No signif.
		MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique a las que afecte el rebase		s <sub>03</sub>	Alto
	Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique			s <sub>01</sub>	No signif.	10
	PROTECCIÓN*	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas <sup>1</sup> Mercancías no peligrosas	s <sub>03</sub> s <sub>02</sub>	Alto Bajo	2 5
			DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES		s <sub>04</sub>	Muy alto
ÁREAS LITORALES	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		s <sub>02</sub> (s <sub>02</sub> ) <sup>2</sup>	Bajo (alto) <sup>3</sup>	5 (2)	
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		s <sub>01</sub> (s <sub>02</sub> ) <sup>3</sup>	No signif. (alto) <sup>3</sup>	10 (2) <sup>3</sup>	
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		s <sub>01</sub>	No signif.	10	

\* PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES.  
<sup>1</sup> Se considerarán mercancías peligrosas los grupos de sustancias prioritarias incluidas en el anexo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CEE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER: Decisión 2000/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías peligrosas (Real Decreto 145/1989). (Vra ROM 5.1).  
<sup>2</sup> El índice IREO deberá aumentarse a s<sub>03</sub> cuando su zona de afectación sea urbana o industrial.  
<sup>3</sup> El índice IREO deberá aumentarse a s<sub>03</sub> cuando su zona de afectación sea urbana o industrial.

Tabla 4: Valores ISAO (ROM 1.0-0.9)

De la combinación del valor de los índices ISAO e IREO se obtiene que la duración máxima probable de una parada operativa es de 1 hora.

Figura 2.2.37. Duración máxima probable de una parada operativa

ÍNDICE IREO	ÍNDICE ISAO			
	No significativo	Bajo	Alto	Muy alto
Bajo	24 horas	12 horas	6 horas	0
Medio	12 horas	6 horas	3 horas	0
Alto	6 horas	3 horas	1 horas	0

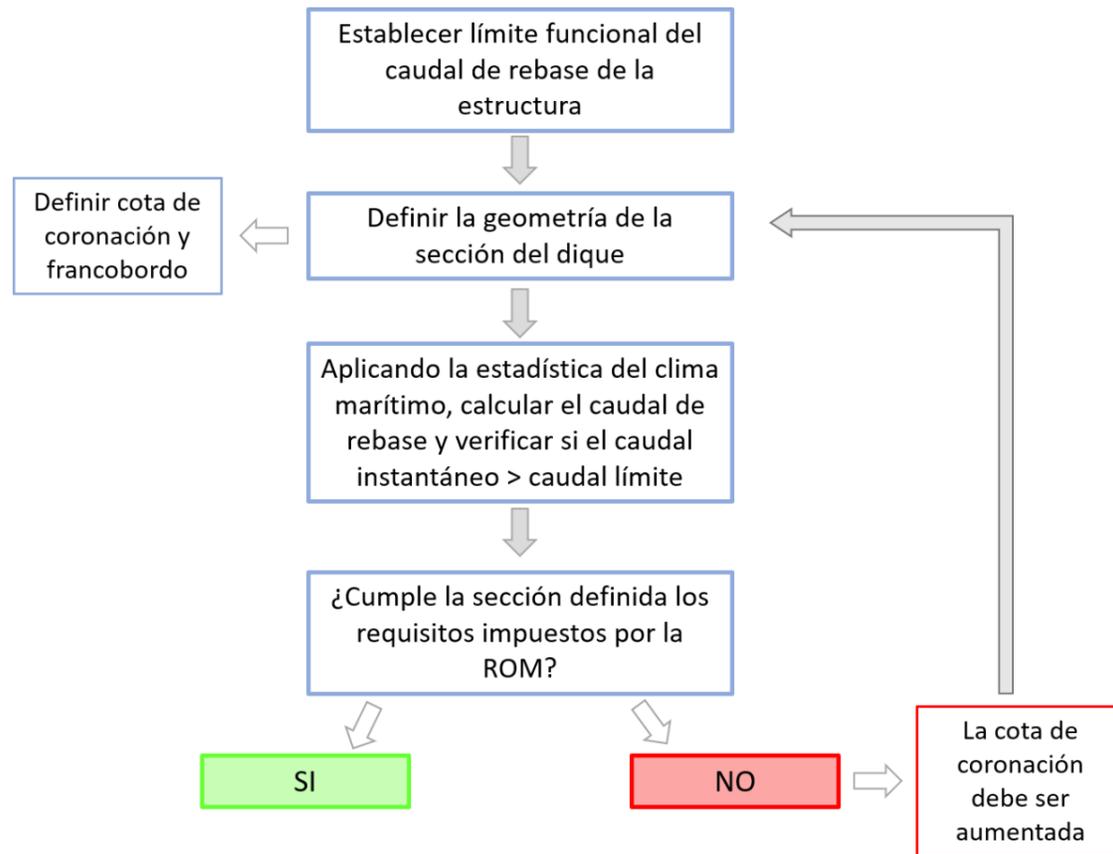
Tabla 5: Duración máxima probable de una parada operativa (ROM 1.0-0.9)

La conclusión general obtenida a partir del análisis conjunto de ambos coeficientes, es que el dique de diseño debe tener una cota de coronación tal que cumpla de manera simultánea las siguientes condiciones:

- Únicamente 0.01 del tiempo anual puede interrumpirse la operatividad de la estructura para realizar una parada.
- El número de paradas anuales no debe ser superior a 2.
- La duración de parada debe no ser superior a 1 hora.

Considerando las restricciones impuestas, se procede a analizar el caudal de rebase de la estructura en relación con su cota de coronación.

El procedimiento empleado en este cálculo de carácter iterativo se muestra en el diagrama a continuación.



Esquema 2: Flujo de trabajo para la obtención de la cota de coronación

entre la estabilidad y el impacto de la estructura. Asimismo, y debido a que históricamente estos han sido los taludes adoptados, la gran mayoría de los ensayos de laboratorio y en consecuencia, la mayoría de la normativa, se han realizado para este rango de valores de talud. Se muestra en la figura a continuación la relación entre las fuerzas estabilizadoras y el talud de la estructura.

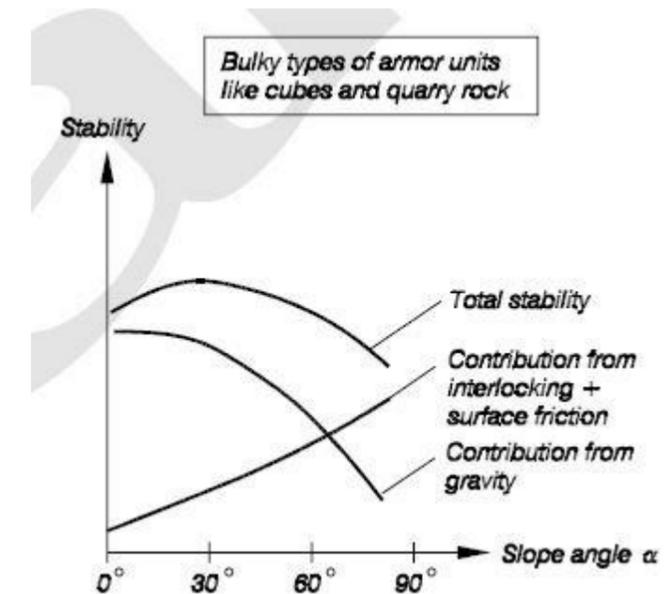


Ilustración 68: Relación entre fuerzas estabilizadoras y talud de dique de escollera

Por tanto, en caso de querer diseñar la sección de la estructura con un talud distinto a los mencionados, deberían de repetirse los ensayos de laboratorio realizados con modelos a escala.

En este caso, para el dique en cuestión, se adopta directamente un talud de 2H:1V por simpleza en la iteración del cálculo.

3. A lo largo del cálculo iterativo se considerará únicamente las restricciones debidas al índice IREO de la ROM, pues realizar todas las comprobaciones escapa del alcance del presente TFG. Por tanto, la limitación es que únicamente 0.01 del tiempo anual puede interrumpirse la operatividad de la estructura para realizar una parada.

Existen un par de aclaraciones que deben realizarse de acuerdo con el proceso que va a llevarse a cabo.

1. La cota de coronación debe estar situada al menos 3 m por encima del nivel de bajamar máxima equinoccial debido a que el rango de amplitud mareal se sitúa en torno a ese valor.
2. Los taludes habituales de este tipo de estructura han sido históricamente 2H:1V o 1.5H:1V, debido a que permiten una mejor estabilidad de los mantos. Cuanto menor es el valor del talud, mayor es la interacción entre bloques adyacentes y mayor es también la estabilidad de las piezas debidas al efecto de la gravedad. Sin embargo, al reducir el talud, se incrementa considerablemente la huella de la estructura. Por consiguiente, debe alcanzarse un equilibrio

El caudal de *overtopping* límite para diques en talud establecido por el código atendiendo a la seguridad operativa de la estructura es 0.3 l/s/m (0.0003 m³/s/m). Este caudal marca el límite de peligrosidad para peatones.

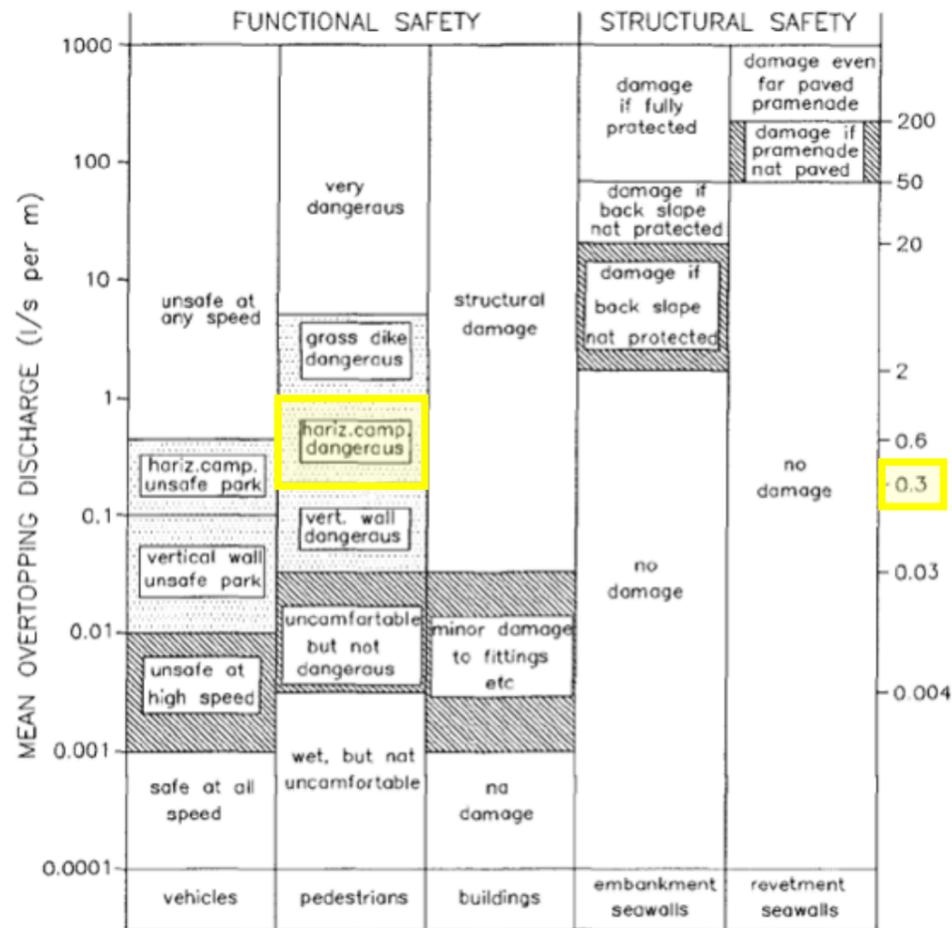


Fig. 2 Critical overtopping discharges of existing guidelines integrated with new safety bands (dotted) for transit on breakwaters.

Tabla 6: Caudal de overtopping máximo

Para poder realizar el cálculo, es necesario establecer el nivel de referencia de la obra, este nivel, considerado también como nivel 0 o nivel mínimo histórico, es el nivel de la BMVE (Bajamar máxima

viva equinoccial). Por tanto, toda la serie de datos del oleaje se modifica para colocarla respecto de este valor de referencia.

El mínimo nivel del mar registrado en la serie histórica es de -1.3098 m y el máximo es de 1.4516 m. Lo cual significa que el rango mareal real es de 2.7613 m. Por tanto, y como referencia, se sitúa el cero del nivel instantáneo a la cota -1.3098 m. Asimismo, la base de datos cuenta con registros para un total de 592416 horas.

La ecuación utilizada para calcular el caudal de rebase del dique es la ecuación de Van der Meer propuesta por el EuroTop. Mediante esta fórmula se obtiene el caudal de rebase por metro lineal de infraestructura, el cual es también conocido como caudal de *overtopping*. El caudal de rebase se relaciona directamente con el diseño o determinación de la altura (francobordo) de la estructura. Los factores a considerar para la determinación de *overtopping* son principalmente inducidos por la fricción del manto de material, el ángulo de la pendiente de la estructura, las bermas y el ángulo de ataque del oleaje.

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.2 \cdot \exp\left(-2.3 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

$$q = 0.2 \cdot \exp\left(-2.3 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right) \sqrt{g \cdot H_{m0}^3}$$

Donde:

q representa el caudal de rebase (m³/s/m).

g representa la aceleración gravitatoria (m/s²).

H<sub>m0</sub> representa la altura de ola medida en el pie de la estructura (m).

R<sub>c</sub> es el francobordo de la infraestructura (m). Calculado en este caso como:

$$R_c = CC - Nivel_{instantáneo}$$



CC es la cota de coronación de la estructura (m).

Nivel<sub>instantáneo</sub> es el nivel del mar referido al nivel de referencia establecido anteriormente (m).

$\gamma_f$  se conoce como el coeficiente de fricción de la estructura. En este caso se considera igual a 0.55, pues la estructura del dique está formada por rocas.

$\gamma_\beta$  es el coeficiente del ángulo de ataque. En el caso de estudio se asume un valor igual a 1, debido a que representa el caso más desfavorable.

$$q = 0.2 \cdot \exp\left(-2.3 \frac{R_c}{0.55 H_{m0}}\right) \sqrt{9.81 \cdot H_{m0}^3}$$

El cálculo iterativo comenzará considerando una cota de coronación de 3.00 m (referida al nivel de BMVE) pues se estima que debido al valor del rango mareal es la mínima necesaria y se irá incrementando su valor en intervalos de 0.10 m hasta obtener un número de horas no operativas aceptable.

Caso	Cota de coronación (m)	Horas NO operativo	Porcentaje de no operatividad	Validez
1	3.0	109642	0.1851	NO
2	3.1	90822	0.1533	NO
3	3.2	74879	0.1264	NO
4	3.3	61486	0.1038	NO
5	3.4	50183	0.0847	NO
6	3.5	40801	0.0689	NO
7	3.6	33103	0.0559	NO
8	3.7	26756	0.0452	NO
9	3.8	21508	0.0363	NO
10	3.9	17282	0.0292	NO

11	4.0	13930	0.0235	NO
12	4.1	11251	0.0190	NO
13	4.2	9111	0.0154	NO
14	4.3	7409	0.0125	NO
15	4.4	6008	0.0101	NO
16	4.5	4834	0.0082	SI

Tabla 7: Iteraciones de cálculo para la obtención de una cota de coronación adecuada

Por tanto, la cota de coronación de la estructura se estima necesaria de 4.5 m respecto del nivel de BMVE. Esto supone que en el momento en el que se registra el máximo nivel del mar, se da el mínimo valor del francobordo de la estructura, que viene a ser de 1.7387 m.

Por tanto, en cuanto a la geometría de la sección, la cota de coronación del dique es de 4.5 m y el talud es de 2H:1V.

### 3.- Cálculo de la geometría interna del dique

La geometría interna del dique se caracteriza por estar formada por tres unidades, siendo estas:

1. Manto bicapa de escollera o de bloques de hormigón.
2. Capa o capas de filtro.
3. Núcleo

Para poder determinar los parámetros de la geometría interna del dique es necesario determinar la altura de ola a pie de dique. Para poder llevar a cabo esta tarea, se determina considerando el carácter de la obra, su vida útil y su probabilidad de fallo.

Una vez definidos estos parámetros, se puede determinar el periodo de retorno del evento causando el fallo de la estructura, debido a que se puede relacionar el periodo de retorno con la probabilidad de fallo si dicho fallo se relaciona con la superación de un umbral de la variable de diseño. En este caso, la

variable de diseño es la altura de ola, que puede determinarse utilizando el régimen extremal obtenido tras el análisis de la serie histórica de datos de oleaje.

Desde la ROM se obtiene que la vida útil de la estructura es de al menos 15 años y la probabilidad de fallo de límite último ( $P_{f,ELU}$ ) es de 0.2. Estos valores pueden utilizarse según la siguiente expresión para determinar el periodo de retorno.

$$T = \frac{1}{1 - (1 - P_{f,ELU})^{\frac{1}{v}}} = \frac{1}{1 - (1 - 0.2)^{\frac{1}{15}}} = 67.72 \rightarrow 67 \text{ años}$$

Con este dato, se puede obtener la altura de ola a pie de estructura causando el fallo de la misma mediante el análisis del régimen extremal. Se toma como referencia el ajuste medio debido a que la estructura es dúctil, es decir, sufre un fallo progresivo mediante asentamientos y perfilado de los mantos. Por consiguiente, en caso de ocurrir un temporal con un periodo de retorno de 67 años, la estructura sufriría un daño, pero no perdería por completo la utilidad. Por tanto, utilizar el ajuste medio se considera suficientemente fiable.

Figura 2.233. IRE, ISA y vida útil mínima en función del tipo de área abrigada

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		INDICE IRE <sup>7</sup>		VIDA ÚTIL MÍNIMA (V <sub>m</sub> ) <sup>7</sup> (años)	
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráfico	r <sub>3</sub>	Alto	50
		Puertos para tráfico especializado	r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>1</sup>	Medio (alto) <sup>1</sup>	25 (50) <sup>1</sup>
	PUERTO PESQUERO		r <sub>2</sub>	Medio	25
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		r <sub>2</sub>	Medio	25
	INDUSTRIAL		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>1</sup>	Medio (alto) <sup>1</sup>	25 (50) <sup>1</sup>
	MILITAR		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>2</sup>	Medio (alto) <sup>2</sup>	25 (50) <sup>2</sup>
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>3</sup>	Medio (alto) <sup>3</sup>	25 (50) <sup>3</sup>
	ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES <sup>4</sup>		r <sub>3</sub>	Alto
PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>5</sup>	Medio (alto) <sup>5</sup>	25 (50) <sup>5</sup>	
PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		r <sub>1</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>6</sup>	Bajo (alto) <sup>5</sup>	15 (50) <sup>7</sup>	
REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r <sub>1</sub>	Bajo	15	

<sup>1</sup> El índice IRE se elevará a r<sub>3</sub> cuando el tráfico esté asociado con el suministro energético o con materias primas minerales estratégicas y no se disponga de instalaciones alternativas adecuadas para su manipulación y/o almacenamiento.  
<sup>2</sup> El índice IRE se elevará a r<sub>3</sub> cuando la instalación militar se considere esencial para la defensa nacional.  
<sup>3</sup> En obras de protección de rellenos o de defensa de márgenes se tomará un índice IRE igual al señalado para el área portuaria en que se localiza.  
<sup>4</sup> Se entienden como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquellos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.  
<sup>5</sup> El índice IRE se elevará a r<sub>3</sub> cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o con la producción energética.  
<sup>6</sup> El índice IRE se elevará a r<sub>2</sub> cuando en su zona de afección se localicen edificaciones o instalaciones industriales.  
<sup>7</sup> Los índices inferiores a r<sub>3</sub> de la tabla se elevarán un grado por cada 30 M€ de coste de inversión inicial de la obra de abrigo.

Tabla 8: Vida útil de estructura (ROM 1.0-0.9)

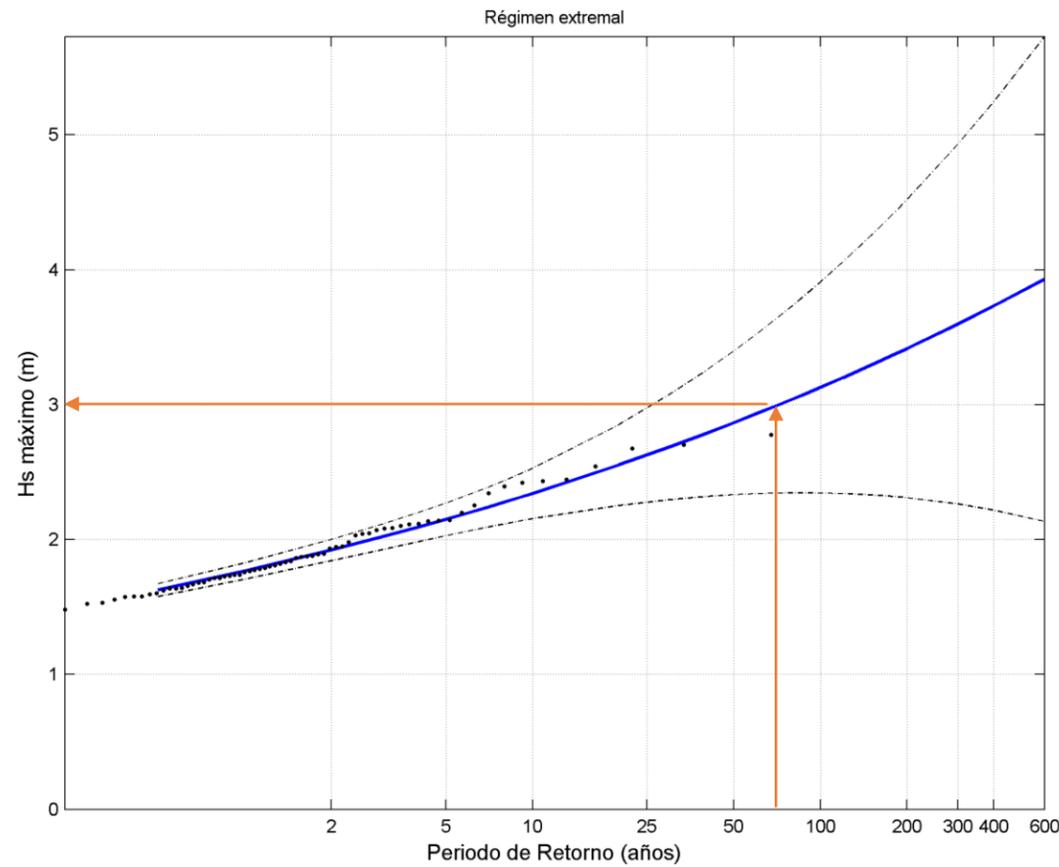


Gráfico 4: Régimen extremal del clima marítimo

Para un periodo de retorno de 67 años, la altura de ola significativa máxima que caracteriza la vida útil y el fallo del diseño es de 3 m.

Como se ha explicado anteriormente, la estabilidad de la estructura se asegura mediante la fuerza de gravedad y la inercia de las piezas que la forman, por consiguiente, cuanto mayor es el peso de las piezas, mayor es la estabilidad de la estructura ante los modos de fallo ya comentados. El objetivo de este apartado es determinar el peso mínimo necesario de las piezas que forman las distintas capas del

dique para asegurar la estabilidad de la estructura. Asimismo, debe tenerse en cuenta que los diques no son estructuras totalmente estáticas y que existe cierta permisibilidad de movimiento.

Se estudia la estabilidad de la estructura y su fallo mediante su número de estabilidad y el criterio de inicio de avería. Utilizando la formulación a continuación:

$$S = \Delta / D_n^2$$

Para conocer el valor del coeficiente S, se emplea la tabla de Van der Meer mostrada a continuación.

Damage level by S for two-layer armor (van der Meer 1988).

Unit	Slope	Initial damage	Intermediate damage	Failure
Rock	1 : 1.5	2	3-5	8
Rock	1 : 2	2	4-6	8
Rock	1 : 3	2	6-9	12
Rock	1 : 4 - 1 : 6	3	8-12	17

Tabla 9: Valores del coeficiente S (Van der Meer)

El valor de S que caracteriza el daño inicial para material rocoso en un dique con talud 2H:1V es 2.

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_n} = \frac{H_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right) D_n}$$

Las densidades de los materiales a utilizar se estiman:

Agua salada marina	Escollera	Hormigón
$\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$	$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	$\rho_c = 2300 \text{ kg/m}^3$

### 3. 1.- Manto

Debe elegirse si el material a emplear en el manto es escollera o bloques de hormigón. Para ello se realiza el estudio con ambos materiales y se elige el que se estime más óptimo de acuerdo con el diámetro nominal y el peso por pieza obtenidos.

#### 3. 1. 1.- Escollera

Aplicamos las ecuaciones de Van der Meer para obtener el diámetro nominal necesario en caso de utilizar escollera en el manto del dique.

$$\xi_m = s_m^{-0.5} \tan \alpha$$

$$s_m = H_s / L_{om}$$

$$L_{om} = \frac{9.81 \times T_p^2}{2\pi}$$

Según la ROM 0.3-9.1 se puede obtener el intervalo del valor de pico como:

$$T_p = (4.3 \leftrightarrow 7.4) \sqrt{H_s}$$

Por tanto, y para considerar el caso más desfavorable, consideramos que:

$$T_{p,max} = 7.4 \sqrt{H_s} = 7.4 \sqrt{3.0} = 12.82 \text{ s}$$

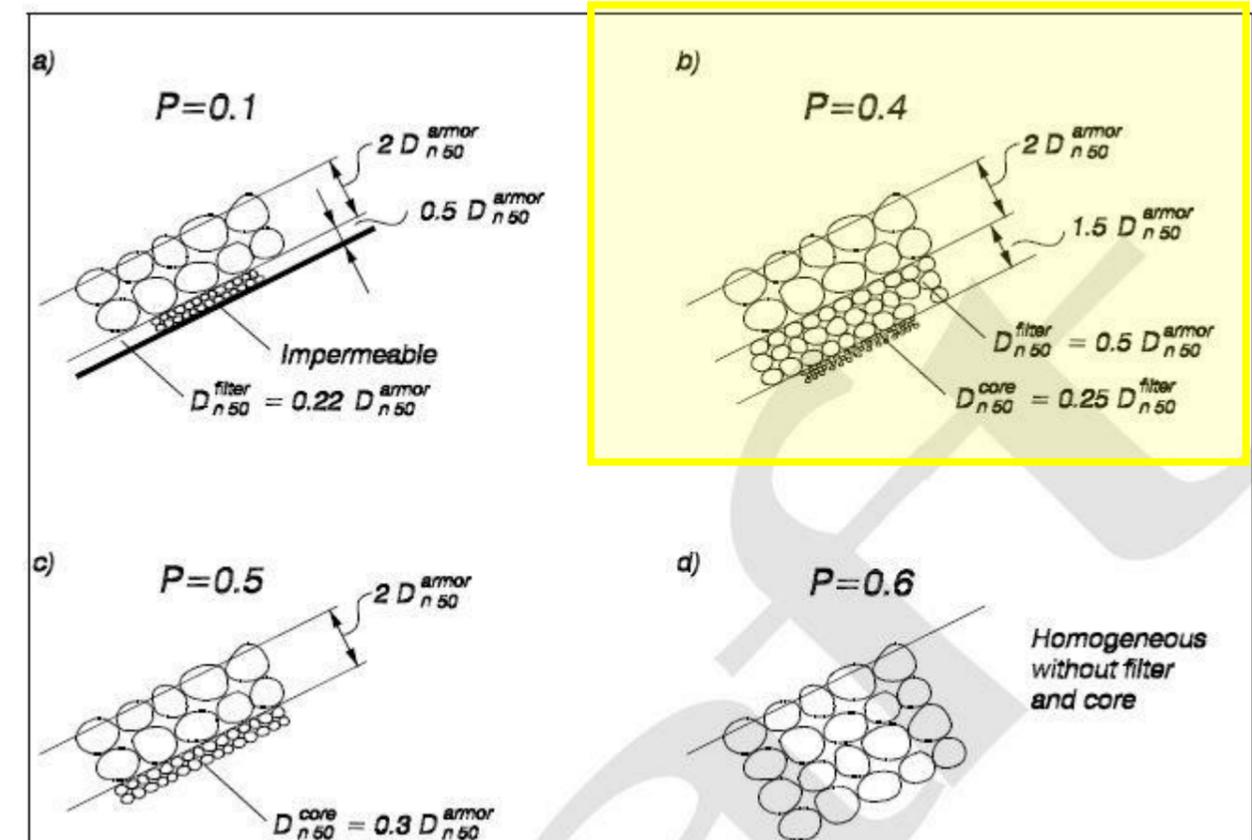
Entonces,

$$L_{om} = \frac{9.81 \times 12.82^2}{2\pi} = 256.605 \text{ m}$$

$$s_m = 3.0 / 256.605 = 0.01169$$

$$\xi_m = (0.01169)^{-0.5} \times 0.5 = 4.6245$$

Debido a que se trata de una estructura bicapa, se considera que el valor de P es de 0.4m



Esquema 3: Valores de permeabilidad según estructura

$$\xi_{mc} = (6.2 P^{0.31} (\tan \alpha)^{0.5})^{\frac{1}{P+0.5}} = (6.2 \times 0.4^{0.31} \times 0.5^{0.5})^{\frac{1}{0.4+0.5}} = 3.768$$

$$\xi_m > \xi_{mc}$$

Por lo que empleamos la ecuación:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 \cdot S^{0.2} P^{-0.13} N_z^{-0.1} (\cot \alpha)^{0.5} \xi_m^P$$

El número de olas en el estado de mar de estudio puede obtenerse suponiendo que el estado tiene una duración de 24 horas y que el periodo medio se obtiene a partir del periodo de pico. En este caso, utilizaré como periodo de pico la media entre el periodo de pico máximo y periodo de pico mínimo.



$$T_m = \frac{T_p}{1.3} \rightarrow \frac{(4.3 \leftrightarrow 7.4)\sqrt{H_s}}{1.3} \rightarrow \frac{7.448 \leftrightarrow 12.82}{1.3} \rightarrow \frac{10.134}{1.3} = 7.80 \text{ s}$$

Entonces se calcula la cantidad de olas en el estado de mar como:

$$N_z = \frac{3600 \times 24}{7.80} = 11076 \text{ olas}$$

Sin embargo, tras 7500 olas se estima que se alcanza un equilibrio, por tanto,  $N_z = 7500 \text{ olas}$ .

$$\frac{3.0}{\left(\frac{2650}{1025} - 1\right) D_{n50}} = 1.0 \cdot 2^{0.2} 0.4^{-0.13} 7500^{-0.1} (\cot 26.565)^{0.5} 4.6245^{0.4} \rightarrow D_{n50} = 1.367 \text{ m}$$

Una vez conocido el diámetro nominal de las piezas, puede calcularse su volumen y su peso. El peso de cada pieza de escollera formando el manto exterior es:

$$w_s = \rho_s \times D_{n50}^3 = 2650 \times 1.367^3 = 6769.42 \text{ kg} \approx 6.80 \text{ tn}$$

### 3. 1. 2.- Cubos de hormigón

En el caso de formar el manto exterior del dique en talud con cubos de hormigón, el diámetro nominal de estos se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_n} = \left( \frac{6.7 N_{od}^{0.4}}{N_z^{0.3}} + 1.0 \right) s_m^{-0.1}$$

$$N_{od} = \frac{S - 0.4}{1.8} = \frac{2 - 0.4}{1.8} = 0.889$$

$$N_s = \frac{3.0}{\left(\frac{2300}{1025} - 1\right) D_n} = \left( \frac{6.7 \times 0.889^{0.4}}{7500^{0.3}} + 1.0 \right) 0.01169^{-0.1} \rightarrow D_n = 1.074 \text{ m}$$

Una vez conocido el diámetro nominal de las piezas, puede calcularse su volumen y su peso. El peso de cada cubo de hormigón formando el manto exterior es:

$$w_c = \rho_c \times D_n^3 = 2300 \times 1.074^3 = 2849.32 \text{ kg} \approx 2.85 \text{ tn}$$

Debido al peso obtenido para cada una de las piezas de ambos materiales, la solución óptima reside en escoger los cubos de hormigón como material para el manto exterior del dique en talud, debido a que el peso menor de cada uno de los bloques permite que la constructividad de la estructura sea mayor. Además, en la práctica se establece que si el peso de los bloques de escollera a emplear es mayor a las 5.00 t, este material no es factible, debido a la complejidad de extraer bloques de tal peso de una cantera. La causa de que para el rango de oleajes identificado y las características del dique propuestas el peso de los bloques de hormigón sea significativamente inferior a el peso de escollera necesario para el manto exterior, reside en que los cubos aportan trabazón por sus aristas y mayor permeabilidad.

### 3. 2.- Filtro

El dimensionamiento de los mantos secundarios, o del filtro en este caso, se realiza de tal forma que se asegure la estabilidad de la estructura, la cual depende especialmente de la fricción entre las capas de distintos materiales, para evitar así el deslizamiento. Cuanto más parecidos son los tamaños y los pesos de las piezas pertenecientes a distintas capas, la estabilidad de la estructura es mayor. Sin embargo, una pequeña reducción en el tamaño de las piezas de una capa a la siguiente implica que es necesario emplear un elevado número de capas hasta llegar al núcleo, lo que es económicamente perjudicial. Por tanto, mediante diversos ensayos, se ha obtenido que para tener la máxima estabilidad frente al deslizamiento de los mantos es recomendable emplear una relación entre los pesos de las piezas de:



$$\frac{w_{ext}}{w_{int}} = 10$$

Por tanto, si el peso nominal de cada bloque de hormigón es de 2.85 tn, las piezas que forman el filtro deben tener un peso de:

$$w_{f50} = \frac{w_c}{10} = \frac{2850}{10} = 285 \text{ kg}$$

Conocido el peso de cada pieza, que en este caso debido a su menor peso es factible que sean piezas de cantera o de escollera, se puede obtener el diámetro nominal de estas:

$$w_{f50} = \rho_s \times D_n^3 \rightarrow 285 = 2650 \times D_n^3 \rightarrow D_n = 0.476 \text{ m}$$

Únicamente un manto bicapa de filtro es necesario, pues si se redujese por un factor de 10 el peso nominal obtenido, nos situaríamos ya dentro de los pesos de piezas contenidas en el núcleo.

En la práctica, una vez identificado el valor del  $D_{50}$  de las piezas que forman la capa, debe de establecerse un rango de valores de escollera aceptable para la capa. Esto ocurre debido a que no es posible obtener de una cantera una escollera de un peso específico, sino que los bloques cumplirán unas limitaciones de peso por debajo y encima del peso teórico. Para establecer este rango de valores aceptables se utiliza la normativa propuesta en el "Rock Manual"

En el cálculo se ha obtenido un  $D_{50}$  que se caracteriza por un peso de 285 kg. Según lo establecido en el manual, y considerando la capa "filtro" como *narrow gradation* y *light grading*, se obtiene que el rango de pesos para las piezas contenidas en esa capa es de 60 a 300 kg.

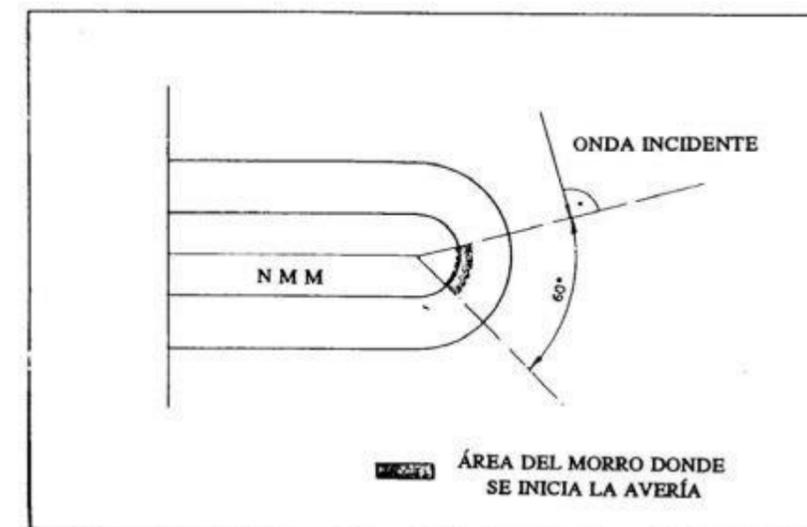
### 3. 3.- Núcleo

El material habitual para utilizar en el núcleo de los diques en talud es el todo uno de cantera, cuyo peso se sitúa entre 10-100 kg por pieza.

### 3. 4.- Diseño de los morros

El morro de un dique puede entenderse como su parte más vulnerable, pues es la parte más expuesta a la dinámica marina. Debido a su geometría sufre daños más extensos y frecuentes que el tronco del dique, ya que está más expuesto a procesos de propagación del oleaje como la refracción o la difracción. Estos procesos incrementan la velocidad del agua que fluye por encima de la estructura troncocónica, causando una erosión mayor. Asimismo, el reducido apoyo entre piezas colindantes en la dirección del desbordamiento de las olas en el lado de sotavento del cono favorece el fallo de la estructura.

Según Vidal et al. el inicio del daño se produce en un sector de unos 60° de amplitud contados desde el punto de tangencia de los rayos del oleaje con la superficie cónica del manto hacia la zona abrigada. Por tanto, el diseño del morro debe hacerse con el fin de asegurar la estabilidad del sector de mínima resistencia.



Esquema 4: Fallo del morro de dique (Vidal et al.)



Una vez comienza el daño, este avanza con rapidez en sentido contrario al de propagación de las olas, debido a la rápida reducción de apoyo de las piezas contiguas a las extraídas. En consecuencia, puede considerarse que los morros de un dique son secciones frágiles.

Dependiendo del nivel de avería considerado, el peso de las piezas en el sector menos estable debe ser entre 1.3 y 3.8 mayor al de las piezas del manto principal del tronco del dique.

Nivel de avería	Inicio de Avería	Avería de Iribarren	Inicio de Destrucción
Factor	1.50	1.90	2.5

Tabla 10: Factores de incremento del peso de las piezas del morro con respecto de las piezas del manto principal del tronco del dique.

Se considera, siguiendo el procedimiento considerado anteriormente, el estado “inicio de avería” como criterio de fallo de la estructura, y por tanto es un factor de peso de 1.50 el que debe aplicarse para obtener el peso y dimensiones de los bloques de hormigón a disponer en los morros de la estructura.

$$w_m = w_c \times 1.50 = 2850 \times 1.50 = 4275 \text{ kg} \approx 4.27 \text{ tn}$$

$$w_m = \rho_c \times D_n^3 \rightarrow 4275 = 2300 \times D_n^3 \rightarrow D_n = 1.230 \text{ m}$$

### 3. 5.- Anchura de la solera

Para determinar la sección final del dique, es necesario determinar la anchura de la solera.

El dique del proyecto se caracteriza por su forma en T, uniéndose a la avenida marítima de San Andrés por su parte central. Por tanto, y como una de las ventajas principales que fue considerada en la elección de este diseño, la construcción del dique se realiza desde la avenida. Este método de

construcción es mucho mas sencillo que el de los diques exentos. Debido a que en este segundo procedimiento deben usarse gánguiles y maquinaria mas especifica de movimiento y extensión de tierras.

Por tanto, la anchura de la solera debe ser tal que cumpla dos requisitos:

- Primero, en cuanto a un criterio constructivo, la anchura de la solera debe ser suficiente para que la maquinaria de movimiento de tierras (*bulldozers* y similares) puedan desplazarse y maniobrar con seguridad.
- Segundo, atendiendo a criterios arquitectónicos, debido al uso como paseo para peatones del dique, este debe ser suficientemente ancho para que los peatones puedan andar sobre el con seguridad y comodidad. Además, debe considerarse el espacio necesario para instalar elementos urbanos como barandillas.

La anchura media de los *bulldozers* convencionales se sitúa entre los 3.5 m – 4.00 m. Por ello, se estima que, respecto del primer requisito, la anchura necesaria para la solera del dique es de 5.00 m.

Las normativas habituales de accesibilidad y supresión de barreras establecen una anchura mínima de 1.5 m, necesaria para el paso simultáneo de dos personas, una de ellas en silla de ruedas. Asimismo, si la pasarela va a ser utilizada por ciclistas (lo cual podría ocurrir en el caso del proyecto), el ancho mínimo debe ser de al menos 3.50 m.

En cuanto a las barandillas, la normativa española establece dos alturas diferentes de barandillas. Una superior, colocada a 0.95 m del suelo, y otra inferior a 0.75 m. Como la pasarela también pudiera dar acceso a ciclistas, se debe aumentar la cota de la barandilla superior hasta los 1.25 m. El sobreecho que habitualmente debe considerarse es de 0.2 m por cada una de las barandillas.

Por ello, se estima que, respecto del segundo requisito, la anchura necesaria para la solera del dique es de aproximadamente 4.00 m.

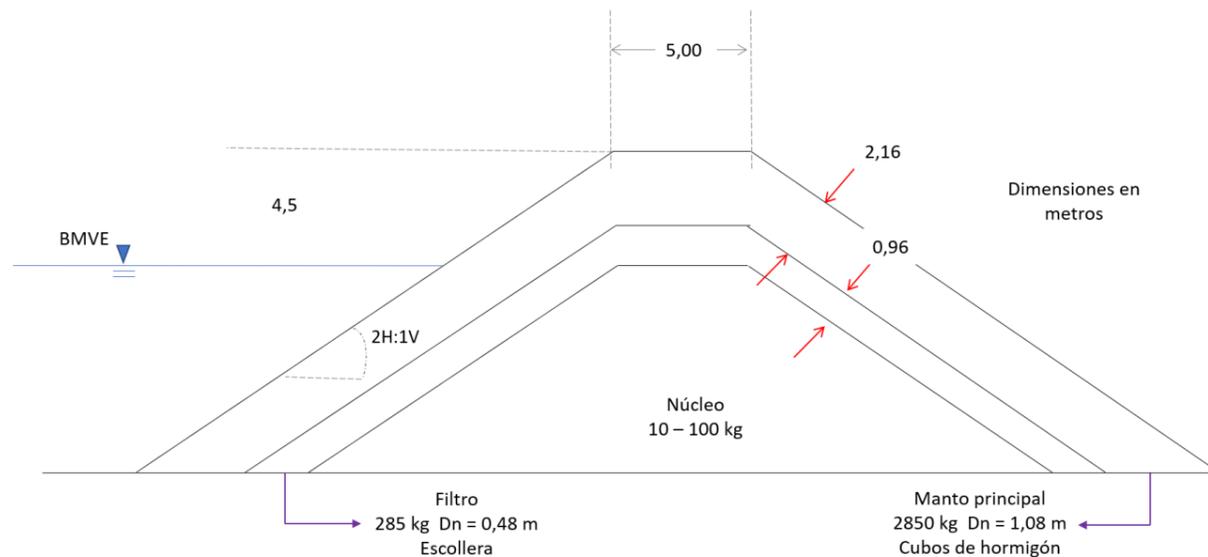
En conclusión, con el fin de cumplir ambos requisitos, el dique tendrá una anchura de la solera de 5.00 m.

3. 6.- Sección final del dique

Capa	Material	Peso nominal de las piezas (kg)	Diámetro nominal de las piezas (m)	Espesor total de la capa (2D <sub>n</sub> ) (m)
<b>Manto</b>	Cubos de hormigón	2850	1.08	2.16
<b>Filtro</b>	Escollera	285	0.48	0.96
<b>Núcleo</b>	Todo uno de cantera	10 - 100	-	-
<b>Morro</b>	Cubos de hormigón	4270	1.23	2.46

Tabla 11: Tabla resumen de los materiales de la sección final del dique

Se adjunta a continuación un esquema que ilustra los cálculos realizados a lo largo del presente anejo. Pueden encontrarse planos con mayor detalle referentes a la sección del dique en el documento N°2.



Esquema 5: Resumen de las características principales de la sección del dique

3. 7.- Diseño de la pasarela superior

A lo largo del diseño se ha establecido que el dique va a aumentar su funcionalidad y por tanto además de actuar como un obstáculo en la propagación del oleaje va a cumplir la función de paseo marítimo para habitantes o visitantes de San Andrés. Ello implica, que debe de prepararse la estructura para acomodar a sus usuarios.

Para llevar a cabo esta función, se instala una losa de hormigón HM-40/B/40/Qb (hormigón en masa, de consistencia blanda, con resistencia característica a compresión a 28 días de 40 N/mm<sup>2</sup>, expuesto a un ataque químico medio por estar situado en contacto con el agua del mar), debido a su buen comportamiento para la realización de pavimentos con influencia marina, sobre una capa del todo-uno de cantera que forma el núcleo del dique. Con el fin de llevar a cabo esta función, el todo-uno debe estar previamente nivelado y compactado. Debido a la altura que debe librarse para situar la pasarela a un nivel que permita aumentar la visibilidad de los usuarios, el todo-uno no se coloca como una continuación del núcleo directamente, sino que se coloca sobre el filtro del dique. Asimismo, este diseño permite controlar el posible flujo de agua a través de esta capa y evitar que el material del núcleo se escape ante eventos de rebase.

Por tanto, el relleno del núcleo de la sección se extiende hasta la costa correspondiente al filtro, se coloca el filtro y se rellena hasta tal punto que la losa quede a la misma cota que la primera capa del manto principal.

Asimismo, se establece que el espesor de la losa es de 20 cm ya que no existe la posibilidad de que circulen vehículos sobre la estructura durante su fase de servicio. En cuanto al cálculo estructural que supone encontrar el espesor de la losa y muros optativos que se pueden colocar en cada uno de los lados del paseo, se exceden del alcance y finalidad del presente TFG. Por tanto, se adopta ese valor para el espesor, que ha sido facilitado por Gabriel Díaz Hernández.



#### 4.- Conclusiones

En cuanto a conclusiones del cálculo de la sección del dique, cabe destacar:

- El criterio predominante en el diseño de la sección del dique, especialmente en la determinación de su cota de coronación, es el carácter operativo y la seguridad estructural. En el caso de querer determinar con mayor detalle el impacto visual que esta estructura tiene sobre el horizonte, debe realizarse un estudio de impacto paisajístico. Se entiende que cualquier estructura conlleva una degradación del paisaje y en este caso, se intenta suplir ese inconveniente aportado una utilidad extra, debido a que se adecua el dique como paseo marítimo.
- Se ha considerado que la escollera a utilizar es de densidad estándar. Sin embargo, en Canarias, debido a su formación geológica, podría haber canteras con roca basáltica (roca de tipo metamórfico), que tiene una densidad mayor, pudiendo alcanzar valores de hasta 2800 Kg/m<sup>3</sup>. No obstante, no se considera este tipo de roca, debido a que su precio es considerablemente más elevado que el de la escollera común.
- El dique está formado por un manto principal, un filtro y un núcleo. Siendo las dos primeras capas bicapa, lo que implica que están formadas por dos capas del mismo material.
- El morro del dique se refuerza para proveer a la estructura de una mayor resistencia frente al oleaje incidente.
- Se determina que el dique va a emplearse como paseo para peatones y ciclistas. Por ello, deberán colocarse ciertos elementos urbanísticos para certificar la seguridad de los usuarios.



## ANEJO Nº14 - REPLANTEO



## ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Dique transversal	3
3.- Dique paralelo	3

### 1.- Introducción

El replanteo es la operación que tiene por objeto trasladar al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica de la obra. Para ello es necesario definir varios puntos de replanteo que puedan ser localizados en la zona de obra.

Los puntos de replanteo son aquellos que se consideran de interés para la definición de las estructuras y componentes de la infraestructura y deben ser fácilmente accesibles y visibles.

El presente anejo presenta la información necesaria para que los topógrafos, con herramientas GPS puedan georreferenciar la obra en cuestión.

Para definir las coordenadas de los puntos de replanteo se ha utilizado el software CIVIL 3D, mediante el cual se ha definido una alineación que representa el eje de la coronación del dique y se han obtenido las coordenadas de los puntos que forman la alineación. Las coordenadas de los puntos se expresan en metros respecto al punto de PK 0+000 del dique transversal, es decir, el punto de unión entre la estructura y la avenida marítima de San Andrés. Las coordenadas de ese punto son:

Latitud	28° 30' 14" N	Longitud	16° 11' 29" O
---------	---------------	----------	---------------

### 2.- Dique transversal

Punto	PK	X	Y
1	0+000	0	0
2	0+010	5.62	-8.26
3	0+020	11.25	-16.53
4	0+030	16.87	-24.8
5	0+040	22.49	-33.07
6	0+050	28.12	-41.34

7	0+060	33.74	-49.61
8	0+070	39.37	-57.87
9	0+080	44.99	-66.14

### 3.- Dique paralelo

Punto	PK	X	Y
10	0+000	0	0
11	0+010	5.62	-8.26
12	0+020	11.25	-16.53
13	0+030	16.87	-24.8
14	0+040	22.49	-33.07
15	0+050	28.12	-41.34
16	0+060	33.74	-49.61
17	0+070	39.37	-57.87
18	0+080	44.99	-66.14
19	0+090	-63.45	-150.36
20	0+100	-55.18	-144.74
21	0+110	-46.91	-139.12
22	0+120	-38.64	-133.49
23	0+130	-30.37	-127.87
24	0+140	-22.11	-122.24
25	0+150	-13.84	-116.62
26	0+160	-5.57	-110.99
27	0+170	2.7	-105.37

<b>28</b>	0+180	10.97	-99.75
<b>29</b>	0+190	19.24	-94.12
<b>30</b>	0+200	27.51	-88.5
<b>31</b>	0+210	35.77	-82.87
<b>32</b>	0+220	44.04	-77.25
<b>33</b>	0+230	52.31	-71.62
<b>34</b>	0+240	60.58	-66
<b>35</b>	0+250	68.85	-60.38
<b>36</b>	0+260	151.53	-4.13
<b>37</b>	0+270	159.8	1.49



## ANEJO Nº15 - AFECCIÓN AL DOMINIO PÚBLICO



## ÍNDICE

1.- Afección al dominio público

3



## 1.- Afección al dominio público

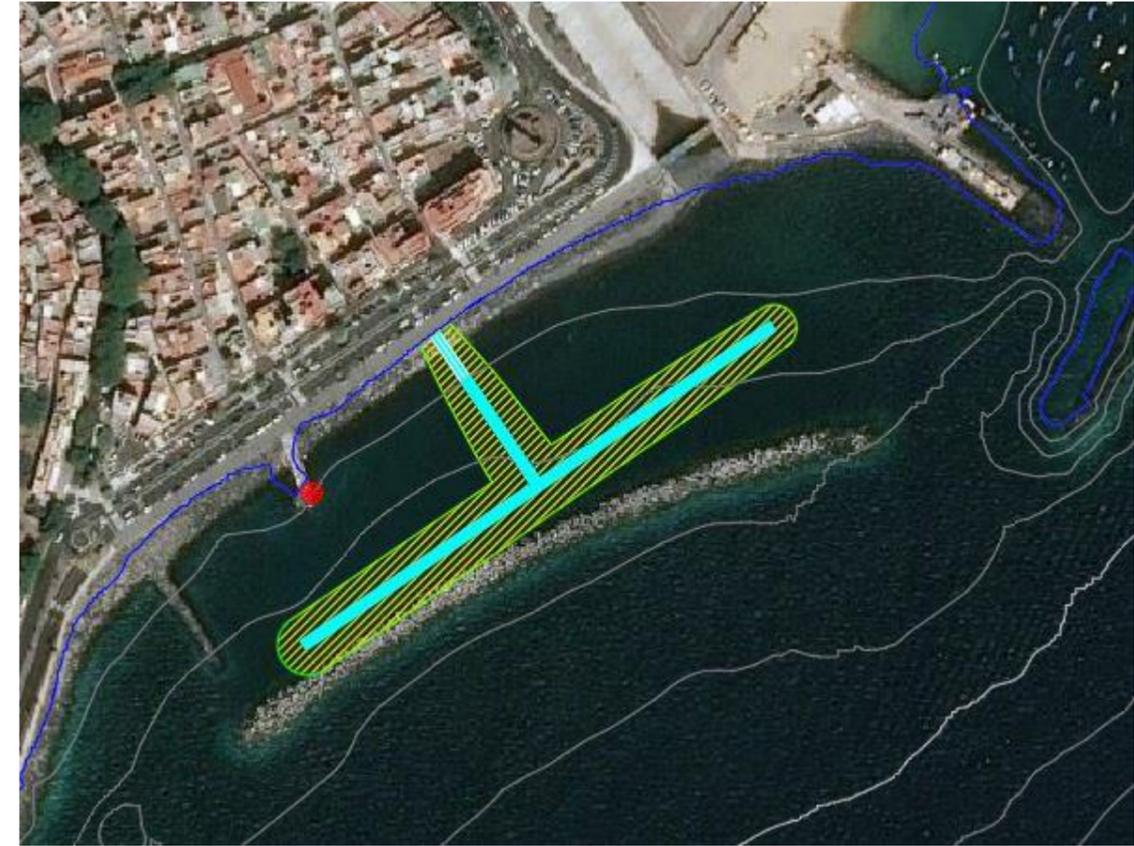
La ejecución de la obra descrita en este proyecto es competencia Autonómica, y por tanto, no se considera dentro de los Proyectos de Obras del Estado.

El espacio en el que se desarrolla la obra pertenece al Dominio Público Marítimo Terrestre según la ley de costas vigente (RD 876/2014 del 10 de octubre), y en consecuencia, no es necesario realizar ninguna expropiación de terrenos particulares.

Sin embargo, debe solicitarse a la Administración del Estado la adscripción del D.P.M.T. (por el Gobierno Autonómico) de la superficie marítima ocupada por las obras.

La superficie marítima ocupada por la estructura es 10062 m<sup>2</sup> aproximadamente. Previamente esta superficie se encontraba en desuso.

En cuanto a los servicios afectados respecta, la ejecución de la obra no plantea interrupciones de servicios públicos.



*Ilustración 69: Superficie marítima ocupada por la estructura*



## ANEJO Nº16 - ZONA DE TRABAJO



## ÍNDICE

1.- Descripción	3
2.- Solicitud	3
3.- Superficie ocupada	4



## 1.- Descripción

En el presente anejo se define la ubicación y se procede a describir la zona de trabajo donde se ejecutarán la mayoría de las tareas requeridas para llevar a cabo la construcción del dique en talud.

Para que una zona sea catalogada como apta para utilizarla como *worksite* debe cumplir una serie de requisitos:

1. La superficie ha de ser suficiente para albergar todas las instalaciones, maquinaria y materiales necesarios.
2. Esta zona ha de situarse lo mas cercana posible a la zona de obras, para reducir tiempos, y consiguientemente costes, en los ciclos de trabajo.
3. La zona ha de ser fácilmente accesible, contando en este caso con accesos tanto terrestres como marítimos.
4. El emplazamiento de las distintas operaciones en esta zona ha de causar una mínima afección a la ciudadanía y servicios públicos.
5. La zona ha de ser económicamente eficiente.

Para el desarrollo de las obras de construcción del dique diseñado, se pretende que en la zona de trabajo se instalen servicios tales como casetas prefabricadas de obra, planta de hormigonado, zona de acopio de bloques artificiales de hormigón, acopio de agregados para la fabricación de la mezcla de hormigón, acopio de escollera y finalmente una zona de aparcamiento de la maquinaria.

En base a las mencionadas condiciones, se concluye que la mejor localización para el *worksite* es la Dársena Pesquera del Puerto de Santa Cruz de Tenerife. Esta zona ha sido catalogada como LIC (Lugar de Interés Comunitario).

Aunque en su origen la Dársena Pesquera fue concebida para acoger la actividad indicada por su nombre, con el tiempo se llevó a cabo una extensión de la misma para dar cabida a: la industria frigorífica asociada a la pesca, talleres de reparación de contenedores, talleres de mecánica y naves deportivas, actividades de logística e industria auxiliar del puerto.

Dicha ampliación ofrece la superficie libre necesaria para ser empleada como zona de trabajo. Asimismo, la Dársena cuenta con una conexión sencilla con la autovía TF-11 en dos de sus accesos. Esto es especialmente beneficioso, debido a que reduce significativamente las alteraciones causadas en el tráfico del núcleo urbano de San Andrés en el caso de que no existiesen.

## 2.- Solicitud

El espacio en el que se llevan a cabo las obras pertenece al Dominio Público Marítimo Terrestre, y por tanto, como se menciona en el anejo Nº15 – Afección al Dominio Público, no es necesario realizar ninguna expropiación de terrenos particulares.

Asimismo, cabe destacar que la Dársena Pesquera pertenece actualmente a la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife. Por tanto, y al ser la ejecución del proyecto de competencia autonómica, no es necesario seguir ningún tipo de proceso de solicitud para hacer uso de dicha superficie. Esto es especialmente conveniente, debido a que los procesos legislativos tienden a retrasar la ejecución de la obra o a suponer descompensaciones económicas significativas.



### 3.- Superficie ocupada

La superficie ocupada temporalmente de la Dársena Pesquera del Puerto de Santa Cruz de Tenerife es estima aproximadamente de 114700 m<sup>2</sup>.

En la imagen a continuación se muestra la superficie considerada como zona de trabajo.



*Ilustración 70: Zona de trabajo situada sobre la Dársena Pesquera del Puerto de Santa Cruz de Tenerife*



## ANEJO Nº17 - ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



## ÍNDICE

1.- Motivación del estudio de impacto ambiental	4
2.- Introducción	4
3.- Justificación del EIA (Estudio de Impacto Ambiental)	5
4.- Objetivo del proyecto y del informe de impacto	5
4. 1.- Metodología de trabajo	5
5.- Análisis del entorno	5
5. 1.- Zona de estudio	5
5. 2.- Acciones de impacto	6
5. 2. 1.- Fase de construcción	6
5. 2. 2.- Fase de explotación	8
5. 3.- Medio físico	9
5. 3. 1.- Climatología	9
5. 3. 2.- Geología	9
5. 3. 3.- Edafología	10
5. 3. 4.- Dinámica sedimentaria	11
5. 4.- Medio biótico	11
5. 4. 1.- Hábitats marinos	12
5. 4. 2.- Hábitats terrestres	14
5. 4. 3.- Especies protegidas, raras o de especial interés	16
5. 5.- Medio humano	18
5. 5. 1.- Demografía	18



5. 5. 2.- Economía	18	8. 1. 11.- Continuidad	23
6.- Identificación y valoración de los impactos	18	8. 1. 12.- Probabilidad	24
7.- Descripción de los impactos	19	9.- Valoración cuantitativa de los impactos	27
7. 1.- Medio atmosférico	19	9. 1.- Metodología cuantitativa de valoración de los impactos	27
7. 2.- Medio marino	19	9. 2.- Resultados	27
7. 3.- Medio terrestre	19	9. 3.- Conclusión de la valoración cuantitativa	29
7. 4.- Medio biótico	19	10.- Propuesta de medidas correctoras	29
7. 4. 1.- Fauna	19	10. 1.- Molestias por ruido	29
7. 4. 2.- Flora	20	10. 2.- Molestias por tráfico pesado	29
7. 5.- Medio ambiental	20	10. 3.- Calidad del agua	29
7. 5. 1.- Sistema territorial	20	10. 4.- Molestias a la flora y fauna	29
7. 5. 2.- Sistema socioeconómico	20	10. 5.- Patrimonio cultural	30
7. 5. 3.- Paisaje	20	10. 6.- Ocupación del espacio terrestre y marino	30
7. 6.- Tabla resumen de la identificación de los impactos	20	10. 7.- Paisaje	30
8.- Valoración cualitativa de los impactos	22	11.- Plan de vigilancia ambiental	30
8. 1.- Criterios de caracterización	22	11. 1.- Etapas del programa de vigilancia ambiental	31
8. 1. 1.- Carácter	22	11. 1. 1.- Etapa de verificación	31
8. 1. 2.- Tipo	22	11. 1. 2.- Etapa de seguimiento y control	31
8. 1. 3.- Duración	22	11. 1. 3.- Etapa de redefinición del programa de vigilancia ambiental	32
8. 1. 4.- Momento	22	11. 1. 4.- Etapa de emisión y remisión de informes	32
8. 1. 5.- Cuenca Espacial	23		
8. 1. 6.- Reversibilidad	23		
8. 1. 7.- Posibilidad de recuperación	23		
8. 1. 8.- Magnitud	23		
8. 1. 9.- Acumulación	23		
8. 1. 10.- Periodicidad	23		



## 1.- Motivación del estudio de impacto ambiental

Actualmente es incuestionable que el sector de la construcción juega un papel fundamental en la reducción del impacto que el ser humano tiene sobre el entorno natural, debido a que en la actualidad es uno de los sectores que mayor influencia tiene sobre el cambio climático.

La preparación de un EIA (Estudio de Impacto Ambiental) es fundamental en el desarrollo de una obra, ya que puede alentar el control sobre el consumo de recursos, la reducción de emisiones potencialmente peligrosas o contaminantes y la adecuada gestión de residuos generados durante el proceso constructivo y etapa de explotación de la infraestructura sometida a estudio. Asimismo, debe considerarse que en el caso de querer reducir el impacto que una obra tiene sobre el entorno medioambiental, todas sus etapas y agentes contribuyentes deben someterse a un análisis de impacto ambiental y deben colaborar hacia la reducción de los mismos. Esto incluye etapas desde la extracción de la materia prima utilizada hasta la gestión de la maquinaria empleada.

Se admite que lograr la total sostenibilidad de un proceso constructivo es prácticamente imposible para la mayoría de proyectos. Esta dificultad se debe especialmente al gran número de factores, tanto económicos como sociales, que se encuentran implicados en dichos procesos. Sin embargo, la creciente importancia de llevar a cabo estudios de impacto ambiental es el primer paso para provocar un cambio de mentalidad hacia la sostenibilidad en el sector de la construcción.

## 2.- Introducción

La evaluación del impacto ambiental realizada por la Administración General del Estado se regula según lo establecido en la Ley 21/2013, publicada el 9 de diciembre del año 2013, de evaluación de impacto ambiental. Esta ley modifica la regulación establecida por el RDL 1302/1986, del 28 de junio de 1986, que constituye la transposición efectiva al derecho español de la Directiva 97/11CE, del Consejo del 3 de marzo.

En el artículo III de dicha directiva se establece que el EIA (Estudio de Impacto Ambiental), debe identificar, descubrir y evaluar de manera adecuada, dependiendo del caso particular, los efectos indirectos y directos de un proyecto sobre:

- Hombre, flora y fauna.
- Suelo, aguas, aire, paisaje y clima.
- Patrimonio cultural y bienes materiales.

Por lo tanto, el diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de San Andrés, Tenerife están sujetos a un estudio de impacto ambiental. Este estudio obliga al promotor del proyecto a realizar un informe de Impacto ambiental.

Para cumplir con la citada normativa, el proceso de realización del estudio es el siguiente:

- Primero se analiza la solución adoptada para este proyecto constructivo y los parámetros correspondientes.
- En segundo lugar, se definen las características ambientales más relevantes de la zona de estudio en cuanto a medios físicos, biológicos y humanos respecta con el fin de reducir el impacto sobre ellos.
- Finalmente, se realiza un análisis que pretende identificar las posibles afecciones y plantea soluciones acordes para minimizar o incluso eliminar estos impactos.



### 3.- Justificación del EIA (Estudio de Impacto Ambiental)

El estudio de impacto ambiental realizado a continuación pretende valorar, desde una perspectiva ecológica los distintos daños que se pueden causar al medio durante el desarrollo de la obra diseñada en este proyecto.

Una vez determinadas las posibles afecciones se pretende definir el método para minimizarlas. Asimismo, se busca adoptar medidas para reducir las pérdidas de material, así como las alteraciones causadas sobre la flora y fauna marina y terrestre de la zona y las molestias ocasionadas por tráfico y ruidos. Además, se consideran también los efectos sobre la calidad de las aguas y el patrimonio cultural de la zona.

La actuación consiste en determinar una ocupación del espacio terrestre y marítimo adecuada durante la fase de construcción y analizar las consecuencias ambientales que conllevan las obras de abrigo frente a San Andrés.

### 4.- Objetivo del proyecto y del informe de impacto

El objetivo principal de este estudio es proporcionar un documento técnico que se refiere al Decreto de Evaluación del Impacto Ambiental para Canarias, sobre los posibles efectos que las obras llevadas a cabo para la construcción de este proyecto pueden producir en el entorno de San Andrés, Tenerife.

Dentro del objetivo general pueden distinguirse los siguientes objetivos parciales:

- Análisis del proyecto.
- Análisis del entorno.
- Descripción del impacto.
- Soluciones propuestas para la reducción del impacto ambiental.

### 4. 1.- Metodología de trabajo

En la realización de informe de impacto ambiental, pueden distinguirse varias etapas:

- Definición del entorno del proyecto y estudio de los elementos pertenecientes al medio susceptibles de ser afectados.
- Análisis de los elementos pertenecientes al medio físico susceptibles de ser alterados.
- Identificación y definición de los impactos.
- Valoración de los impactos identificados.
- Establecimiento de las medidas correctoras.
- Determinación del Plan de Vigilancia Ambiental.

### 5.- Análisis del entorno

#### 5. 1.- Zona de estudio

La zona a estudiar se trata de la zona costera de San Andrés, situada en el municipio de Santa Cruz de Tenerife, en el término del Macizo de Anaga en la isla de Tenerife del Archipiélago Canario.

San Andrés es una localidad que cuenta con una superficie de unos 20.91 km<sup>2</sup>, siendo uno de los barrios más extensos y poblados de la isla. Asimismo, es uno de los núcleos más antiguos de Tenerife. Esto lo convierte en una de las localidades más significativas dentro del municipio.

Cuenta además con una gran extensión de espacio natural protegido por instituciones como la UNESCO. La población se estima en unos 4182 habitantes (en todo el término), aunque varía de manera considerable dependiendo de la estación del año. San Andrés es conocido por su carácter marinero y rural.



## 5. 2.- Acciones de impacto

El primer paso en el proceso de realización de un estudio de impacto ambiental es la identificación de las acciones del proyecto que causan tales impactos. Con ese fin, a continuación, se describen de forma breve as principales acciones que se considera tienen impacto sobre el entorno. Para ello, se distinguen la fase de construcción de la de explotación de la infraestructura.

### 5. 2. 1.- Fase de construcción

La construcción de un dique implica una serie de acciones que afectan tanto al medio terrestre como al medio marino con intensidades, grados de persistencia y reversibilidad diferentes. Durante la construcción, los impactos son generados por la maquinaria y la eliminación, o en este caso concreto, introducción, de elementos o cuerpos extraños en el medio. Sin embargo, los efectos no tienen por qué ser negativos en su totalidad, debido a que la construcción de infraestructuras crea puestos de trabajo para la realización de todas las tareas que se mencionan seguidamente.

#### 5. 2. 1. 1.- Despeje y desbroce del terreno

En el caso de la construcción de obras marítimas, si bien existen impactos negativos asociados a las acciones de despeje y desbroce, el impacto no es tan significativo como en otro tipo de obras, por ejemplo, las obras terrestres. Si es cierto, que en obras marítimas suele ser necesario realizar el despeje y desbroce de zonas adyacentes a la localización de la obra, debido a que es necesario disponer de espacio que albergue instalaciones o maquinaria.

Sin embargo, en el caso del proyecto de construcción de las obras de abrigo en San Andrés, el impacto debido al despeje y desbroce del terreno puede evitarse si se habilita la zona de la Dársena Pesquera para albergar las mencionadas acciones. Esta decisión, permite reducir el ruido y emisiones de maquinaria ligada a funciones de despeje el terreno y disminuir las modificaciones a la fauna y vegetación. Asimismo, se consigue reducir el impacto visual que la fase de construcción pudiese causar en la zona de la avenida marítima.

#### 5. 2. 1. 2.- Excavaciones

Las tareas de excavación engloban la retirada de terreno, tierra vegetal, terreno de tránsito o roca. En el caso del presente proyecto, no es necesario realizar excavaciones o dragados, debido a que la estructura se apoya directamente sobre el terreno existente.

Reducir o eliminar la necesidad de realizar excavaciones es altamente conveniente, debido a que se reduce el impacto asociado a la maquinaria de excavación, se reducen las vibraciones y la emisión de polvo y gases de combustión. Asimismo, evitar realizar excavaciones es fundamental para no causar modificaciones en el suelo litoral y conservar su biodiversidad y estabilidad frente a la erosión.

#### 5. 2. 1. 3.- Explotación de canteras

Los diques rebasables en talud se caracterizan por ser estructuras que demandan grandes volúmenes de material. Habitualmente, debido a la naturaleza que forman estas estructuras, es necesaria la explotación de canteras próximas a la obra (en el caso de ser posible) que tengan la capacidad de aportar todo el volumen de material necesario.

La explotación de una cantera acarrea una reducción de la calidad de vida de la zona, debido principalmente a la reducción en la calidad del aire por emisiones de polvo y ruidos que ocasiona. Igualmente, estos impactos son persistentes en el tiempo y se alargan durante la vida útil de la cantera, lo cual es habitualmente un tiempo mayor al de construcción de la obra marítima.

Asimismo, las poblaciones ubicadas en el entorno de la cantera pueden verse afectadas por vibraciones generadas por la explotación de esta. Estas vibraciones pueden ser de gran intensidad en aquellas canteras en las que sea necesario utilizar explosivos para la extracción de materiales duros. Más allá de causar molestias a las comunidades vecinas, las vibraciones pueden provocar daños progresivos a estructuras, causando grietas y riesgo de derrumbe.

En el caso de no existir canteras próximas a la localización del dique, será necesario la apertura de una. Esto provoca un aumento considerable en el impacto ambiental generado, reduciendo de manera muy



considerable la calidad del paisaje. La apertura de una nueva cantera provoca cambios en la geomorfología del suelo y la eliminación de la cobertura vegetal superficial.

Asimismo, la eliminación de la capa vegetal que forma la superficie del suelo afecta a la fauna del lugar y puede modificar la hidrodinámica de la zona por un aumento de la escorrentía superficial. Las plantas reducen la erosión que un flujo de agua puede provocar sobre el suelo, pues lo agarran mediante los entramados que forman sus raíces. El aumento de la erosión causa un aumento en los sedimentos erosionados y transportados por los flujos superficiales de agua, incrementando también los volúmenes de materiales acumulados en las zonas de sedimentación o depósito. Además, los cambios en la estructura del terreno pueden dar lugar a la inestabilidad del mismo, llegando a provocar derrumbes o deslizamientos.

Finalmente, la modificación de la estructura del terreno puede implicar cambios en el nivel freático del agua, causando cambios en la dinámica del flujo subterráneo y redes de acuíferos o contaminaciones de las masas de agua.

#### 5. 2. 1. 4.- Vertederos

Por norma general, las obras de construcción producen residuos que deben transportarse hasta vertederos y acumularse para su reutilización o deshecho definitivo. El relleno de zonas con restos de materiales de construcción modifica la geotécnica y geomorfología de la zona, provocando cambios en los patrones naturales de escorrentía del terreno. Además, si los cursos de agua que circulan a través de los residuos provocan la disolución de sustancias que contaminan el agua, la salubridad de personas o animales que hagan uso de este recurso puede verse afectada.

Por todo ello, deben extremarse las precauciones y el control sobre los vertederos, ya que pueden tener consecuencias muy negativas en la calidad de vida de la zona. Para evitar los efectos negativos, estas zonas deben estar correctamente vigiladas y cercadas, para evitar así posibles accidentes.

Por otro lado, en cuanto al impacto paisajístico e impacto sobre la fauna y flora que conllevan los vertederos, para su creación es indispensable la retirada de la vegetación y por tanto tienen consecuencias muy dramáticas sobre el entorno.

#### 5. 2. 1. 5.- Transporte de materiales

El transporte de materiales se realiza tanto para transportar materiales de construcción desde los préstamos o las canteras hacia la obra, como para transportar los residuos asociados a la construcción o materiales excavados hacia vertederos. Además, en obras de gran extensión, se produce un transporte de materiales dentro de la misma obra.

El transporte se realiza mediante camiones. El tránsito de estos genera ruido que depende del tipo de camiones, las cargas transportadas y las condiciones del terreno. Aunque el impacto provocado por el transporte es discontinuo, las poblaciones cercanas a la zona de construcción se verán sometidas a niveles elevados de ruidos periódicamente, por lo que sus habitantes pueden sufrir estrés, dolores de cabeza o distintas enfermedades psicósomáticas.

Asimismo, tanto los gases de combustión de los camiones como las partículas de sólidos que estos ponen en suspensión contaminan el aire, reduciendo la calidad de vida de la zona.

Por otro lado, en cuanto al tránsito de camiones se refiere, estos son vehículos lentos y pesados, especialmente cuando están cargados, y en el caso de que se concentre un gran número, puede entorpecerse el tráfico de la zona. Además, la gran carga por eje que los camiones transmiten al firme causa su deterioro, aumentando así la frecuencia con la que deben realizarse tareas de mantenimiento.

#### 5. 2. 1. 6.- Uso de maquinaria

El uso de maquinaria terrestre produce impactos similares a los impactos asociados al uso de camiones. Esta maquinaria produce fuertes vibraciones y contaminación al aire por la emisión de gases de combustión y polvo. Asimismo, la maquinaria marítima empleada en obras marítimas puede producir



turbidez al realizar el vertido de materiales y contaminación de las aguas por vertidos de aceites o carburantes.

La vegetación y fauna del entorno, tanto marina como terrestre, se verán afectadas por el uso de maquinaria de construcción. El polvo, gases y contaminantes reducen la calidad de su hábitat y los ruidos espantan a la fauna de la zona.

Asimismo, la maquinaria debe controlarse y gestionarse de manera adecuada y efectiva, para reducir la probabilidad de que tengan lugar accidentes.

#### 5. 2. 1. 7.- Formación del dique

El objetivo principal de este proyecto es reducir la frecuencia de los eventos de inundación a los que se encuentra sometidos la localidad y núcleo urbano de San Andrés. Para ello, se plantea la construcción de un dique unido a tierra, en forma de T, situado frente a la avenida marítima.

Para llevar a cabo la construcción del dique en talud, es necesario el vertido de materiales, mediante maquinaria terrestre, en el medio marino. El vertido de materiales provoca turbidez en el agua, debido a que ciertas partículas quedan en suspensión. La turbidez puede afectar a la calidad del agua y por consiguiente a la fauna y flora marina.

Por la creación de un cuerpo extraño sobre el suelo marino, se modifica considerablemente la batimetría, lo que modifica por completo la hidrodinámica de la zona litoral de San Andrés. Este cambio puede producir alteraciones en los patrones de corrientes costeras, lo que provoca indudablemente cambios en el transporte de sedimentos. Aunque en el estudio llevado a cabo, a priori, no se prevén cambios en la morfología o perfil de la playa de Las Teresitas, es bastante probable que, debido a fenómenos de difracción e interrupción de corrientes longitudinales, los sedimentos tiendan a concentrarse en la zona situada entre el dique y la avenida marítima.

Uno de los factores más valorados en el proceso de elección de alternativa constructiva es el impacto ambiental que esta puede tener sobre el medio. La alternativa seleccionada permite una adecuada

renovación de las aguas, aspecto vital para reducir el impacto negativo que el proyecto pudiera conllevar sobre la biodiversidad de la zona.

El proceso de construcción es peligroso y conlleva riesgos asociados a la salud y seguridad en sí mismo. Como se ha venido mencionando, el uso de maquinaria puede causar el vertido de sustancias contaminantes, tanto al agua como a la atmósfera. Esto, sumado a la generación de ruido, reducen la habitabilidad y calidad de vida de la zona.

#### 5. 2. 2.- Fase de explotación

La vida útil de las estructuras en sí misma puede acarrear acciones de impacto ambiental. A continuación, se desglosan según el tipo.

##### 5. 2. 2. 1.- Ocupación del medio marino

La presencia de la obra marítima en sí misma modifica el paisaje, batimetría y entorno, pues se pasa de un paisaje natural a uno modificado por la presencia de la estructura.

Como se ha comentado, la estructura no causa únicamente cambios en el paisaje, sino que también produce alteraciones en la dinámica marina de la zona. Por otra parte, el dique puede causar la eliminación de hábitats, aunque puede albergar también nuevos nichos que den cabida al desarrollo de otras especies.

##### 5. 2. 2. 2.- Ocupación de la línea de costa

Es innegable que el dique modifica el paisaje y vistas desde la avenida marítima de San Andrés. Sin embargo, debido a que es rebasable y su cota de coronación no es exagerada sobre el nivel medio del mar (NMM), no se entorpece la visual. Además, el impacto producido puede reducirse si la estructura planteada mantiene la estética del dique existente frente a la playa de Las Teresitas. Debido a que así se consigue un conjunto más agradable a la vista, si compara con otro tipo de obra.



### 5. 2. 2. 3.- Mantenimiento y reparaciones

Las acciones de mantenimiento suelen ser necesarias en obras marítimas con cierta frecuencia. Los materiales están altamente solicitados por las cargas ejercidas por el oleaje y sufren degradación por los procesos de erosión asociados al flujo de agua salada, abrasión por sedimentos, condiciones climáticas y biológicas.

Sin embargo, una de las ventajas principales de los diques en talud es su desgaste progresivo, el cual puede ser afrontado mediante reparaciones relativamente sencillas y técnicamente viables.

Las operaciones de mantenimiento y reparaciones harán uso de maquinaria y materiales de construcción y por tanto los impactos ambientales que estos pudieran causar sobre el entorno son muy similares a los descritos para la fase de construcción del dique.

### 5. 3.- Medio físico

El objetivo de este apartado es el de analizar el medio físico de la zona de estudio. Este análisis engloba tanto al territorio, así como a sus recursos, de la forma que se encuentran actualmente y sin incluir componentes vivos. El estudio del medio físico es catalogado por otros autores como el estudio del medio inerte, por contraposición al medio biótico, que es el medio que engloba la flora y fauna.

En este apartado se incluyen factores ambientales como:

- Climatología
- Geología
- Edafología
- Dinámica sedimentaria

Es decir, este apartado incluye todos los factores ecológicos que forman parte del biotopo sobre el que después se instalan los organismos vivos.

### 5. 3. 1.- Climatología

El clima es uno de los factores medioambientales que mayor influencia tiene sobre la vida de los seres vivos, debido a que diferentes características climatológicas son las que provocan una mayor o menor variedad de ambientes que posibilitan el desarrollo de la vida animal y vegetal. Esta relación provoca que se establezca un equilibrio natural entre las diferentes especies que habitan el medio. En cuanto a la importancia de los factores climáticos, son la temperatura y las precipitaciones los que mayor impacto tienen sobre los seres vivos.

La zona donde se llevan a cabo las obras, San Andrés, se caracteriza por un clima subtropical, con temperaturas cálidas durante todo el año que oscilan entre 19 y 23°C, las cuales experimentan sus valores máximos durante los meses de verano, entre junio y septiembre, y sus mínimos durante los meses de invierno, entre diciembre y febrero.

A grandes rasgos, el clima de las Islas se caracteriza por unas precipitaciones muy escasas e irregulares, especialmente en las zonas bajas (menos de 300 mm), debido al predominio del Anticiclón de Las Azores.

En cuanto a la distribución temporal de la lluvia en Canarias, las precipitaciones son más intensas a finales del otoño y durante el invierno. Asimismo, los eventos de precipitación son muy escasos durante el verano, lo que lo convierte en la estación más seca del año. Además, una característica muy importante de la pluviometría canaria es su irregularidad interanual.

### 5. 3. 2.- Geología

Las características geológicas y geotécnicas de la zona de San Andrés se exponen con más detalle en el Anejo N°8 “Estudio Geológico y Geotécnico” recogido en la memoria de este proyecto.

La zona Sur de la isla de Tenerife está formada principalmente por series Cuaternarias básicas, intermedias y sálicas, con intrusiones de series II basálticas. Sin embargo, la parte más septentrional es fundamentalmente basáltica I. El municipio de San Andrés se sitúa en una zona constituida por sedimentos. Estos sedimentos, de la época del Holoceno, corresponden a derrubios de ladera.



Mayoritariamente los sedimentos se localizan en el fondo de los barrancos, especialmente en el curso bajo, donde hay depósitos de cantos rodados de las rocas volcánicas que afloran en la cuenca. En los depósitos de sedimentos, se encuentran gravas, arenas, arcillas y limos de colores variados, generados por aguas de arroyos. En las zonas cercanas a los depósitos sedimentarios, se localizan zonas superficiales de coladas intermedias y fonolitas máficas del Plioceno y coladas basálticas con niveles piroclásticos del Mioceno.

En cuanto al carácter geotécnico, la zona de la localidad de San Andrés se cataloga, como puede verse en los mapas geotécnicos y mapa de recomendaciones el Código Técnico de Edificación, como una zona de tipo unidades geotécnicas tipo VII y zona T3 – Terrenos desfavorables.

La unidad geotécnica VII se caracteriza por estar formada de depósitos aluviales y coluviales que se extienden a lo largo de los tramos inferiores y zonas de desembocadura del fondo de los fondos de barranco. Ocasionalmente, estos materiales pueden aparecer a cotas superiores como consecuencia del encajamiento de dichos barrancos.

Asimismo, mediante el análisis de los mapas de peligrosidad sísmica se concluye que la localidad donde se va a construir el dique no está afectada por un alto riesgo volcánico. Sin embargo, las condiciones geotécnicas del suelo no son las más apropiadas, debido a que el suelo está formado por cantos rodados de origen volcánico de tamaño considerable y por consiguiente es bastante inestable. De acuerdo con el código técnico de edificación, el terreno es desfavorable para llevar a cabo construcciones. No obstante, y debido a que estructuralmente un dique en talud es bastante sencillo, se espera no tener grandes problemas o no tener la necesidad de llevar a cabo procedimientos de alto coste durante la etapa de construcción de la obra.

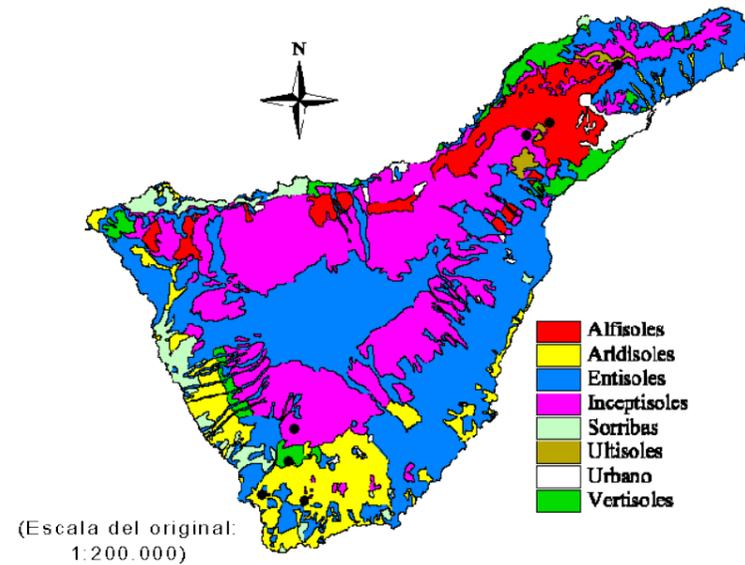
### 5.3.3.- Edafología

La edafología es la rama de la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.

El conocimiento la distribución de suelos es fundamental para realizar una correcta gestión del territorio, ya que es sobre el suelo donde se sustentan las principales actividades humanas. La edafología está sometida a cambios constantes, especialmente en zonas volcánicas debido a erupciones reciente que presentan suelos muy jóvenes y pobres en materia orgánica. Los suelos se distribuyen dependiendo de las condiciones del medio natural y factores como la vegetación, la climatología y la topografía. Existe una interrelación entre estos factores y el suelo, y por eso cualquier cambio del suelo provoca cambios en la vegetación.

El clima es uno de los factores que mayor efecto tiene sobre la edafología del terreno. Otro factor muy relevante es la relación entre la aridez y la humedad. Además, esta relación es especialmente importante en el Archipiélago Canario, debido a que es el factor determinante primario para la formación de diferentes tipos de suelo.

En la zona litoral de San Andrés, según podemos ver en el diagrama, el tipo de suelo más abundante son los entisoles y el suelo urbano. El primero se caracteriza por la presencia de roca madre sin alterar, o ligeramente erosionada en la superficie, lo que causa que la vegetación sea mayoritariamente de líquenes y arbustos bajos.



*Ilustración 71: Mapa edafológico de Tenerife*

Los valles de San Andrés se encuadran dentro de la vegetación típica de las zonas a sotavento del macizo de Anaga. La costa de los valles menos antropizados conserva la vegetación típica del litoral canario, con especies herbáceas y arbustivas bien adaptadas a la salinidad y el calor.

#### 5. 3. 4.- Dinámica sedimentaria

En la actualidad se reconoce al oleaje como principal elemento modelador de la línea costera. Otros elementos que también influyen, en ocasiones de forma importante, son las corrientes costeras, las corrientes de marea, y demás movimientos ondulatorios (ondas estacionarias, ondas internas y ondas solitarias). Otro factor activo sobre el litoral es el viento, su influencia modeladora, independientemente de la generación del oleaje, procede de su capacidad de transporte de materiales inertes y su efecto de abrasión, notable en las costas más expuestas. Como ha sido señalado en apartados anteriores, la isla de Tenerife se caracteriza por la gran extensión de sus acantilados, algunos de alturas importantes y por la generalización de costas rocosas con rasas intermareales, puntas, bajas,

etc. En la desembocadura de los barrancos, cuyo transporte aluvial no es constante, suelen existir calas, caletas o radas donde se forman playas de superficie reducida, con diferentes granulometrías según su protección del oleaje, siendo en general el material predominante la grava, de media a gruesa.

La construcción de infraestructuras en la línea de costa, como puertos, diques exentos, espigones, etc., supone, a priori, una pérdida de naturalidad de la fachada litoral con efectos directos sobre las condiciones de las masas de agua costeras debido principalmente a la alteración de la dinámica natural de transporte de sedimentos y a la afección de las comunidades biológicas más próximas.

#### 5. 4.- Medio biótico

La riqueza florística y faunística presente en el Macizo de Anaga tienen sus hábitats en distintos ecosistemas, que se distribuyen atendiendo a un claro gradiente de altitud, donde influyen, condiciones físicas estructurales como el relieve, el suelo, la inclinación, además de elementos climáticos como la temperatura, los vientos, la humedad, la insolación..., que se representan a través de los pisos de vegetación. En el caso de Anaga encontramos dos pisos principales:

- El piso infracanario, que se caracteriza por presentar unas condiciones desérticas áridas muy similares a las condiciones de la costa occidental del desierto del Sáhara y por tanto predomina una vegetación de matorrales adaptados a vivir en ambientes de cierta aridez.
- El piso termocanario que presenta unas condiciones climáticas sin grandes fluctuaciones a lo largo del año, gracias a la influencia de los vientos alisios.

A estos ecosistemas zonales hay que añadir aquellos que presentan una naturaleza azonal, los cuales se rigen por otros factores como los edáficos, la presencia de agua de forma permanente o la ausencia de luz. Entre los ecosistemas azonales podemos destacar aquellos propios de barrancos, los ecosistemas aerolianos, las cavidades volcánicas, así como también los ambientes dulceacuícolas. De los existentes en la Reserva de Biosfera de la zona del Macizo de Anaga, podemos resaltar los



ecosistemas azonales de los riscos, así como los de cauces de barrancos los cuales atraviesan o recorren los distintos sectores zonales.

Además de todos los factores que se han expuesto y que intervienen en la conformación actual de los hábitats presentes en Anaga, hay que resaltar la influencia que han tenido las actividades humanas.

A continuación, se describen los principales tipos de hábitats presentes la zona del Macizo de Anaga.

#### 5. 4. 1.- Hábitats marinos

##### 5. 4. 1. 1.- Zonas costeras intermareales

A lo largo del litoral, en Anaga, como resultado de la erosión del mar surgen plataformas de abrasión sometidas a la acción del oleaje y a las mareas. En el océano atlántico las mareas vivas hacen que se formen tramos de costa baja con grandes zonas de inundación. En estas superficies intermareales que quedan emergidas durante las mareas bajas, podemos encontrar una gran variedad de organismos que se van a distribuir en los charcos, grietas u huecos en función de la tolerancia de estos a la emersión. Cuanto mayor es la proximidad a la zona infralitoral, mayor es la renovación del agua y, por tanto, se establecen organismos típicos de este ecosistema.

##### 5. 4. 1. 3.- Fondos marinos litorales

Los fondos marinos litorales se extienden, desde la marea más baja, en la plataforma continental hasta el límite de la zona eufótica. En este caso, la variedad de ambientes sumergidos depende de la concentración de nutrientes, las mareas, el tipo de fondo o sustrato y el grado de penetración de la luz. Dependiendo del tipo de fondo, se pueden distinguir tres tipos de ambientes:

- Fondos arenosos: en la zona del macizo de Anaga se distinguen dos tipos de fondos de arena en función del origen de sus materiales, una de color claro y naturaleza calcárea y otra de color negro, de naturaleza volcánica. En ambos casos, estos fondos se caracterizan por su alta

inestabilidad y homogeneidad, y son, por tanto, sustratos de escasa biodiversidad. Tanto en los primeros metros del litoral, es decir en zonas abrigadas, como en profundidades en torno a los 10 metros en zonas más expuestas, crece la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* dando lugar a praderas marinas conocidas como sebadales. Estas praderas pueden extenderse hasta los 35 metros de profundidad, especialmente en zonas protegidas de las corrientes marinas. Estos ecosistemas constituyen un verdadero criadero al servir de zona de puesta de muchos peces e invertebrados y albergan a una gran variedad de alevines y juveniles de numerosas especies ya que sirve a estos de zona de refugio.

En estos fondos arenosos frecuentan una gran variedad de especies de peces óseos y cartilagosos, siendo muy característico de este tipo de fondos los peces óseos planos. Las praderas marinas presentan además una fauna propia característica, representada por especies como la herrera, el salmonete y especies de la familia *Syngnathidae*, entre los que se encuentran el caballito de mar, una de las especies más características de este tipo de ecosistemas. Otro asentamiento característico en los fondos de arena son las poblaciones de la anguila jardinera.



Ilustración 72: Fondo arenoso de fanerógamas marinas



Ilustración 73: Caballito de mar de la familia Syngnathidae



Ilustración 74: Anguila jardinera



- Fondos rocosos: Debido a la naturaleza volcánica, los fondos de las islas son abruptos, siendo frecuentes los grandes acantilados submarinos, cuevas, túneles y cornisas. A diferencia de los fondos de arenas en estos suele existir una elevada diversidad biológica, distribuyéndose los organismos en función de sus necesidades lumínicas e hidrodinámicas. En los fondos rocosos, se desarrollan bandas de algas macroscópicas, muy diversificadas en cuanto a su composición específica y organización espacial en relación con la profundidad y las condiciones ambientales de cada zona, fundamentalmente en su mayor o menor exposición al oleaje.

Sobre este tipo de sustrato se distinguen dos comunidades bien delimitadas: la banda de algas fotófilas y el blanquizal. En general en Anaga, en los primeros metros del infralitoral, esta banda está constituida en su mayor parte por algas de la división *Phaeophycota*, siendo la especie dominante, el alga parda *Cystoseira abies-marina* que se distribuye desde el límite superior de la zona infralitoral hasta los 15 metros de profundidad. Esta banda de algas fotófilas sustenta en gran medida las complejas redes tróficas de los fondos costeros, en la que tanto herbívoros como detritívoros encuentran alimento. Al mismo tiempo, estos fondos cubiertos de algas sirven de zona de cría de alevines y refugio de juveniles para muchas especies.

La zona óptima para el desarrollo de estas comunidades vegetales no suele superar los 50 metros de profundidad, aunque existen especies de algas que pueden alcanzar los 100 metros. En algunos sectores de Anaga el desarrollo de esta banda de algas fotófilas está limitado debido a la intensa actividad herbívora del erizo de Lima. De manera que por debajo de esta banda de algas se sitúa el blanquizal, denominado así por el color blanquecino que muestra el fondo rocoso debido a las algas calcáreas que lo recubren. Estos fondos rocosos suelen presentar una elevada diversidad de especies ícticas. A medida que aumenta la profundidad y en sitios de fuertes corrientes sobre estos fondos rocosos, se pueden observar colonias de coral negro y otras poblaciones de invertebrados como las gorgonias. Debe destacarse la existencia en estos fondos de cuevas y cornisas en las que crecen especies típicas de ambientes esciáfilos.

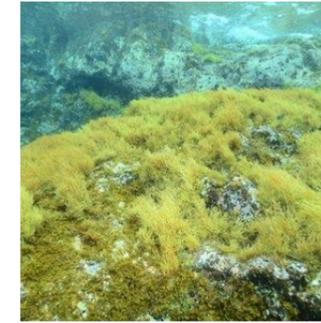


Ilustración 75: Alga parda  
*Cystoseira abies-marina*



Ilustración 76: Erizo de lima o  
*ericera*



Ilustración 77: Gorgonia roja

- Fondos de confites: Los confites son algas calcáreas libres, redondeadas o ramificadas, a mayor profundidad, que se desarrollan sobre fondos litorales llanos, en el que sólo la parte superior está viva. Estos fondos constituyen el refugio de invertebrados y peces anguiliformes. Sobre estas masas calcáreas suelen crecer también algas macroscópicas e invertebrados.

#### 5. 4. 1. 4.- Playas

En Anaga existen algunas playas donde la morfología costera es mucho menos accidentada. A lo largo de la franja costera alternan playas de arena con playas de cantos rodados o callaos. Estos ecosistemas están caracterizados por la escasez de comunidades biológicas, en el caso de las playas de callaos, debido al continuo rozamiento al que se encuentran sometidos estos materiales, mientras que en las playas de arenas es consecuencia de la alta inestabilidad del sustrato, lo que dificulta en ambos casos el asentamiento de organismos.



#### 5. 4. 2.- Hábitats terrestres

##### 5. 4. 2. 1.- Piso de vegetación infracanario

Este piso de vegetación alberga un conjunto de hábitats de matorrales con una notable presencia en el territorio insular y de manera significativa en el Macizo de Anaga, apareciendo desde el nivel del mar hasta los 400 m aproximadamente en los sectores de barlovento, y hasta los 600 m a sotavento, los hábitats más destacados en esta zona son:

- Cinturón halófico costero: forma parte del hábitat comunitario representado por los acantilados con vegetación endémica de las costas macaronésicas. Se ubica en los acantilados costeros basálticos de altura variable, que pueden llegar a alcanzar los 500 m de altura, interrumpidos bruscamente por la red de barrancos, y las pequeñas rasas marinas. Estos hábitats soportan unas condiciones de semiaridez y halofilia consecuencia de las condiciones climáticas, donde la escasez de precipitaciones y las altas temperaturas derivadas de una fuerte insolación, provocan una elevada evapotranspiración, lo que unido a la alta salinidad hace que se desarrolle una vegetación de porte arbustivo y achaparrado.

En la vegetación, destaca la asociación *Frankenia ericifoliae-Astydamietum latifoliae* que coloniza los litosuelos de roquedos y acantilados sometidos a una fuerte influencia del spray marino. Esta es una comunidad permanente, de cobertura media, en la que son frecuentes los caméfitos almohadillados y cespitosos, así como los hemicriptófitos y caméfitos en roseta. Como especies más representativas se encuentran: *Frankenia ericifolia*, *Astydamia latifolia*, *Crithmum maritimum*, *Limonium pectinatum*, *Reichardia ligulata* y *Zygophyllum fontanesii*, también cabe señalar que es el hábitat de uno de los endemismos raros de la flora canaria, catalogado en peligro de extinción como es *Lotus maculatus*.

Lo más determinante de este tipo de hábitat es su inaccesibilidad, que lo convierte en zona de refugio y cría para aves marinas como petreles, pardelas, gaviotas y rapaces. Aparte de lugares de nidificación, los acantilados marinos proporcionan a las rapaces abundante alimento, ya que

son un hábitat preferido por las palomas bravías y a veces también por las domésticas que suelen criar en sus cuevas y oquedades.



Ilustración 78: Acantilados con vegetación endémica de las Islas Canarias



Ilustración 79: *Frankenia ericifolia*



Ilustración 80: Petrel

- Tabaibal dulce: hábitat comunitario representado en los matorrales termomediterráneos y preestépicos. Se distribuye en una franja altitudinal comprendida entre los 0 y los 350 de altitud aproximadamente por encima del cinturón halófilo costero. La estructura y fisionomía de esta formación se corresponde con un desierto de plantas suculentas, en el que domina la forma hemisférica de la tabaiba dulce, frecuentemente acompañada por el cardoncillo, y en algunas ocasiones por balos, todas ellas especies propias de la asociación *Ceropegia-Euphorbietum balsamiferae*.

En las zonas más expuestas a las brisas marinas, y por tanto a la maresía, crece la densidad de especies que tienen apetencia por la sal, como el *Lotus sessilifolius*, *Frankenia laevis* o *Argyranthemum frutescens*, en sitios más degradados tienen presencia facies de vegetación más resistentes, donde hace su aparición el *Schizogyne sericea*, *Launaea arborescens* o *Euphorbia obtusifolia*.

La fauna invertebrada de esta zona se caracteriza por estar plenamente adaptada a las altas temperaturas media y a la escasez de agua. En cuanto a la fauna vertebrada destaca la presencia



de reptiles como el lagarto tizón, la lisa o el perenquén, además de aves el hornero, la curruca cabeza negra, el canario silvestre o el pinto.



Ilustración 81: *Ceropogia-Euphorbietum balsamiferae*



Ilustración 82: *Launaea arborescens*



Ilustración 83: Lagarto tizón



Ilustración 84: Cardón (*Euphorbia canariensis*)



Ilustración 85: Escarabajo del cardón



Ilustración 86: Canario silvestre

- Cradonal: hábitat comunitario representado en los matorrales termomediterráneos y preestépicos. Esta asociación vegetal generalmente desarrollada sobre litosuelos, que en esta comarca se extiende de los 200 a los 500 de latitud. Se caracteriza fisionómicamente por el aspecto candelabroforme, succulento, afilo y espinoso de la especie característica, el cardón (*Euphorbia canariensis*), cuya estructura es aprovechada como soporte por diversas especies de porte lianoides, como el tasaigo, el cornical y la esparraguera.

La fauna invertebrada es similar a la que se encuentra en las zonas bajas de la Isla, e igualmente se caracteriza por estar plenamente adaptada a las altas temperaturas media y escasez de agua, destacan los insectos tales como el escarabajo del cardón, longicornios, saltamontes o tijeretas. En cuanto a la fauna vertebrada destaca la presencia de reptiles como el lagarto tizón, la lisa o el perenquén. En cuanto a aves, el hornero, la curruca cabeza negra, el canario silvestre o el pinto son los más destacables.

Aunque la zona donde se asienta esta formación ha sufrido importantes transformaciones, debido a que ocupa las zonas más adecuadas para la implantación de los cultivos, está muy bien representada en el Macizo de Anaga, donde se encuentran las mejores manifestaciones de esta formación en la Isla.

- Baleras: hábitat comunitario representado por matorrales termomediterráneos y preestépicos. Es un hábitat de distribución regional, que se extiende por la vertiente meridional, en una franja altitudinal comprendida entre los 0 y los 400 metros sobre el nivel medio del mar. Es una comunidad prácticamente monoespecífica que coloniza sustratos poco cohesionados y frecuentemente alterados por procesos naturales o antrópicos. El balo, que subsiste gracias a su enorme sistema radicular, aparece acompañado por especies del tabaibal-cardonal, debido a la fundamental importancia del efecto borde, que permite el asentamiento de éstas, especialmente tabaibas dulces y amargas. Se trata de una comunidad edafohigrófila perteneciente a la asociación *Placlametum penduale*. La fauna que habita estos ambientes es escasa, destaca la presencia de reptiles como el lagarto tizón, la lisa o el perenquén. En cuanto a aves, las más características de este hábitat son el hornero, la curruca cabeza negra, el capirote, la bandera, el canario o el pinto.



Ilustración 87: Balo canario



Ilustración 88: Curruca de cabeza negra



Ilustración 89: Perenquén



Ilustración 90: Tamarix Canariensis



Ilustración 91: Mariposa Amicta cabrerai



Ilustración 92: Tórtola canaria

- Tarajaledas: hábitat comunitario representado por galerías y matorrales ribereños termomediterráneos. Se trata de bosquetes oligoespecíficos, caracterizados por *Tamarix canariensis*, con claras apetencias edafohigrohalófilas. Se encuentra localizado en las desembocaduras de los barrancos, aunque también en zonas de poca pendiente cercanas a la costa. Se caracteriza por la presencia de Tarajal, y en ocasiones por *Tamarix grex* africana, que coloniza las desembocaduras de los barrancos, playas y llanos endorreicos más o menos próximos al litoral, pudiendo soportar en ocasiones grados variables de salinidad. La fauna que habita estos ambientes es escasa y no existen en ella representantes exclusivos, salvo contadas especies de insectos estrictamente vinculadas a los tarajales como la mariposa *Amicta cabrerai*. En cuanto a fauna vertebrada, es de destacar la utilización que hacen algunas aves como lugar de nidificación caso de la tórtola, la coruja, la curruca cabeza negra, el capirote, o el hornero. También ocupan este hábitat el lagarto tizón o el perenquén.

#### 5. 4. 2. 1.- Otros

Existen otro tipo de hábitats terrestres, como el piso mesocanario seco o el piso mesocanario húmedo en la zona del macizo de Anaga, sin embargo, debido a que están situados a mayor altitud, no se ven directamente afectados por el proyecto de construcción actual, y por tanto, quedan fuera de este estudio de impacto ambiental.

#### 5. 4. 3.- Especies protegidas, raras o de especial interés

Se han venido describiendo las principales características de la zona de San Andrés, además de los distintos ambientes que pueden encontrarse en la zona y las plantas y animales que residen en estos. Sin embargo, es fundamental prestar una atención especial a las especies raras o especies que se encuentran en peligro de extinción o espacios protegidos.

El espacio natural protegido más importante en la zona en la que se desarrolla el proyecto es el Sebadal de San Andrés, el cual forma parte de la Red Natural 2000 y está Zona de Especial Conservación (ZEC).

Por sebadal se entiende un fondo marino cubierto de algas marinas. Esta planta de aspecto filamentososo se enraíza en el fondo marino entre los diez y los treinta metros de profundidad, en zonas de aguas tranquilas sin corrientes muy intensas. El sebadal de San Andrés cubre una superficie aproximada de 582 hectáreas, y por tanto ocupa gran parte de los fondos marinos del entorno de la población. La



formación se extiende entre la dársena del puerto pesquero de Santa Cruz de Tenerife y la playa de Las Teresitas.

Este espacio protegido se considera como uno de los mejores sebadales del noroeste de Tenerife, y desarrolla un papel muy importante en las etapas de cría y alevinaje, reproducción y alimentación de organismos bentónicos del norte de la isla. Situado al noreste de este espacio protegido encontramos los Sebadales de Antequera, zona integrante también de la Red Natura 2000.

Asimismo, en las superficies rocosas de la zona están presentes las comunidades típicas de arrecifes. Los arrecifes son sustratos duros y compactos de origen geológico o biogénico que se extienden desde los niveles intermareales hasta los fondos batiales. Como se ha mencionado con anterioridad, debido al origen volcánico de las islas, existe una predominancia en el Archipiélago de fondos rocosos abruptos donde existen multitud de valles submarinos y cañones. Este tipo de hábitat puede albergar comunidades bentónicas de especies de animales y algas, distribuidas en función de la batimetría, así como de factores abióticos. Las algas suelen dominar las áreas bien iluminadas. En aguas poco profundas pueden observarse de forma esporádica especies de cetáceos en paso como el delfín mular (*Tursiops truncatus*), el cachalote común (*Physeter macrocephalus*) o el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*), así como ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*), en peligro de extinción en Europa, que utilizan el sebadal como zona de descanso y alimentación.



Ilustración 93: Tortuga boba (*Caretta caretta*)



Ilustración 94: Delfín mular (*Tursiops truncatus*)

Finalmente, en lo relacionado con el sebadal, en la cartografía adjunta (realizada por el Observatorio Ambiental Granadilla, para el proyecto de ensanche de la Dársena Pesquera (2009/2014)) se puede comprobar como la cobertura de esta formación finaliza en la localización aproximada del dique planteado.

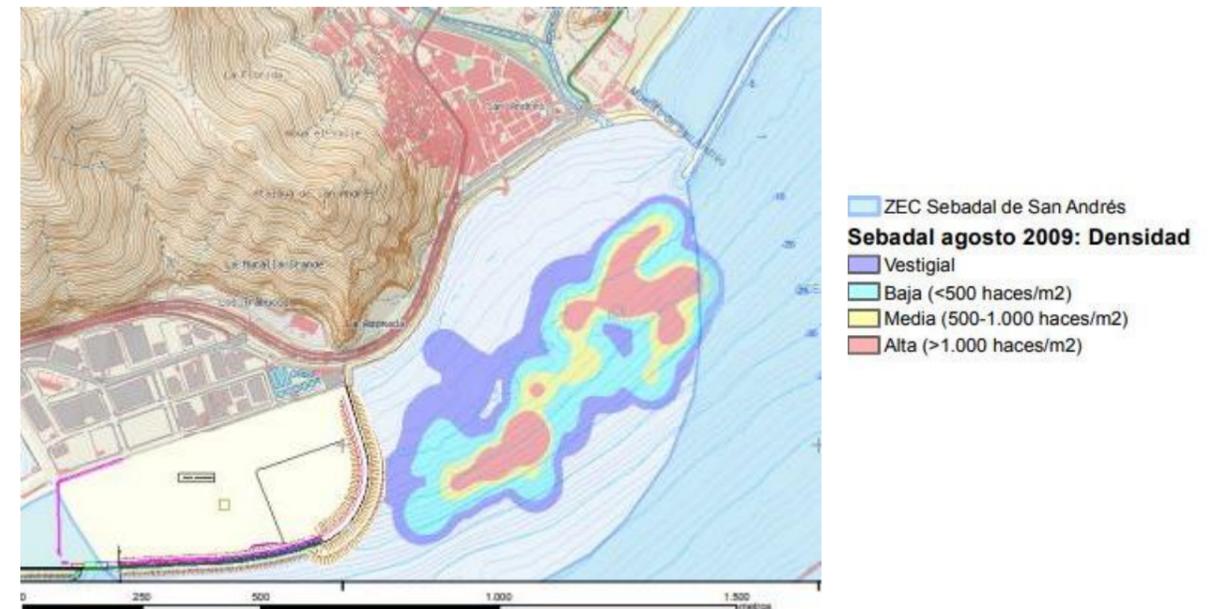


Ilustración 95: Mapa de localización de la zona protegida del sebadal de San Andrés



Por ello, podría esperarse que durante la fase constructiva del dique tuviese lugar cierta regresión del hábitat. Sin embargo, se entrevé el restablecimiento de la situación original tras la finalización de la construcción.

En cuanto a espacios terrestres, cabe destacar que en las proximidades de la zona del proyecto se sitúa el Parque Rural de Anaga. Este parque ha sido declarado Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA).

Por último, en cuanto a la afección que el proyecto pudiera tener sobre el patrimonio cultural de la zona, el proyecto se ubica en un área de importancia histórica y arqueológica significativa. Aunque se constata la importancia histórica y arqueológica del puerto de San Andrés, el área donde se propone el proyecto está fuera de la afección a los yacimientos terrestres existentes. De acuerdo con las campañas realizadas hasta la fecha, se constata la presencia en superficie de algún material arqueológico, cerámica, restos de madera...etc. en los fondos en los que se va a llevar a cabo la actuación, pero estos hallazgos no son de carácter excepcional.

## 5. 5.- Medio humano

### 5. 5. 1.- Demografía

El término municipal de San Andrés cuenta con un total de 4182 habitantes repartidos en toda la extensión del municipio, de los cuales, 2651 se concentran en el núcleo urbano de San Andrés. Esto supone una densidad de población de 125,4 hab./km<sup>2</sup>. Además, la tendencia demográfica de la zona estima que la población de San Andrés está al alza, y es por tanto muy probable que sufra un incremento en los próximos años.

### 5. 5. 2.- Economía

Tras la crisis española de 2008, la tasa de paro de las Islas Canarias se situó en un pico de casi 300.000 personas, descendiendo a partir del año 2014. Actualmente, el paro se encontraba en una tendencia

de descenso, pero a causa de la crisis del COVID-19, a lo largo del año 2020, el paro se ha incrementado de manera muy considerable, alcanzando valores de 25.2%.

En cuanto al PIB (Producto Interior Bruto) per cápita, en el año 2019 se estima de 21244€ el cual también se ha visto reducido a lo largo del último año.

En la actualidad, el modelo económico de explotación de las Canarias está basado en el sector terciario, principalmente por la importancia del turismo en el archipiélago. La importancia de este sector a provocado un gran desarrollo en la construcción y demás sectores asociados.

## 6.- Identificación y valoración de los impactos

Tras haber realizado, por una parte, una descripción general del proyecto y de las actividades que este implica, y por otra, del entorno natural de la zona en la que este se inscribe, en este apartado se describe la relación entre ambos. Es esta relación, la que marca los impactos que el proyecto causa sobre el medio ambiente.

Los impactos se estudian siguiendo la clasificación utilizada anteriormente para la descripción del medio. Por tanto, se analizan: el medio físico, medio biológico y medio humano.

Una vez definidos y descritos los impactos, se procede a valorarlos de acuerdo con la jerarquía propuesta por la legislación vigente. En esta se distingue entre: impacto ambiental compatible, moderado, severo y crítico.

- Impacto ambiental compatible: aquel cuya recuperabilidad es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras-correctoras.
- Impacto ambiental moderado: aquel cuya recuperabilidad no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

- Impacto ambiental severo: aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas correctoras y protectoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa de un tiempo dilatado.
- Impacto ambiental crítico: aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras

## 7.- Descripción de los impactos

### 7. 1.- Medio atmosférico

El aire puede verse contaminado y su calidad reducida, por sustancias extrañas como gases contaminantes o polvo o emitidos por la maquinaria de la obra. Puede decirse que en lo que al medio atmosférico respecta, esta es la contaminación más relevante, ya que afectar a la salud de personas o animales. Sin embargo, existen otros tipos de contaminaciones, como la producida por las vibraciones, la contaminación lumínica o la contaminación acústica.

### 7. 2.- Medio marino

Derivados del petróleo, aceites o combustibles, derramados por la maquinaria o sustancias vertidas o puestas en suspensión que produzcan la turbidez del agua pueden contaminar el agua y reducir su calidad.

Como se ha expuesto en apartados anteriores, la construcción de una estructura en el entorno marino modifica la batimetría e hidrodinámica de la zona, alterando las corrientes y dinámica litoral. Por tanto,

puede estimarse que el impacto del dique se extiende más allá de la zona frente a la avenida marítima de San Andrés.

### 7. 3.- Medio terrestre

Con el objetivo de reducir el impacto que el proceso constructivo pudiera tener sobre la zona, se emplea para fines de acopio de maquinaria y material la Dársena Pesquera. Consecuentemente, no se pronostican grandes modificaciones del terreno de la zona, y por tanto la geomorfología, escorrentía y geotecnia se mantendrán inafectadas. Es por ello que se evita modificar los patrones actuales de erosión o sedimentación terrestre.

### 7. 4.- Medio biótico

#### 7. 4. 1.- Fauna

Los ruidos generados durante la construcción del dique pueden ahuyentar los animales terrestres o los animales marinos. Además, y debido a la posible reducción en la cantidad de vegetación presente en la zona, pudiera darse la privación de alimento y en consecuencia la expulsión de distintas especies de su hábitat natural.

La pesca es una actividad básica para la actividad económica de la zona y por tanto la afección que el proyecto constructivo pudiera tener sobre los recursos pesqueros es relevante. En este caso específico, debido a las modalidades de pesca ejercidas en el área, puede considerarse que el impacto sobre ellas es mínimo, debido a la capacidad de movilidad de la fauna piscícola. Esto puede provocar, que temporalmente las poblaciones piscícolas se desplacen hacia zonas alejadas de las obras. Asimismo, el Instituto Español de Oceanografía constata que la zona tiene escaso interés pesquero para la flota artesanal y no se localizan en ella zonas de puesta ni alevinaje de especies de interés pesquero.



#### 7.4.2.- Flora

En cuanto al medio marino, las obras pueden causar un impacto no solo sobre la vegetación marina, sino también sobre el fitoplancton y los recursos marinos en el caso de que en el entorno existan algas que pueden ser explotadas. Como se ha descrito previamente, es probable que, durante la etapa de construcción, el sebadal sufra una regresión, no debido a la propia estructura, sino debido a la maquinaria empleada y las alteraciones hidrodinámicas inducidas

En cuanto al medio terrestre, se evitará la afección a cualquier tipo de flora.

### 7.5.- Medio ambiental

#### 7.5.1.- Sistema territorial

La modificación que el dique induce en las corrientes y el oleaje podría producir inestabilidades o modificaciones en el perfil de la playa de Las Teresitas, aunque es muy poco probable al ser una playa encajada entre el espigón que nace en la Punta de los Órganos y la Cofradía de Pescadores.

#### 7.5.2.- Sistema socioeconómico

El objetivo principal de presente proyecto es la protección del litoral de San Andrés debido a los constantes eventos de inundación que tienen lugar en la localidad. La creación de un dique potencia la economía, no solo puntualmente durante la construcción de este, sino lo que más significativamente, a lo largo de su vida útil.

Por un lado, en la zona abrigada por el dique, será posible desarrollar actividades sociales, lo cual es beneficioso para incrementar la calidad de vida y atraer un mayor número de turistas, lo que tiene un impacto económico positivo sobre la economía local.

Por otro lado, la reducción de la ocurrencia de inundaciones implica que los edificios e instalaciones ubicadas a lo largo de la primera línea de costa, dejarían de sufrir daños causados por la entrada de

agua. Por tanto, se evitaría el destinar fondos privados a realizar reparaciones. Asimismo, el Ayuntamiento de la localidad podrá dejar de sufragar los costes de los desperfectos ocasionados en la infraestructura pública del paseo marítimo.

En conclusión, con la construcción del dique, se reducen las regresiones económicas de la zona por las reparaciones necesarias para hacer frente a daños causados por las inundaciones, aumenta la seguridad de los ciudadanos y se incrementa el turismo, aportando importantes ingresos en la economía local y por tanto mejorando la calidad de vida de los habitantes de San Andrés.

#### 7.5.3.- Paisaje

El paisaje se ve modificado al introducir una estructura artificial, pues se modifica el carácter del mismo de un paisaje natural compuesto por una gran extensión de mar sin alterar, a uno modificado por la actividad humana, que podría perfectamente ocultar el horizonte.

Sin embargo, el hecho de ocultar el horizonte por un gran muro, que atemoriza a priori a todos los vecinos de San Andrés, se ha tenido en cuenta en el diseño de la protección, surgiendo así la idea de realizar un dique rebasable. Al contar con una cota de coronación no muy elevada sobre la BMVE, la visión no será entorpecida por la obra.

Por otra parte, cabe mencionar que dicho dique rebasable está en sintonía con el existente en el frente de la playa de Las Teresitas, consiguiendo así un conjunto más agradable a la vista, relativamente a lo que podría haber sido en caso de construir otro tipo de obra.

### 7.6.- Tabla resumen de la identificación de los impactos

La matriz causa-efecto mostrada a continuación permite identificar los impactos susceptibles de producirse durante y tras la construcción del dique en la zona litoral de San Andrés.

			Fase de construcción					Fase de explotación			
			Preparación de la zona de trabajo	Explotación de canteras	Vertederos	Transporte de materiales	Uso de maquinaria	Formación del dique	Ocupación del medio marino	Ocupación de la 1° línea de costa	Mantenimiento y reparaciones
Factores físicos	Aire	Calidad	X	X	X	X	X				
		Ruido	X	X	X	X	X	X			X
	Tierra	Modificación del suelo litoral						X	X	X	
		Erosión	X	X		X	X				
		Sedimentación		X	X	X		X	X	X	
		Modificación de la escorrentía	X	X	X	X	X				
	Agua	Dinámica litoral						X	X	X	
		Batimetría						X	X	X	
		Corrientes						X	X	X	
		Turbidez				X	X	X			X
Contaminación por combustibles					X	X	X			X	

			Fase de construcción						Fase de explotación		
			Preparación de la zona de trabajo	Explotación de canteras	Vertederos	Transporte de materiales	Uso de maquinaria	Formación del dique	Ocupación del medio marino	Ocupación de la 1° línea de costa	Mantenimiento y reparaciones
Factores biológicos	Fauna	Fauna terrestre		X	X	X	X				
		Fauna marina					X	X	X	X	X
		Zooplankton					X	X	X	X	X
		Avifauna	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Recursos pesqueros					X	X	X	X	X
	Flora	Vegetación terrestre		X	X		X				
		Vegetación marina					X	X	X	X	X
		Fitoplancton					X	X	X	X	X
	Factores ambientales	Sistema	Playas						X	X	
			Área urbana	X			X	X		X	
Área portuaria			X			X	X				
Sistema socioeconómico		Empleo	X	X	X	X	X	X			X
		Tráfico terrestre	X	X	X	X					
		Seguridad	X	X	X	X	X	X			X
		Calidad de vida			X	X	X	X	X	X	
Paisaje		Turismo						X	X	X	
		Impacto visual	X	X	X	X	X	X	X	X	X



## 8.- Valoración cualitativa de los impactos

La valoración de los impactos identificados anteriormente consiste en determinar cualitativamente el alcance de los daños sobre el entorno natural. Este análisis se hace de acuerdo con los siguientes atributos básicos del impacto ambiental.

- Carácter
- Magnitud
- Importancia del impacto
- Importancia relativa del elemento alterado

El carácter del impacto refleja el signo del impacto. Es decir, el carácter es positivo si se estima que la calidad ambiental del elemento natural alterado es favorable o incluso nula. En contra, el carácter es negativo en caso de que el efecto sobre el entorno sea desfavorable.

Por otro lado, la importancia del impacto se utiliza para valorar aspectos cualitativos del impacto. Estos aspectos pueden ser: la capacidad de recuperación del elemento alterado, el momento en el que se produce la alteración respecto de la acción que la provoca, la capacidad de reversión del efecto inducido o la probabilidad de ocurrencia del impacto.

La importancia del elemento alterado se puede entender también como una cualidad del impacto que depende directamente de la apreciación que la sociedad hace del elemento afectado.

A continuación, se procede a realizar una valoración global de los impactos que la fase de construcción y explotación de la estructura provocan sobre el medioambiente. Tal proceso se realiza siguiendo los criterios que se señalan en el Anexo I, Grupo 6 "Proyectos de Infraestructuras" de la Ley 21/2013, del 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

### 8. 1.- Criterios de caracterización

#### 8. 1. 1.- Carácter

- Positivo: cuando la alteración producida respecto al estado inicial resulta favorable o nula.
- Negativo: cuando la alteración producida se traduce en pérdidas o perjuicios sobre uno o varios elementos del medio.

#### 8. 1. 2.- Tipo

- Directo: cuando algún elemento del medio es directamente afectado por la alteración.
- Indirecto: cuando los efectos producidos por una actuación se manifiestan como resultado de una serie de procesos.

#### 8. 1. 3.- Duración

- Temporal: si existe un intervalo de tiempo medible desde que se produce la alteración hasta que esta cesa.
- Permanente: si la alteración es continua en el tiempo.

#### 8. 1. 4.- Momento

- Parámetro temporal que indica el periodo en el que se produce la alteración hasta que esta cesa: corto, medio y largo plazo.



#### 8. 1. 5.- Cuenca Espacial

- Localizado: cuando puede delimitarse el área susceptible de ser afectada.
- Disperso: el área de influencia no puede ser delimitada, ya sea por la naturaleza del elemento impactado o por las condiciones del terreno.

#### 8. 1. 6.- Reversibilidad

- Reversible: cuando es posible un retorno a la situación inicial debido a la capacidad del medio para absorber la perturbación.
- Irreversible: si la alteración producida es tal que el regreso al estado inicial sin intervención humana es imposible.

#### 8. 1. 7.- Posibilidad de recuperación

- Recuperable: cuando tras producirse una alteración cabe la posibilidad de volver a la situación inicial, bien por la aplicación de medidas correctoras o de forma natural.

#### 8. 1. 8.- Magnitud

El concepto de magnitud se utiliza para dimensionar cualitativamente la alteración sufrida.

- Mínima: el efecto producido tiene poca importancia.
- Notable: cuando la repercusión ambiental de la alteración es considerable.

#### 8. 1. 9.- Acumulación

Cuando se producen diversas alteraciones sobre el medio, el efecto de cada una de ellas puede ser:

- Simple: el impacto es independiente de los demás y del tiempo de duración del agente causando el impacto.
- Acumulativo: el impacto aumenta su gravedad con el paso del tiempo.
- Sinérgico: cuando el impacto actúa conjuntamente con otras alteraciones producidas al medio dando lugar a un efecto superior al que corresponde a la suma de cada impacto si se consideran individualmente.

#### 8. 1. 10.- Periodicidad

- Periódico: cuando el modo de acción del impacto es cíclico o puede ser predicho de alguna manera.
- Irregular: cuando no puede predecirse el momento en el que se va a producir el impacto. Para determinar este tipo de impactos hay que basar el análisis en la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

#### 8. 1. 11.- Continuidad

- Continuo: cuando los efectos producidos se presentan siempre de forma invariable.
- Discontinuo: cuando los efectos ocasionados varían con el tiempo y no se manifiestan de forma constante.



#### 8. 1. 12.- Probabilidad

- Cierto: se conoce con certeza la aparición de una alteración
- Probable: la probabilidad de ocurrencia resulta elevada.
- Improbable: la probabilidad de ocurrencia es baja.
- Desconocido: se ignora la probabilidad de ocurrencia de la alteración.



		Carácter		Tipo		Duración		Momento			Espacio		Revers.		Recup.	Magnitud		Acumulación			Period.		Contin.			Probabilidad			Valoración										
		Positivo	Negativo	Directo	Indirecto	Temporal	Permanente	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo	Localizado	Disperso	Reversible	Irreversible	Recuperable	Mínima	Notable	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Irregular	Periódico	Continuo	Discontinuo	Cierto	Probable	Improbable	Negativo Compatible	Negativo moderado	Negativo severo	Negativo crítico	Pasivo significativo	Pasivo notable	Pasivo alto	Pasivo muy alto				
Factores físicos	Aire	Calidad	X	X	X			X			X		X		X		X			X			X	X			X												
		Ruido		X	X	X			X			X		X		X		X			X			X	X				X										
	Tierra	Modificación del suelo litoral		X	X			X	X	X	X		X			X		X		X			X	X					X										
		Erosión			X	X			X			X		X		X		X		X			X		X			X											
		Sedimentación			X	X			X			X		X		X		X		X			X		X			X											
		Modificación de la escorrentía			X	X			X			X		X		X		X		X			X		X		X	X											
	Agua	Dinámica litoral	X		X			X	X	X		X		X		X	X				X		X		X													X	
		Batimetría		X	X			X	X	X				X		X	X				X		X		X				X										
		Corrientes	X		X			X	X	X		X		X		X	X				X		X		X													X	
		Turbidez		X	X	X			X			X		X		X		X				X		X		X				X									
		Contaminación por combustibles		X		X			X			X		X		X		X			X			X		X				X									



## 9.- Valoración cuantitativa de los impactos

### 9. 1.- Metodología cuantitativa de valoración de los impactos

En este apartado se emplea un método numérico por el que se valora la importancia del impacto. El método consiste en considerar los atributos mencionados anteriormente (carácter, importancia del impacto y magnitud o intensidad) para conseguir la estimación del impacto mediante la fórmula:

$$Importancia = \pm(3I + 2E + M + P + R)$$

$$V_i = \frac{Importancia - 8}{8.2}$$

Donde:

- $V_i$  es el valor del impacto  $i$  en una escala de  $\pm 0$  a 10.
- + es un impacto de carácter positivo, es decir efecto beneficioso para el medio.
- - es un impacto de carácter negativo, es decir de efecto adverso para el medio.
- $I$  es la intensidad de la alteración o cantidad de impacto según la escala:

Intensidad baja	$2^0$
Intensidad media	$2^1$
Intensidad alta	$2^2$
Intensidad muy alta	$2^3$
Intensidad total	$2^4$

- $E$  es la extensión del impacto según la siguiente escala:

Extensión puntual	$2^0$
Extensión parcial	$2^1$

Extensión generalizada	$2^2$
Extensión total	$2^3$
Extensión crítica	$2^3$

- $M$  es el plazo de manifestarse el impacto valorado según la siguiente escala:

Largo plazo	$2^0$
Medio plazo	$2^1$
Inmediato	$2^2$
Crítico	$2^3$

- $P$  es la persistencia del impacto, medido según la escala siguiente:

Fugaz	$2^0$
Temporal	$2^1$
Pertinaz	$2^2$
Permanente	$2^3$

- $R$  es la reversibilidad del impacto, según la escala a continuación:

Corto plazo	$2^0$
Medio plazo	$2^1$
Largo plazo	$2^2$
Irreversible	$2^3$
Irrecuperable	$2^4$

### 9. 2.- Resultados



			Signo	I	E	M	P	R	Importancia	V <sub>i</sub>	Valoración
<b>Factores físicos</b>	Aire	Calidad	-	2	4	4	2	1	-21	-3.54	Negativo moderado
		Ruido	-	4	4	4	2	1	-27	-4.27	Negativo moderado
	Tierra	Modificación del suelo litoral	-	8	4	2	8	8	-50	-7.07	Negativo severo
		Erosión	-	1	4	2	1	1	-15	-2.80	Negativo moderado
		Sedimentación	-	1	4	2	1	1	-15	-2.80	Negativo moderado
		Modificación de la escorrentía	-	1	4	2	1	1	-15	-2.80	Negativo moderado
	Agua	Dinámica litoral	+	16	8	1	8	8	81	8.90	Positivo muy alto
		Batimetría	-	8	4	2	8	8	-50	-7.07	Negativo severo
		Corrientes	+	16	8	1	8	8	81	8.90	Positivo muy alto
		Turbidez	-	8	8	4	2	2	-48	-6.83	Negativo severo
		Contaminación por combustibles	-	4	4	2	2	4	-28	-4.39	Negativo moderado
<b>Factores biológicos</b>	Fauna	Fauna terrestre	-	1	1	2	1	1	-9	-2.07	Negativo compatible
		Fauna marina	-	4	1	2	2	1	-19	-3.29	Negativo moderado
		Zooplancton	-	4	2	2	1	2	-21	-3.54	Negativo moderado

			Signo	I	E	M	P	R	Importancia	V <sub>i</sub>	Valoración
<b>Factores biológicos</b>	Fauna	Avifauna	-	8	4	2	2	2	-38	-5.61	Negativo severo
		Recursos pesqueros	-	2	1	2	2	1	-13	-2.56	Negativo moderado
	Flora	Vegetación terrestre	-	2	2	2	1	4	-17	-3.05	Negativo moderado
		Vegetación marina	-	8	4	4	4	4	-44	-6.34	Negativo severo
		Fitoplancton	-	4	2	2	1	2	-21	-3.54	Negativo moderado
	<b>Factores ambientales</b>	S. territorial	Playas	-	1	1	1	8	4	-18	-3.17
Área urbana			-	2	1	1	4	1	-14	-2.68	Negativo moderado
Área portuaria			-	8	8	4	4	2	-50	-7.07	Negativo severo
Sistema socioeconómico	Empleo	+	8	4	4	4	4	44	4.39	Positivo notable	
	Tráfico terrestre	-	2	4	4	4	1	-23	-3.78	Negativo moderado	
	Seguridad	+	16	8	1	8	8	81	8.90	Positivo muy alto	
	Calidad de vida	+	8	8	1	8	8	57	5.98	Positivo alto	
Paisaje	Turismo	+	4	4	1	8	8	37	3.54	Positivo notable	
	Impacto visual	-	8	4	4	8	8	-52	-7.32	Negativo severo	



### 9. 3.- Conclusión de la valoración cuantitativa

Debido a los resultados obtenidos en el análisis anterior, se concluye que la clasificación global de los impactos es MODERADO.

## 10.- Propuesta de medidas correctoras

En el análisis realizado anteriormente, ninguno de los impactos negativos valorados alcanza la categoría de crítico, y por tanto la obra no es extremadamente dañina para el entorno. No obstante, se proponen a continuación una serie de medidas correctoras para evitar daños e impactos añadidos.

### 10. 1.- Molestias por ruido

Como se ha venido describiendo, el ruido puede estar causado por el funcionamiento de la maquinaria de construcción y puede ser muy perjudicial, debido a que afecta severamente a la calidad de vida. Por tanto, la maquinaria debe cumplir las especificaciones propuestas por las directivas comunitarias. En estas especificaciones se describen las restricciones de ruido, definiendo los niveles máximos de ruido permitidos y los diversos métodos que deben emplearse para medir la contaminación acústica.

### 10. 2.- Molestias por tráfico pesado

El principal acceso a la zona de trabajo de este proyecto discurre por la Autovía TF-11 del Sur de Tenerife. Al ser este el único acceso principal a la zona urbana de San Andrés, deberá evitarse el transporte de materiales de construcción durante las horas puntas de tráfico, para evitar la congestión de la vía.

### 10. 3.- Calidad del agua

La calidad del agua puede verse afectada durante por el vertido de materiales de construcción empelados para la construcción de diques. Para minimizar la turbidez del agua causada por el vertido de los mismos, las tareas de relleno deben llevarse a cabo cuando la marea se caracterice por tener coeficientes bajos. Además, no solo por reducir la turbidez provocada, sino también por aumentar la seguridad de los trabajos, debe evitarse llevar a cabo estas tareas en condiciones de oleajes fuertes o temporales.

Algunas de las medidas preventivas que pueden adoptarse para reducir la turbulencia del agua son:

- Evitar dejar taludes de materiales sueltos a la intemperie, sin protección ante la acción de la lluvia, las corrientes o el oleaje.
- Elegir los materiales empleados para la construcción de los rellenos, asegurando que sean inertes con respecto del medio y por tanto no supongan ningún tipo de contaminación en el supuesto de que sean lavados.
- Utilizar barreras de contención adecuadas para evitar la pérdida de finos.
- Los rellenos deben realizarse exclusivamente una vez el espacio en el que estos van a realizarse esté debidamente limitado a lo largo de todo su contorno para evitar que el agua contaminada se extienda por el efecto del oleaje o las mareas.

### 10. 4.- Molestias a la flora y fauna

Con el fin de reducir el impacto que la generación de ruido podría tener sobre la avifauna que habita la zona de Anaga, y específicamente de San Andrés, se intentará realizar las obras durante los meses que se registre el menor número de especímenes de estas especies.



De igual manera, para reducir el impacto que las obras pudieran tener sobre los seabadales y los organismos que componen este hábitat, se debe minimizar la turbidez del agua y la contaminación de materiales mediante la aplicación de las medidas anteriormente propuestas.

#### 10. 5.- Patrimonio cultural

Durante las obras todos los objetos extraídos que pudiera tener aprovechamiento como, por ejemplo: objetos de valor artístico, arqueológico o científico, deberán ser depositados por parte del contratista a disposición de la Dirección de la Obra, para que ésta pueda proceder según dicta la legislación vigente de conservación del patrimonio.

El contratista deberá ser avisado de la posibilidad de encontrar cerámica y restos de objetos de valor arqueológico en la zona de trabajo. Considerándose por ello necesaria la presencia de un arqueólogo especializado en el entorno subacuático que supervise las obras construcción del dique de protección.

#### 10. 6.- Ocupación del espacio terrestre y marino

Durante las etapas de construcción y explotación, no se afectarán zonas litorales con ocupación temporal ni definitiva, salvo las zonas especificadas en el proyecto con motivo de la construcción de las obras de abrigo. Es decir, únicamente se ocupa la zona de la Dársena Pesquera para el acopio de materiales y maquinaria de construcción.

En cuanto a las aguas fecales de los sanitarios dispuestos en la obra, se conectarán al alcantarillado existente y bajo ninguna circunstancia se verterán directamente al mar.

#### 10. 7.- Paisaje

Los materiales utilizados para las capas de relleno del dique procederán de una cantera en explotación autorizada y con todos los permisos vigentes. En caso de necesitar abrir una nueva cantera, esta actuación se considera como un proyecto completamente independiente y deberá contar por tanto con su correspondiente Estudio de Impacto Ambiental. Una vez finalizadas las obras, se retirarán todos los materiales sobrantes e instalaciones auxiliares, restos de encofrados y materiales inútiles que hayan sido utilizados durante el desarrollo de las obras. Asimismo, con el fin de cuidar el entorno, se asegurará una adecuada y ordenada situación de los acopios, parque de vehículos y limpieza diaria de las zonas ocupadas y de trabajo.

#### 11.- Plan de vigilancia ambiental

La elaboración de un Plan de Vigencia Ambiental es un paso fundamental para verificar las medidas protectoras que se describen en el Estudio de Impacto Ambiental realizado, así como identificar aquellos impactos que no hayan sido especificados en el estudio. El programa debe entenderse como un instrumento abierto que tiene la capacidad de ser adaptado y modificado dependiendo de las situaciones que imprevisibles que se dan en la obra.

Los objetivos del Plan de Vigilancia Ambiental se establecen en el Real Decreto 1131/1988, del 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, del 28 de junio, de Evaluación del Impacto Ambiental. Estos objetivos pueden resumirse en los siguientes:

- Velar por que la actividad, en todo lo referente al medio ambiente, se realice según el proyecto.
- Determinar la eficacia de las medidas de protección ambiental contenidas en la Declaración de Impacto Ambiental.
- Verificar la bondad del EIA realizado.



El programa se divide en varias etapas:

1. Etapa de verificación
2. Etapa de seguimiento y control
3. Etapa de redefinición de Programa de Vigilancia Ambiental
4. Etapa de emisión y remisión de informes

### 11. 1.- Etapas del programa de vigilancia ambiental

#### 11. 1. 1.- Etapa de verificación

En esta etapa del Plan de Vigilancia ambiental se lleva a cabo el adecuado cumplimiento de las medidas protectoras explicadas previamente en el Estudio de Impacto Ambiental. En concreto, se realizan las verificaciones y consiguiente redacción de informes explicativos correspondientes a:

- a) Se comprueba que las plantas de trituración y machaqueo de áridos, así como las zonas de extracción y vertido de los mismos, cuentan con autorización previa y correspondiente Declaración de Impacto antes del comienzo de las obras.
- b) Se comprueba que no se realicen cambios de aceite o mantenimiento de la maquinaria.
- c) Se verifica que no se produzcan vertidos de aguas residuales tanto de las casetas instaladas en la zona de trabajo como de otras instalaciones. Para evitar tales vertidos se recomienda la instalación de sistemas cerrados para el desecho de los residuos o instalación de canalizaciones que transporten los desechos hasta la red de alcantarillado del núcleo urbano.
- d) Se supervisa y aprueba la recogida de escombros procedentes de la construcción de las obras de fábrica.
- e) Se verifica la estabilidad de los taludes de los diques.
- f) Se controla que las zonas de acumulación o depósito de materiales que se ocupan de manera extraordinaria sean tratadas adecuadamente hasta su total normalización.

g) Se verifica que, una vez finalizadas las obras, todos los sistemas de infraestructuras se encuentren en funcionamiento, y realizadas de acuerdo con lo establecido en el proyecto de construcción, en el Estudio de Impacto Ambiental.

#### 11. 1. 2.- Etapa de seguimiento y control

En la segunda etapa del plan se asegura el correcto funcionamiento de las medidas preventivas propuestas y estipuladas en el Estudio de Impacto Ambiental, mediante la realización periódica de periódicos que prueben la eficacia, o la falta de esta de las medidas ante los impactos de las obras sobre el entorno.

Los parámetros de los que se realiza un seguimiento son: el grado de turbidez del agua por el vertido de materiales y la contaminación atmosférica y acústica.

A priori no será necesario el uso de ningún método especial para la medición y estudio de los mencionados parámetros. Debido a que, por el tipo de obra, dique en talud de materiales sueltos, se podrán apreciar los parámetros a simple vista.

De todas formas, si tras haber realizado una inspección visual se estima que los límites han sido sobrepasados, se utilizarán medios más precisos para la determinación exacta de los parámetros.

De igual manera se deberán monitorizar los siguientes parámetros:

- Vertido de materiales o sustancias contaminantes no autorizados.
- Control sobre la circulación de vehículos pesados por vías públicas con el fin de evitar concentraciones de tráfico y reducir las afecciones por contaminación de aire o ruido.
- Comprobación de que los camiones de transporte de material de carácter granular se tapan con un toldo para reducir los vertidos de materiales o la emisión de polvo.
- Seguimiento de la evolución de la fauna y flora del entorno durante las obras.



#### 11. 1. 3.- Etapa de redefinición del programa de vigilancia ambiental

Durante esta tercera etapa se consideran los resultados obtenidos de la medición de los parámetros expuestos en la etapa anterior. Dependiendo de los resultados obtenidos, si se estima oportuno, se redefinirá el Programa de Vigilancia Ambiental y con ello se minimizará la probabilidad de error considerablemente.

Esta etapa es útil a la hora de detectar posibles errores que se hayan realizado en las etapas de verificación y seguimiento y evitar así que impactos severos o críticos sobre el entorno.

Esta fase es crucial ya que habitualmente es imposible detectar todos los posibles impactos antes del comienzo de la obra dado al comportamiento a veces impredecible de la naturaleza y el medio biológico. Mediante esta etapa del Programa de Vigilancia Ambiental se pueden identificar las deficiencias que aparecen durante la construcción de la obra.

#### 11. 1. 4.- Etapa de emisión y remisión de informes

Finalmente, durante esta cuarta etapa se realizan inspecciones periódicas para comprobar el correcto cumplimiento de las medidas correctoras y protectoras definidas en el Estudio de Impacto Ambiental y se preparan informes.



## ANEJO Nº18 - ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



## ÍNDICE

1.- Memoria	4
1. 1.- Objeto del estudio	4
1. 2.- Descripción de las actuaciones	4
1. 3.- Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra	4
1. 4.- Análisis de riesgos	4
1. 5.- Medidas de prevención de riesgos	5
1. 5. 1.- Normas básicas de seguridad	5
1. 5. 2.- Protecciones individuales	5
1. 5. 3.- Protecciones colectivas	6
1. 5. 4.- Medidas de protección general	7
1. 5. 5.- Prevención de daños a terceros	7
1. 6.- Instalaciones de bienestar e higiene	7
1. 7.- Formación, Medicina Preventiva y Primeros Auxilios	8
1. 7. 1.- Formación	8
1. 7. 2.- Botiquín	8
1. 7. 3.- Asistencia a accidentados	9
1. 7. 4.- Reconocimiento médico	9
2.- Planos	10
3.- Pliego de prescripciones técnicas particulares de seguridad y salud	11
3. 1.- Disposiciones legales de aplicación	11
3. 1. 1.- De carácter general	11

3. 1. 2.- De carácter específico	11
3. 2.- Condiciones de los medios a adoptar	11
3. 2. 1.- Protecciones personales	11
3. 2. 2.- Protecciones colectivas	12
3. 3.- Condiciones técnicas de la maquinaria	12
3. 4.- Condiciones técnicas de la instalación eléctrica	13
3. 5.- Servicios de Prevención	13
3. 5. 1.- Servicio Técnico de Seguridad y Salud	13
3. 5. 2.- Comité de Seguridad y Salud, Vigilante de Seguridad	13
3. 6.- Instalaciones de higiene y bienestar	14
3. 6. 1.- Vestuarios	14
3. 6. 2.- Servicios	14
3. 7.- Plan de Seguridad	14
3. 8.- Obligaciones de las partes implicadas de la propiedad	14
3. 8. 1.- De la empresa constructora	14
3. 8. 2.- De la dirección facultativa	15
3. 9.- Libro de Incidencias	15
4.- Presupuesto	16
4. 1.- Mediciones	16
4. 2.- Cuadro de Precios N°1	20
4. 3.- Presupuestos parciales	25



## 1.- Memoria

### 1. 1.- Objeto del estudio

De acuerdo a las exigencias descritas por la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, y del Real Decreto 1627/1997, se ha redactado el presente Estudio de Seguridad y Salud (ESS) con el fin de establecer las directrices respecto a la prevención de riesgos de accidentes laborales, de enfermedades profesionales y de daños a terceros. Dicha legislación unifica y actualiza lo dispuesto por el Real Decreto 555/86 de 21 de febrero.

El ESS permite fijar las directrices básicas en cuanto a la prevención de riesgos profesionales, que la empresa constructora debe desarrollar en el Plan de Seguridad, ateniéndose al Presupuesto elaborado en el presente Anejo.

Este anejo incluye el estudio de las instalaciones de sanidad, higiene y bienestar de los trabajadores durante la construcción de la obra. Todo ello cumpliendo con las disposiciones oficiales vigentes (R.D. 555/1986 de 21 de febrero).

### 1. 2.- Descripción de las actuaciones

Este proyecto describe la construcción de un dique en forma de T, unido a la costa, en la zona litoral de San Andrés, Tenerife. Con las obras se pretende reducir la frecuencia y magnitud que tienen lugar en la localidad.

Las actuaciones necesarias para el correcto desarrollo de la obra proyectada son:

- Actuaciones previas de señalización, cerramientos, asentamiento de equipo y barracones.
- Obtención y almacenamiento del material requerido.
- Construcción del dique en talud de bloques de hormigón, escollera y todo uno.

### 1. 3.- Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) asciende a la cantidad de TRES MILLONES TRESCIENTOS NOVENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (3.398.654,44€).

El plazo de ejecución de las obras definidas en el presente Proyecto, previsto desde su inicio hasta su finalización completa, es de 18 meses.

### 1. 4.- Análisis de riesgos

Para la obtención de la escollera, se efectúan trabajos de excavación en cantera que son responsabilidad del subcontratista en cuestión. No solo eso, sino que también será responsabilidad del subcontratista el transporte de estos materiales hasta, la dársena pesquera situada en las proximidades de la obra.

En lo subsecuente, operaciones de transporte y vertido constituyen una parte fundamental de la obra, dado el volumen de material a desplazar. El transporte se realizará mediante palas cargadoras y camiones basculantes en la zona de acopio y para el vertido y colocación del material se utilizarán palas cargadoras y grúa.

Los riesgos de mayor frecuencia durante la etapa constructiva son:

- Movimiento de tierras, transportes y vertidos
  - o Hundimiento, vuelco durante la carga y en la navegación del gánguil.
  - o Interferencia con otras embarcaciones.
  - o Atropellos y aplastamiento del personal por:
    - Inicio brusco de las maniobras.
    - Falta de señalización en las zonas de trabajo.

- Ausencia de resguardo de los elementos móviles en máquinas.
  - Permanencia indebida en la zona de acción de las máquinas.
- Inestabilidad de acopios, deslizamientos.
- Contaminación por exceso de polvo.
- Construcción del dique
  - Formación de cargas excesivas en coronación, por acopio de materiales.
  - Caídas de personal por ausencia de protecciones.
  - Cortes en las manos, o pinchazos en los pies, en el desencofrado.
  - Desplazamientos no deseados de maquinaria por falta de aseguramiento.
  - Caídas por falta de limpieza y orden en la obra.
- Manejo de maquinaria y herramientas
  - Vuelcos de la maquinaria.
  - Caídas de material desde la cuchara.
  - Salpicaduras y proyecciones.
  - Atropellos y colisiones en maniobras de marcha atrás o giros con elementos fijos u otros vehículos.
  - Desprendimientos de materiales por fallos mecánicos (rotura de cables o enganches, etc.).
  - Descargas eléctricas, quemaduras, cortes en extremidades superiores, afecciones oculares.

## 1. 5.- Medidas de prevención de riesgos

### 1. 5. 1.- Normas básicas de seguridad

- Señalización tanto luminosa como acústica en la maquinaria.
- Revisión periódica de la maquinaria. incluyendo cables, sistemas hidráulicos, mandos, etc.
- Asegurar la estabilidad y correcto funcionamiento de máquinas y herramientas antes de iniciar el trabajo.
- Asegurar la estabilidad y correcto funcionamiento de herramientas y máquinas antes de iniciar el trabajo.
- Se respetará en todo momento la señalización de la obra.
- Las maniobras realizadas dentro del recinto de la obra se efectuarán sin brusquedades, anunciándolas con antelación, ayudándose del personal de obra si fuera preciso.
- Conducción y manejo de la maquinaria únicamente por personal autorizado y cualificado.
- La velocidad de circulación debe estar en consonancia con la carga transportada, las condiciones del terreno y la visibilidad.
- No se realizarán nunca trabajos de mantenimiento con las máquinas funcionando.

### 1. 5. 2.- Protecciones individuales

#### Protección de cabeza

- Casco de seguridad homologado obligatorio tanto para el personal de la obra como para los visitantes.
- Gafas homologadas de protección antipolvo y contra impactos.
- Mascarillas antipolvo.
- Protectores acústicos homologados y tapones reductores de ruido.



- Pantallas protectoras que cubran cuello, cara y frente, provistas de doble vidrio de protección ocular con marco abatible.

#### Protección del cuerpo

- Cinturones de seguridad, cuya clase depende de los riesgos específicos de cada trabajo.
- Calzado de seguridad: con puntera reforzada y antideslizante.
- Monos de trabajo.
- Trajes impermeables.
- Chalecos salvavidas.
- Chalecos reflectantes.
- Botas de agua.
- Manoplas o guantes de uso general.
- Guantes de cuero y anticorte.
- Guantes dieléctricos.

#### Equipos de buceo

En el caso en el que llevar a cabo operaciones de buceo, estas deben ser realizadas por personal cualificado, que haya superado el reconocimiento médico de la Dirección General de la Marina Mercante, a través del Instituto Social de la Marina. Las medidas de protección individual relativas a los equipos de buceo que deben observarse son:

- No exceder el número de horas de inmersión recomendadas.
- Tanques de respiración autónomos.
- Traje de buceo con manoplas y escaarpines.
- Cuerda-guía, código de señales y sistemas de comunicación entre el buzo y los operarios en tierra o barca.

#### 1. 5. 3.- Protecciones colectivas

##### 1. 5. 3. 1.- Movimiento de tierras, transportes y vertidos.

- Las operaciones con maquinaria deben ser dirigidas por una persona capacitada con el previo establecimiento de un plan de acción y de un código de señales entre conductores y operario director.
- Avisador luminoso y acústico de marcha atrás de las máquinas.
- Señalización acústica previa en maniobras bruscas.
- Cintas de balizamiento reflectantes para cortar zonas de trabajo.
- Vallas de contención en bordes de vaciado, lo que implica que para la descarga de materiales en una zanja se dispondrán topes (tablones, tacos de madera, etc.), para facilitar la aproximación de los camiones y garantizar una distancia de 1 m.

##### 1. 5. 3. 2.- Maquinaria y herramientas

- Todas las herramientas eléctricas deben ir dotadas de doble aislamiento de seguridad.
- Toda la maquinaria debe ir provista de extintor contra incendios.
- Las herramientas deben revisarse periódicamente con el fin de asegurar las instrucciones de conservación del fabricante.

##### 1. 5. 3. 3.- Construcción del dique

- La presencia de personas en la zona donde existan cargas suspendidas no está autorizada (prohibición terminante).
- Señalización adecuada del área de trabajo.
- Instalación de vallas y redes de limitación y protección.



#### 1. 5. 4.- Medidas de protección general

##### 1. 5. 4. 1.- Señalización

Los criterios que deben seguirse en la señalización de los distintos tajos y viales son los siguientes:

1. La señalización es complementaria a las protecciones personales y colectivas, por lo que no exime de su utilización y colocación.
2. Las señales deben colocarse de tal forma que dejen claramente avisado el riesgo y que dé tiempo a tomar las precauciones oportunas.
3. La colocación de señales requiere una continuada actuación, de forma que la señalización debe colocarse o retirarse según aparezcan o desaparezcan los riesgos

##### 1. 5. 4. 2.- Señalización vial

- Señales de STOP en las zonas de salida de vehículos.
- Obligatorio el uso de casco, cinturón de seguridad, pantalla protectora o gafas, protectores auditivos, botas y guantes.
- Riesgo eléctrico, maquinaria pesada en movimiento, caída de objetos, cargas suspendidas, incendio y explosiones.
- Señales informativas de localización de botiquín y extintores.
- Cinta de balizamiento, vallas de desvío de tráfico.

##### 1. 5. 4. 3.- Señalización marítima

- Boyas flotantes de señalización con luz, orinque y muerto.
- Balizas luminosas intermitentes en puntos de corte de tráfico marítimo.
- Boyas de plástico con cabo muerto con luz.

#### 1. 5. 5.- Prevención de daños a terceros

Resulta aconsejable planificar la realización de las obras del Proyecto fuera de la temporada estival.

En cualquier caso, la existencia de casas y viviendas en las inmediaciones de la obra y en sus accesos, lleva a contemplar que:

- Durante el desarrollo de la obra se preverá la instalación de vallas de contención de peatones, ancladas entre sí, así como elementos de balizamiento para desvío del tráfico, señalizándose convenientemente la presencia de la obra de día y de noche.
- De igual forma se colocarán tanto señales de peligro, de riesgo por obras, y de prohibición de acceso a toda persona ajena a la obra, como cerramientos. Además, se instalará un Servicio de Vigilancia en horario nocturno.

#### 1. 6.- Instalaciones de bienestar e higiene

Según la Ordenación General de Seguridad e Higiene hay que disponer de unos locales y aseos para el personal de la obra. Se utilizarán barracones, acondicionándolos según las necesidades exigidas. Estos se localizarán en la Dársena Pesquera próxima a la zona de construcción. Los locales son prefabricados, siendo los requisitos mínimos exigibles a estos los siguientes:

##### Aseos

- 1 WC para cada 25 trabajadores o fracción.
- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción.
- 1 lavabo por cada 10 trabajadores o fracción.
- 1 espejo por cada 15 trabajadores o fracción.
- Instalación de agua caliente.



Las medidas mínimas de cada cabina de WC serán de 2,50 metros de alto y 1 x 1,20 metros de superficie, con ventilación, suelos enlosados y paredes lavables disponiendo de percha y cerradura interior. Los inodoros deben ser de carga y descarga automática, de agua corriente, con perchas y papel higiénico.

#### Comedor

La capacidad del comedor se ajustará a la previsión de una superficie de 1 m<sup>2</sup> y un volumen de 3 m<sup>3</sup> por trabajador.

Todas las dependencias, servicios higiénicos, vestuarios y comedores deben tener acceso independiente desde el exterior, pudiendo comunicarse entre sí los servicios higiénicos y los vestuarios.

El comedor dispondrá de:

- Mesas corridas con dos bancos del mismo tipo, en madera.
- Depósitos para vertido de basuras con cierre.
- Calefacción en invierno.

#### Vestuarios

Los vestuarios deben reunir las mismas características que las indicadas anteriormente para el comedor.

Por tanto, dispondrán de:

- Taquilla metálica individual provista de llave.  
Dimensiones: 0.30 x 0.40 x 1.80 metros con dos perchas metálicas y cerradura.
- Espejos.
- Bancos de madera corridos.

- Duchas de cabina aislada con puerta, con cierre interior, agua caliente y fría y percha para ropa.

#### Botiquín

Todas estas estancias estarán convenientemente dotadas de luz eléctrica y calefacción. Estas zonas se mantendrán en absoluto estado de limpieza e higiene.

### 1. 7.- Formación, Medicina Preventiva y Primeros Auxilios

#### 1. 7. 1.- Formación

Todo el personal debe recibir, al ingresar en obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos derivados de estos, junto con las medidas de seguridad que deben cumplir. Asimismo, con la ayuda del personal más cualificado, se impartirán cursillos de primeros auxilios y socorrismo.

#### 1. 7. 2.- Botiquín

Se dispondrá de un botiquín que cuente con todo el material especificado en el Decreto de Seguridad y Salud en el Trabajo. El botiquín debe ser revisado con una periodicidad mensual, además, debe reponerse inmediatamente el material que haya sido consumido.

El botiquín estará instalado en la oficina de obra, y contendrá:

- Alcohol de 90º.
- Agua oxigenada.
- Mercurio cromo.
- Tintura de yodo.
- Amoníaco.
- Gasa esterilizada.
- Esparadrapo.



- Algodón hidrófilo.
- Vendas.
- Termómetro clínico.
- Antiespasmódicos.

#### 1. 7. 3.- Asistencia a accidentados

Se informará al personal de obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Patronales, Mutuas, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.), donde poder trasladar a los accidentados. Debe disponerse en un sitio visible de la obra un cartel informativo con las direcciones y teléfonos de contacto de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc. con el fin de garantizar un rápido traslado de los posibles accidentados a estos centros.

#### 1. 7. 4.- Reconocimiento médico

Todo el personal que trabaje en la obra deberá someterse a un reconocimiento médico obligatorio antes de su incorporación.



## 2.- Planos

En la lista a continuación se recogen los planos correspondientes al Estudio de Seguridad y Salud realizado en el presente anejo. Estos planos no tienen carácter contractual.

Plano 1.1 Protecciones individuales

Plano 1.2 Protecciones individuales

Plano 2.1 Peligros eléctricos

Plano 2.2 Peligros eléctricos

Plano 3.1 Señalización

Plano 3.2 Señalización

Plano 3.3 Señalización

Plano 3.4 Señalización

Plano 3.5 Señalización

Plano 3.6 Señalización

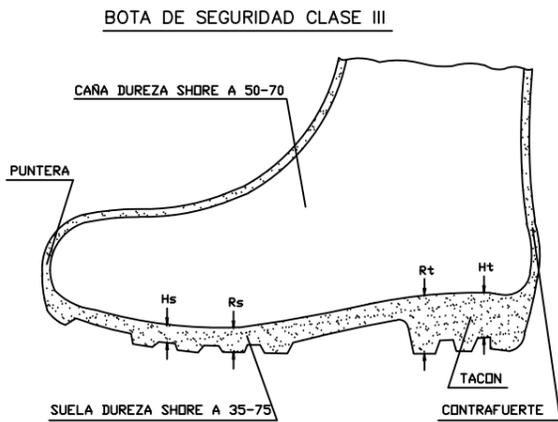
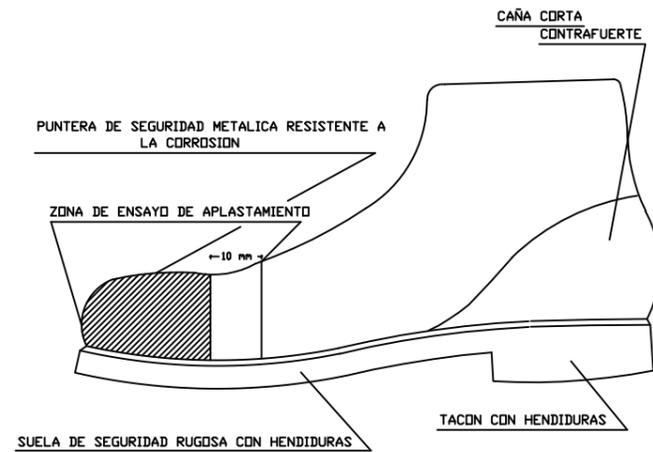
Plano 4 Detalle de los vestuarios

Plano 5 Detalle de los aseos

Plano 6 Detalle del comedor

Plano 7 Disposición de las instalaciones

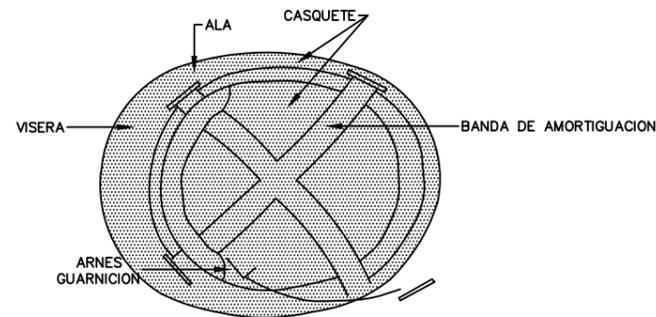
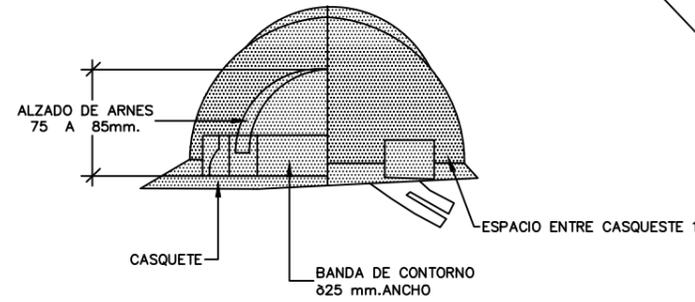
Plano 8 Balizamiento



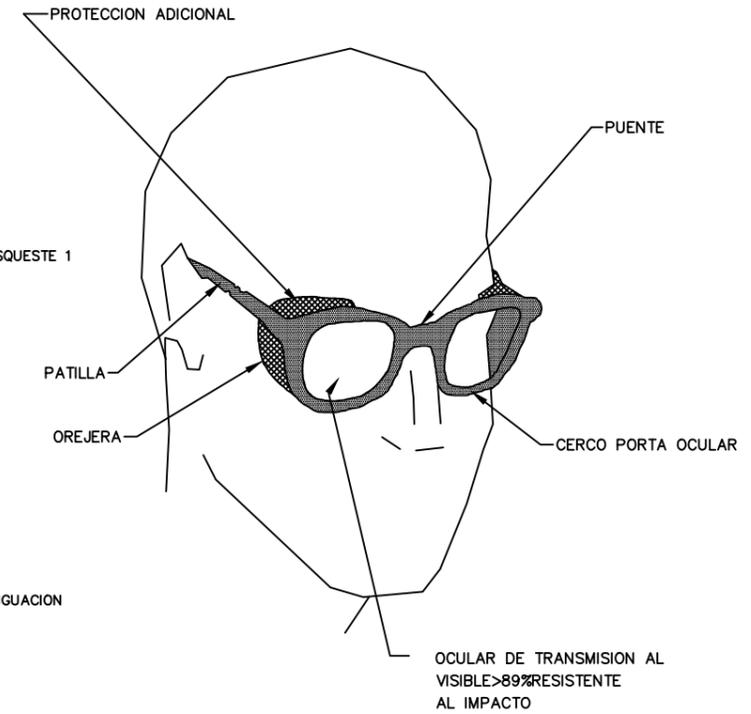
Hs Hendidura de la suela = 5 mm  
 Rs Resalte de la suela = 9 mm  
 Ht Hendidura del tacon = 20 mm  
 Rt Resalte del tacon = 25 mm

BOTA IMPERMEABLE AL AGUA Y A LA HUMEDAD

- ① MATERIAL INCOMBUSTIBLE RESISTENTE A GRASAS, SALES Y AGUA
- ② CLASE N AISLANTE A 000V. CLASE E AT AISLANTE A 25000V.
- ③ MATERIAL NO RIGIDO HIDROFUGO FACIL LIMPIEZA Y DESINFECCION



CASCO DE SEGURIDAD NO METALICO



LENTES DE MONTURA TIPO UNIVERSAL CONTRA IMPACTOS



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Protecciones individuales

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de S. Andrés, Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

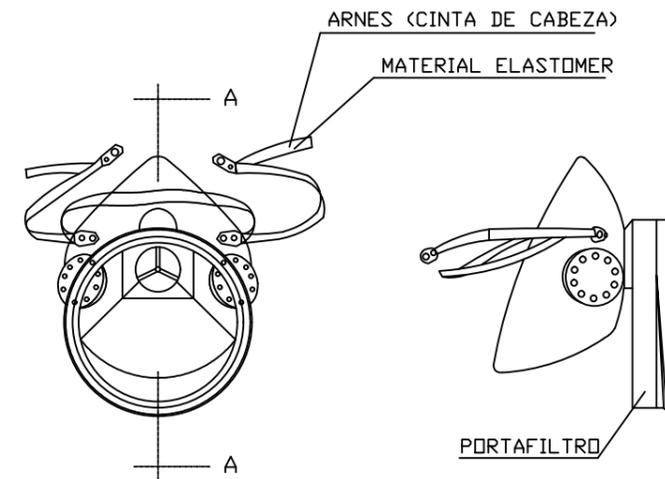
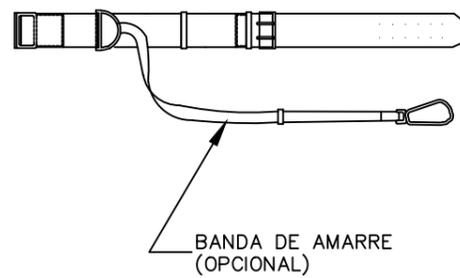
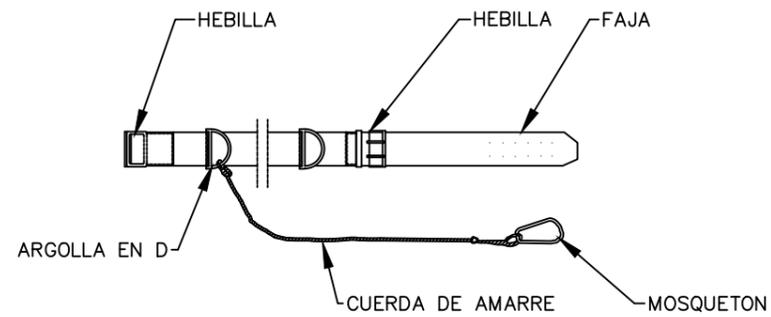
**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

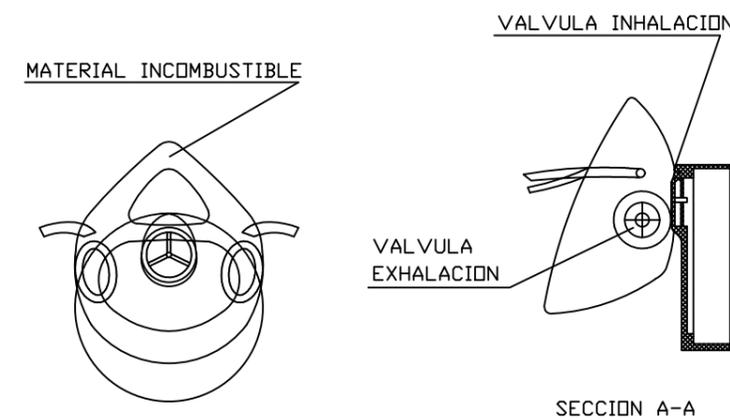
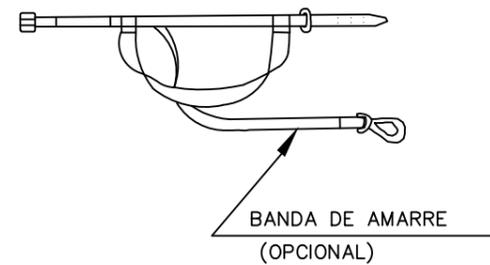
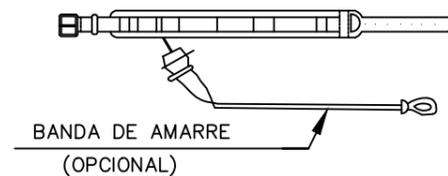
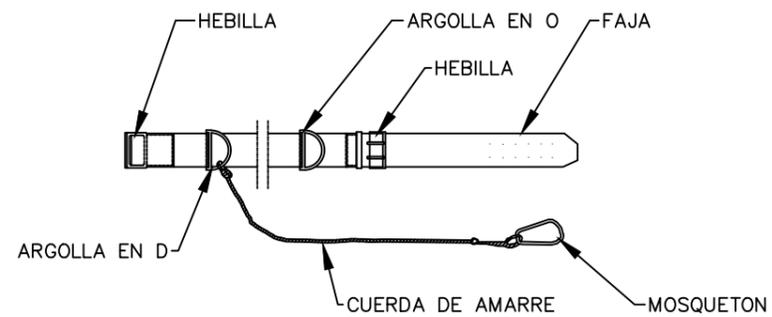
**Número de plano:**

1.1

TIPO - 1



TIPO - 2



CINTURON DE SEGURIDAD CLASE A

MASCARILLA ANTIPOLVO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y  
PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Protecciones individuales

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de  
las nuevas obras de protección  
costera en la zona de S. Andrés,  
Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana  
Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

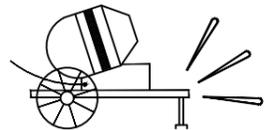
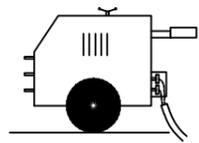
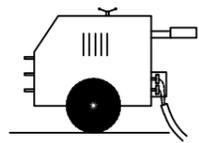
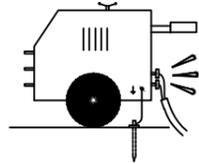
**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

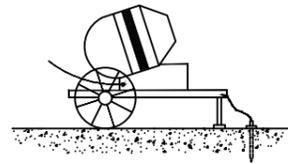
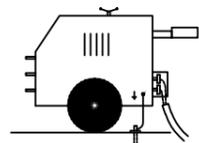
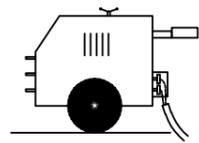
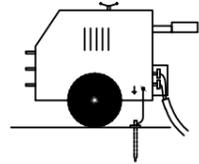
**Número  
de plano:**

1.2

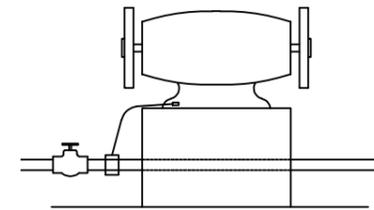
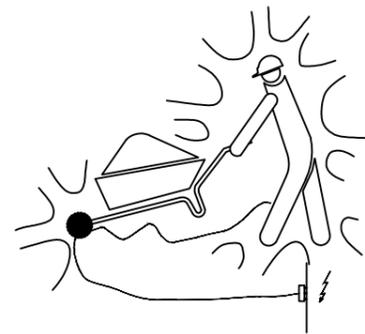
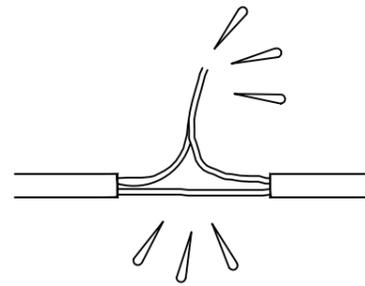
NO



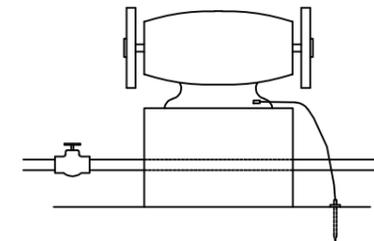
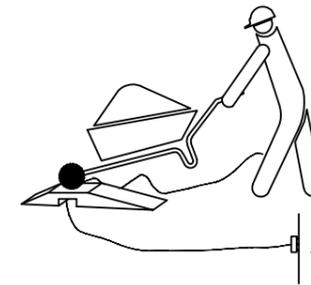
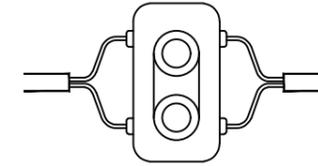
SI



NO



SI



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Peligros eléctricos

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de S. Andrés, Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

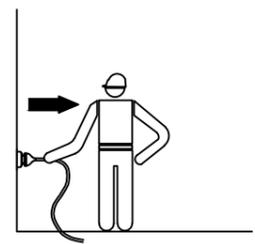
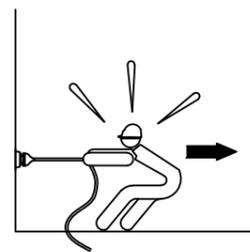
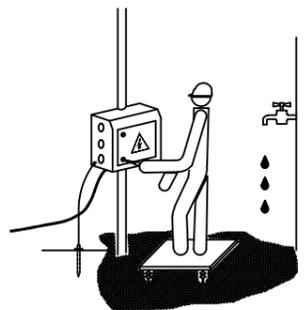
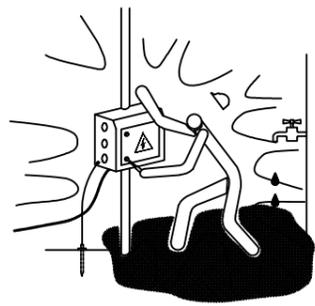
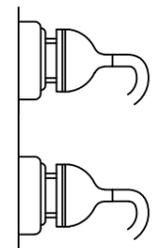
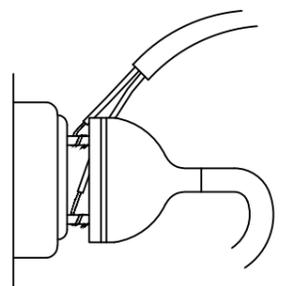
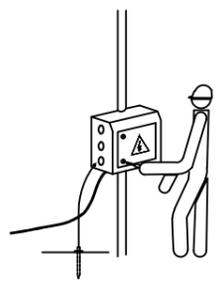
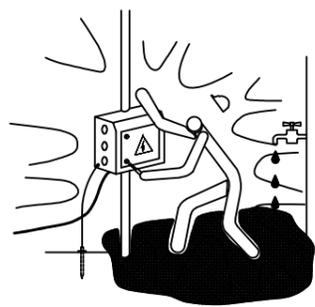
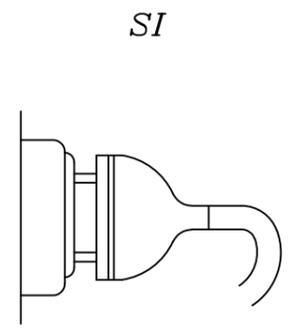
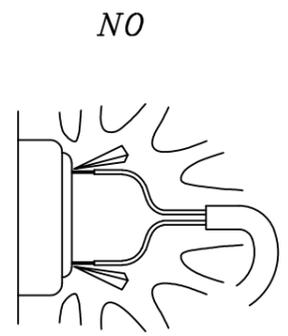
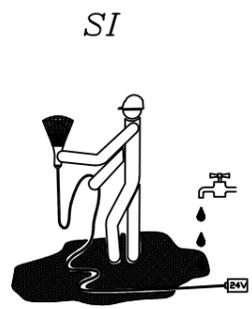
**FIRMA:**

**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

**Número de plano:**

2.1



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y  
PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Peligros eléctricos

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de  
las nuevas obras de protección  
costera en la zona de S. Andrés,  
Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana  
Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

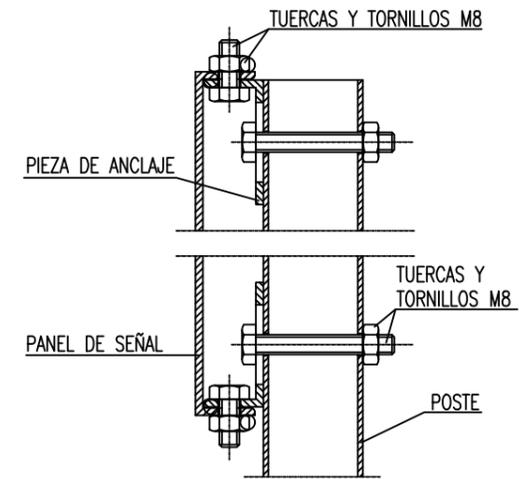
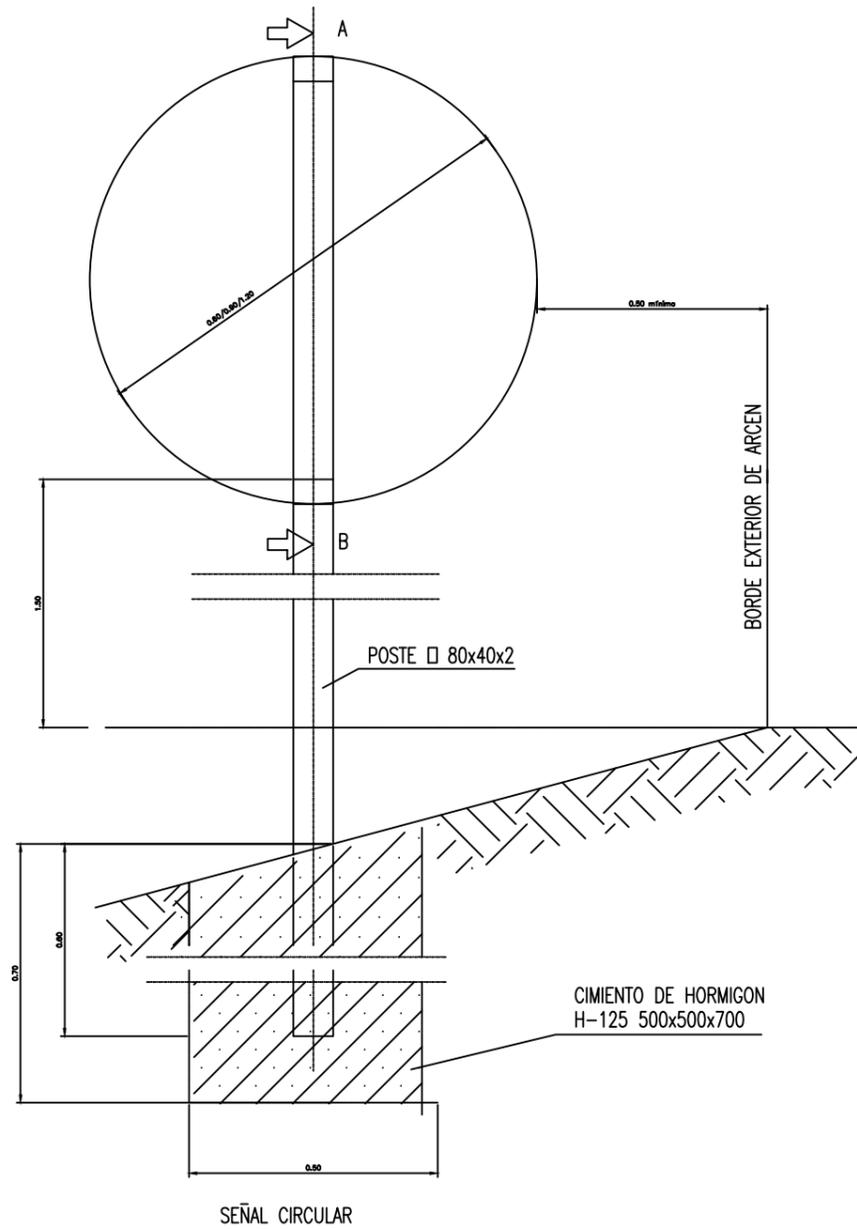
**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

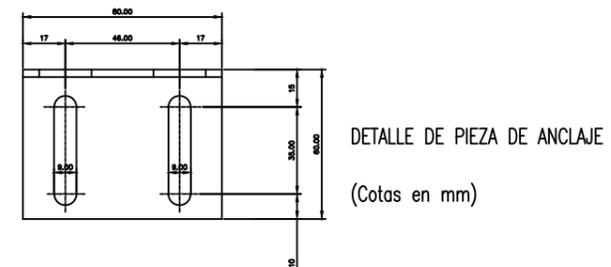
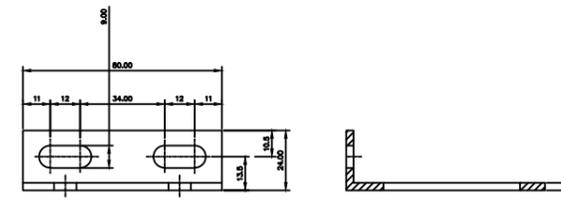
**Número  
de plano:**

2.2

SEÑALIZACION VERTICAL



SECCION A-B  
(Cotas en mm)



DETALLE DE PIEZA DE ANCLAJE  
(Cotas en mm)



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y  
PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Señalización

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de  
las nuevas obras de protección  
costera en la zona de S. Andrés,  
Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana  
Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

**Número  
de plano:**

3.1

SEÑALES DE REGLAMENTACION Y PRIORIDAD (Hoja I)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PRIORIDAD AL SENTIDO CONTRARIO		ROJO NEGRO	AMARILLO	ROJO	
PRIORIDAD RESPECTO AL SENTIDO CONTRARIO		ROJO BLANCO	AZUL	BLANCO	
ENTRADA PROHIBIDA		AMARILLO	ROJO	ROJO	
ENTRADA PROHIBIDA A VEHICULOS DE TRANSPORTE DE MERCANCIAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
LIMITACION DE PESO	5,5t	NEGRO	AMARILLO	ROJO	
LIMITACION DE ANCHURA	( 2 <sup>m</sup> )	NEGRO	AMARILLO	ROJO	
LIMITACION DE ALTURA	( 3,5m )	NEGRO	AMARILLO	ROJO	

SEÑALES DE PELIGRO (Hoja II)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
SEMAFOROS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVA PELIGROSA A DERECHA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVA PELIGROSA A IZQUIERDA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVAS PELIGROSAS A DERECHAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVAS PELIGROSAS A IZQUIERDAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
PERFIL IRREGULAR		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
RESALTO		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
BADEN		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
ESTRECHAMIENTO DE CALZADA	!	NEGRO	AMARILLO	ROJO	

SEÑALES DE PELIGRO (Hoja I)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
SEMAFOROS		ROJO AMBAR NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVA PELIGROSA A DERECHA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVA PELIGROSA A IZQUIERDA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVAS PELIGROSAS A DERECHAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVAS PELIGROSAS A IZQUIERDAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
PERFIL IRREGULAR		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
RESALTO		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
BADEN		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
ESTRECHAMIENTO DE CALZADA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Señalización

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de S. Andrés, Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

**Número de plano:**

3.2

ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO REFLECTANTE (Hoja I)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PANEL DIRECCIONAL ALTO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
PANEL DIRECCIONAL ESTRECHO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
PANEL DOBLE DIRECCIONAL ALTO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
PANEL DOBLE DIRECCIONAL ESTRECHO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
PANEL DE ZONA EXCLUIDA AL TRAFICO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
CONO		ROJO	BLANCO	BLANCO	

ELEMENTOS LUMINOSOS

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
SEMAFORO (TRICOLOR)		ROJO AMBAR VERDE	ROJO AMBAR VERDE	NEGRO	
LUZ AMBAR INTERMITENTE		AMBAR	AMBAR	NEGRO	
LUZ AMBAR ALTERNATIVAMENTE INTERMITENTE		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
TRIPLE LUZ AMBAR INTERMITENTE		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
DISCO LUMINOSO MANUAL DE PASO PERMITIDO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
DISCO LUMINOSO MANUAL DE STOP O PASO PERMITIDO	STOP	BLANCO	ROJO	BLANCO	
LINEA DE LUCES AMARILLAS FIJAS		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
CASCADA LUMINOSA		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
LUZ AMARILLA FIJA		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
LUZ ROJA FIJA		ROJO	ROJO	ROJO	

SEÑALES DE SALVAMENTO

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
EQUIPO DE PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION DE PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCION HACIA PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION SALIDA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCION HACIA SALIDA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION DUCHA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y SD la superficie en metros de la señal.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Señalización

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de S. Andrés, Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

**Número de plano:**

3.3

SEÑALES DE OBLIGACION

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROTECCION OBLIGATORIA DE VIAS RESPIRATORIAS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA CABEZA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DEL OIDO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA VISTA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LOS PIES		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AJUSTABLE		BLANCO	AZUL	BLANCO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y S la superficie en metros de la señal

SEÑALES DE REGLAMENTACION Y PRIORIDAD (Hoja III)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
SENTIDO OBLIGATORIO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PASO OBLIGATORIO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PASO OBLIGATORIO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
FIN DE PROHIBICIONES		NEGRO	BLANCO	NEGRO	
FIN DE LIMITACION DE VELOCIDAD		NEGRO GRIS	BLANCO	NEGRO	
FIN DE PROHIBICION DE ADELANTAMIENTO		NEGRO GRIS	BLANCO	NEGRO	
FIN DE PROHIBICION DE ADELANTAMIENTO PARA CAMIONES		NEGRO GRIS	BLANCO	NEGRO	

SEÑALES DE REGLAMENTACION Y PRIORIDAD (Hoja II)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
VELOCIDAD MAXIMA	<b>40</b>	NEGRO	AMARILLO	ROJO	
GIRO A LA DERECHA PROHIBIDO		NEGRO	AMARILLO	BLANCO	
GIRO A LA IZQUIERDA PROHIBIDO		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
ADELANTAMIENTO PROHIBIDO		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
ADELANTAMIENTO PROHIBIDO A CAMIONES		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
ESTACIONAMIENTO PROHIBIDO		ROJO	AZUL	ROJO	
SENTIDO OBLIGATORIO		BLANCO	AZUL	BLANCO	



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Señalización

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de S. Andrés, Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

**Número de plano:**

**3.4**

SEÑALES DE ADVERTENCIA (Hoja II)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE ADVERTENCIA
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
CAIDAS AL MISMO NIVEL		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
ALTA PRESION		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
ALTA TEMPERATURA		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
BAJA TEMPERATURA		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RADIACIONES LASER		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
CARRETIILLAS DE MANUTENCION		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y S la superficie en metros de la señal.

SEÑALES DE ADVERTENCIA (Hoja I)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE ADVERTENCIA
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
RIESGO DE INCENDIO MATERIAS INFLAMABLES		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE INCENDIO MATERIAS EXPLOSIVAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE RADIACION MATERIAL RADIOACTIVO		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE CARGAS SUSPENDIDAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE INTOXICACION SUSTANCIAS TOXICAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE CORROSION SUSTANCIAS CORROSIVAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y S la superficie en metros de la señal.

SEÑALES DE SEGURIDAD (UNE 81.501)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROHIBIDO FUMAR		NEGRO	ROJO	BLANCO	
PROHIBIDO APAGAR CON AGUA		NEGRO	ROJO	BLANCO	
PROHIBIDO FUMAR Y LLAMAS DESNUDAS		NEGRO	ROJO	BLANCO	
AGUA NO POTABLE		NEGRO	ROJO	BLANCO	
PROHIBIDO PASAR A LOS PEATONES		NEGRO	ROJO	BLANCO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y S la superficie en metros de la señal.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Señalización

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de S. Andrés, Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

**Número de plano:**

3.5

### SEÑALES DE OBLIGACION (II)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
USO OBLIGATORIO DE CINTUROS DE SEGURIDAD		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE GAFAS O PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
OBLIGACION DE LAVARSE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE CALZADO ANTIESTATICO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
EMPUJAR NO ARRASTRAR		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AJUSTABLE		BLANCO	AZUL	BLANCO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$s \geq \frac{l^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y S la superficie en metros de la señal

### EL COLOR EN LA SEGURIDAD (I)

COLOR	SIGNIFICADO	APLICACION
ROJO	PARADA PROHIBICION	* Señales de parada. * Señales de prohibicion. * Dispositivos de conexion de urgencia. * Localización y señalizacion contra incendios.
AMARILLO	ATENCION ZONA DE PELIGRO	* Señales de parada. * Señales de prohibicion. * Dispositivos de conexion de urgencia.
VERDE	SITUACION DE SEGURIDAD	* Señalización de pasillos de salidas de socorro.
AZUL	OBLIGACION	* Obligacion de llevar equipo de proteccion personal.

COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTE	COLOR DE SIMBOLO
ROJO	BLANCO	NEGRO
AMARILLO	NEGRO	NEGRO
VERDE	BLANCO	BLANCO
AZUL	BLANCO	BLANCO

PARA EVITAR LOS INCONVENIENTES DERIVADOS DE LA DIFICULTAD QUE ALGUNAS PERSONAS TIENE PARA DISTINGUIR LOS COLORES, ESTOS SE COMPLEMENTAN CON FORMAS GEOMETRICAS.

FORMA GEOMETRICA DE LA SEÑAL	ESPECIFICACION
	OBLIGACION O PROHIBICION
	ADVERTENCIA DE PELIGRO
	INFORMACION

### EL COLOR EN LA SEGURIDAD (II)

COLOR	ESTIMULACION
ROJO	* PELIGRO, EXCITACION, PASION.
ANARANJADO	* INQUIETUD.
AMARILLO	* ACTIVIDAD.
VERDE	* QUIETUD, REPOSO, RELAJACION.
AZUL	* FRIO, LENTITUD.
VIOLETA	* APATIA, DEJAEZ.

POR LO TANTO, EN LA INDUSTRIA, NO DEBERAN SER UTILIZADOS COLORES FUERTES O SEDANTES, PUESTO QUE AMBOS EXTREMOS SON PERJUDICIALES.

LA REFLEXION DE LA LUZ EN TECHOS Y PAREDES, VARIA SEGUN EL COLOR Y SERA:

COLOR	REFLEXION
BLANCO	85 %
MARFIL	70 %
CREMA	65 %
AZUL CELESTE	65 %
VERDE CLARO	60 %
AZUL CLARO	50 %



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE SANTANDER

**TIPO:**  
Estudio de Seguridad y Salud

**TÍTULO:**  
Señalización

**PROYECTO:**  
Diseño y proceso constructivo de las nuevas obras de protección costera en la zona de S. Andrés, Tenerife.

**AUTOR:**  
Iratxe López de Subijana Esteban

**FECHA:**  
Julio 2021

**FIRMA:**

**LOCALIDAD:**  
San Andrés

**PROVINCIA:**  
Tenerife

**Número de plano:**

3.6