



Universidad Politécnica de Cartagena

E.T.S de Ingeniería de Caminos, Canales y puertos y de Ingeniería de Minas y Energías



PROYECTO FIN DE GRADO EN
INGENIERÍA DE RECURSOS
MINERALES Y ENERGÍA

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA TURBINA HIDROCINETICA EN EL CANAL DE LA MANGA DEL MAR MENOR



AUTOR: VICENTE ARMERO SÁNCHEZ

DIRECTOR: MANUEL MARCELINO SÁNCHEZ NIETO

CODIRECTOR: ANDRÉS PERALES AGUERA

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INDICE DE FIGURAS: | 5 |
| 1.INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1.1 Justificación académica | 7 |
| 1.2 Objetivo | 7 |
| 1.3 Fases del proyecto..... | 8 |
| 2.ENERGIA MAREOMOTRIZ..... | 9 |
| 2.1 Contexto | 9 |
| 2.2 Tipos de mareas. | 10 |
| 2.2 Iniciativas españolas en aprovechamiento de la energía del mar. | 11 |
| 2.3 Ventajas y el potencial de la energía mareomotriz como fuente de energía renovable.. | 12 |
| 2.4 Producción Actual. | 12 |
| 2.5 Aprovechamiento de las Mareas. | 13 |
| 2.6 Turbinas hidrocínicas conceptos y tipos..... | 15 |
| 3. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO. | 17 |
| 3.1 Localización. | 17 |
| 3.2 Enclave del proyecto | 17 |
| 3.3 Selección del emplazamiento..... | 19 |
| 3.4 Geografía. | 19 |
| 3.5 Geometría. | 20 |
| 3.6 Velocidades. | 23 |
| 3.7 Caudal..... | 26 |
| 4.SELECCIÓN DE LA TURBINA | 27 |
| 4.1 Mercado Actual. | 27 |
| 4.2 Selección de la turbina. | 35 |
| 5. Diseño de turbina Hidrocínica..... | 36 |
| 5.1 Potencia a generar | 36 |
| 5.2 Número de álabes. | 36 |
| 5.3 Cuerda de los álabes. | 37 |
| 5.4 Eficiencia..... | 39 |
| 5.5 Perfil de álabe..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 5.6 Tamaño del rotor..... | 40 |
| 5.7 Diseño SolidWorks..... | 42 |
| 6.INSTALACIÓN DE RECARGA..... | 44 |
| 6.1 Demanda creciente. | 44 |
| 6.2 Consumo de una bicicleta. | 45 |
| 6.3 Energía solar disponible. | 46 |
| 6.4 Esquema de la instalación. | 47 |
| 6.5 Características de la instalación solar. | 47 |
| 6.6 Componentes de la instalación solar. | 48 |
| 7.ANÁLISIS ECONÓMICO. | 50 |
| 7.1 Estimación de costes de turbina Gorlov..... | 50 |
| 7.2 Coste de instalación solar..... | 51 |
| 7.3 Comparación de costes. | 51 |
| 8.AVANCE DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL..... | 55 |
| 8.1 Introducción. | 55 |
| 8.1.1 Legislación. | 57 |
| 8.2 Acciones del proyecto | 60 |
| 8.3 Examen de alternativas técnicamente viable y justificación de la solución adoptada | 61 |
| 8.4 Inventario ambiental..... | 62 |
| 8.4.1 Medio físico..... | 62 |
| 8.4.1.1 Medio inerte..... | 62 |
| 8.4.1.1.2 Clima..... | 62 |
| 8.4.1.2.5 Geología | 67 |
| 8.4.2 Medio biótico | 71 |
| 8.4.2.1 Vegetación..... | 72 |
| 8.4.2.2 Fauna marina..... | 75 |
| 8.4.3 Medio socioeconómico | 79 |
| 8.4.3.1 Demografía | 79 |
| 8.4.3.2 Medio perceptual..... | 80 |
| 8.4.3.3 Medio socio-económico y cultural | 81 |
| 8.5 Identificación de impactos ambientales. | 82 |
| 8.5.1 Matriz de identificación de impactos..... | 82 |
| 8.5.2 Análisis de la matriz Conesa (causa-efecto). | 84 |
| 8.6 Medidas preventivas, correctoras y compensatorias. | 87 |
| 8.7-Documento de Síntesis. | 93 |
| 9 BIBLIOGRAFIA:..... | 94 |

INDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Rotación del sol y la luna.

Figura 2: Central mareo-motriz de La Rance.

Figura 3: Esquema de clasificación de las turbinas hidrocínéticas.

Figura 4: Tipos de turbinas.

Figura 5: Enclave del proyecto con SitMurcia.

Figura 6: Viejo puente giratorio

Figura 7: Longitud del canal

Figura 8: Anchura del canal, SitMurcia.

Figura 9: Sondeo de profundidad en la sección del proyecto.

Figura 10: Puente elevadizo con dimensiones

Figura 11: Número de horas/día de velocidades.

Figura 12: Velocidades según el mes del año.

Figura 13: Turbina Smart free stream.

Figura 15: Turbina SHF4.

Figura 16: Grafico de potencia turbina SHF4

Figura 17: Eficiencia de turbinas.

Figura 18: Turbina Gorlov en aire y agua.

Figura 19: Densidad de potencia de una turbina eólica vs. turbina hidrocínética con un $C_k=0.35$ (coeficiente de potencia).

Figura 20: Análisis de flujo en un aerogenerador Nota. Recuperado de "Fluid Mechanics", de White, F.,2003, Boston, USA: McGraw-Hill Book Company

Figura 21: Cuerda de alabe.

Figura 22: Diseño de la turbina Gorlov 3D en Solidworks.

Figura 23: Sujeciones del eje de la turbina a la pared del enclave.

Figura 24: Pórtico de estación de recarga.

Figura 25: Noticia de periódico fuente <https://www.europapress.es/>.

Figura 26: Radiación por zona geográfica.

Figura 27: Generación de potencial por zona geográfica.

Figura 28: Esquema de instalación.

Figura 29: Precio de kWh años.

Figura 30: Gráfico precio del Kw en Europa.

Figura 31: Temperaturas medias y precipitaciones.

Figura 32: Evapotranspiración de la Región de Murcia

Figura 33: Velocidad promedio del viento en Murcia.

Figura 34: Dirección del viento en la Región de Murcia.

Figura 35: Temperatura del Agua del mar mediterráneo.

Figura 36: Geología de la Región de Murcia.

Figura 37: Modelo digital del terreno en el ámbito terrestre de estudio y principales elevaciones (Fuente: IGN, 201)

Figura 38: Distribución de las principales cuencas en el Campo de Cartagena (Fuente: Conesa García, 1990, adaptado por Zaplana Celdrán, 2010).

Figura 39: Salinidad año 2016-2017 fuente Ramon Fernandez-Pinilla.

Figura 40: Series de vegetación (Rivas Martínez) en el ámbito de estudio (Fuente: MAPAMA, 1987).

Figura 41: Mapa de vegetación actual en el ámbito de estudio (Fuente: CARM, 2017).

Figura 42: Habitantes en la Manga del Mar Menor según el año.

Figura 43: Evolución de la Manga del Mar Menor.

Figura 44: Matriz de identificación de impactos.

Figura 45: Matriz evaluación de impactos.

Figura 46: indicadores de valoración del método Conesa.

Figura 47: Barrera de cerco.

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación académica

Para el presente Trabajo de Fin de Grado he querido aportar mi grano de arena en contra de la contaminación y apostar por una medida de generación de energía renovable, poco convencional y a la vez innovadora en la Región de Murcia. Desde bien pequeño he nacido con esa inquietud por la investigación de nuevos recursos y como murciano siempre he veraneado en La Manga del Mar Menor paraje turístico único a nivel nacional y a nivel europeo.

Por ello motivado por dar una nueva solución de abastecimiento de energía limpia y renovable presento un estudio de viabilidad de la implantación de una turbina hidrocínética para abastecer una estación de carga de bicicletas en el puente del Estacio canal de paso por donde circulan las corrientes marinas del mar menor al mar mediterráneo y viceversa.

1.2 Objetivo

El proyecto tiene por objeto el estudio de la viabilidad del aprovechamiento mareomotriz del canal del Estacio en la Manga del mar menor, así como el abastecimiento energético de una estación de carga. Para el aprovechamiento de energía mareomotriz, se ha optado por la instalación de una turbina helicoidal localizada en un punto estratégico del canal.

1.3 Fases del proyecto

1-En primer lugar, se ha llevado a cabo una serie de mediciones para determinar un valor medio de la corriente superficial del canal, así como sus dimensiones (Corroboradas luego con informes del ayuntamiento de San Javier)

2-Con los datos necesarios obtenidos se buscaron turbinas hidráulicas en el mercado adecuadas a las características del canal. Luego se hizo la selección de la turbina del proyecto.

3-Se construyó un prototipo a escala, para después obtener una medida de energía la cual sería aprovechada en una estación de recarga de bicicletas.

4-Diseño de la estación de carga.

5-Para concluir, se presenta un avance de estudio de impacto ambiental.

2. ENERGIA MAREOMOTRIZ

2.1 Contexto

La energía mareo-motriz corresponde a una energía primaria, en la cual la energía de las mareas es aprovechada para ser transformada en energía mecánica o eléctrica. Debido a la naturaleza del recurso mareo-motriz, este tipo de energía es clasificada como un tipo de Energía Renovable no Convencional (ERNC) según la Ley 20.257 [1]. La energía mareo-motriz es una fuente de energía con múltiples ventajas. Entre ellas destacan la abundancia del recurso hidráulico en todo el planeta y las características del agua como fluido de trabajo al compararla con el recurso eólico, pues el agua tiene una densidad mayor. Esta diferencia se traduce en una mayor densidad energética. Interesa por lo tanto conocer la razón que origina las mareas y qué parámetros las definen.

Para entender cómo y por qué se producen las mareas, hay que tener en cuenta que entran en juego diferentes elementos:

- Fuerzas gravitatorias de la Luna.
- Fuerzas gravitatorias del Sol.
- Fuerza centrífuga de la Tierra causada por el movimiento de rotación y de sobre ella misma y el que hace alrededor del Sol.

Las mareas se producen por estas fuerzas de la gravedad. Sin embargo, antes de entrar en detalle explicando cómo funcionan las mareas, las fuerzas gravitatorias de la Luna tienen más peso que las del Sol, ya que en la Tierra nos encontramos más alejados de este astro que de la Luna (la Luna, de hecho, está 400 veces más cerca de la Tierra que el Sol).

Hay que tener presente la ley de Newton de la gravitación universal: la atracción gravitatoria entre dos cuerpos es directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional a la distancia entre los dos cuerpos. Es decir, que cuanto más cerca está un objeto del otro, mayor será la atracción gravitacional entre ellos. Es lo que ocurre, en este caso, con la Luna y la Tierra.

Teniendo esto en cuenta, entendemos que cuanto más cerca esté la Luna, mayor será la fuerza de gravedad y, por lo tanto, en el lado de la Tierra más cercano a la Luna se dará la marea alta (pleamar), mientras que en los lados más alejados, habrá marea baja (bajamar).

Dicho de otra forma: cuando hay marea alta, lo que ocurre es que la Luna se encuentra sobre la vertical de un océano y, por lo tanto, atrae las aguas y estas se elevan. Las bajadas y subidas del mar dependerán, pues, de la atracción de los astros. En la siguiente imagen se muestra cómo funciona el fenómeno:

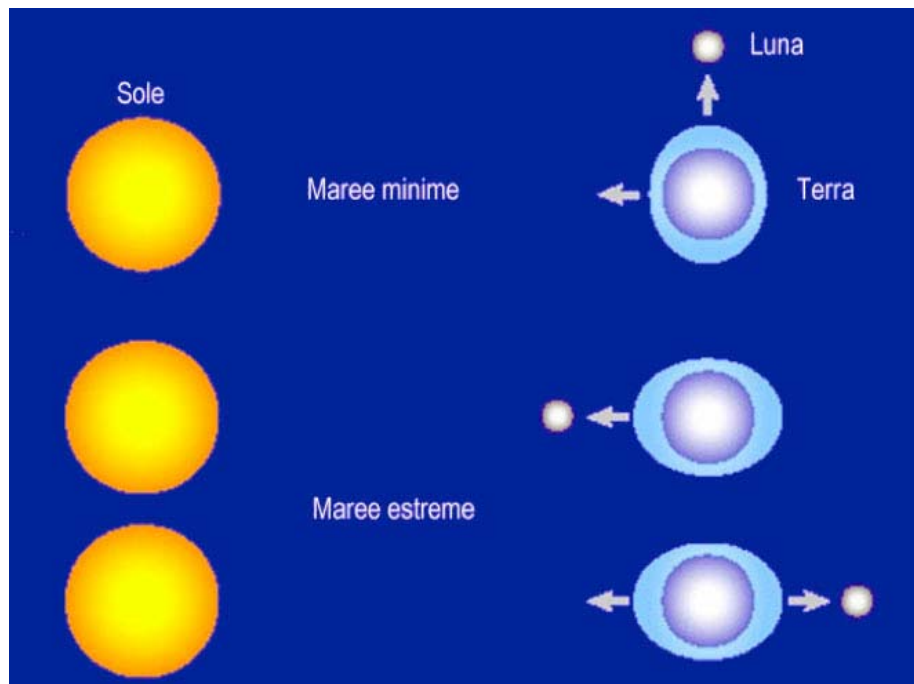


Figura 1: Rotación del sol y la luna.[1]

2.2 Tipos de mareas.

Hay varios tipos de mareas según las características que tengamos en cuenta. Si hablamos de la altura del mar, deberemos considerar, como hemos visto en el apartado anterior, los siguientes tipos:

- Marea alta: se da cuando en el ciclo de las mareas el mar alcanza su punto más elevado debido a la cercanía de la Luna. También se llama pleamar.
- Marea baja: cuando, por lo contrario, el mar alcanza su nivel más bajo. A la marea baja se la llama, también, bajamar.

Pero, si tenemos en cuenta las diferentes fases lunares, hablaremos de las siguientes posibles mareas:

Mareas vivas:

Son las que se dan durante la fase de luna llena (cuando podemos ver el satélite por completo) y la fase de luna nueva (cuando, desde la Tierra, no es visible). Durante estas fases, la Luna y el Sol están alineados y, por lo tanto, los efectos de las mareas aumentan y se ven potenciados.

Mareas muertas:

Este tipo de mareas se dan durante las fases lunares de cuarto menguante y creciente; cuando el Sol y la Luna no están alineados y, por lo tanto, las mareas son de menor amplitud.[2]

Para conseguir electricidad de las mareas se construye un dique que almacena el agua convirtiendo su energía potencial en eléctrica del mismo modo que en las centrales hidráulicas, por medio de una turbina. Es necesario que la amplitud de las mareas sea de varios metros y que la costa permita embalsar gran cantidad de agua sin realizar obras. Presenta el inconveniente de que es una tecnología poco desarrollada y que las labores de instalación y mantenimiento son complejas. La primera central de este tipo se construyó en Francia hace 40 años y consta de un salto de agua de 8 metros, un dique de 750 metros y tiene una potencia que supera los 240 MW.

2.2 Iniciativas españolas en aprovechamiento de la energía del mar.

España quiere aprovechar el potencial energético del litoral ya que según datos oficiales la energía costera supera los 37.000 MW., lo que ha impulsado la creación de dos prototipos para obtener electricidad a partir de las olas. El primero es una plataforma flotante anclada al fondo marino que emplea un proceso llamado electrolisis, que consiste en convertir la energía en hidrógeno, que posteriormente se almacena y transporta hasta los grupos productores de electricidad. Se calcula que se podría generar más de 610.000 kW/h año.

El segundo consiste en una boya fijada también al suelo marino que se enrollaría como un yo-yo y transmitiría la fuerza de su flotabilidad y desplazamiento a un generador eléctrico. Las boyas están formadas por módulos (6 m² de superficie y 2 de profundidad) y se calcula que 1 km² de estos artilugios produciría 270 GW./h. suficientes para alimentar más de 100.000 viviendas.

En la actualidad, hay en marcha dos proyectos de centrales piloto para utilizar la fuerza de las olas.

El primero, en Santoña, Cantabria, se ubica a poco más de un km. del litoral y ocupará una superficie de 2.000 m². Constará de 10 boyas gigantes ancladas al fondo marino que suministrarán entre 1.2 y 2 MW. de potencia que podrán abastecer las demandas energéticas de 1.500 familias. El funcionamiento es simple. Al subir y bajar las boyas por la fuerza del oleaje, el agua entra a una bomba hidráulica siendo impulsada para mover un generador que aprovecha la energía y produce electricidad. La corriente se transmite por cable hasta la costa para ser distribuida a través de la red. Su impacto ambiental será muy pequeño, las balizas no perjudicarán la pesca ni suponen un peligro para los bañistas y pueden crear un pequeño ecosistema ya que actuarán como un arrecife artificial capaz de atraer especies marinas.

El segundo se desarrolla en Mutriku, Euskadi, y empleará la tecnología llamada 'columna de agua oscilante'. El funcionamiento es el siguiente: cuando la ola llega al dique, el agua asciende por el interior de unas cámaras, comprimiendo el aire que contienen y expulsándolo a través de una pequeña apertura superior.

El aire comprimido sale a gran velocidad, haciendo girar las turbinas, cuyos generadores producirán la energía eléctrica.[3]

2.3 Ventajas y el potencial de la energía mareomotriz como fuente de energía renovable.

Una de las ventajas, tanto de la energía de amplitud como de corriente de marea, es que se producen en ciclos regulares relativamente predecibles, y generalmente no se ven afectadas por el clima, a diferencia de la energía solar o eólica. Sin embargo, debido a los ciclos de las mareas y el rendimiento de las turbinas, una presa de marea convencional genera solo el 25 % de la energía que produciría si estuviera funcionando continuamente. Esto significa que el coste de la infraestructura es elevado en comparación con la energía generada.

A escala mundial, los recursos mareomotrices son considerables y, según diversas fuentes, la parte técnicamente explotable de los mismos, en las zonas cercanas a la costa, es de 1 teravatio (TW), lo que equivale a la capacidad de producción actual de todas las presas hidroeléctricas del mundo. Se está programando la construcción de numerosas presas de marea y se prevé que para 2020 la explotación de las corrientes de marea generará alrededor de 200 MW.

Se prevé que los gastos se reduzcan con el desarrollo de la explotación. Distintos estudios europeos indican que para 2020 el coste de las tecnologías mareomotrices actuales será de entre 0,17 €/kWh y 0,23 €/kWh, aunque los proyectos piloto en curso apuntan a un coste de entre 0,25 y 0,47 €/kWh. Estos precios dependen en gran medida del emplazamiento, y el coste de las tecnologías tanto de amplitud como de corriente de marea podría disminuir hasta un 40 % si estas se combinan e integran en el diseño y desarrollo de infraestructuras existentes o nuevas.[4]

2.4 Producción Actual.

Un dato muy importante y, sobre todo, digno de consideración es que el Sector de la energía Marina alcanzó los 7,5 millones de € de aportación al PIB en 2009, derivados, fundamentalmente, de actividades de I+D+i en esta tecnología. La cifra es espectacular y, más aún, si tenemos en cuenta que se trata de actividades aún en investigación, apenas implantadas en España.

Sin embargo, tal y como se señaló anteriormente, en España existe un alto potencial para el desarrollo de la energía marina más de 3.500 km de costa. Esto supondría un aprovechamiento potencial de este recurso energético estimado en más de 20.000 Megawattios que contribuirían a la producción eléctrica nacional.

Al hilo de todo esto, hay que destacar que, actualmente, existen diversas instalaciones experimentales en esta materia. Pero para que despegue comercialmente esta tecnología en nuestro país es necesario establecer un mecanismo de incentivo en el que se recojan sus costes reales de explotación. Las comunidades autónomas de Cantabria, País Vasco, Galicia y Asturias, ya están preparando ensayos sobre energía oceánica y están liderando las investigaciones sobre cómo obtener energía de las olas del mar en nuestro país.

Las estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía calculan que de las mareas podrían obtenerse al menos 1,2 millones de MWh al año, un 7,5% de toda la energía mundial.

2.5 Aprovechamiento de las Mareas.

Un recurso energético importante de los océanos reside en la energía cinética contenida en las corrientes marinas. Su origen está ligado, entre otras causas, a diferencias de temperatura o de salinidad, a las que se añade la influencia de las mareas. Los efectos se amplifican cuando la corriente atraviesa zonas estrechas limitadas por masas de terreno, incrementándose la velocidad. El proceso de captación se basa en convertidores de energía cinética similares a los aerogeneradores. En Europa se han identificado más de 100 lugares con corrientes marinas importantes. El potencial energético se estima en 48 TW/a, equivalentes a una potencia instalada de 12,5 GW con los factores de capacidad esperados. Los emplazamientos más prometedores están en el Reino Unido, Irlanda, Francia, España, Italia y Grecia.

Existen zonas que ofrecen potencial para extraer más de 10 MW/km². Entre las ventajas que se pueden esperar de estos aprovechamientos cabe citar:

- Posibilidad de predecir su disponibilidad.
- Factores de capacidad del 40 al 60% (el doble del de otras fuentes renovables intermitentes).
- Impacto ambiental mínimo; no producen contaminación visual, polución o ruido ya que sus rotores son lo suficientemente lentos, no afectando a la vida marina.
- Las condiciones bajo el mar durante una tormenta son relativamente benignas; se puede decir que está tecnología es inmune a las tormentas, al contrario que los sistemas situados en la costa o los que aprovechan la energía de las olas.

Dentro de la energía mareo-motriz, existen tres tecnologías para su conversión. Una de ellas es conocida como presas de mareas, la segunda la conforman las turbinas de corrientes mareo-motrices y la tercera es una mezcla entre ambas, conocida como energía mareo-motriz dinámica.[5]

2.5.1 Presa de mareas.

Las presas de mareas (Tidal Barrages en inglés) aprovechan la energía potencial de las mareas. Su principio de funcionamiento consta de una presa en una zona de altas mareas, donde la diferencia de altura generada por la marea alta y baja es aprovechada en turbinas hidráulicas de tipo bulbo, straflo o tubulares. El lugar para aprovechar esta energía debe tener mareas con rangos altos de altura, como la Bahía de Fundy en Canadá con 10 m de marea, el estuario Severn entre Inglaterra y Gales con un rango promedio de 7 m, y el norte de Francia con un rango de 7 m .



Figura 2: Central mareo-motriz de La Rance.

Debido a su semejanza con las centrales hidroeléctricas convencionales, esta tecnología se encuentra muy avanzada. Una planta ha estado operando en La Rance (Bretaña, Francia) desde 1966. Tiene una capacidad instalada de 240 MW con 24 turbinas, e incorpora un camino sobre un puente cruzando el estuario. Esta central genera el 0,5% de la energía eléctrica en Francia.

2.5.2 Turbinas de Corrientes de Mareas.

Las turbinas de corrientes aprovechan directamente la energía cinética de las mareas. Constan de un rotor con álabes que permiten la transformación de la energía. Están fuertemente inspiradas en las turbinas eólicas y el principio de funcionamiento es el mismo. Sin embargo, debido a que el fluido es más denso y viscoso, se pueden lograr mayores densidades energéticas y menores inestabilidades. A diferencia de las presas de mareas donde se estanca el flujo, el impacto ambiental de estas turbinas es menor en el sentido de que no constituye un obstáculo para la migración natural de peces ni provoca inundaciones o cortes de tráfico marítimo en zonas costeras.

2.5.3 Energía Marea-Motriz Dinámica.

Esta es una tecnología que combina las mencionadas anteriormente, creando una presa en el mar con aspecto de muelle en forma de T. En este largo muelle se ubican turbinas de pasada que aprovechan la acumulación temporal de altura de mareas en el muelle. Esta tecnología no ha sido puesta en marcha aún.

2.6 Turbinas hidrocineéticas conceptos y tipos

El proceso de conversión de energía hidrocineética consiste en la utilización de la energía cinética contenida en las corrientes de los ríos o de las corrientes marinas para la generación de electricidad. Este tipo de tecnología de energía renovable está teniendo cada vez mayor repercusión como una solución única y poco convencional dentro de los recursos hídricos, tanto en los ríos como en la mar. En comparación con las mini centrales hidroeléctricas convencionales, así como las centrales hidroeléctricas, donde la fuente de energía se obtiene mediante obras civiles (diques, presas o compuertas); las turbinas hidrocineéticas no necesitan de obras civiles para acondicionar las zonas de trabajo, por lo que supone una gran ventaja ambiental y económica no tener que alterar la vía natural de la corriente de agua. En lo que se refiere al campo de las corrientes marinas (no es cuestión de nuestro proyecto, pero debemos hacer mención), esta tecnología se puede realizar con el conjunto de varias unidades contiguas, consiguiendo extraer grandes cantidades de energía debida a las corrientes marinas. Como se trata de un método energético emergente, existe una ambigüedad en la definición de los tipos de tecnología. Hasta la actualidad, la clasificación más orientativa es la siguiente:

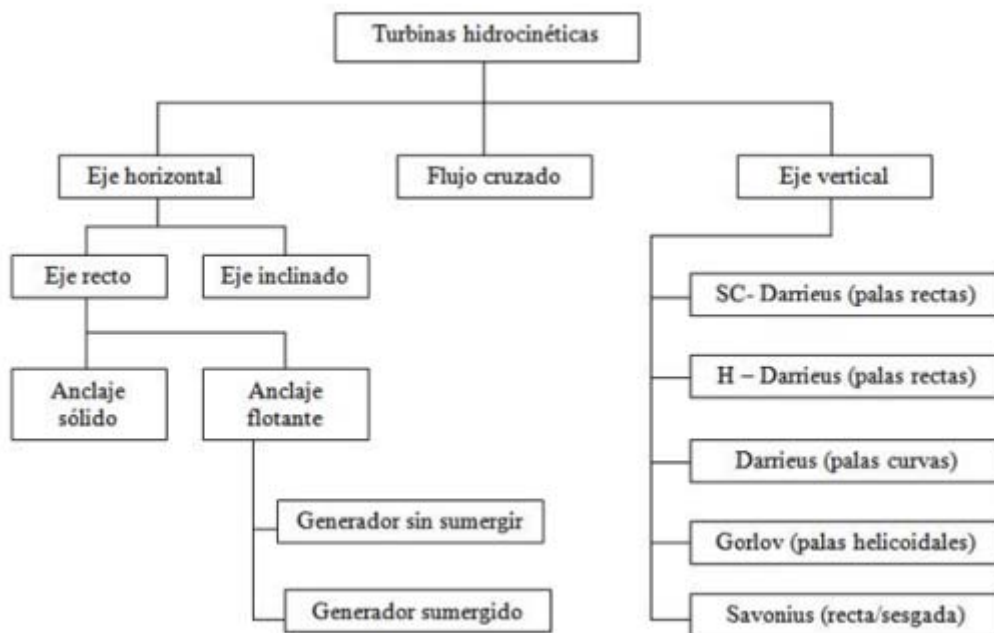
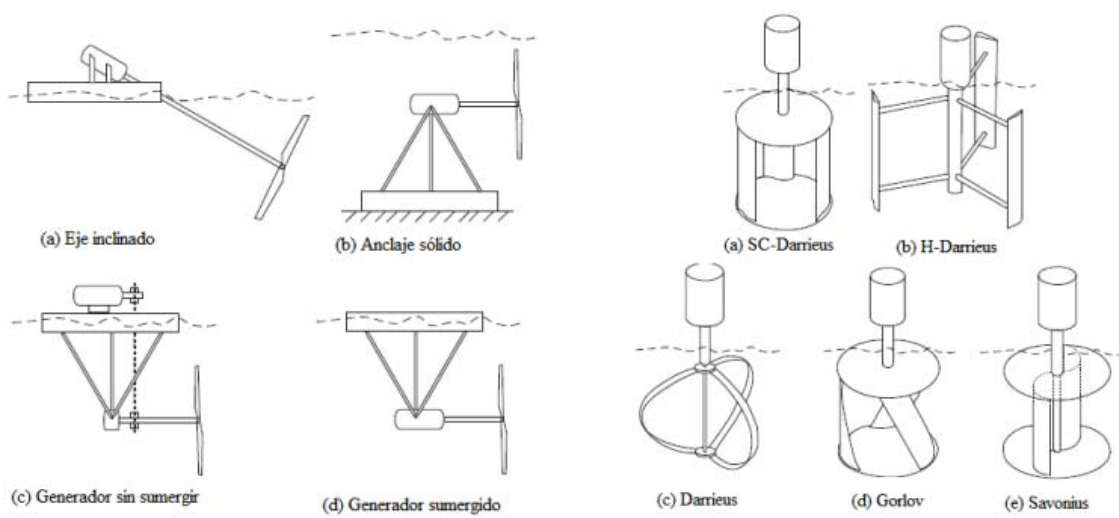


Figura 3: Esquema de clasificación de las turbinas hidrocineéticas.[6]

Las turbinas hidrocinéticas se clasifican en función de la posición de su eje con respecto a la corriente que las impulsa.

Existen dos categorías principales: las turbinas de eje horizontal o axiales, en las cuales el flujo es paralelo al eje de rotación; y las turbinas de eje vertical o de flujo cruzado, éstas tienen la peculiaridad de que la corriente impulsora se mueve perpendicularmente al eje de rotación. [7]



Turbinas de eje horizontal

Turbinas de eje vertical

Figura 4 : Tipos de turbinas.

3. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO.

3.1 Localización.

La Manga del Mar Menor Pertenece a los municipios de Cartagena en su parte sur y San Javier en su parte norte.

El Mar Menor es una laguna costera situada en el SE de la Península Ibérica (37º 38' - 37º 50' N y 0º 41' - 0º 52' W), limita al norte con la provincia de Alicante y al sur con el Cabo de Palo. El emplazamiento del proyecto se encuentra en el término Municipal San Javier al suroeste de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

La comunicación por carretera se realiza por una única vía, denominada Gran Vía, que la recorre desde Cabo de Palos hasta finalizar en la zona de las encañizadas, esta carretera se inicia al finalizar la vía rápida RM-12 y establece comunicación con las diversas urbanizaciones como Umenor, Monteblanco, el ensanchamiento de Calnegre, el Pedrucho, el Oasis que es donde se encuentra el puerto deportivo con sus embarcaderos, hasta llegar a Veneziola que es la última zona urbanizada.

A continuación, se encuentran los lindes del parque natural de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar.

3.2 Enclave del proyecto



Figura 5: Enclave del proyecto con SitMurcia.

El cordón litoral de La Manga forma una lengua de tierra que tiene 21 km de longitud y que se extiende desde el cabo de Palos hasta las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. Con una anchura entre 100 y 1200 m separa el Mar Mediterráneo del Mar Menor.

Aprovechando el enclave estratégico que encontramos en la Región de Murcia

La Manga del Mar Menor está interrumpida en cinco puntos de su trazado longitudinal por “golas” o canales de comunicación entre las aguas del Mar Menor y las del Mediterráneo.

Dos de ellas, la de la Torre y la del Ventorrillo son pasos naturales situados en el paraje de la Encañizada, San Pedro del Pinatar. Las otras tres (Marchamalo, el Estacio y El Charco), fueron abiertos total o parcialmente de forma artificial y se recurrió a la construcción de puentes que salvan la continuidad de la carretera.

También se conocen como golas los pequeños canales que se realizaron en los años 70 en la urbanización de Veneziola

El intercambio de aguas a través de estos canales permite al Mar Menor disminuir su grado de salinidad y regular sus condiciones térmicas, provocadas por la evaporación de sus aguas, por efecto de las altas temperaturas y de los abundantes días de sol.

Gola del Estacio:

Con el fin de extender las construcciones más allá de la gola del Estacio se construyó en 1969 un puente giratorio por sistema de rotación para permitir el paso de vehículos en su estado normal y también el tránsito de las embarcaciones cuando se abría y giraba. En el año 2003 fue sustituido por el puente actual proyectado por el ingeniero Javier Manterola Armisen.

3.3 Selección del emplazamiento.

La elección del emplazamiento se justifica por usar el canal más grande y caudaloso de la Manga, dentro de los cinco existentes. Esto maximiza el volumen de agua en movimiento.



Figura 6: Viejo puente giratorio

3.4 Geografía.

El Estacio es un promontorio de unos 2,30 mts de altura que surgió hace unos 10 millones de años debido a unas erupciones volcánicas y que se extiende desde el brazo de la Manga por unos 40mts y en cuyo extremo se construyó en 1862 el conocido Faro del Estacio.

Junto a este promontorio se sitúa la gola del Estacio, canal natural de comunicación entre las aguas del Mar Menor y del Mediterráneo y paso de peces para el desove y cría en el Mar Menor.

Su máxima elevación la constituye el afloramiento volcánico de Monte Blanco con una altura de 46 msnm. Por su situación geográfica, en La Manga aparecen escasas precipitaciones de carácter torrencial, con una temperatura media anual de aproximadamente 18°C. Cuenta con más de 3000 horas de sol al año.

Al oeste de esta lengua de tierra queda el Mar Menor queda configurado como una laguna litoral comunicada por unos canales, denominados "golas", por medio de los

cuales el agua se intercambia con el Mar Mediterráneo que se encuentra al este. La gola central o de El Estacio es una ampliación artificial y proporciona acceso al puerto deportivo, sin embargo existen las golas naturales de Ventorrillo y El Charco en la zona de las encañizadas y la completamente artificial de Marchamalo (o norte) por las que se producen los intercambios entre ambos mares.

3.5 Geometría.

Dicho canal tiene unas dimensiones de: 1.885 metros de largo y unos 36 metros de ancho.



Figura 7: Longitud del canal

Este canal se ha ido dragando y transformando de forma artificial principalmente desde 1973 dándole una profundidad de 4mts en su zona central y una anchura de 39 mts con el fin de facilitar el tránsito de embarcaciones entre ambos mares..



Figura 8: Anchura del canal, SitMurcia.

Se encuentra en las coordenadas: ETRS89 UTM Huso 30, X=699671 Y=4180120

Para la primera etapa del proyecto fue necesaria la obtención de datos de dimensionado y caudal del canal.

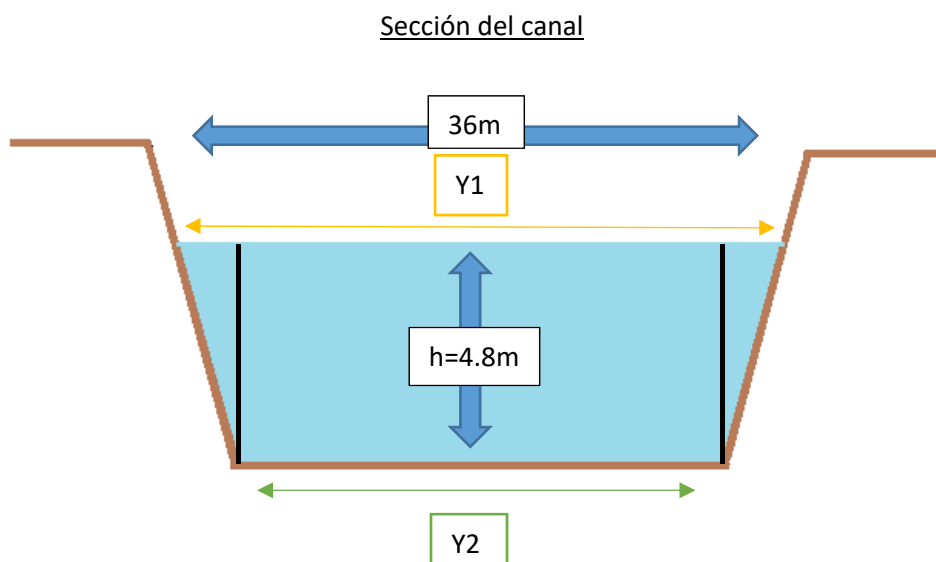
Área del canal:

Nos falta saber el área del canal, para ello se tomaron las siguientes medidas:

- A) Profundidad del canal.
- B) Anchura de extremos a escollera estribor y babor.



Figura 9: Sondeo de profundidad en la sección del proyecto.



$$A_T = h * \frac{Y1+Y2}{2} = 155.52m^2 \text{ Area de sección del canal} \quad (1)$$

3.6 Velocidades.

Uno de los datos más importantes a tener en cuenta en el proyecto es la velocidad de la corriente en el canal. En el ayuntamiento de San Javier no obtuve respuesta ya que dichos datos no eran medidos. Simplemente tenían actas de dragados y mantenimientos del canal.

Para la obtención de dicho parámetro, se actuó de la siguiente manera:

1-Puesto que no existía una base de datos del caudal y velocidad, tuve que improvisar y tomar muestras a mano.

2-Seguidamente se dio con Francisco Javier Gilabert Cervera, profesor titular de la universidad politécnica de Cartagena en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, el cual me proporcionó una serie de datos mostrados al final del apartado, donde se puede comprobar dichas velocidades con mayor exactitud.

1.Mediciones propias:

Se procedió a la medición de la corriente marina mediante el método del flotador en dicho punto.

Este método consiste en medir las velocidades superficiales en un tramo donde el régimen sea laminar.



Figura 10: Puente elevadizo con dimensiones

Para ello se midieron 10 metros en uno de los costados de la escollera del canal [imagen 7] donde en uno de los extremos se dejó un flotador a la deriva, midiendo lo que tardaba en recorrer esos 10 metros medidos anteriormente, dando una serie de tiempos que tras realizar una media fueron transformados en velocidades.

| DISTANCIAS(m) | 10 | | | V= D/T | VELOCIDADES (10m) | |
|---------------|------------|--|--------|-------------|-------------------|-----|
| Segundos | 11,7 | | | | 0,854700855 | |
| | 11,7 | | | | 0,854700855 | |
| | 10,63 | | | | 0,940733772 | |
| | 10,7 | | V= D/T | | 0,934579439 | |
| | 11,56 | | | | 0,865051903 | |
| | 11,38 | | | | 0,878734622 | |
| | 11,11 | | | | 0,900090009 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| MEDIA seg | 11,2542857 | | | Veloc.Media | 0,889798779 | m/s |

Esto nos dio un valor de **0.89 m/s**, velocidad del agua en ese momento.

El 26 de octubre de 2018 corriente en dirección Mar menor-Mar mediterráneo.

2.Datos proporcionados:

Posteriormente se contactó con Javier Gilabert el cual me proporciono unos datos de la velocidad del canal, medida durante un año con correntómetros. Para poder así comprobar con mayor exactitud los valores obtenidos a mano.

En el siguiente grafico se muestra el número de horas al día según el mes en los cuales la corriente estuvo entre **0.6 m/s y 0.9 m/s** valores en los cuales pueden ser aprovechables por una turbina hidrocínética, tratándose de corrientes inferiores a 0.6m/s obtendríamos muy poco rendimiento por ello nos quedamos con esas dos velocidades.

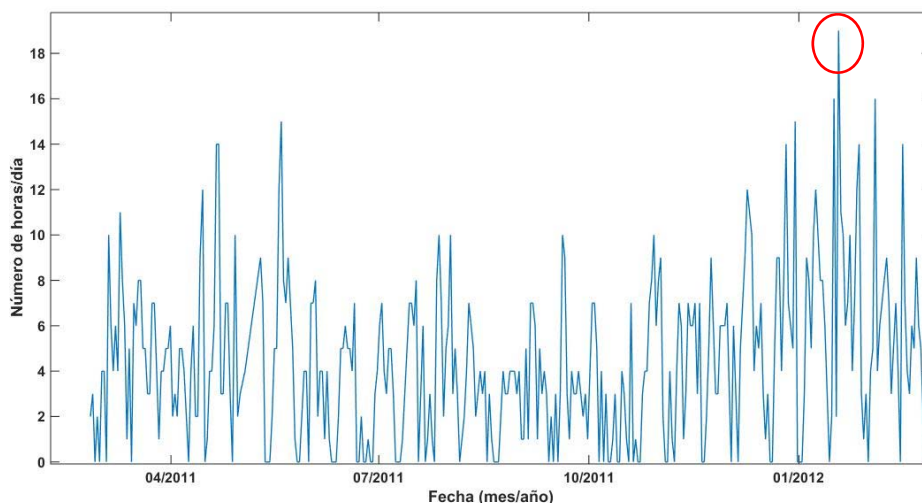


Figura 11: Número de horas/día de velocidades.

Como podemos observar el año en el que estuvo más horas entre esos valores fue con diferencia en enero de 2012 , con un pico de algo más de 18 horas entre 0.6 y 0.9 m/s.

En el siguiente grafico se muestra la velocidad de la corriente según el mes, tanto de salida de agua en positivo como la entrada al mar menor de agua del mediterráneo en negativo.

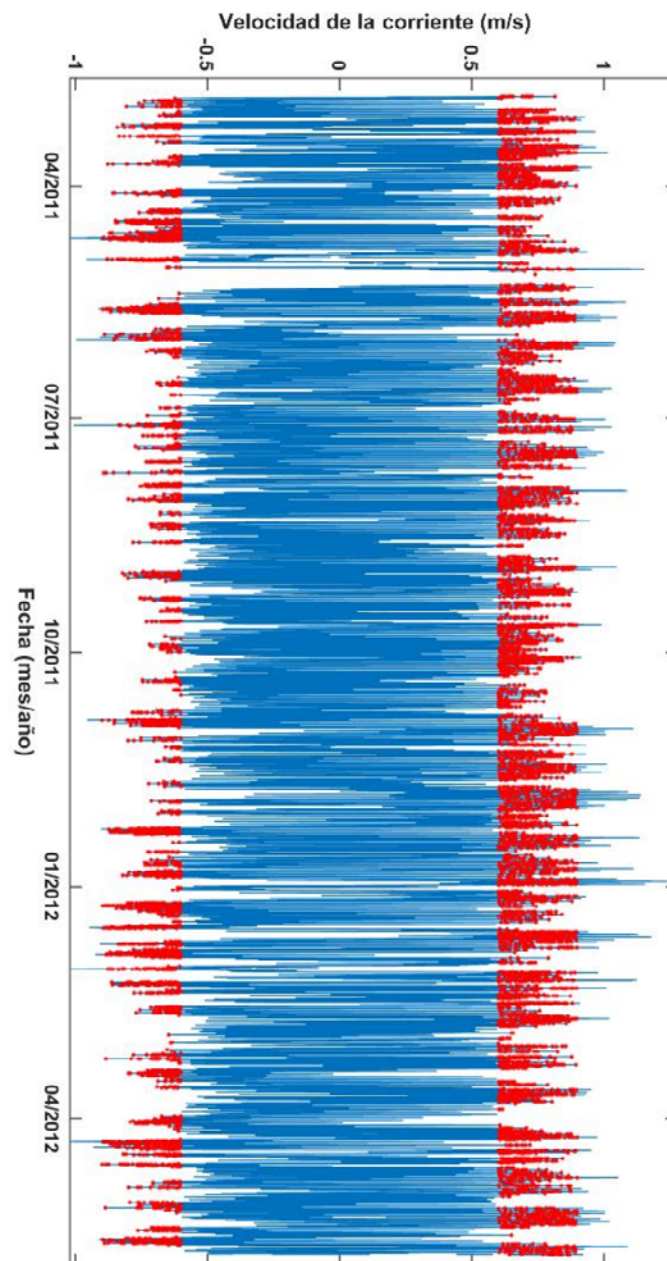


Figura 12: Velocidades según el mes del año.

En **color rojo** se muestran los valores entre 0.6 m/s y 0.9m/s según el mes. Cabe destacar que existen corrientes superiores a 1m/s que se suelen dar una media de una vez al mes, así como podemos observar que tanto la entrada de agua al mar menor y la salida tienen prácticamente la misma velocidad siendo la salida de agua del Mar menor-Mar Mediterráneo donde mayores son las velocidades (Baja mar).

En un año, el 19.20% de las ocasiones la corriente está dentro del rango 0.6m/s y 0.9m/s. A lo largo del año hay 1683 horas en el rango.

En la gráfica de número de horas por fecha, se ve como en los meses de verano sería cuando menos horas hay en ese rango.

3.7 Caudal.

En el diseño de turbinas hidráulicas uno de los valores más importantes a conocer es la velocidad de flujo, ya que es a partir de este valor que se modifican la geometría y las dimensiones de los rotores. En este contexto, a razón de que a lo largo del canal no hay ninguna estación que mida esta variable se debió calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = A * v \quad (2)$$

Donde v es la velocidad de flujo en m/s , Q es el caudal en m^3/s y A es el área transversal de flujo en m^2 . Para poder realizar el cálculo del área transversal se requirió averiguar el valor del ancho del canal en el punto donde se encuentra ubicada la estación.

Calcular el caudal del canal mediante:

$$\text{Caudal del Canal} = \text{Área del canal} \times \text{Velocidad de recorrido}$$

Con una media de velocidad en 0.75m/s obtenemos:

$$\text{Caudal} = 155.52m^2 * 0.75 \text{ m/s}$$

$$\text{Caudal total} = \underline{\underline{116.64m^3/s}}$$

4. SELECCIÓN DE LA TURBINA

4.1 Mercado Actual.

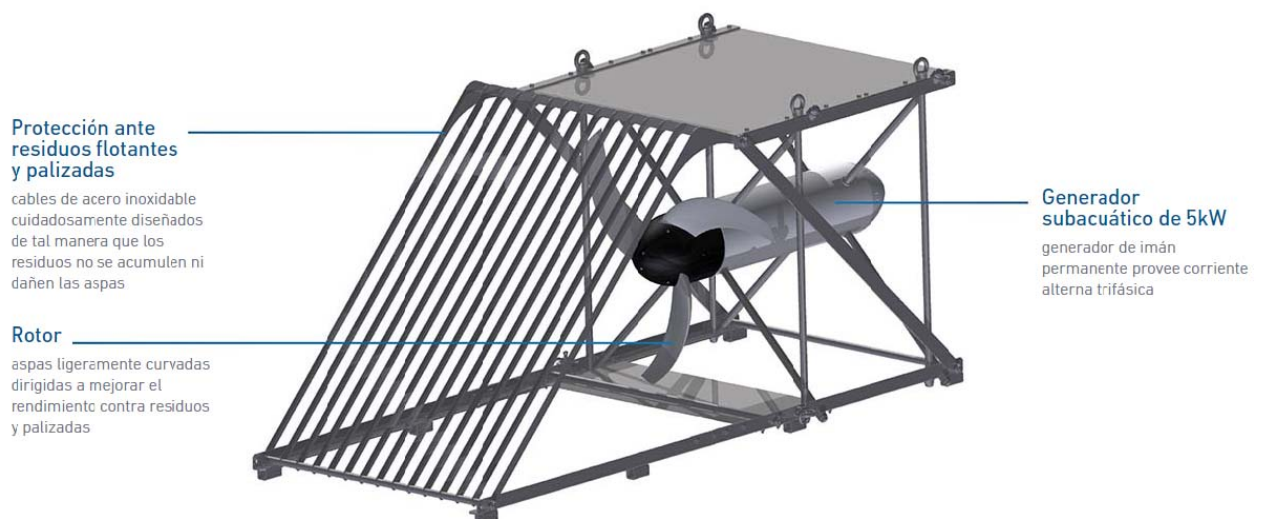
En cuanto a turbinas hidráulicas disponibles para una ubicación como la que estamos estudiando en el mercado actual se encuentran las siguientes:

1. Smart free stream.
2. Turbina SHF4.
3. Turbina hidrocínética tipo Gorlov.

4.1.1 Smart free stream

Está fabricada en Alemania, diseñada para generar hasta 5kW de potencia en un canal o río a una velocidad nominal de 3.1 m/s.

Como se puede apreciar en la imagen [Figura 12], el equipo de generación eléctrica tiene un rotor impulsado por una hélice de tres palas que queda sumergida y acoplada al generador, se trata de una turbina muy sólida dispuesta para anclarse en el fondo del canal.



| | |
|---------------------------|--|
| Potencia | 250 – 5000 W |
| Dimensiones | Longitud: 2640 mm Ancho: 1120 mm Altura: 1120 mm |
| Velocidad rotacional | 90 – 230 rpm |
| Peso | 300 kg |
| Numero de aspas del rotor | 3 |
| Rotor \varnothing | 1000 mm |

Figura 13: Turbina Smart free stream.[7]

El fabricante de la Turbina SMART Free Stream incluye: Generador, estructura con protector de escombros, cables de anclaje y 50 m de cable eléctrico.

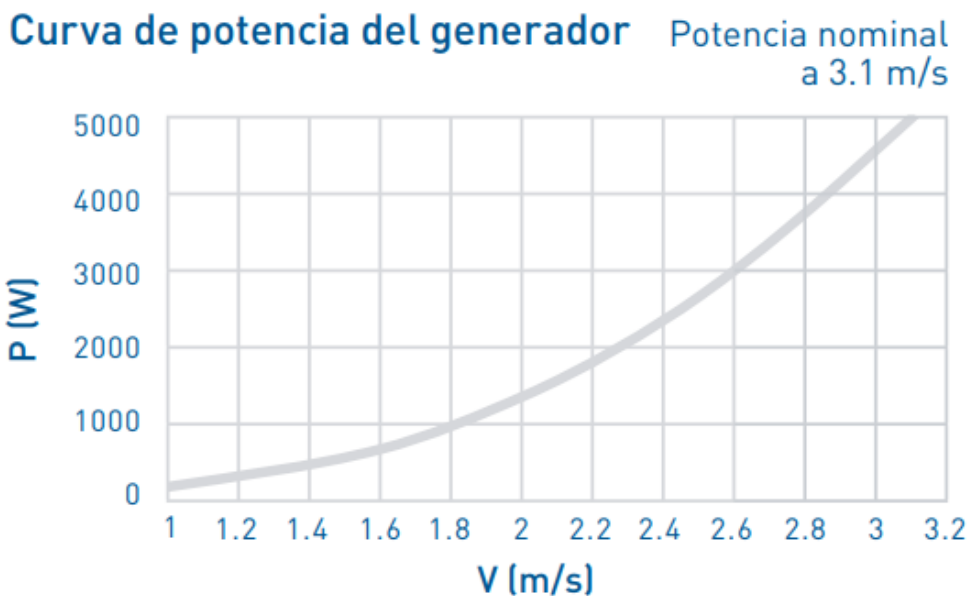


Figura 14: Grafico de potencia turbina Smart.

Dado que se va a instalar en un canal de agua salada, se pasó a hablar con el fabricante el cual nos recomienda darle una imprimación con una pintura especial para agua salada.

Dentro de este proyecto al tener dos direcciones de flujo lo ideal sería instalar dos turbinas orientadas en las dos direcciones opuestas al sentido del flujo existente para aprovechar la pleamar y bajamar.

4.1.2 Turbina SHF4.

La turbina Smart Hydro Float fue desarrollada para producir una cantidad máxima de energía eléctrica a través de la energía cinética de las corrientes de agua. Dado que es accionada con energía cinética y no con energía potencial, es conocida como una turbina “zero-head” o como turbina “in-stream”. Como tal, no necesita de presas y/o de diferencia de alturas de agua para su funcionamiento, el curso del río permanece en su estado natural y no se requiere grandes inversiones en infraestructura. Como la cantidad de energía cinética(velocidad) varía de río a río, cuanto mayor sea la velocidad de flujo de agua más cantidad de energía se generará.



Figura 15: Turbina SHF4.

- Turbina SHF1, con rotor axial 825mm, sumergido 1 m.
- Se instala flotante sobre pontones o fija bajo puente en canales.
- Genera hasta 0.5Kw, con velocidad de corriente 2.5m/s.
- Puede colocarse varias en paralelelo, separadas 15m.
- Salida 48VCC y 220V50hz o 110V-60HZ.
- Puede almacenar hasta 14Kwh por día en baterías.

Velocidades medias (0.5-2.8m/s) en canales, ríos y arroyos, con alternador de imán permanente, generan corriente alterna en 60 o 50hz.

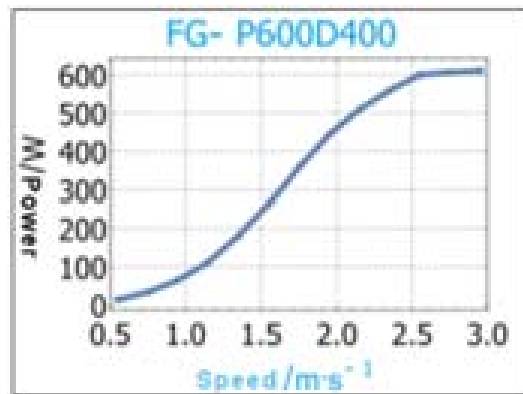


Figura 16: Grafico de potencia turbina SHF4

Producción de 50-80Watt acumulando en baterías hasta 1.2-1.9kWh por día.

Debido a que es unidireccional habría que instalar dos en cada dirección para aprovechar la pleamar y bajamar. También existiría la opción de incorporarle una veleta para que se auto diricione con la propia corriente.

4.1.3 Gorlov.

Consiste en una hélice helicoidal dentro de una estructura. Clasificada dentro de las turbinas verticales, su eje puede ser horizontal o vertical pero siempre perpendicular al flujo como se muestra en la [Figura 14] . Una de sus grandes ventajas es que una porción de las aspas por su forma helicoidal, siempre se posiciona perpendicular a la dirección de flujo de agua y por lo tanto la energía cinética del flujo es aprovechada más eficiente. Se considera una turbina de empuje que puede alcanzar velocidades hasta 3600 rpm con bajos niveles de agua (0.40 – 0.70 m), por lo que resulta conveniente para generar electricidad en ríos de poca profundidad. Esta turbina de diseño simple y fácil construcción, ha demostrado ser un dispositivo eficiente también en aerogeneradores.

La turbina helicoidal de Gorlov también puede aplicarse para la generación de energía mareo-motriz. Fue inventada por el profesor Alexander M. Gorlov de la Northeastern University, y sus diferentes versiones han sido patentadas desde 1995 hasta 2001. Su forma particular tiene una gran ventaja en términos de estabilidad, cuya innovación fue galardonada con el Premio de Patentes Thomas A. Edison de la ASME en el año 2001.

Para la selección de la turbina a diseñar se tuvo en cuenta tres factores: la eficiencia debía ser la más alta y en lo posible debería ser de auto-arranque además debía

aprovechar la corriente en los dos sentidos. Dicho esto, la siguiente figura muestra una comparación en cuanto a eficiencia de turbinas hidráulicas:

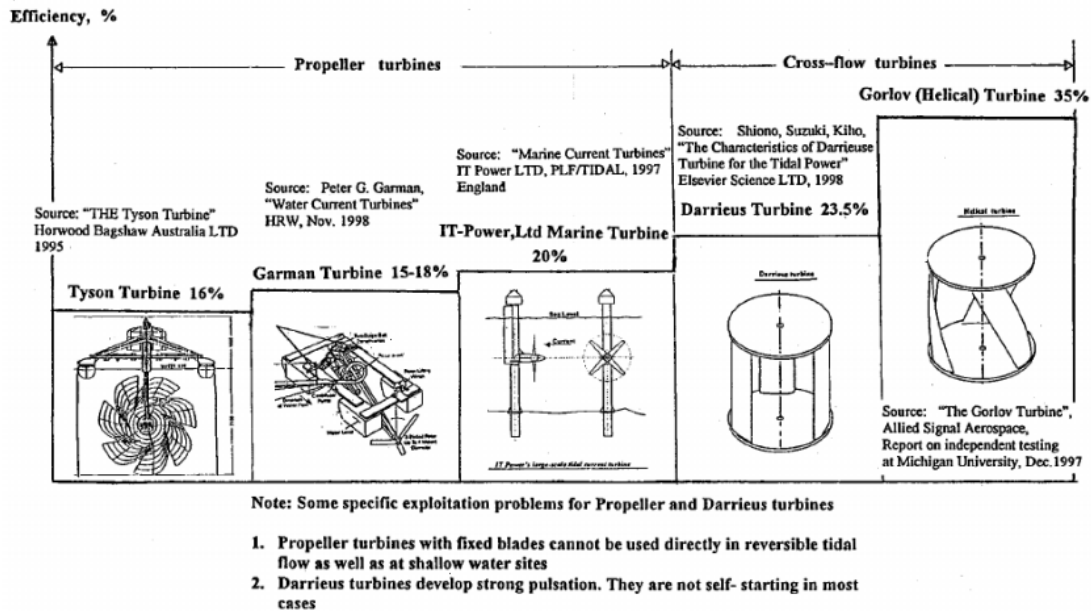


Figura 17: Eficiencia de turbinas.

Observando la figura anterior, se ve que las turbinas de flujo transversal cuentan con las eficiencias más altas (23.5% y 35% respectivamente). Sin embargo, la turbina Darrieus no cuenta con auto-arranque en la mayoría de los casos, por lo que la turbina helicoidal de Gorlov fue la seleccionada para este trabajo. En las turbinas verticales, el eje es perpendicular a la dirección del flujo y están diseñadas para aprovechar la energía de una corriente en cualquier dirección por lo tanto no presentan el problema de la orientación.

En los casos de implementarlo en los canales o ríos se pueden apilar para tener una mayor potencia y garantizando un bajo impacto ambiental ya que por el ángulo y distancia entre sus paletas es posible el paso de peces sin afectar su tránsito.



Turbina de Gorlov Aire



Turbina de Gorlov Agua

Figura 18: Turbina Gorlov en aire y agua.

Las turbinas eólicas e hidrocinéticas son muy similares en lo que respecta al aprovechamiento de las corrientes; ambas tienen la facultad de convertir la velocidad de una corriente libre en energía mecánica aprovechable, algunos modelos matemáticos son análogos para ambas tecnologías.

Por lo que es muy sencillo realizar comparaciones entre ambas máquinas, con lo cual los sistemas hidrocinéticos pueden ser evaluados bajo estándares de rendimiento utilizados en las turbinas eólicas de eje horizontal, obteniendo así parámetros análogos ya utilizados en la industria. A continuación se describirán dos importantes parámetros, la densidad de potencia de flujo y el coeficiente de potencia, además de una breve descripción del teorema de Betz, el cual define el límite máximo de eficiencia para una turbina de libre flujo. La densidad de potencia de flujo de una corriente se define matemáticamente de la siguiente forma:

$$P_{\infty} = \frac{1}{2} \dot{m} * v^3 = \frac{1}{2} * \rho * A_T * v^3 \quad (3)$$

Donde:

ρ = Densidad del fluido

U=Velocidad

A=Área

P= Potencia generada

Podemos comparar una turbina hidráulica con una eólica mediante el uso de esta ecuación, por medio de la relación de potencia por área en función de la velocidad de la corriente aprovechada. En la Figura 4 se observa la diferencia en densidad de potencia disponible para máquinas que pueden ser instaladas tanto en aire como en agua, debido a que la densidad del agua es aproximadamente mil veces mayor que la densidad del aire; en la [Figura 4] se distingue que la densidad de potencia del flujo es mucho mayor

para pequeñas velocidades en agua, mientras que el viento debe soplar mucho más rápido para poder obtener valores razonables. Sin embargo, existen límites para la velocidad del flujo, debido a que una turbina hidrocínética se encuentra completamente sumergida en agua, lo cual crea una gran presión (carga hidrodinámica) sobre los álabes, entre más agua pase a través de ellos mayor será la presión ejercida, lo que tiene como consecuencia fatiga temprana en los materiales y flexión en el eje. Este mismo problema se presenta en las turbinas eólicas de eje horizontal, razón por la cual giran sus álabes para dejar pasar al viento a través de ellas cuando la velocidad excede su límite de diseño.

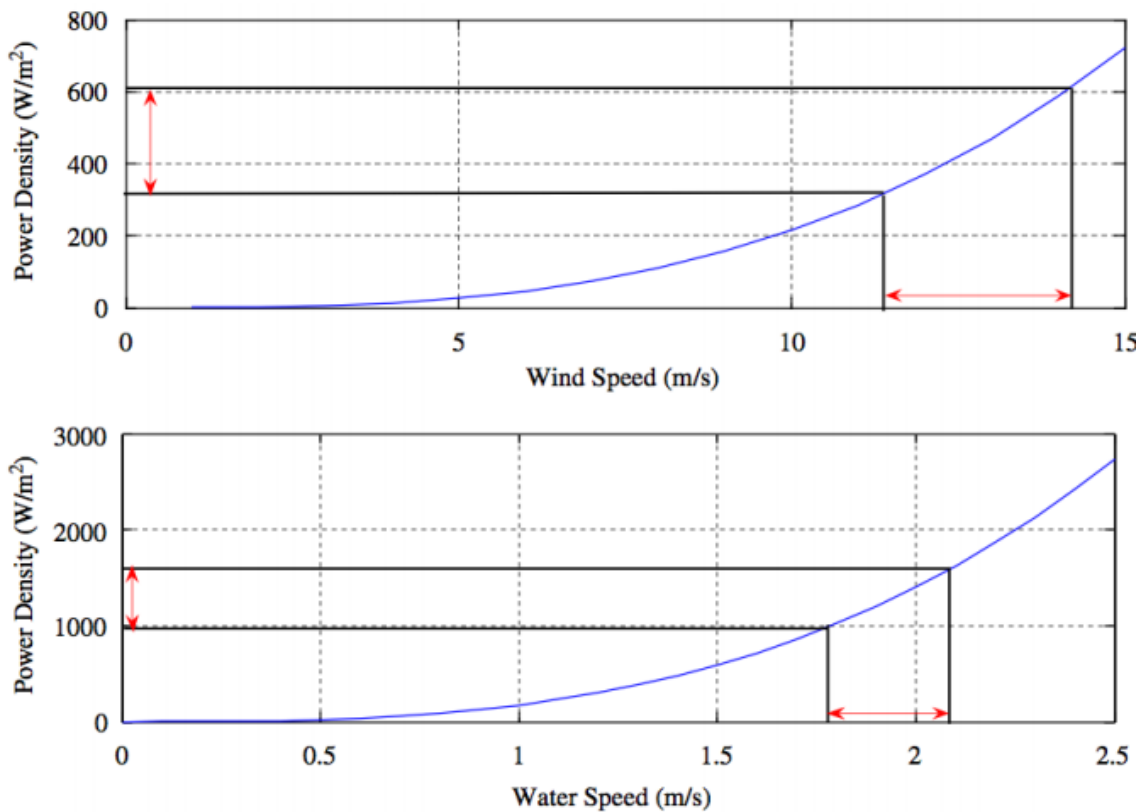


Figura 19: Densidad de potencia de una turbina eólica vs. turbina hidrocínética con un $C_k=0.35$ (coeficiente de potencia).

La potencia calculada con la expresión anterior se corresponde con la que lleva toda la masa de aire interceptada por la turbina. Lógicamente, la máquina nunca podrá extraer toda la energía del viento o del fluido.

Estas pérdidas se pueden cuantificar mediante el llamado “Coeficiente de potencia” de la turbina, que caracteriza su rendimiento aerodinámico. Éste se define como el cociente entre la potencia mecánica en el eje del rotor (la equivalentemente ha interceptado la turbina) y la potencia portada por el fluido.

$$C_p = \eta \ll 100\%$$

$$\eta = \frac{P_{motor}}{P_{\infty}} = \frac{P_{motor}}{\frac{1}{2} \rho A v^3} \quad P_{motor} = \eta * \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 \quad (4)$$

En la Figura 4, como ya se ha explicado se puede observar la diferencia que existe en la densidad de potencia de una corriente de aire y una de agua.

El coeficiente de potencia es una relación entre la potencia que otorga una turbina en su eje y la potencia que posee la corriente que pasa a través de ella. Las gráficas de la Figura 4 son directamente comparables ya que se establece que tanto la turbina eólica como la turbina hidrocínética tienen un coeficiente de potencia de 0.35, esto quiere decir que cada máquina tiene la misma relación de aprovechamiento de la energía de la corriente; sabemos que son análogas en su rendimiento gracias a que cuentan con el mismo coeficiente de potencia. Si los coeficientes de potencia de ambas máquinas no fuesen iguales, entonces podríamos caer en un error muy grave, ya que se estaría comparando el aprovechamiento del potencial de la corriente, dando una ventaja a alguna de las tecnologías. La relación que establece el coeficiente de potencia es análoga al cálculo de la eficiencia, es por esto que en muchas referencias puede encontrarse como la misma eficiencia o como el coeficiente de rendimiento (C_p). Dado que el coeficiente de potencia es análogo a la eficiencia, es necesario establecer que como cualquier otra máquina, las turbinas eólicas e hidrocínéticas tienen un nivel máximo de eficiencia establecido por la segunda ley de la termodinámica, este límite máximo es conocido como el límite de Betz, el cual dice que ninguna turbina puede sobrepasar el 59.3% de eficiencia o 0.593 de coeficiente de potencia. Este teorema fue establecido alrededor de 1920, y dicta el límite máximo de eficiencia que cualquier hélice puede tener funcionando en un flujo libre. Desde entonces se han hecho esfuerzos matemáticos y experimentales para aumentar este límite, sin embargo el 59.3% establecido en 1920 sigue siendo el límite de diseño en la industria eólica. Para llegar a éste límite, Betz hizo una simplificación del efecto que tiene la corriente sobre la hélice, considerando que el flujo incompresible que se aproxima hacia la máquina es lineal y se conserva como tal una vez que la ha pasado, lo cual resulta en una distribución uniforme de las fuerzas aerodinámicas (o hidrodinámicas), desde su centro hasta la periferia, esto simplifica mucho el problema, e incluso se podría caer en un error, ya que el flujo que pasa a través de una turbina no se conserva de forma rectilínea, y por lo tanto la distribución de fuerza no es uniforme a lo largo del radio de la hélice.

Conceptos teóricos:

Dentro de la información más importante está en el análisis de la eficiencia de las turbinas eólicas realizado por Betz en el año 1921. Si se extrae con un aerogenerador la energía del viento, la velocidad del flujo se disminuye al traspasar la máquina, dado que el rotor de la turbina eólica transforma la energía cinética del viento en rotacional. Este cálculo asume un campo de velocidades unidimensional y sin efectos viscosos en un balance de impulso y masa y determina un máximo 53,9% de conversión de energía para dichas turbinas. En este análisis no se considera el efecto de vórtices que genera el flujo y la rotación de la turbina. Este modelo (fig. 5) también conocido como modelo de

Rankine se basa en la representación mediante un disco imaginario del rotor, que produce un salto de presiones a través un área transversal al flujo A y una velocidad del fluido local U . El flujo del viento se representa como un tubo de corriente con una velocidad de entrada y de salida U_1 y U_2 respectivamente, las presiones aumentan hasta y cae hasta antes del disco, inmediatamente después, volviendo a recuperar la presión de la corriente libre en la estela aguas abajo.

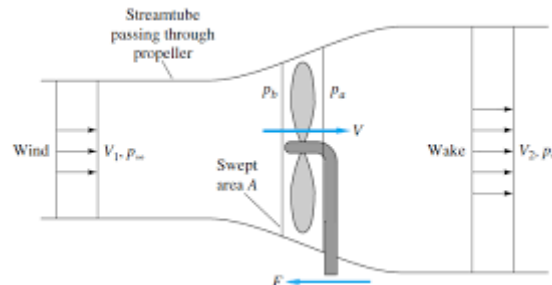


Figura 20: Análisis de flujo en un aerogenerador Nota. Recuperado de "Fluid Mechanics", de White, F., 2003, Boston, USA: McGraw-Hill Book Company [8].

4.2 Selección de la turbina.

Tras analizar las distintas turbinas del mercado teniendo en cuenta su velocidad de trabajo, dirección de flujo, rendimiento, costes y dimensiones; se opta por el diseño de una **turbina hidrocínética tipo Gorlov** por las diferentes razones: nos encontramos con un enclave singular con velocidades de corrientes bajas y además con la particularidad de que tenemos dos sentidos de flujo, por lo que debe de implementarse una turbina bidireccional para así no estar obligados a incorporar dos turbinas para cada sentido de flujo como sería en el caso de la turbina Smart free stream [Figura 12] ahorrando así espacio y costes. Por otra parte la velocidad nominal de funcionamiento de dicha turbina es muy elevada.

Respecto a la turbina SHF4 [Figura 15] a diferencia de la Smart free stream se trata de una turbina flotante, tiene una velocidad de funcionamiento algo menor que la Smart pero nos encontramos con el principal problema que es la única dirección de aprovechamiento de la corriente.

Con lo cual la mejor opción tras estudiar con detalle todos los parámetros de todas las turbinas, es realizar un diseño de una turbina hidrocínética tipo Gorlov ya que al tener el eje perpendicular al sentido de flujo tanto de entrada como de salida podemos aprovechar ambas corrientes, sin duda una de las características más importantes a tener en cuenta en este proyecto debido al escaso sitio que tenemos y las velocidades de corriente bajas. Otro aspecto a tener en cuenta es su rendimiento ya que se trata de una turbina con un rendimiento del 35%, que hace de ella una turbina ideal para nuestro enclave.

5. Diseño de turbina Hidrocinética.

Una vez seleccionado el tipo de turbina y teniendo completa la caracterización hidrológica del canal se debió encontrar otros valores de entrada necesarios para el diseño, entre los cuales se encuentran:

- Potencia a generar.
- Número de álabes.
- Cuerda de los álabes.
- Eficiencia.
- Perfil de álabe.
- Tamaño del rotor.

Para este trabajo se realizó una investigación acerca del diseño de turbinas de Gorlov a través de artículos científicos disponibles en internet, los cuales se referencian en detalle al final de este documento.

5.1 Potencia a generar

Determinar la potencia requerida por la turbina es un factor clave en el diseño ya que este parámetro afecta directamente las dimensiones de todo el conjunto. Para ello se hizo un estudio de la energía necesaria para abastecer nuestra estación de recarga (Apartado 6.2 Consumo de una bicicleta) con el fin de obtener el consumo total de energía eléctrica al mes, el cual fue de uno 108 kW-h. El diseño de la turbina se requiere la potencia nominal, que se calcula de la siguiente forma:

$$P = 108 \frac{Kw - h}{mes} \times \frac{1 mes}{30 dias} \times \frac{1 dia}{24h} \times 10^3 = 150w \quad (5)$$

5.2 Número de álabes.

La selección de este parámetro fue crítica ya que repercute directamente en la eficiencia del rotor, además hay que tener en cuenta que es un canal por donde transcurren barcos y diversos peces, por lo que la turbina debe tener un impacto mínimo en la fauna que habita en el canal.

En los artículos analizados en el proceso de investigación se encontró uno escrito por el Dr. Alexander Gorlov, titulado —"Helical Turbine and Fish Safety", en el cual analizan estos dos aspectos . De acuerdo a las pruebas realizadas, se encontró que la mayor eficiencia se presenta en los rotores de tres álabes, mientras que el impacto sobre los peces es considerablemente bajo tanto para turbinas de dos y tres álabes. Dicho esto, la cantidad de álabes seleccionada para la turbina de este proyecto fue de tres. [9]

5.3 Cuerda de los álabes.

Uno de los parámetros afectados directamente por el número de álabes, sus dimensiones e inclinación es la solidez (σ), la cual se define como la resistencia estática al movimiento. De acuerdo al artículo —Helical Turbine and Fish Safety la ecuación de solidez para una turbina de Gorlov de tres álabes es :

$$\sigma = \frac{3}{\pi} (\delta - \sqrt{3} + \sin \delta + \sqrt{3} \cos \delta) (6)$$

Donde δ representa la mitad del ángulo definido por el radio y la altura de la turbina [figura 18] del álabe medida en radianes con respecto al eje de rotación. Para explicar con claridad la ubicación de la cuerda dentro de la geometría del rotor se tiene la siguiente figura:

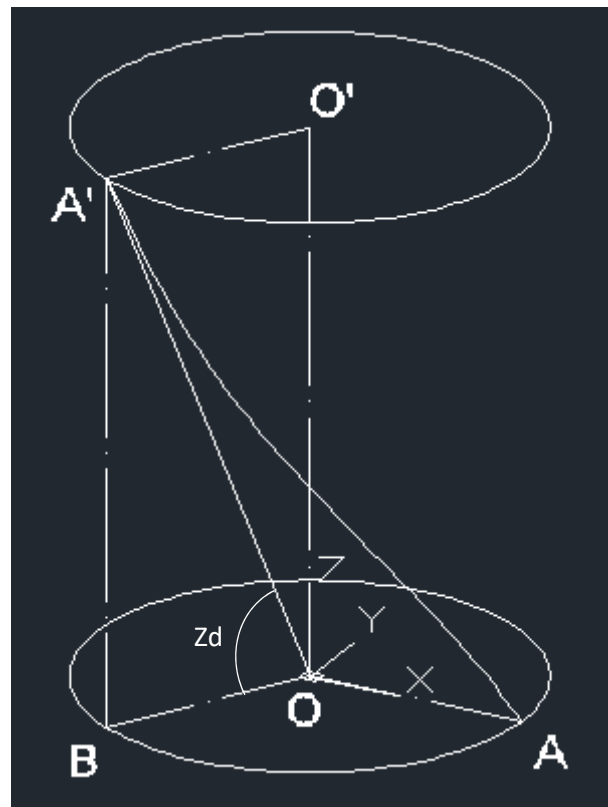


Figura 21: Cuerda de alabe.

En esta figura el eje de rotación es ($O - O'$), el álabe es la línea formada entre ($A - A'$), mientras que el punto B es la proyección de A' en la parte inferior; por lo que el ángulo AOB es la cuerda del álabe.

Ahora bien, para el cálculo de este valor hay que analizar primero su influencia con respecto a otros parámetros importantes en el diseño. Particularmente, la fuerza F que puede generar el rotor depende directamente de la solidez. [9]

La ecuación (3) se utiliza principalmente, para obtener valores analíticos de la presión del agua en la turbina o su empuje. Conociendo la solidez de la turbina, se puede calcular el empuje de la turbina como:

$$F = \frac{1}{2} C_d \rho \sigma A_T V^2 \quad (7)$$

La fuerza F es en realidad la presión del agua en la turbina que contribuye a las cargas externas en el eje, los cojinetes y otras partes de la estructura de soporte.

Donde C_d es el coeficiente de arrastre, ρ es la densidad del fluido, A_T es el área frontal de la turbina y V es la velocidad de flujo. Como se puede apreciar, la relación entre fuerza y solidez es directamente proporcional, por lo que para el cálculo de este valor se debe encontrar el δ máximo, de modo que la solidez sea la más alta posible.

Para hallar este valor se debe optimizar la ecuación de (σ) encontrando el punto máximo, para lo cual se debe aplicar la primera derivada con respecto de d e igualar a cero como se muestra a continuación:

$$\frac{d\sigma}{d\delta} = \frac{3}{\pi} (1 + \cos \delta - \sqrt{3} \sin \delta) \quad (8)$$

$$-1 = \cos \delta - \sqrt{3} \sin \delta$$

Por medio de una identidad trigonométrica se tiene que:

$$\cos^2 \delta + \sin^2 \delta = 1$$

Reemplazando en la derivada y reordenando:

$$-1 = \sqrt{1 - \sin^2 \delta} - \sqrt{3} \sin \delta$$

$$(\sqrt{3} \sin \delta - 1)^2 = 1 - \sin^2 \delta$$

$$3 \sin^2 \delta - 2\sqrt{3} \sin \delta = \sin^2 \delta$$

$$4 \sin^2 \delta - 2\sqrt{3} \sin \delta = 0$$

$$\sin \delta (4 \sin \delta - 2\sqrt{3}) = 0$$

En este caso, la ecuación es igual a cero en dos posibilidades:

A) $\sin \delta = 0$

B) $4 \sin \delta - 2\sqrt{3} = 0$

En la posibilidad uno los valores que δ puede tomar para que la ecuación sea igual a cero son todos valores con periodicidad π iniciando en cero $(0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots, n\pi)$, donde n es un número entero. Entre tanto, en la posibilidad dos se tiene:

$$\sin \delta = \frac{2\sqrt{3}}{4} \quad (9)$$

Despejando de la ecuación anterior utilizando la función inversa del seno se obtiene un $\delta=1.047$ radianes, lo que significa que la cuerda total en cada álabe es igual a 2.094 radianes o 120° . [30]

5.4 Eficiencia.

En el artículo escrito por el Dr. Alexander Gorlov titulado —“Helical Turbine and Fish Safety” se realizaron pruebas de desempeño para turbinas de dos y tres álabes, por medio de las cuales se llegó a la conclusión de que la eficiencia de esta turbina hidráulica es un valor cercano al 35%.

5.5 Perfil de álabe.

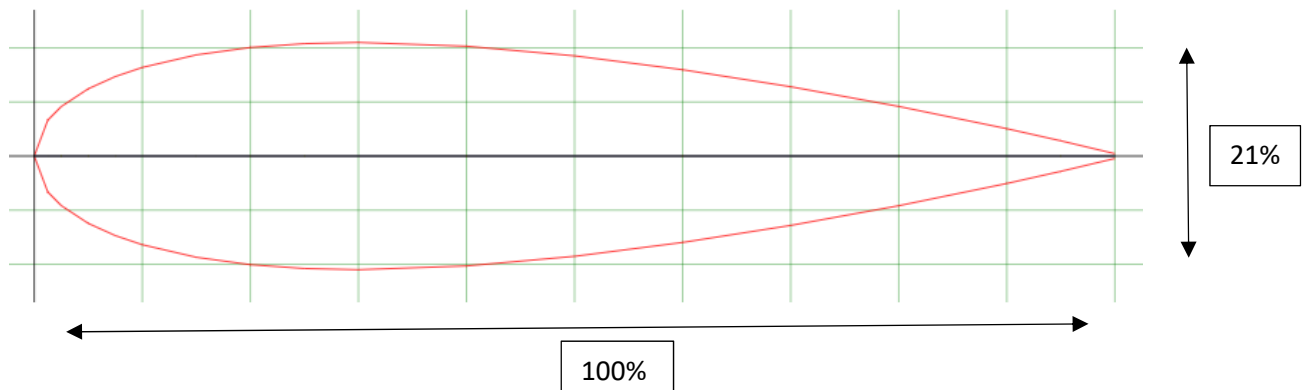
En el diseño de turbinas la geometría de los álabes es un factor determinante, ya que en esencia son ellos los encargados de transformar el movimiento de un fluido en potencia mecánica. Se han realizado gran cantidad de estudios aerodinámicos e hidrodinámicos para encontrar las formas geométricas que permiten una mayor captación de la energía que transmiten los fluidos, por lo cual se han hecho clasificaciones normalizadas de perfiles de álabes para el diseño de turbinas.

Entre las clasificaciones más reconocidas se encuentran Eppler, Gottingen y NACA. Ahora bien, en la investigación realizada sobre los diferentes perfiles hidrodinámicos se encontró una tesis de maestría de la Universidad de Utah titulada —“Optimization of helical turbine in low head applications” por Michael Christian Hansen en Agosto de 2011 [10], en la cual se evalúan varios tipos de perfiles para turbinas de Gorlov y que finalmente concluye que el más apropiado es el NACA 0021, un perfil simétrico con una relación de 21% entre ancho y longitud.

Para la obtención exacta de las dimensiones del perfil en cuanto a su contorno, NACA 0021 plantea la siguiente ecuación: [11]

$$y = 5tc \left(0.2969 \sqrt{\frac{x}{c}} - 0.1260 \left(\frac{x}{c}\right) - 0.3516 \left(\frac{x}{c}\right)^2 + 0.2843 \left(\frac{x}{c}\right)^3 - 0.1015 \left(\frac{x}{c}\right)^4 \right) \quad (10)$$

Perfil NACA 0021.



5.6 Tamaño del rotor.

La altura y el diámetro del rotor son calculados de acuerdo al área frontal requerida. Anteriormente, durante el proceso de cálculo de la cuerda se referenció la ecuación 5 (fuerza generada por el rotor), por medio de la cual se podría calcular el área. Sin embargo, hasta este momento no se conoce esa fuerza, por lo que se debe descartar esta ecuación y encontrar una que involucre otro parámetro ya conocido. Tomando de nuevo el artículo —“Helical Turbine and Fish Safety” se encuentra que despejando A_T de la ecuación de una turbina de Gorlov, obtenemos que:

$$A_T = \frac{P}{\rho * \eta * v^3} \quad (11)$$

Donde η es la eficiencia de la turbina, ρ es la densidad del fluido (Agua salada 1027Kg/m³), A_T es el área frontal de la turbina y V es la velocidad de flujo. Con esta ecuación se puede calcular un área para cada uno de los valores de velocidad de flujo mostrados anteriormente, para finalmente calcular un área promedio para el diseño de la turbina. Dicho esto, los valores de área calculados son:

| Velocidad (m/s) | Área frontal de turbina (m ²) |
|-----------------|---|
| 1.2 | 0.348 |

| | |
|------|-------|
| 0.88 | 1.235 |
|------|-------|

| | |
|-----|--------|
| 0.9 | 1.1448 |
| 0.8 | 1.630 |
| 0.7 | 2.4332 |
| 0.6 | 3.5639 |

Con estos valores de área se calculó un área promedio de 2.26 m² y una velocidad de flujo promedio de 0.75 m/s. Ahora, para calcular las dimensiones del rotor se hizo una nueva tabla en la cual se asignaron valores de altura, para posteriormente calcular el diámetro que satisface el área frontal requerida. Dicho esto, las combinaciones de altura y diámetro que cumplen con el área requerida son:

| Altura(m) | Diámetro (m) |
|-----------|--------------|
| 0.6 | 1.319 |
| 0.8 | 0.989 |
| 1 | 0.791 |
| 1.2 | 0.659 |
| 1.5 | 0.527 |
| 1.8 | 0.439 |
| 2 | 0.395 |

| | |
|-----|--------|
| 0.7 | 3.22 |
| 0.9 | 2.51 |
| 1 | 2.26 |
| 1.3 | 1.738 |
| 1.8 | 1.255 |
| 2 | 1.13 |
| 2.5 | 0.904 |
| 2.3 | 0.982 |
| 2.4 | 0.9416 |

De las combinaciones mostradas en la tabla se escogió la altura de **2.4m** y el diámetro de **0.9416m**. Esto a razón de que la relación entre las dimensiones es cercana a **2. 5/1**, lo cual está conforme a las recomendaciones dadas en el artículo escrito por el Dr Alexander Gorlov.[9]

5.7 Diseño SolidWorks

Se buscará que el diseño soporte las condiciones de contorno del canal, mantenga los componentes de la maquinaria sólida a las zonas de trabajo (ejes, generador, carcasa, palas, pies..) y emplear los materiales más ligeros y duraderos para no exceder demasiado en el peso del equipo.

CONDICIONES DE PARTIDA

| | |
|-------------|--------------|
| Potencia | 150w |
| Velocidades | 0.6-1 m/s |
| Dimensiones | 2.5m – 0.94m |

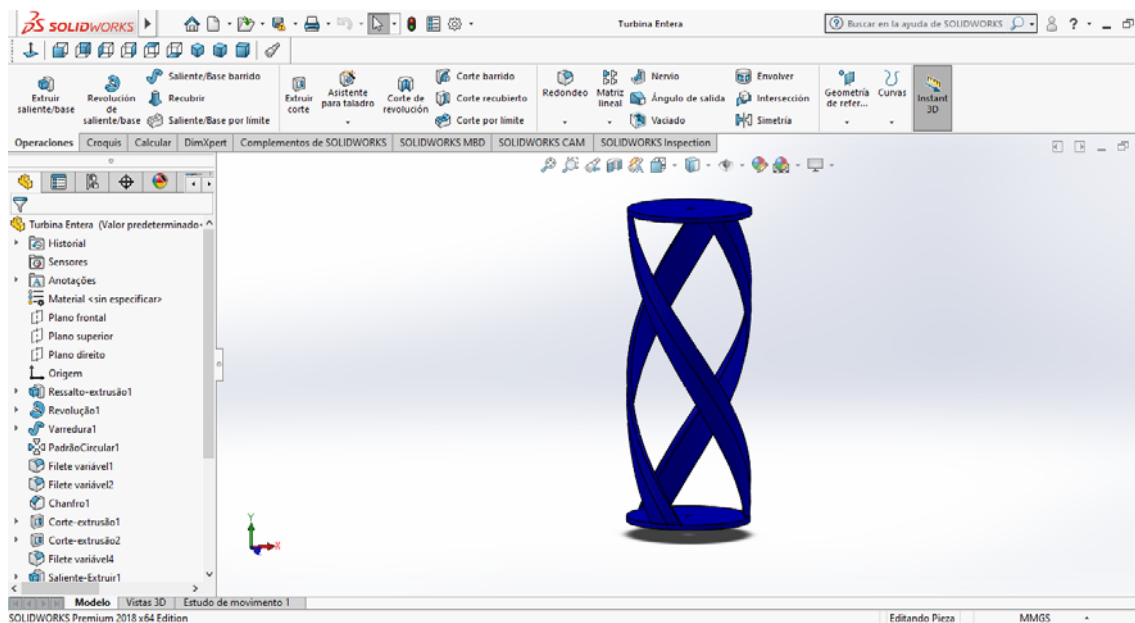


Figura 22: Diseño de la turbina Gorlov 3D en Solidworks.

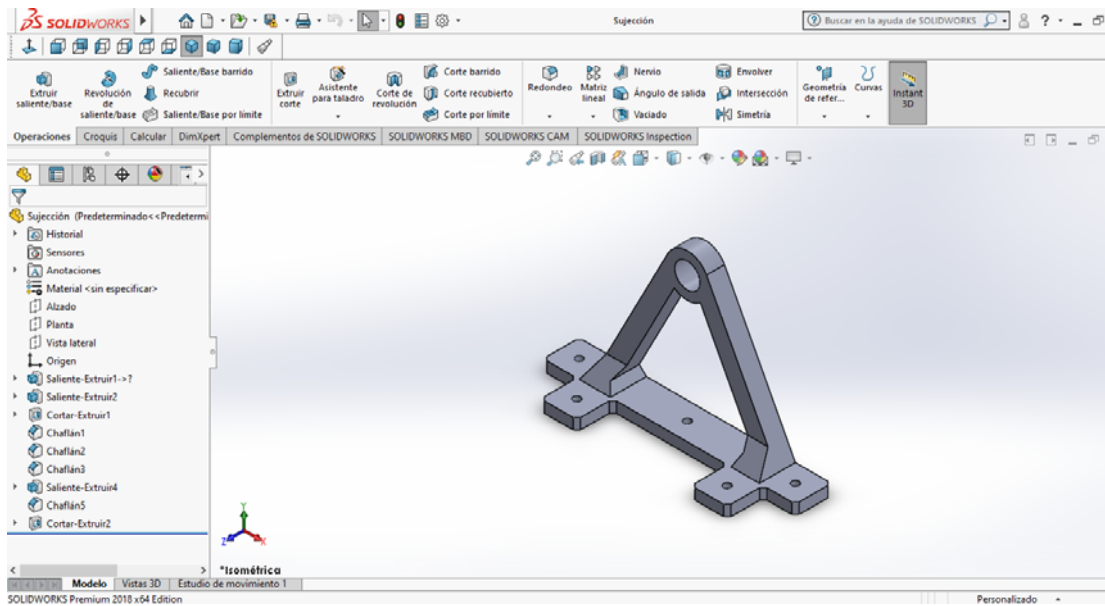


Figura 23: Sujeciones del eje de la turbina a la pared del enclave.

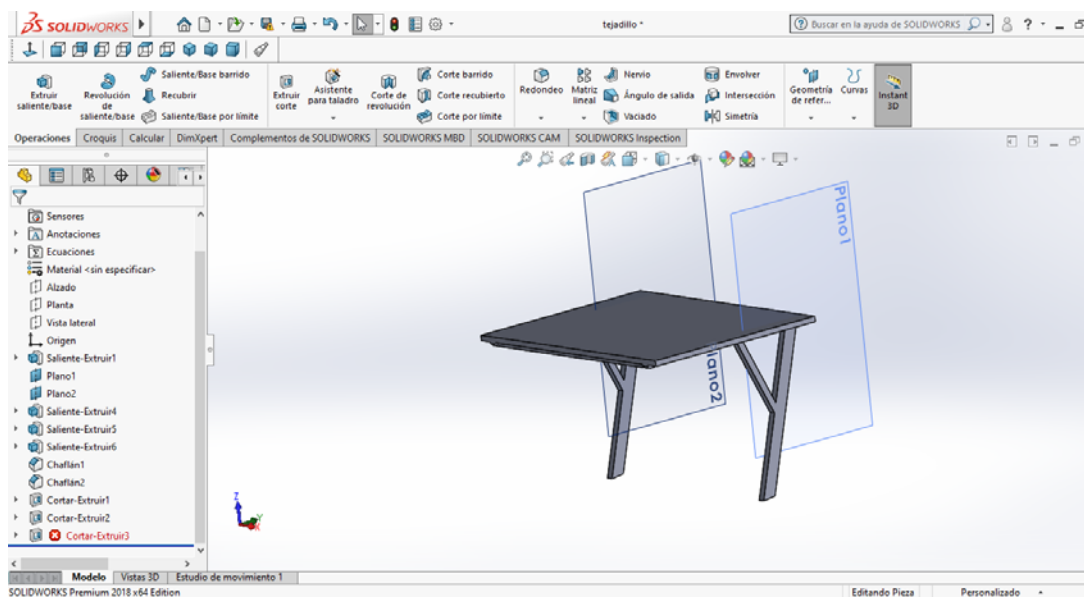


Figura 24: Pórtico de estación de recarga.

6.INSTALACIÓN DE RECARGA

Mi objetivo predominante es que el equipo se trate de una herramienta de apoyo para autoabastecer una estación de carga de bicicletas, dicha instalación consta de una turbina marina y además una serie de placas solares que ayudaran a la carga de las baterías cuando la corriente sea baja.

6.1 Demanda creciente.

La Manga del Mar Menor consta de 22km el cual se ha fomentado estos últimos años la movilidad en bicicleta incorporando un carril bici que empieza en cabo palos y acaba en Veneciola , esta medida intenta descongestionar el transporte ya que en los meses de verano existen largas colas para entrar y salir. Por lo tanto, una de la solución sería la bici eléctrica recorriendo una distancia de 10km de ida (20-30mins) más otros 10km de vuelta, total **20km diarios**.

The image shows a screenshot of a news article from Europa Press. The article is titled "La Manga contará con un carril bici continuo entre los kilómetros 3,5 y 4,5 de la Gran Vía". It was published on 20/06/2018 at 14:37:44. The article text states that the Council of Government has authorized, at the proposal of the Ministry of Industry, Commerce and Tourism, a convention with the Ayuntamiento de San Javier to develop actions aimed at promoting sustainable mobility and improving accessibility in La Manga del Mar Menor. It mentions the construction of a continuous bicycle lane to facilitate the use of bicycles and the development of accessible pedestrian routes for people with reduced mobility in the urban environment of La Manga. The article also includes a sidebar with social media sharing options (Facebook, Twitter, LinkedIn, Email, Print) and a small advertisement for ALDI. The main content area features a large pink banner for "Murcia viva vive sus eventos" with the website "eventos.murcia.es".

Figura 25: Noticia de periódico fuente <https://www.europapress.es/>[12]

La bicicleta eléctrica (e-bike) o pedaleo asistido (pedelec) es básicamente una bicicleta convencional a la que se le ha acoplado un motor eléctrico en la rueda delantera o trasera para ayudar en el avance de la misma en el momento en que se empieza a pedalear. La energía es suministrada por una batería portátil que se recarga en la red eléctrica, o desde cualquier otro punto de la red, como un móvil.

Su regulación viene contemplada en la Directiva 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de marzo de 2002 relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo.

Tienen la misma consideración a todos los efectos que una bicicleta convencional, quedando pues excluidas del régimen jurídico de los vehículos a motor siempre y cuando reúnan estas características (artículo 1.1 h) de la Directiva:

«las bicicletas con pedaleo asistido, equipadas con un motor eléctrico auxiliar, de potencia nominal continua máxima de 0,25 kilovatios, cuya potencia disminuya progresivamente y que finalmente se interrumpa cuando la velocidad del vehículo alcance los 25 km/h, o antes si el ciclista deja de pedalear;»

Es decir, no requieren ni permiso ni seguro, por lo que se han valorado incluso como alternativa de conducción para aquellas personas que han perdido su saldo de puntos del carnet de conducir.

No hay que olvidar que aquellas bicicletas en las que la potencia del motor supere los 250 W o los 25 km/h, tienen la consideración de un ciclomotor y, por tanto, hay que matricularla, tener seguro y pasar la correspondiente ITV.

6.2 Consumo de una bicicleta.

He revisado varios modelos de bicicletas eléctricas y tenemos **datos reales de consumos**, vamos a basarnos en ellas para plantear este caso.

- Onda Bike mini
- Onda Bike mini
- Bolt trek-IN
- Bolt trek-IN

Si cogemos el consumo promedio que medimos en nuestras pruebas de unos 20km diarios, podríamos considerar un gasto máximo de 9Wh/km, por lo que necesitaría recargar la batería de la bici con 180Wh de energía eléctrica cada día. Sabemos que la eficiencia de los cargadores suele estar en torno al 80%, por lo que para recargar esos 180Wh consumiríamos de nuestra fuente de energía unos **225Wh**.

La energía que nos proporciona un panel solar es en forma de corriente continua y la que necesita la batería de nuestras bicicletas eléctricas también, por lo tanto no se convertirá en alterna la energía y se hará la conexión directamente incorporando un regulador y un convertidor de tensión .[13]

6.3 Energía solar disponible.

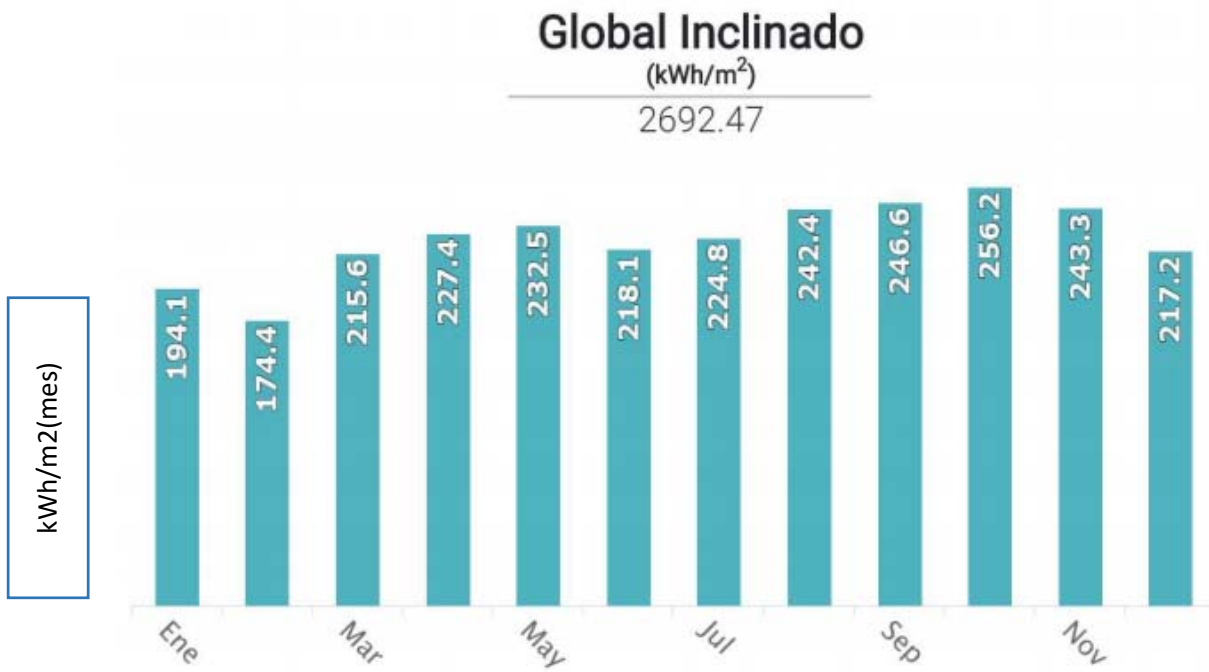


Figura 26: Radiación por zona geográfica.

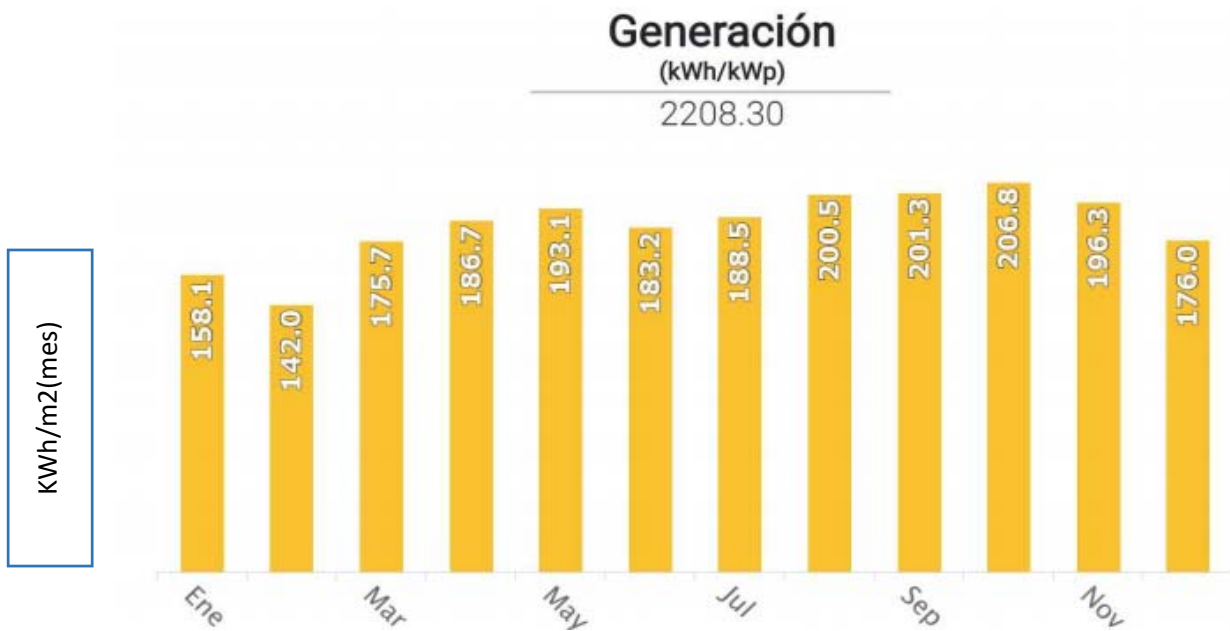


Figura 27: Generación de potencial por zona geográfica.

6.4 Esquema de la instalación.

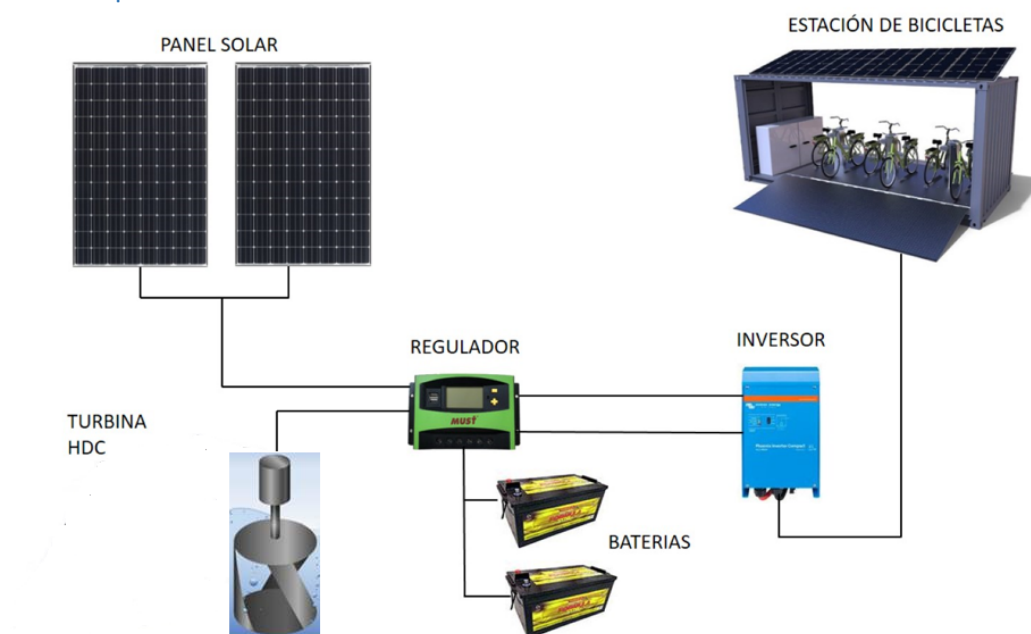


Figura 28: Esquema de instalación.

6.5 Características de la instalación solar.

El sistema fotovoltaico es capaz de generar **3,36kWh al día en invierno** (contando con 3 horas de sol), mientras que en verano, la producción ascendería a **7,84kWh al día** (contando con 7 horas de sol).

Las baterías disponen de una capacidad de 6,24kWh de acumulación total. Dado que no se recomienda que las baterías se descarguen más de un 50% de su capacidad total por una cuestión de durabilidad y cuidado de la misma, la energía útil acumulada en la batería es de 3,12kWh.

Tras buscar algunos fabricantes en el mercado del sector solar se encontró con Must Solar dando una mayor calidad y precio.

Los **inversores Must Solar** destacan por ser multifuncionales ya que combinan su trabajo como inversor, además de trabajar como cargador de baterías y regulador, lo que les permite cubrir consumos desde la producción directa de paneles y alargar la vida del banco de baterías. La función de los inversores Must Solar es no hacer pasar la corriente por las baterías durante todo el día, sino más bien utilizar la energía que proporcionan los paneles de manera directa durante las horas de sol, y únicamente durante la noche sacar la energía acumulada de la batería para así poder hacer uso de ellas.

Las **características del sistema** son:

- Potencia Solar Fotovoltaica Instalada: 1120W
- Potencia máxima de salida a instalación: **3000W**
- Producción diaria en INVIERNO: **3,36kWh**
- Producción diaria en VERANO: 7,84kWh
- Producción MEDIA diaria Anual: 5,6kWh
- Acumulación Baterías Total: 6,24kWh
- Acumulación de Batería Útil: **3,12kWh**

En el caso de ser de noche, un día nublado o tener una demanda de energía superior a lo que los paneles pueden proporcionar, la energía necesaria la aporta el banco de baterías. Si por ejemplo a las 12:00h del mediodía estamos produciendo con los paneles solares 1.500W, y la estación consume en ese momento 500W, estaremos cargando las baterías con los 1.000W sobrantes, para así poder tener suministro durante la noche.[14]

6.6 Componentes de la instalación solar.

La instalación solar está compuesta por:

6.6.1 Paneles Solares.



4x Panel Solar 280W Policristalino ERA: El panel solar 280W policristalino ERA es un modelo de los llamados "de conexión a red" dado que ofrece un voltaje que no es ni de 12V ni de 24V. Fabricado en silicio policristalino ofrece un rendimiento superior para nuestro sistema solar y una gran fiabilidad de funcionamiento. Este panel solar es de los más potentes que se pueden adquirir en la actualidad de los de 60 células, siendo capaz de proporcionar alrededor de 1000Wh al día de media en los meses de invierno y prácticamente el doble en verano. Este módulo fotovoltaico viene con un marco ensamblado de aluminio preparado para poderlo sujetar a cualquier estructura.[14]

6.6.2 Baterías.



2x Batería Solar 12V 260Ah: La Batería Solar 12V 260Ah adecuada para energía solar, lo que quiere decir que aguanta bien descargas lentas todos los días. Tienen una vida media de unos 500 ciclos, entendiéndose por un ciclo un proceso de carga y descarga completa de la batería. Es muy recomendable que la batería no se descargue habitualmente más de un 30% de su capacidad total. De esta forma prolongaremos la vida útil de la batería y podremos efectuarle muchos más ciclos de carga y descarga. Hay que tener en cuenta que aunque sea de plomo ácido, no es necesario realizarle mantenimiento, ni tan siquiera rellenando con agua destilada. Para conectar de manera correcta la batería de 12V hay que unir los polos con sus correspondientes en inversor y/o regulador de carga.

6.6.3 Inversor Regulador de carga.



1x Inversor Cargador + Regulador de Carga Must Solar 3.000W 24V 50A: El inversor cargador de Must Solar ofrece una solución muy útil para sistemas fotovoltaicos aislados, ya que permite integrar todos los componentes del sistema en un mismo aparato, que además incorpora una pantalla LCD que permitirá ver el estado de carga y la tensión de las baterías, los amperios entrantes a tiempo real de los paneles solares y los de salida de las baterías, además de tener un pequeño esquema en la misma pantalla que permitirá ver de qué manera está fluyendo la energía, si directamente de las baterías o si sale de un generador de apoyo que podamos tener en la instalación solar. El inversor es de onda senoidal pura con potencia de salida de 3000W, el cargador de baterías tiene una carga máxima de 30A y señal de arranque automático y además integra un regulador de carga MPPT de 50A.[14]

7. ANÁLISIS ECONÓMICO.

7.1 Estimación de costes de turbina Gorlov.

En este proceso las partes cuya fabricación resulta más compleja y por tanto más costosa son los álabes. Las partes restantes son en aluminio y son elaboradas con procesos de mecanizado por arranque de viruta convencionales, además que los elementos normalizados (tornillos, tuercas, entre otros) pueden ser adquiridos con facilidad y son económicos. A continuación, se muestran en una tabla los elementos de la turbina que se elaboran con procesos de mecanizado, junto con su respectivo precio.

| | | |
|---------------|--|-----------|
| Eje principal | Material: Aluminio Dimensiones: 2.4m x 0.4m | 64 euros |
| Rodamientos | Material: Acero Dimensiones: 0.4m diametro | 130 euros |
| Alabes | Material: ABS Dimensiones: 2.4m x 0.21m | 900 euros |
| Generador | Modelo:ST / STC alternador para generador Potencia:2kW | 100 euros |
| Cerchas | Material: Aluminio Dimensiones: 1m x 0.22m x 0.15m | 230 euros |
| Imprimación | Material: antifouling Modelo: Hempel | 53 euros |

La construcción de dicha turbina hidrocínética con dimensiones de 2,4 m de altura y de 0.94m de anchura lista para instalar conlleva un coste aproximadamente de unos: **1477 euros.**

7.2 Coste de instalación solar.

| | | | | | |
|--|----|--------|----------|---------|-------------------|
| Panel Solar 280W C/Red Policristalino Era Solar | 4 | 108,57 | 434,28 | 10,00 % | 390,85 |
| Inversor Cargador 3000W 24V MPPT 50A Must | 1 | 321,57 | 321,57 | 10,00 % | 289,41 |
| Batería Solar 12V 260Ah Formula Star | 2 | 225,59 | 451,18 | | 451,18 |
| Estructura Cubierta Metálica 4 Panel KH915 | 1 | 84,55 | 84,55 | | 84,55 |
| Cable Unifilar 6 mm2 TOPSOLAR PV ZZ-F 1,5kV Rojo | 5 | 1,48 | 7,40 | | 7,40 |
| Cable Unifilar 6 mm2 TOPSOLAR PV ZZ-F 1,5kV Negro | 5 | 1,48 | 7,40 | | 7,40 |
| Cable Unifilar 10 mm2 TOPSOLAR PV ZZ-F 1,5kV Rojo | 10 | 1,92 | 19,20 | | 19,20 |
| Cable Unifilar 10 mm2 TOPSOLAR PV ZZ-F 1,5kV Negro | 10 | 1,92 | 19,20 | | 19,20 |
| Cable unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Verde | 1 | 5,01 | 5,01 | | 5,01 |
| Cable unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro | 1 | 5,25 | 5,25 | | 5,25 |
| Caja Estanca SOLERA 160x135x70mm | 1 | 6,23 | 6,23 | | 6,23 |
| Repartidor Bipolar 125A | 1 | 22,86 | 22,86 | | 22,86 |
| Cable de Interconexión de Baterías + Bornes | 1 | 10,00 | 10,00 | | 10,00 |
| Juego Conectores WEIDMULLER paneles-regulador | 2 | 6,40 | 12,80 | | 12,80 |
| Terminal de Ojo - Cable 50mm, ojo 8mm | 4 | 3,00 | 12,00 | | 12,00 |
| Juego de Bornes para Baterías Monobloc | 1 | 4,40 | 4,40 | | 4,40 |
| IMPORTE | | | | | |
| 1.347,74 | | | | | |
| DESCUENTO | | | | | |
| | | | | | |
| PRONTO PAGO | | | | | |
| | | | | | |
| PORTES | | | | | |
| | | | | | |
| FINANCIACIÓN | | | | | |
| | | | | | |
| BASE | | | | | |
| | | | 1.347,74 | | |
| I.V.A. | | | | | |
| | | | | 283,03 | |
| R.E. | | | | | |
| | | | | | |
| TOTAL: | | | | | 1.630,77 € |

7.3 Comparación de costes.

| | |
|---------------------------|--|
| Turbina Smart free stream | Generador, estructura con protector de escombros, cables de anclaje y 50 m de cable eléctrico precio total de <u>12.490 euros.</u> |
|---------------------------|--|

| | |
|------------------------------|-----------------|
| Turbina SHF4 | 2.479,50 Euros. |
| Turbina Hidrocinetica Gorlov | 1.477 Euros |
| Instalación Solar | 1.630,77 Euros. |

Precio del kWh

Las comercializadoras de luz de libre mercado tienen libertad para establecer el precio del kWh que deseen, además de poder ofrecer ofertas y descuentos.

Las comercializadoras acuden al mercado eléctrico diario o mayorista para adquirir la electricidad necesaria para abastecer la demanda de sus clientes. Todas las comercializadoras adquieren la luz al mismo precio, al que añaden los impuestos regulados por el Gobierno, el coste de alquiler del contador de luz y el margen de comercialización que decidan establecer.

El precio del kWh en España cambia cada día y presenta un precio diferente cada hora. Los usuarios que deben tener en cuenta el precio del kWh cada hora son sobre todo aquellos que se acogen a la tarifa PVPC del mercado regulado.

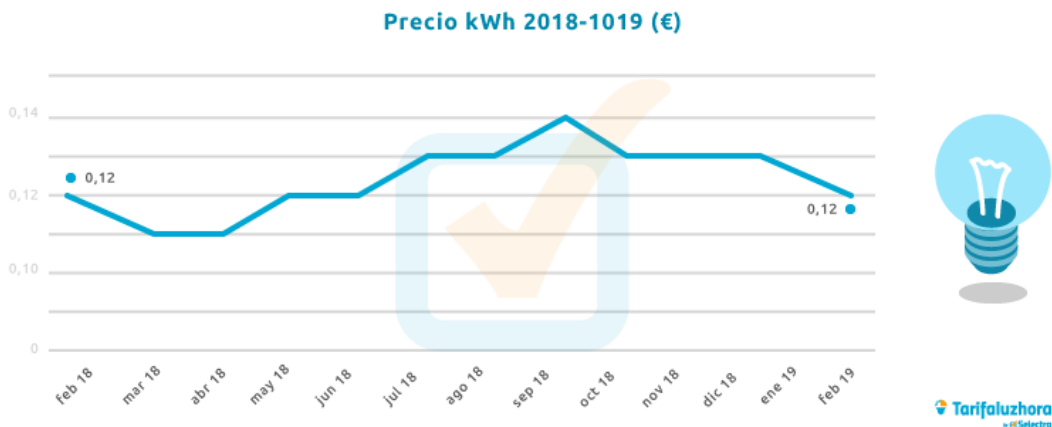


Figura 29: Precio de kWh años.[14]

El precio del kWh en España es uno de los más caros de la Unión Europea con 0.12 euros el kWh nos encontramos en el cuarto país de la Unión Europea con la energía más cara.

En rojo, **España**, en amarillo, **Alemania**, en azul, **Francia** y en verde, **Italia**.

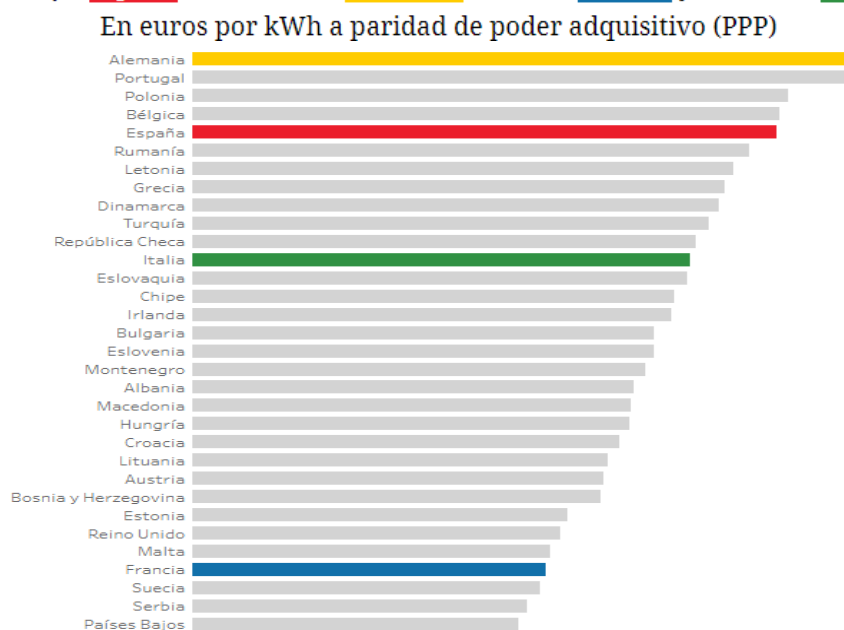


Figura 30: Grafico precio kw en Europa.

Amortización del Proyecto:

Si tenemos un coste de la instalación solar de 1.630,77 euros más el coste de la turbina hidrocínética 1.477 euros hace un total de la instalación de **3.107,77 euros**.

Produciendo la turbina hidrocínética 1683 horas según los datos obtenidos [Figura 12] unos 108kWh mas la instalación solar unos 5kWh con sus respectivas horas diarias de sol , teniendo en cuenta el cote de la luz de unos 0.12 euros el kWh nos saldría un total de 275.56 euros/año, obteniendo a los 11 años la amortización de la instalación.

Se trata de un proyecto de movilidad sostenible con la combinación de una turbina hidrocínética tipo Gorlov y unos paneles solares, esto lo hace de ello un proyecto único en la Región de Murcia, así como a nivel nacional.

Por lo que no solo ahorraremos energía, sino que también el enclave ganaría gran notoriedad por su peculiaridad energética además de aportar un medio de transporte respetuosos con el medio ambiente haciendo así hincapié por la concienciación del cambio climático, abriendo una puerta de generación de energía diferente al resto, al ser en gran medida una tecnología en avance y desarrollo.

Al encontramos en un lugar único por su característica geológica (La Manga del Mar Menor) se abriría un abanico de posibilidades de aprovechar este recurso con otros futuros proyectos enfocados a la generación de energía por medio de corrientes marinas.

8. AVANCE DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1 Introducción.

En estos últimos tiempos la preocupación por la preservación del medio ambiente ha crecido enormemente. Esto es debido principalmente a que la sociedad está empezando a tener conciencia del tremendo daño que las actividades humanas tienen sobre el equilibrio natural. Los vertidos incontrolados de residuos a ríos y mares, la tala indiscriminada de bosques enteros y las continuas emisiones de contaminantes a la atmósfera, que según algunas teorías, muy extendidas en la actualidad, está ocasionando un cambio climático en el planeta, ha obligado a tomar serias medidas para que se haga respetar el medio ambiente.

Anteriormente solo se consideraba la viabilidad técnica y económica de los nuevos proyectos pero la compleja situación del medio ambiente ha incorporado el factor medioambiental en el diseño industrial. Este nuevo concepto ha aportado una especial importancia a la redacción de un documento que facilite la predicción, prevención y la minimización de los impactos ambientales que podría ocasionar cada proyecto durante las tres fases de su vida (construcción, funcionamiento y abandono), el Estudio de Impacto Ambiental. Este informe debe ser realizado durante las fases preliminares del proyecto para que puedan ser aplicadas todas las medidas preventivas, correctoras y compensatorias necesarias para que el efecto negativo sobre el medio ambiente sea el menor posible.

No todos los proyectos necesitan de estudio de impacto ambiental previo. La legislación medioambiental existente indicará la obligatoriedad de dicho documento según la importancia o tipo de proyecto. No siempre los proyectos más importantes son los que causan mayor impacto, proyectos de poca envergadura pueden causar mucho impacto y viceversa. Incluso proyectos como el de una central hidroeléctrica que es considerada una instalación de energía renovable y limpia puede tener efectos negativos sobre el medio ambiente o sobre el bienestar humano si no se diseña de forma adecuada y en una zona apropiada.

El estudio de impacto ambiental se basa en las acciones preventivas y la modificación de los aspectos que podrían causar impacto en su origen. Se trata de un documento que pretende predecir los efectos negativos del proyecto antes de que se produzcan y sobre la posibilidad de modificar dicho proyecto para evitar en su totalidad o reducir al mínimo posible estos efectos.

El encargado de elaborar el estudio es el promotor del proyecto que previamente ha pedido permiso para el inicio de una determinada actividad. En base a dicho estudio el organismo de medio ambiente de la administración emitirá una Declaración de Impacto Ambiental donde se determinará la conveniencia o no de realizar el proyecto y en caso afirmativo en que condiciones ambientales debe realizarse.

La Legislación Medioambiental exige que el estudio de impacto ambiental sea sometido a información pública para permitir cualquier tipo de alegación sobre el contenido del mismo por parte de vecinos de la zona, organizaciones ecologistas, etc. Estas alegaciones una vez estudiadas pueden exigir una modificación del estudio, indicando los aspectos en los que se debe actuar para ser completado.

Existen opiniones que afirman que los estudios de impacto ambiental solo generan un aumento del coste económico y del tiempo de ejecución del proyecto, por lo que puede considerarse un impedimento para el creación de nuevos proyectos. La verdad es que en la actualidad la degradación del medio ambiente es de tal magnitud que se plantea de vital importancia controlar de manera efectiva el desarrollismo incontrolado integrando factores ecológicos y medioambientales en el desarrollo de los proyectos. De todas formas, aparte del obligado cumplimiento de la legislación medioambiental, debido a la nueva mentalidad que ha adoptado la sociedad con respecto al medio ambiente desde hace ya tiempo, las empresas se están empezando a dar cuenta del beneficio que supone para su imagen, la introducción de criterios ambientales en la realización de todas sus actividades.

Por ello no siendo necesario dicho estudio de impacto ambiental ya que se trata de una estación que no supera los 5kw y el impacto sobre todos los medios puede ser ínfimo, hago un avance de dicho estudio ambiental debido a las circunstancias en las que se encuentra el Mar Menor para poder comprobar y hacer una pequeña evaluación del proyecto sobre su impacto.

El Mar Menor es la mayor laguna costera del Mediterráneo español y una de las más grandes del Mar Mediterráneo. Tiene una superficie aproximada de 135 km², una profundidad media de 4 m y máxima de 7 m. La laguna del Mar Menor se encuentra separada del Mar Mediterráneo por una barra arenosa sobre afloramientos rocosos de origen volcánico (La Manga) de 22 km de longitud y una anchura de entre 100 y 1.500 m, a su vez atravesada por cinco canales o golos que determinan unas aguas de características hipersalinas pero netamente marinas por las que se establece la comunicación entre el Mar Menor y el Mar Mediterráneo.

En su interior aparecen cinco islas volcánicas. Es preciso remarcar que además de la cubeta lagunar propiamente dicha, en sus márgenes existen singulares humedales asociados próximos a las orillas. Sus orígenes se remontan a unos 10 millones de años, cuando el Mar Menor era una bahía abierta al Mediterráneo, recibiendo gran cantidad de sedimentos procedentes del Campo de Cartagena y desembocadura del río Segura. Por la misma época una serie de erupciones volcánicas, surgidas del fondo marino, dieron lugar a islas cercanas a la Manga (macizo de Calnegre, Monte Blanco, o promontorios del Pedrucho, El Estacio y Punta de Algas, etc.). Estas elevaciones surgidas en lo que hoy es La Manga ayudaron a que las corrientes marinas procedentes del norte chocaran con Cabo de Palos y depositaran un brazo de arena que fue cerrando la laguna. El aspecto del Mar Menor comenzó a ser similar al actual, con golos o canales naturales de comunicación con el Mediterráneo hace unos 2000 años y, tal y como lo conocemos hoy día, no hace más de 1000 años. Además de las particularidades ecológicas (hábitats,

flora y fauna) que determinan que el Mar Menor sea especialmente relevante dentro del ámbito español y Mediterráneo, hay que destacar, como se indica en el preámbulo de la Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor: El Mar Menor es además un lugar muy emblemático para la Región de Murcia en el que convergen múltiples usos y aprovechamientos, principalmente turísticos, recreativos, salineros y pesqueros, con un importante aprovechamiento agrícola de su entorno. Todas estas actividades influyen de manera directa o indirecta en el Mar Menor. Por todo ello, y considerando por tanto los valores ambientales, estratégicos así como económicos de la laguna del Mar Menor, ésta se configura como parte del eje vertebrador del territorio murciano.

8.1.1 Legislación.

La Normativa específica aplicable para regular la Evaluación de Impacto Ambiental es:

Legislación Europea:

- **Directiva 2001/42/CE**, relativa a la evaluación de efectos de determinados planes y programas en el medioambiente (Directiva sobre evaluación ambiental estratégica).
- **Directiva 2014/52/UE**, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medioambiente.
- **Directiva 92/43/CEE**, relativa a la conservación de los hábitats naturales y seminaturales y de la flora y la fauna silvestre.
- **Directiva 76/464/CEE** del Consejo, de 4 de Mayo de 1976 relativa a la Contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático (DOCE nº L 129, de 18.05.1976).
- Decisión del Consejo 77/795/CEE, de 12 de diciembre, por la que se establece un procedimiento común de intercambio de informaciones relativo a la calidad de las aguas continentales superficiales en la comunidad (DOCE nº L 334, de 24.12.1977).
- **Directiva 2008/56/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de junio de 2008 por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina).
- **Decisión 2455/2001/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de noviembre de 2001, por la que se aprueba la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE (DOCE nº L 331, de 15.12.2001).
- **Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas(RAMSAR)** del 21 de diciembre de 1975.
- **Zonas especialmente protegidas de importancia para el Mediterráneo (ZEPIM)** de 1995 en el marco del Convenio de Barcelona.

Legislación Estatal:

- **Ley 27/2006**, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.
- **Ley 1/2018**, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor.
- **Ley 21/2013**, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.
- **Ley 42/2007**, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- **Real Decreto 1274/2011**, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- **Real Decreto 1015/2013**, de 20 de diciembre, por el que se modifican los anexos I, II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- **Real Decreto 436/2005** de 12 marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Ley 41/2010** de Protección del Medio Marino
- **Orden AAA/75/2012**, de 12 de enero, por la que se incluyen distintas especies en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial para su adaptación al Anexo II del Protocolo sobre zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo.
- **Real Decreto 139/2011**, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.
- **Ley 26/2007**, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

Analizando la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, de la legislación estatal.

La obligación principal que establece la ley es la de someter a una adecuada evaluación ambiental todo plan, programa o proyecto que pueda tener efectos significativos sobre el medio ambiente, antes de su adopción, aprobación o autorización, o bien, si procede, en el caso de proyectos, antes de la presentación de una declaración responsable o de una comunicación previa a las que se refiere el artículo 71 bis de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común en el apartado 1 del artículo 7 de esta ley se expone:

- 1. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental ordinaria los siguientes proyectos:*
 - a) Los comprendidos en el anexo I, así como los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo I mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.*
 - b) Los comprendidos en el apartado 2, cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental, en el informe de impacto ambiental de acuerdo con los criterios del anexo III.*
 - c) Cualquier modificación de las características de un proyecto consignado en el anexo I o en el anexo II, cuando dicha modificación cumple, por sí sola, los umbrales establecidos en el anexo I.*
 - d) Los proyectos incluidos en el apartado 2, cuando así lo solicite el promotor.*
- "Industria energética" por lo que se debe someter a Estudio Impacto Ambiental Ordinario.*

- **Legislación regional:**

- **Ley 4/2009**, de 14 de mayo, de protección ambiental integrada.
- **Ley 13/2015**, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia.
- **Decreto-Ley n.º 2/2016**, de 20 de abril, de medidas urgentes para la reactivación de la actividad empresarial y del empleo a través de la liberalización y de la supresión de cargas burocráticas (BORM nº 92, 22/04/2016).

8.2 Acciones del proyecto

Como ya hemos adelantado, este proyecto no requiere de evaluación ambiental pero debido al estado del Mar Menor, realizamos este trabajo.

Las acciones competentes del impacto ambiental están relacionadas con la instalación y funcionamiento de una estación de recarga.

Para un mínimo impacto ambiental se ha aprovechado el viejo puente giratorio como pilar de apoyo de las dos cerchas que sujetan la turbina.

En la **fase de construcción** tenemos las siguientes acciones causantes de los impactos correspondientes a los trabajos de construcción:

- Desplazamiento de vehículos
- Nivelación y explanación del terreno
- Cimentación de la estructura
- Anclado de cerchas
- Generación de puestos de trabajo

En la **fase de funcionamiento** tenemos las siguientes acciones susceptibles de producir impacto:

- Tráfico de vehículos
- Ocupación del espacio marítimo
- Funcionamiento de la turbina hidrocínética
- Trabajos de mantenimiento
- Aumento de la presencia humana
- Generación de puestos de trabajo

La **fase de abandono**, la cual se producirá en un largo plazo debido al uso de la obra, tendrá las siguientes acciones:

- Tráfico de vehículos
- Demolición de las instalaciones
- Desmontaje de equipos
- Traslado de materiales o punto de tratamiento o eliminación
- Generación de puestos de trabajo

8.3 Examen de alternativas técnicamente viable y justificación de la solución adoptada.

En la selección de alternativas se ha tenido en cuenta los posibles valores naturales y patrimoniales del ámbito de afección donde se localiza el proyecto, la mejor integración paisajística y la atención de las ordenanzas y planeamiento urbanístico vigente, así como el aprovechamiento de las infraestructuras ya realizadas. También se ha tenido en cuenta el desarrollo la actividad del proyecto atendiendo a criterios de seguridad portuaria y eficiencia.

Durante el planteamiento inicial del parque eólico, se consideran varias opciones en las que se tenían en cuenta las instalaciones de diferentes alternativas.

- **alternativa 0**, o la no realización del proyecto, obviamente el no llevar a cabo la actuación prevista, dejaría el lugar en su estado actual sin ningún tipo de repercusión tanto positiva como negativa.
- **alternativa 1**. Producción de energía eléctrica mediante la colocación de las 2 turbinas hidrocineticas de un solo sentido creando así una mayor potencia.
 - **Justificación:** Esta opción no es muy válida, puesto que el aprovechamiento de la corriente marina no es muy grande debido a las bajas mareas, además solo queremos cargar una serie de baterías que no van a superar los 5kw, y por lo tanto se produciría una mayor inversión. Con el inconveniente de la seguridad de los barcos de paso, que al colocar más turbinas se estrecharía el canal de paso.
- **alternativa 2**, instalación de una turbina hidrocínética aprovechando el viejo puente giratorio.
 - **Justificación:** En este caso, sería válida esta opción, puesto que nos ahorraríamos la construcción de una infraestructura de hormigón, así como el acondicionamiento de la carretera para su uso, al estar ya realizada en el año 1992.

En conclusión, el estudio del proyecto en el puente viejo ya desmantelado tiene una menor afección sobre el ambiente, siendo la única alternativa estudiada que no afecta a Espacios Naturales protegidos y ahorra grandes procesos de construcción, además, en este estudio, encontramos un acceso más favorable de las vías de comunicación al punto de instalación de la estación de carga.

8.4 Inventario ambiental

Caracterización del entorno en el que se sitúa el proyecto.

8.4.1 Medio físico

8.4.1.1 Medio inerte

8.4.1.1.1 Aire

La presencia de contaminantes atmosféricos a escala regional tiene su origen en el conjunto de las emisiones vertidas en la propia región, fundamentalmente desde los grandes núcleos urbanos e industriales y las grandes vías de comunicación con alta densidad de tráfico, y en mayor o menor medida (dependiendo del contexto geográfico y meteorológico de cada región en particular), de las procedentes de otras regiones debido al transporte a larga distancia. En general, cualquier emisión de un gas desde un foco puntual acaba afectando a áreas circundantes a causa de la dispersión que el gas sufre en la atmósfera.

En la Región de Murcia la combinación de una dinámica atmosférica muy influida por la situación geográfica y por la orografía, que favorecen el desarrollo de circulaciones de mesoescala (brisas de mar y de montaña), con una distribución normalmente costera de las emisiones, propicia la presencia, durante gran parte del año, de niveles de contaminantes en todo el territorio. Las emisiones de las principales áreas urbanas e industriales, mayoritariamente costeras, son transportadas por las brisas hacia el interior.

Entre los principales contaminantes primarios atmosféricos se encuentran los citados a continuación:

- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NOx)
- Oxidos de azufre (SOx)

Existen en la atmósfera otras sustancias que también pueden producir efectos nocivos, entre ellas las siguientes:

- Anhídrido carbónico (CO₂)
- Halógenos y sus derivados
- Partículas de metales pesados y ligeros
- Sustancias radiactivas

Estas sustancias representan más del 90% de la contaminación atmosférica.

8.4.1.1.2 Clima

El ámbito de estudio presenta un tipo de clima mediterráneo pese a que por sus características se encuentra cercano a climas de tipo subtropical. Según la clasificación climática de KöppenGeiger, toda la zona presenta un clima de tipo árido (tipo B) y un subtipo de estepa (BS). Dentro de este subtipo, el más generalizado es el de estepa fría (BSk), existiendo también el subtipo de estepa cálida (BSh) en la zona sur (municipio de Cartagena principalmente) (Fuente: AEMET, 2011). La Región de Murcia se encuentra poco afectada por las influencias marinas atlánticas, siendo protagonistas las

condiciones mediterráneas con ausencia de inviernos fríos y frecuentes olas de calor de influencia sahariana. La precipitación presenta valores bajos en general y los vientos suelen ser fuertes.

La Región de Murcia se encuentra poco afectada por las influencias marinas atlánticas, siendo protagonistas las condiciones mediterráneas con ausencia de inviernos fríos y frecuentes olas de calor de influencia sahariana. La precipitación presenta valores bajos en general y los vientos suelen ser fuertes.

10.4.1.2.1 TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

En cuanto al clima, presenta un clima típico mediterráneo, que se caracteriza por inviernos poco fríos, y veranos largos, secos y calurosos con temperaturas máximas alrededor de los 35°C. El mes más caluroso del año con un promedio de 27,5 °C de agosto. El mes más frío del año es de 5 °C en el mes de enero, se trata de un clima húmedo con pocas lluvias y de característica torrencial.

Los periodos de frío son poco frecuentes y de baja intensidad. Las temperaturas medias se encuentran entre los 5,4 °C y los 19 °C . La temperatura media anual es de 12,3 °C..

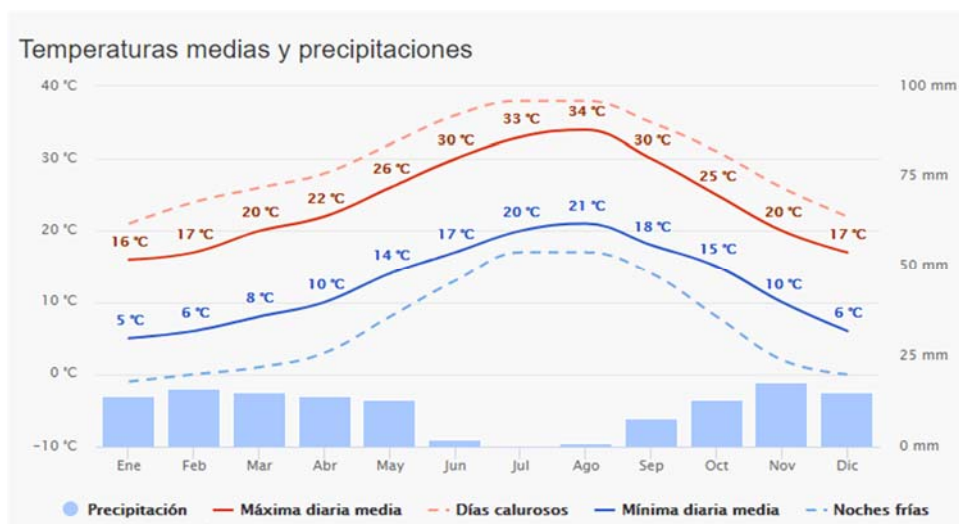


Figura 31: Temperaturas medias y precipitaciones.

De las precipitaciones se puede decir que no son muy abundantes en esta zona, encontrándose sobre 25 mm siendo una zona bastante seca, es una zona de sequía extrema, por lo que no se sitúa entre las más abundantes en cuanto a precipitaciones.

La precipitación es muy escasa en todo el ámbito de estudio. En ningún caso se llega a 100 litros mensuales de media para ninguna estación observada, siendo los meses más lluviosos los de septiembre, noviembre y diciembre.

Otro aspecto a tener en cuenta es la gota fría que se produce cuando existe un embolsamiento de aire muy frío en la atmósfera que se descuelga de la circulación general de los vientos generando fuertes tormentas acompañadas de viento y bajas

temperaturas, por lo que se pueden producir fenómenos adversos como lluvias torrenciales de hasta más de 150 litros por metro cuadrado en 12 horas.[15]

En cuanto a la evolución de la temperatura y la pluviosidad de la zona, vemos que el mes más seco es julio, con 2 mm. Mientras que la caída media en noviembre es de 25 mm. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año es Noviembre.

10.4.1.2.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN

El término evapotranspiración se refiere al agua transferida a la atmósfera a partir de las superficies libres de agua, hielo y nieve. La evapotranspiración depende de la energía disponible para la vaporización del agua, del déficit de saturación de la atmósfera, de la temperatura del aire, de la velocidad y turbulencia del viento, de la naturaleza y estado de la superficie de evaporación, entre otros. Su cálculo es necesario para determinar los índices más importantes y clasificaciones.

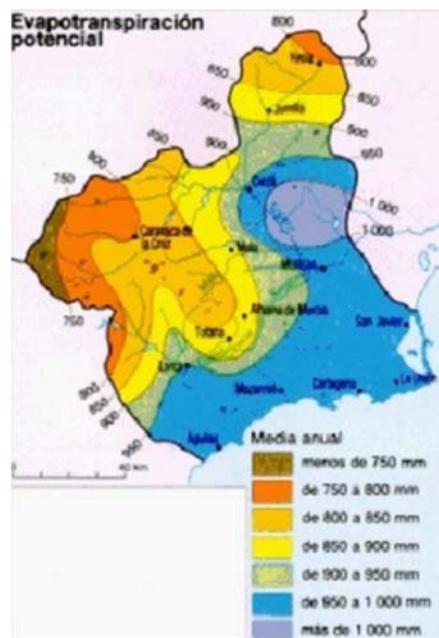


Figura 32: Evapotranspiración de la Región de Murcia

10.4.1.2.3 RÉGIMEN DE VIENTOS

El régimen de vientos de una zona se puede ver influido por las diferencias de presión que hay entre distintas zonas y por los factores orográficos como los edificios o el relieve.

En dicho proyecto no afecta directamente el régimen de viento, indirectamente afecta en el rendimiento ya que con grandes vientos de levante existe una mayor entrada de agua al mar menor por lo que encontramos mayores velocidades de flujo.

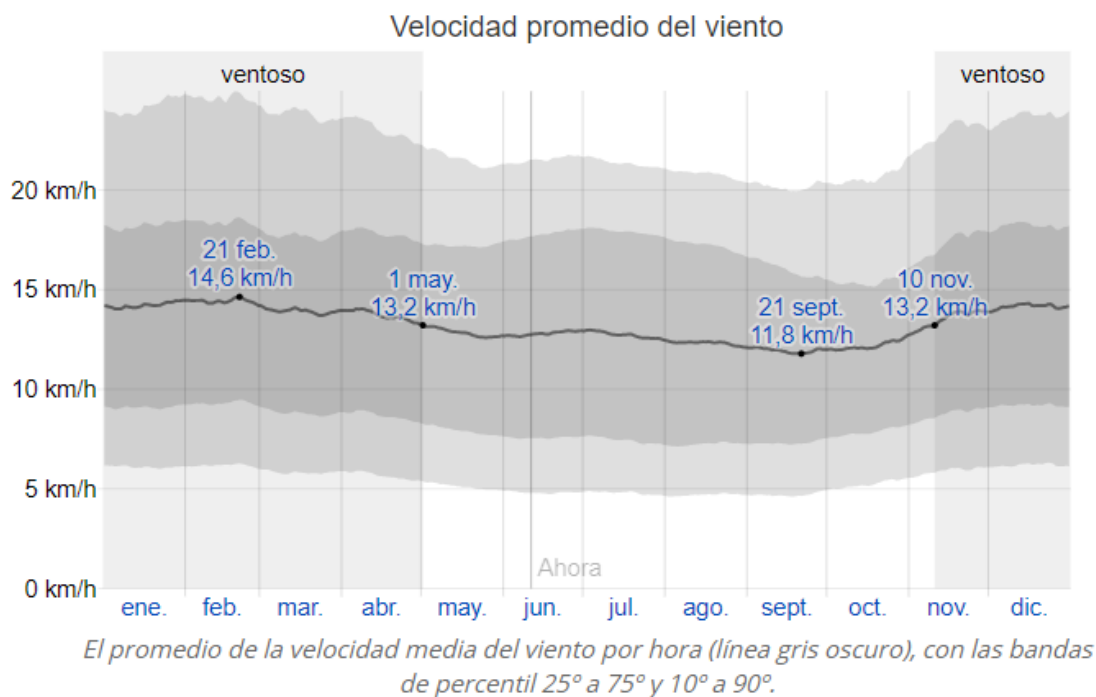


Figura 33: Velocidad promedio del viento en Murcia.[16]

La dirección predominante promedio por hora del viento en Murcia varía durante el año.

El viento con más frecuencia viene del oeste durante 1,3 semanas, del 3 de abril al 12 de abril, con un porcentaje máximo del 29 % en 8 de abril. El viento con más frecuencia viene del norte durante 2,6 semanas, del 12 de abril al 30 de abril y durante 5,7 meses, del 12 de octubre al 3 de abril, con un porcentaje máximo del 28 % en 21 de abril. El viento con más frecuencia viene del este durante 5,4 meses, del 30 de abril al 12 de octubre, con un porcentaje máximo del 52 % en 24 de julio.

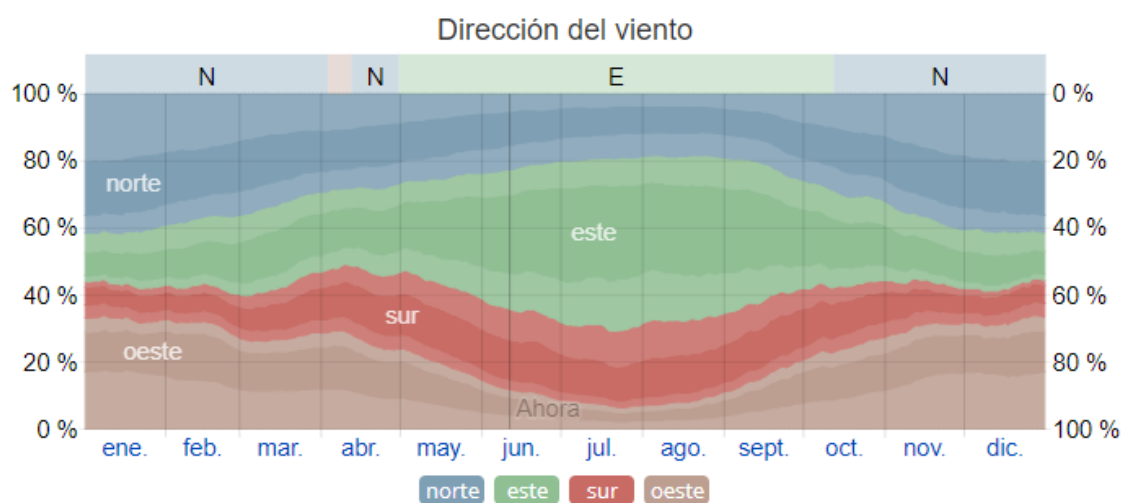


Figura 34: Dirección del viento en la Región de Murcia.

El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

10.4.1.2.4 TEMPERATURA DEL AGUA

Murcia se encuentra cerca de una masa grande de agua (Mar mediterráneo). Esta sección reporta la temperatura promedio de la superficie del agua de un área amplia.

La temperatura promedio del agua tiene variaciones estacionales *extremadas* durante el año.

La época del año cuando el agua está más caliente dura 2,7 meses, del 6 de julio al 28 de septiembre, con una temperatura promedio superior a 23 °C. El día del año cuando el agua está más caliente es el 14 de agosto, con una temperatura promedio de 26 °C.

La época del año cuando el *agua está* más fría dura 4,5 meses, del 12 de diciembre al 27 de abril, con una temperatura promedio inferior a 16 °C. El día del año cuando el agua está más fría es el 20 de febrero, con una temperatura promedio de 14 °C.

El agua del Mar Menor es agua superficial mediterránea que, por evaporación diferencial, presenta una mayor concentración en sales (entre 42,7 y 47 ups) respecto a la del Mediterráneo. Se presenta un gradiente de salinidad, de forma que la zona norte tiene menor salinidad que la sur. La apertura del canal de El Estacio aumentó la comunicación entre las masas de agua mediterránea y lagunar. El rango de temperaturas en la laguna oscila normalmente entre 10 y 30 grados, aunque las zonas ribereñas y la cubeta sur pueden alcanzar temperaturas más extremas.

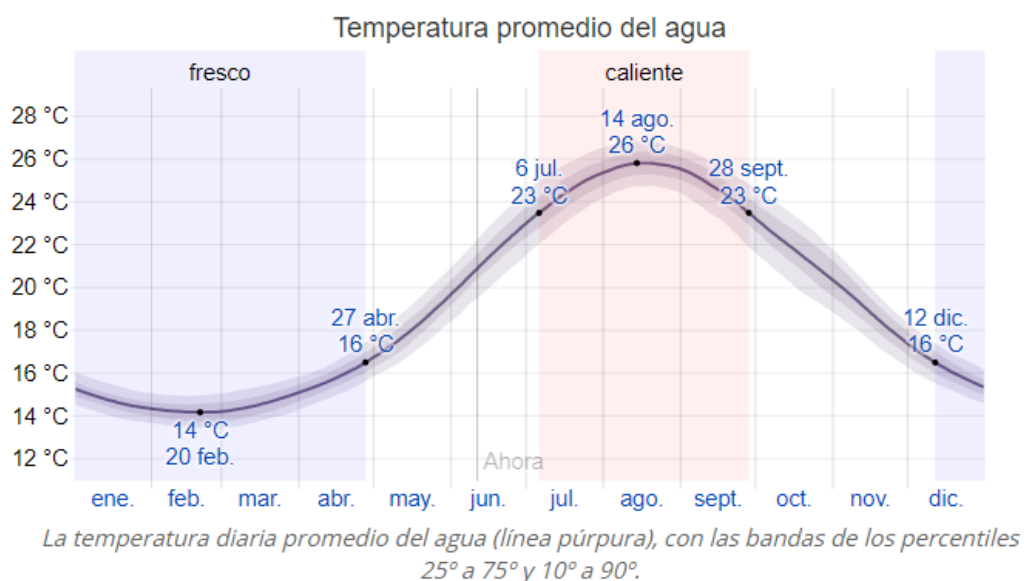


Figura 35: Temperatura del Agua del mar mediterráneo.

10.4.1.2.5.1 RELIEVE

El Campo de Cartagena es una región natural caracterizada por una amplia llanura litoral inclinada hacia el sureste y rodeada por diferentes elevaciones en su perímetro, existiendo en su interior tan sólo unos pequeños cerros o cabezos de escasa altitud (Romero y Belmonte, 2011). La topografía, por tanto, varía entre cotas a nivel del mar y un máximo de 1.065 metros de altitud localizado en la Sierra de Carrascoy (extremo noroccidental) .La cota no suele superar los 200 metros de altitud en la mayor parte del ámbito de estudio. En el extremo norte se producen una sucesión de sierras de oeste a este (Carrascoy, del Puerto, de la Cresta del Gallo, de Altaona y de Escalona). Al sur las elevaciones no suelen superar los 500 metros de altitud, destacando las sierras del Algarrobo, de la Muela, de Pelayo, de la Fausilla y Minera. En la zona interior, más llana, aparecen algunas elevaciones de 300 metros o menos denominados cabezos, como son Cabezo Gordo, Cabezos del Pericón, Cabezo de la Cruz o Cabezo Mingote.

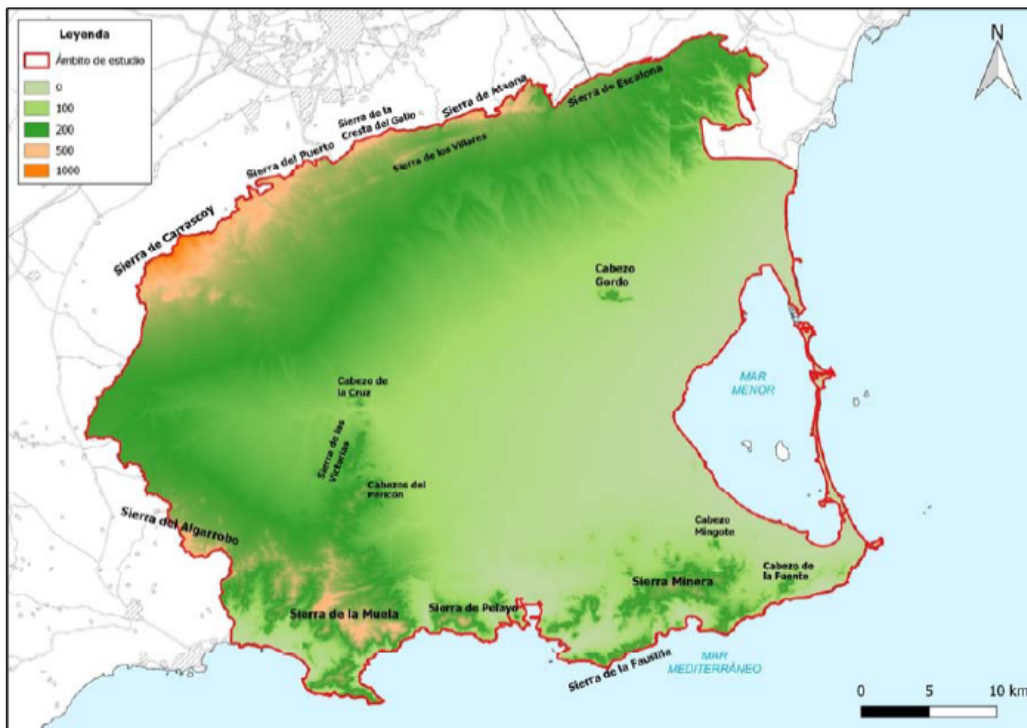


Figura 37: Modelo digital del terreno en el ámbito terrestre de estudio y principales elevaciones[19]

10.4.1.2.6 HIDROLOGÍA.

La cuenca vertiente al Mar Menor, que comprende el Campo de Cartagena y los piedemonte de las Sierras de Carrascoy y Cartagena, abarca algo más de 125.000 hectáreas. No tiene ningún curso fluvial de carácter permanente en régimen natural. La red de drenaje se compone de una serie de ramblas costeras, cuya actividad está directamente vinculada a las escasas, pero intensas lluvias torrenciales que superan con frecuencia los 100 mm/día. Conesa García (1990) clasifica las redes de drenaje en diferentes cuencas: cuencas nororientales, cuenca de la rambla del Ciprés-Campoy, cuenca de la rambla del Albuñón, cuencas meridionales vertientes al Mar Menor, cuencas costeras del área urbana de Cartagena y cuencas de las ramblas costeras occidentales.

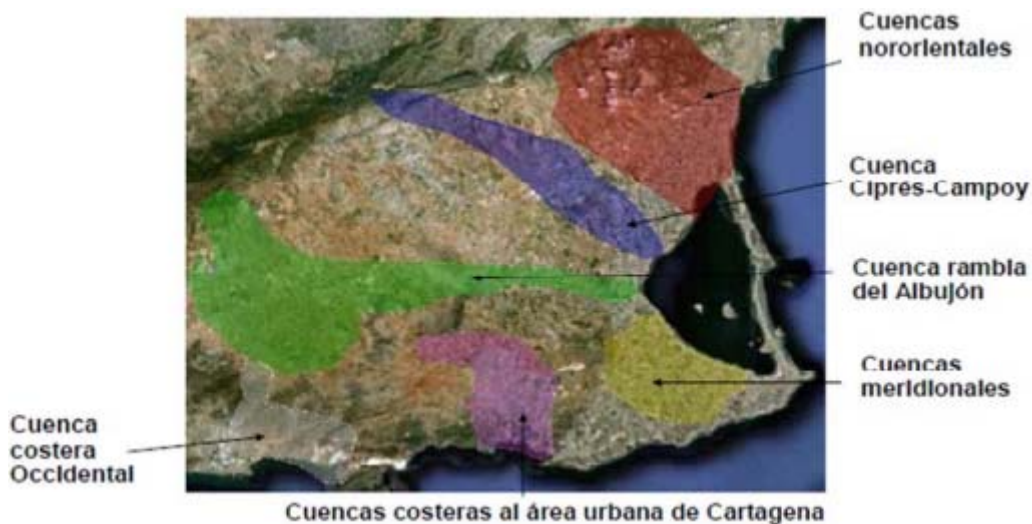


Figura 38: Distribución de las principales cuencas en el Campo de Cartagena[20]

Las principales ramblas que desembocan en el Mar Menor son las siguientes:

– Rambla del Albuñón. Abarca una superficie de cuenca de unos 700 km² y una longitud de 42,3 km, desde Fuente Álamo, hasta su desembocadura en el Mar Menor. Constituye la principal red de drenaje de la comarca del Campo de Cartagena. Geomorfológicamente la cuenca del Albuñón se caracteriza por presentar elevaciones moderadas. Las pendientes del terreno oscilan entre el 0,4 % próximo a la desembocadura, y el 5,8% en las zonas de cabecera.

– Rambla de Miranda. Desemboca al norte del Cabezo del Carmolí y tiene una longitud de 8 km aproximadamente.

– Rambla de El Beal. Es la rambla más importante de la vertiente meridional y principal responsable de la entrada superficial de metales pesados al Mar Menor, al drenar la Sierra minera de Cartagena-La Unión.

– Rambla de Ponce, de corto recorrido.

– Rambla de Carrasquilla, que desemboca entre Los Nietos y Punta Las Lomas.

En general, las ramblas de la cubeta sur del Mar Menor (Miranda, El Miedo, El Beal, Ponce y Carrasquilla), tienen en sus cauces elevadas concentraciones de metales pesados, consecuencia de la actividad minera, que se ejerció en la Sierra de Cartagena-La Unión hasta prácticamente los años 90 del pasado siglo. De este modo, las aguas de escorrentía en episodios de lluvias torrenciales, constituyen una potencial fuente de contaminación por metales pesados. El resto de las ramblas se caracteriza principalmente por aportes importantes de nutrientes (Nitratos y fosfatos principalmente), que son en gran medida los responsables del grave proceso de eutrofización que sufre el Mar Menor.

10.4.1.2.7 SALINIDAD Y FONDOS.

La salinidad de la laguna varía de 42-47 gr/l, frente a los 36-37 gr/l del mar Mediterráneo y la temperatura del agua de 12°C en invierno a 30°C en verano, aunque en las orillas se pueden alcanzar temperaturas más extremas..

Los fondos de la laguna son principalmente blandos (87 % fango, 10 % arena, 3 % roca), claramente fangosos en su parte central, más profunda, y arenosos en las partes más someras, principalmente en La Manga.

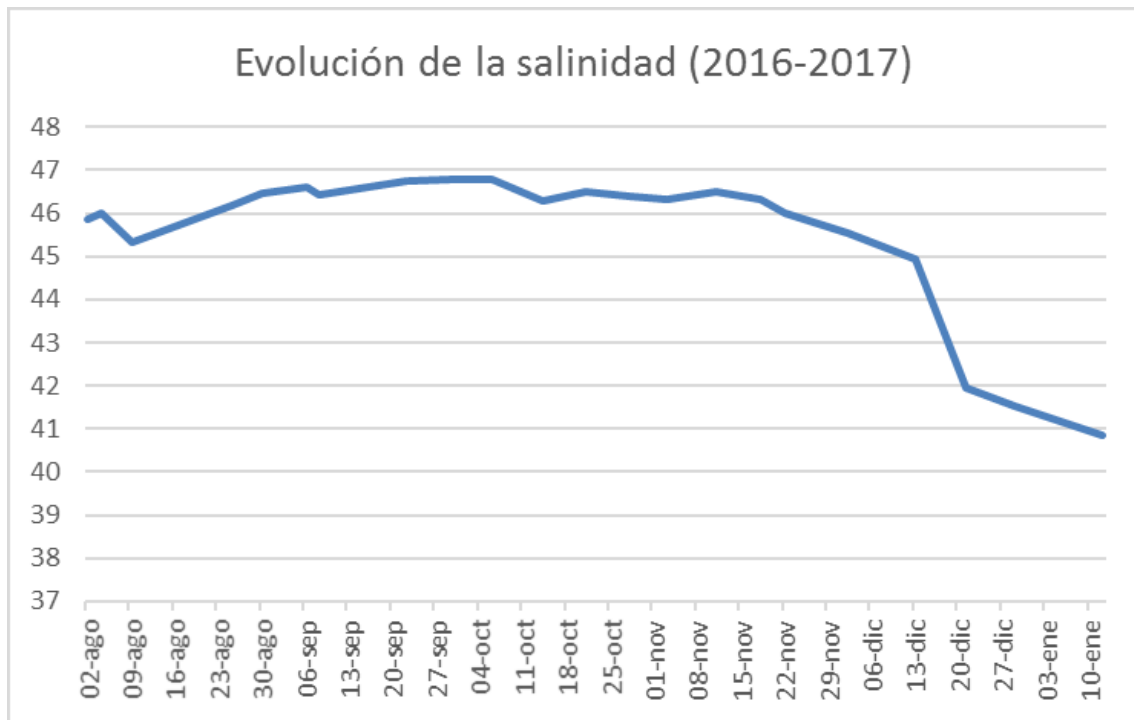


Figura 39: Salinidad año 2016-2017 [21]

Se muestra el cambio de concentración que se produjo en la salinidad de las aguas de Mar Menor a partir del 16 de diciembre, como consecuencia del aporte masivo de agua dulce que se recuperó en la cuenca del Campo de Cartagena y que desembocó en el Mar Menor (datos provenientes de las series temporales publicadas en Canal Mar Menor). Representa el cambio en la concentración de sal en el agua del Mar Menor, durante el período de agosto de 2016 a febrero de 2017. En diciembre de 2016 se produjeron lluvias intensas que provocaron una fuerte dilución de la salinidad del agua.

10.4.1.2.8 HIDRODINAMISMO

Los procesos de intercambio de masas de agua entre el Mar Menor y el Mediterráneo son de dos tipos: de origen marítimo (en el Mediterráneo) o de origen lagunar (en el Mar Menor). El de carácter marítimo se debe al forzamiento impuesto por la oscilación del nivel del mar, mientras el otro proviene de la incidencia del sistema atmósfera-sol sobre el Mar Menor, es decir, del ciclo de agua dulce lagunar, de modo que se fuerza un intercambio compensatorio con el Mediterráneo para equilibrar las variaciones del nivel del mar lagunar.

La Manga se ve interrumpida por tres golos que conforman sistemas de comunicación entre el Mar Menor y el Mediterráneo. Las corrientes que se generan a través de estos sistemas de comunicación entre mares son el vehículo soporte de los procesos de intercambio, principalmente a lo largo de El Estacio.

El viento genera las principales corrientes y el intercambio entre la laguna y el Mediterráneo. Las corrientes de entrada desde las golos de La Manga, se dirigen hacia el norte y giran en sentido antihorario. Las masas de agua que circulan paralelamente a la costa lo hacen en sentido N-S en la ribera occidental y de forma S-N en la oriental. A la altura de la isla Perdiguera se produce una bifurcación que desciende hacia el S paralela a la costa. Sin embargo, diversas actuaciones antrópicas provocan alteraciones en la dinámica litoral.

En las Encañizadas el nivel de agua sufre grandes oscilaciones dando como resultado una zona pseudomareal, poco frecuente en el Mediterráneo; su hidrodinámica natural ha sido modificada por las obras de acondicionamiento de los canales.

8.4.2 Medio biótico

Riqueza de especies de ámbito terrestre.

Para analizar la riqueza total de especies en el ámbito de estudio terrestre se ha contado con dos fuentes de información: bases de datos del Inventario Español de Especies Terrestres y Formularios Normalizados de Datos Natura 2000 presentes en la zona. Con esta información, se obtienen unos valores de riqueza diferentes según la fuente. En el caso del Inventario Español, para casi todos los taxones hay mayor número de especies a excepción de las aves y la flora vascular, donde la información de los Formularios es más completa. Los taxones con mayor número de especies serían precisamente las aves (209 especies) y la flora vascular (117 especies). Tomando el valor máximo de ambos inventarios, habría al menos en el ámbito de estudio un catálogo de 456 especies diferentes. Para el caso de la información existente en los Formularios Normalizados de Datos, en el Anexo I se indica el listado de especies y la catalogación según diferentes legislaciones, así como los espacios Red Natura donde aparece cada especie. Con la información del Inventario Español se ha representado los valores de riqueza (casi atribuible sólo a la fauna), donde la zona central correspondiente a la llanura del Campo de Cartagena tendría los valores más bajos.[22]

| Taxón | IEET | Red Natura |
|---------------|------------|------------|
| Mamíferos | 36 | 27 |
| Aves | 139 | 209 |
| Reptiles | 20 | 17 |
| Anfibios | 6 | 4 |
| Peces | 3 | 1 |
| Invertebrados | 65 | 0 |
| Flora | 5 | 117 |
| Total | 274 | 375 |

Tabla de fauna

8.4.2.1 Vegetación

La vegetación es uno de los aspectos más importantes a tratar en todos los estudios del medio físico, destacando la importancia de la misma por su relación con el resto de componentes bióticos y abióticos del medio que la rodea. La vegetación natural, ha sufrido siempre una serie de agresiones antrópicas que hace que en la actualidad apenas puedan encontrarse áreas naturales que las representen. Si se modifican las masas vegetales que existen en una zona, se produce la alteración del ecosistema al que perteneces, hay unos riesgos derivados, etc.

De los más de 2100 de especies y subespecies de la flora murciana, casi una quinta parte son endémicos de la Península Ibérica (aproximadamente 375), en el contexto del territorio más diverso de Europa. A ellos hay que sumar un elevado número de iberonorteafricanismo (aproximadamente 250), muchos de los cuales encuentran en nuestro territorio sus únicas localidades europeas, y un número importante de elementos terminales con óptimo en montañas más húmedas, incluso centroeuropeas, que tienen en Murcia el límite meridional de su distribución (aproximadamente 115)

Encontramos diferentes comunidades vegetales. Así, sobre los arenales de Lo Poyo, Las Amoladeras y el Carmolí crecen la azucena de mar y el cuernecillo de mar. En los saladares aparecen las salicornias, las sosas, las siemprevivas, los juncos y el taray. En la Marina del Carmolí se asienta una estepa salina de gran interés dominada por el albardín, junto con otras gramíneas y algunos ejemplares de taray. En los cabezos e islas aparecen diversas comunidades de matorrales mediterráneos adaptados a las elevadas temperaturas y escasas precipitaciones, con especies como el araar o sabina mora, el palmito, el arto, el cornical, el lentisco y diferentes especies de jara.

Una de las peculiaridades del mar interior es la vegetación que se asienta sobre los substratos blandos, esto es, fango y arenas. La mayor parte de ellos están cubiertos por praderas de clorofíceas, fanerógamas adaptadas a la vida marina.

El ámbito de estudio se circunscribe a la región biogeográfica mediterránea, y dentro de la misma a la Provincia Murciano-Almeriense. El piso bioclimático dominante es el termomediterráneo, caracterizado por presentar temperaturas medias anuales de entre 17-19 o C, una media de las mínimas del mes más frío de entre 4-10 o C y una media de

las máximas del mes más frío de entre 14-18 o C. Tan sólo una pequeña zona en la sierra de Carrascoy se encuentra en el piso mesomediterráneo.



Figura 40: Series de vegetación (Rivas Martínez) en el ámbito de estudio [23].

La llanura litoral del Campo de Cartagena se encuentra actualmente muy modificada en lo referente a la vegetación potencial anteriormente descrita, siendo mayoritarios los usos agrícolas y también importantes las superficies artificiales. Cultivos de regadío, de secano y zonas urbanas suponen casi las tres cuartas partes de la superficie del ámbito de estudio (74,2%). Las superficies ocupadas por la vegetación natural se encuentran dominadas por zonas de matorral (20,6% entre matorral y espartal), siendo muy escasas las formaciones arboladas (pinares un 2,9%) y con un 2,2% restante de otras formaciones (saladares, ramblas y márgenes de cauces, dunas). Geográficamente, las zonas arboladas se localizan en las sierras prelitorales y en pequeñas zonas de las sierras litorales. Los matorrales y espartales se localizan en cotas más bajas de las sierras prelitorales y casi en toda la extensión de las litorales, así como en pequeñas elevaciones dentro de la llanura del Campo de Cartagena (cabezos, cerros). También es la vegetación principal en todas las islas e islotes del ámbito marino. En entorno del Mar Menor, donde no hay superficies urbanizadas, se encuentra dominado por vegetación de saladares, restringiéndose las dunas a la zona de San Pedro del Pinatar.

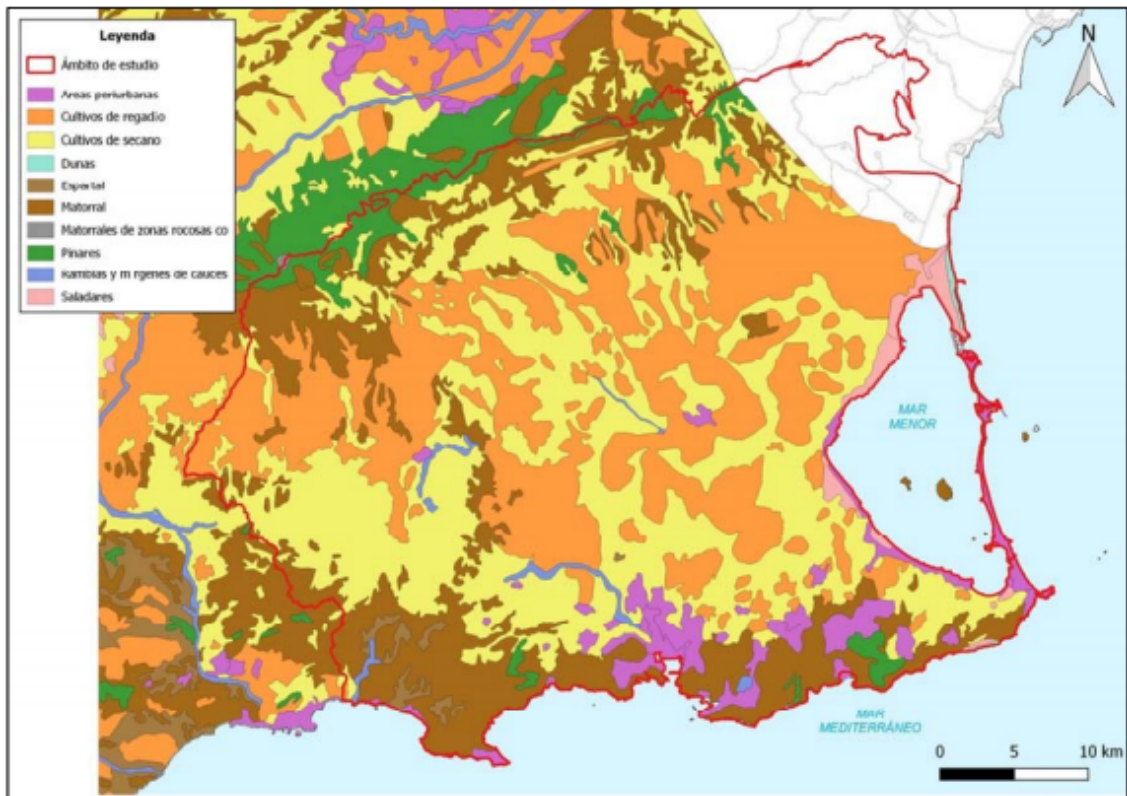


Figura 41: Mapa de vegetación actual en el ámbito de estudio [24]

Algunos ejemplos de vegetación típicos de la manga del Mar menor como:



Ammophila arenaria subsp.
arundinacea
Barrón
Familia: Gramíneas
Las Amoladeras



Asparagus macrorrhizus Pex
Espárrago marítimo
Familia: Liliáceas
Veneciola- La Manga



Asparagus macrorrhizus Pex
Espárrago marítimo
Familia: Liliáceas
Veneciola- La Manga

8.4.2.2 Fauna marina

Riqueza de especies

En el caso del ámbito de estudio marino, sólo se cuenta con la información de los Formularios Normalizados de Datos Natura 2000. La Tabla 22 refleja los valores de riqueza global, con un total de 285 especies diferentes. Los taxones con más número de especies también son las aves (179) y la flora (33).

| Taxón | Riqueza |
|---------------|------------|
| Mamíferos | 13 |
| Aves | 179 |
| Reptiles | 12 |
| Anfibios | 1 |
| Peces | 19 |
| Invertebrados | 27 |
| Flora | 33 |
| Total | 284 |

Tabla especies de la Región de Murcia.[25]

Especies protegidas y amenazadas: ámbito marino:

En los espacios Red Natura 2000 del ámbito marino de estudio se incluyen 58 especies dentro de los Anexos de la Directiva de Aves y Hábitats, la gran mayoría de especies son aves (53). Frente a las 9 especies registradas en el ámbito terrestre, en este caso hay 33 especies incluidas en el Anexo II del Convenio de Barcelona. 6 especies se consideran en peligro de extinción en el Catálogo Nacional y 3 en el regional.

Algunas de las especies más destacadas por su grado de protección y amenaza coinciden con el ámbito terrestre, como es el caso de los murciélagos *Myniopterus capaccinii* y *Myniopterus schreibersii*, las aves *Marmaronetta angustirostris*, *Botaurus stellaris* y *Ardeola ralloides*, el pez *Aphanius iberus* o la planta *Anthemis chrysantha*. Sin embargo, aparecen especies no citadas en medio terrestre como es el caso del delfín mular (*Tursiops truncatus*), presente en la ZEPA Islas Hormigas y los LIC Franja litoral sumergida de la Región de Murcia y Valles submarinos del escarpe de Mazarrón; la pardela balear (*Puffinus mauretanicus*), citada en las ZEPA Isla Grosa y Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos, el LIC Islas e islotes del litoral mediterráneo y el LIC/ZEPA Espacio marino de Cabo Roig; la tortuga boba (*Caretta caretta*), presente en la ZEPA Islas Hormigas el LIC Franja litoral sumergida de la Región de Murcia y la ZEC Valles submarinos del escarpe de Mazarrón; o la planta *Zostera noltii* (ZEPA Mar Menor y LIC Franja litoral sumergida de la Región de Murcia y Mar Menor).

10.4.2.2.1 PECES

Es fácil para ciertas especies de peces introducirse en el Mar Menor a través de las golgas y sobre todo a través del canal del Estacio pero no todas pueden sobrevivir en este hábitat debido, principalmente, a su menor profundidad, a la mayor salinidad y diferencia de temperatura de la laguna. En las aguas someras del Mar Menor se ha constatado la presencia de 45 especies de peces, pertenecientes a 30 géneros y 19 familias. La familia Sparidae es la más diversa seguida por Syngnathidae, Gobiidae y Mugilidae.

Mujil cephalus (mújol)



Mullus barbatus, Salmonete



Sparus aurata, Dorada



Salapia pavo



Callionymus pusillus
Dragoncillo de arena



Diplodus sargus
Sargo



10.4.2.2.2 CNIDARIOS.

Los cnidarios son un filo que agrupa alrededor de 10.000 especies. Dentro de este grupo se encuentran las medusas, los pólipos, las actinias y los corales.

En el Mar Menor abundan las anémonas *Aiptasia diaphana* y *Paranemonia cirenea*, pero sobre todo las medusas *Aurelia aurita* (única autóctona) y las que se introdujeron en los años 70 a raíz de la apertura del canal del Estacio: *Cotylorhiza tuberculata* y *Rizosthoma pulmo*.

Medusa aurelia aurita



10.4.2.2.3 CRUSTACEOS.

Los crustáceos son un extenso subfilo de artrópodos. Incluyen varios grupos de animales como las langostas, los camarones, los cangrejos, los langostinos, las bellotas de mar y los percebes.

En el Mar Menor es muy frecuente ver al pequeño cangrejo *Brachynotus sexdentatus* y ermitaños como *Diogenes pugilator* ocupando conchas vacías de moluscos gasterópodos pero la estrella es el famoso langostino marmenorense *Peneaus kerathurus* de hábitos nocturnos que pasa el día enterrado en la arena.[26]

Palaemon elegans,
Quisquilla



Red Natura 2000

En el ámbito de estudio existen 23 espacios integrados en la Red Natura 2000, tanto Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), Zonas de Especial Conservación para las Aves (ZEPA) o Zonas Especiales de Conservación (ZEC). Cabe mencionar que en algunos casos la figura LIC y ZEPA coincide en el mismo espacio (caso de ES0000175 o ES6200025) o bien que son diferentes pero gran parte del espacio se solapa (caso de ZEPA ES0000260 y LIC ES6200030; o ZEPA ES0000264 y LIC ES6200015). La gran mayoría de espacios se integra por completo en el área de estudio, a excepción de 7. En el ámbito terrestre hay 14 espacios Red Natura 2000 (se considera en este ámbito el LIC ES6200006, que si bien tiene parte de su extensión dentro del Mar Menor, se extiende también en la zona terrestre) y 9 marinos. Por tipologías, 15 espacios son LIC, 10 ZEPA y 1 ZEC (teniendo en cuenta que algunos espacios se consideran LIC y ZEPA a la vez). En los mapas 2.30 y 2.31 se representan espacialmente los espacios LIC/ZEC y los espacios ZEPA respectivamente.

| Código | Denominación | Tipo | Ámbito | Superficie (ha) | % inclusión |
|-----------|--|----------|--------------------|-----------------|-------------|
| ES0000175 | Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar | LIC/ZEPA | Terrestre y Marino | 829 | 100 |
| ES0000200 | Isla Grosa | ZEPA | Marino | 17 | 100 |
| ES0000256 | Islas Hormigas | ZEPA | Marino | 154 | 100 |
| ES0000260 | Mar Menor | ZEPA | Marino | 14.526 | 100 |
| ES0000264 | La Muela y Cabo Tiñoso | ZEPA | Terrestre | 10.938 | 100 |
| ES0000269 | Monte El Valle y Sierras de Altaona y Escalona | ZEPA | Terrestre | 14.814 | 45,7 |
| ES0000464 | Sierra de Escalona y dehesa de Campoamor | ZEPA | Terrestre | 10.407 | 60,3 |
| ES0000508 | Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos | ZEPA | Marino | 126.068 | 35,4 |
| ES5212012 | Sierra de Escalona y dehesa de Campoamor | LIC | Terrestre | 4.782 | 69,9 |
| ES6200001 | Calblanque, Monte de las Cenizas y Peña del Águila | LIC | Terrestre | 2.959 | 100 |
| ES6200002 | Carrascoy y El Valle | LIC | Terrestre | 11.833 | 36,9 |
| ES6200006 | Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor | LIC | Terrestre | 1.074 | 100 |
| ES6200007 | Islas e islotes del litoral mediterráneo | LIC | Marino | 39 | 100 |
| ES6200013 | Cabezo Gordo | LIC | Terrestre | 229 | 100 |
| ES6200015 | La Muela y Cabo Tiñoso | LIC | Terrestre | 7.886 | 100 |
| ES6200024 | Cabezo de Roldán | LIC | Terrestre | 1.269 | 100 |
| ES6200025 | Sierra de la Fausilla | LIC/ZEPA | Terrestre | 869 | 100 |
| ES6200029 | Franja litoral sumergida de la Región de Murcia | LIC | Marino | 13.468 | 100 |
| ES6200030 | Mar Menor | LIC | Terrestre y Marino | 13.446 | 100 |
| ES6200040 | Cabezos del Pericón | LIC | Terrestre | 494 | 100 |
| ES6200044 | Sierra de los Victorias | LIC | Terrestre | 209 | 100 |
| ES6200048 | Valles submarinos del escarpe de Mazarrón | ZEC | Marino | 154.082 | 11 |
| ESZZ16009 | Espacio marino de Cabo Roig | LIC/ZEPA | Marino | 4.686 | 60,0 |

Tabla: Espacios de la Red Natura 2000 en el ámbito de estudio.[24]

8.4.3 Medio socioeconómico

8.4.3.1 Demografía

La Manga del Mar Menor ha experimentado un elevado ascenso de su población, debido sobre todo al turismo, llegando en temporada de verano a los 200.000 habitantes, aunque la población censada es de apenas 17.000 habitantes. En el año 2014 por primera vez la población desciende y se encuentra por debajo de los 17.000 censados, concretamente con 16.818 habitantes.

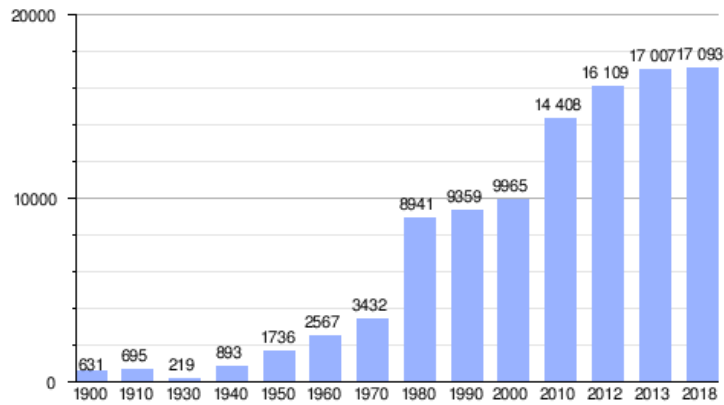


Figura 42: Habitantes en la Manga del Mar Menor según el año.

10.4.3.2 Medio perceptual

Con una clara diferenciación entre el interior de la unidad y la zona costera, en el primero de los casos se detecta una tendencia al mantenimiento de valores, destacando tan sólo el frecuente abandono de construcciones rurales tradicionales; sin embargo la dinámica cambia radicalmente al llegar al Mediterráneo con una fuerte presión urbanística en la zona de la manga, la edificación ocupa la estrecha franja existente entre el Mar Mediterráneo y el Mar Menor.



Figura 43: Evolución de la Manga del Mar Menor.

Vision del paisaje

La red viaria que atraviesa La Manga desde Cabo de Palos hasta Veneciola en la denominada Gran vía de Ma Manga , por el cual se puede ir observando cuando no existe una gran conglomeración urbanística a ambos lados los dos mares que separan la manga. Destaca la vision del paisaje costero desde el mirador de Monte Blanco desde el mismo podemos ver toda la manga, a demas de observar como se alterna el terreno de playas formada por arena blanca y una línea urbanística que llega hasta el final.

10.4.3.3 Medio socio-económico y cultural

El patrimonio cultural murciano está constituido por los bienes muebles e inmuebles de valor histórico, arquitectónico, paleontológico, arqueológico, artístico, etnológico, documental, científico, bibliográfico, técnico, o de cualquier otra naturaleza cultural, existentes en el territorio de la Región de Murcia o que, hallándose fuera de él, sean especialmente representativos de la historia y la cultura murciana. También forman parte del patrimonio cultural murciano los bienes inmateriales del patrimonio etnológico, tales como creaciones, conocimientos y prácticas de la cultura tradicional murciana.

La principal actividad económica es el turismo y los servicios asociados al mismo, además se trata de una actividad temporal ya que durante los meses de verano la población puede superar los 200.000 habitantes y sin embargo durante el resto del año no suele llegar a los 14.000. Se trata del destino turístico de la Región de Murcia en el que a pesar de existir un gran número de viviendas de segunda residencia el número de turistas extranjeros sobrepasa al de los procedentes de la Región.

Las actividades predominantes están relacionadas con las actividades de ocio existiendo una oferta considerable de actividades y deportes náuticos, destacando los de vela por las excelentes condiciones para su práctica que reúne el Mar Menor. Otras actividades muy solicitadas son el submarinismo o buceo y los balnearios terapéuticos. La gran biodiversidad que por las características de esta zona se concentra bajo el mar es un factor atrayente para los turistas. También se ofrece la mayor zona de lodoterapia al aire libre de Europa. Sus lodos se toman libremente en Las Charcas de las Salinas de San Pedro, en Lo Pagán. Respecto a la talasoterapia de las aguas del Mar Menor contienen mucha sal y son ricas en minerales, y son muy eficaces para combatir todo tipo de patologías relacionadas con las articulaciones.

Además al disponer de un clima cálido se pueden visitar sus numerosas y largas playas en diversos periodos vacacionales.

La oferta de hoteles de todas las categorías y de innumerables restaurantes convierte a la hostelería en su principal área de servicios. Pero también las galerías comerciales y mercadillos, tiendas, ferreterías, náuticas y todo tipo de comercio relacionado con la práctica de deportes náuticos, además de los chiringuitos y discotecas a pie de playa, todo se ofrecen como un atractivo que añadir.

La gastronomía también es un aspecto importante de la economía ya que atrae a los turistas. Los platos típicos que podemos encontrar en La Manga son el caldero típico del Mar Menor, el "mojete murciano", los michirones y las carnes "al ajo cabañil". En los pescados destacan la dorada y el mújol. La calidad de la fruta, las verduras y hortalizas de la huerta de Murcia y el Campo de Cartagena también prestan un saludable toque de color a los platos.[27]

8.5 Identificación de impactos ambientales.

A continuación, se identifican los impactos previsible originados por las acciones del Proyecto de Construcción de la estación de carga sobre los factores ambientales de la zona en cuestión. Para ello se ha procedido inicialmente a la identificación de las características del medio físico, biótico, perceptual y socioeconómico; y a continuación se ha realizado un análisis de las afecciones que el cambio de uso en el territorio podría provocar sobre las peculiaridades específicas de los diversos factores y/o recursos ambientales, así como de los sociales, culturales y económicos.

8.5.1 Matriz de identificación de impactos.

Como metodología utilizada para identificar los efectos notables, y a partir de estos los impactos más destacables, se decide usar una matriz simple de interacción (causa-efecto).

El proceso a seguir para su desarrollo se basa en la enumeración de todas las acciones y los factores ambientales, identificando así los impactos como interacción de una acción sobre un factor ambiental.

Color **Rojo** indica que se trata de un impacto negativo y el color **Verde** un impacto positivo.

| FACTORES AMBIENTALES | MEDIO FISICO | MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL | MEDIO INERTE | | MEDIO BIÓTICO | | M. PERCEPTUAL | | M. NUCLEOS URBANOS | | MEDIO ECONÓMICO | | ACCIONES DEL PROYECTO | | |
|----------------------|--------------|---------------------------------|--------------|-------|---------------|--------|---------------|-------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---|
| | | | MEDIO INERTE | | MEDIO BIÓTICO | | M. PERCEPTUAL | | M. NUCLEOS URBANOS | | MEDIO ECONÓMICO | | ACCIONES DEL PROYECTO | | |
| | | | MEDIO INERTE | | MEDIO BIÓTICO | | M. PERCEPTUAL | | M. NUCLEOS URBANOS | | MEDIO ECONÓMICO | | ACCIONES DEL PROYECTO | | |
| | | | AIRE | CLIMA | AGUA | TIERRA | FLORA | FAUNA | PAISAJE | INFRAESTRUCTURA | ECONOMIA | ACCIONES DEL PROYECTO | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | FASE DE CONSTRUCCIÓN | Circulacion de vehiculos y maquinaria |
| | | | | | | | | | | | | | | | Reforzamiento ,compactación de firmes y cimentaciones |
| | | | | | | | | | | | | | | | Construccion de pilotes |
| | | | | | | | | | | | | | | | Generacion de puestos de trabajo |
| | | | | | | | | | | | | | | | Insalación de cerchas |
| | | | | | | | | | | | | | | | Explanacion |
| | | | | | | | | | | | | | | | Proteccion ante residuos |
| | | | | | | | | | | | | | | | Trafico de vehiculos y bicis |
| | | | | | | | | | | | | | | | Funcionamieno de la turbina hidrocinetica |
| | | | | | | | | | | | | | | | Trabajo de mantenimiento |
| | | | | | | | | | | | | | | | Aumento de accesibilidad y presencia humana |
| | | | | | | | | | | | | | | | Generacion de puestos de trabajo |
| | | | | | | | | | | | | | | | Generación de puestos de trabajo |
| | | | | | | | | | | | | | | | Desmontaje de equipamientos |
| | | | | | | | | | | | | | | | Traslado de materiales a estacion de reciclaje |
| | | | | | | | | | | | | | | | Operaciones de recuperacion del entorno |

Figura 44: Matriz de identificación de impactos.

8.5.2 Análisis de la matriz Conesa (causa-efecto).

Valoración de la matriz causa-efecto :

Una vez se han identificado los impactos, se ha confeccionado la matriz causa-efecto, y se han descrito cada uno de los diferentes impactos identificados, se procede a valorar las diferentes características de los impactos producidos mediante una serie de indicadores de valoración. Para cada impacto se señala si es positivo o negativo para el medio, su grado de intensidad, su extensión, si es susceptible de actuar junto con otros impactos modificando sus efectos, si es permanente o temporal, reversible o irreversible y si ofrece la posibilidad de aplicar medidas correctoras.

Del análisis de la matriz causa-efecto para nuestra estación de carga se deduce que ningún impacto es crítico o irreversible y las principales acciones que provocan un mayor número de interacciones sobre el medio se encuentran en la fase de construcción especialmente la construcción de los pilotes explanación e instalación de cerchas así como son el transporte de materiales (incluyendo el tráfico de maquinaria) y la instalación de la turbina en el medio marino.

Luego, los **factores del medio** que sufren más interacciones son la tierra ,fauna y flora.

Durante la **fase de construcción** se producen impactos positivos sobre la población y sobre los sectores económicos, debido al consumo de recursos y la mano de obra que se necesita para hacer todas las actuaciones. Gracias a esta necesidad de mano de obra y recursos, se generan puestos de trabajo y se produce un movimiento de la economía de la zona.

Ahora bien, hay que destacar que en la **fase de explotación**, tenemos efectos positivos significativos, debido a que se genera empleo y se mueve la actividad económica.

En la **fase de abandono** tenemos que las acciones son positivas para todos los factores debido a la retirada de toda la infraestructura, tanto del medio físico como del medio socioeconómico y cultural.

Importancia del impacto.

| | |
|---|---|
| NATURALEZA - Impacto beneficioso + - Impacto pedudicial - | INTENSIDAD (I) (Grado de Destrucción) - Baja 1 - Media 2 - Alta 4 - Muy alta 8 - Total 12 |
| EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia) - Puntual 1 - Parcial 2 - Extenso 4 - Total 8 - Crítica (+4) | MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación) - Largo plazo 1 - Medio plazo 2 - Inmediato 4 - Crítico (+4) |
| PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto) - Fugaz 1 - Temporal 2 - Permanente 4 | REVERSIBILIDAD (RV) - Corto Plazo 1 - Medio Plazo 2 - Irreversible 4 |
| SINERGIA (SI) (Potenciación de la manifestación) - Sin sinergismo (simple) 1 - Sinérgico 2 - Muy sinérgico 4 | ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo) - Simple 1 - Acumulativo 4 |
| EFEECTO (EF) (Relación causa-efecto) - Indirecto (secundario) 1 - Directo 4 | PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación) - Irregular o aperiódico y discontinuo 1 - Periódico 2 - Continuo 4 |
| RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos) - Recuperable inmediato 1 - Recuperable medio plazo 2 - Mitigable y/o compensable 4 - Irrecuperable 8 | IMPORTANCIA (I) $I = \pm (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MCI)$ |

Figura 46: indicadores de valoración del método Conesa.[28]

8.6 Medidas preventivas, correctoras y compensatorias.

En este apartado se proponen todas las medidas preventivas, correctoras y compensatorias para atenuar, controlar y restaurar los impactos negativos significativos que se han detectado en el proyecto.

La implantación de estas medidas debe acompañar siempre al desarrollo del proyecto, para asegurar el uso sostenible del territorio afectado por la ejecución y puesta en marcha del mismo. Esto incluye tanto los aspectos que hacen referencia a la integridad del medio natural y la protección ambiental, como aquellos que aseguran una adecuada calidad de vida para la comunidad implicada.

La corrección de los efectos ambientales negativos derivados de un proyecto de estas características debe basarse perfectamente en la prevención y no en el tratamiento posterior de los mismos. Esto se justifica por razones ambientales y económicas, pues el coste de los tratamientos suele ser muy superior al de las medidas preventivas. No obstante, debe considerarse la posibilidad de que el impacto se produzca inevitablemente y sea necesario minimizarlo, corregirlo o compensarlo.

Dichas medidas han sido descritas en el proyecto con el objeto de asegurar la mejor adecuación ambiental del mismo.

8.6.1 Tipos de medidas preventivas-correctoras a adoptar.

Como resultado del análisis de impactos antes efectuado, se necesitan las siguientes medidas correctoras:

A)FASE DE INSTALACIÓN

- Prospección y señalización previas (especies vegetales de interés, elementos del patrimonio próximos, etc.).
- Medidas de carácter paisajístico.
- Medidas de carácter general durante las obras.
- Medidas de vigilancia ambiental durante las obras.
- Medidas de control de sólidos en suspensión en aguas durante las obras.
- Medidas de restauración y revegetación.

B)FASE DE FUNCIONAMIENTO

- Medidas de vigilancia ambiental durante la producción de energía.
- Corrección de turbina conflictiva.
- Desmantelamiento final de instalaciones y restauración de superficies abandonadas.

A continuación, se explican detalladamente las distintas medidas a aplicar, separándose en dos bloques las correspondientes a la fase de instalación y las de la fase de explotación, así como las medidas preventivas sobre el aire y agua.

A) MEDIDAS PREVENTIVAS-CORRECTORAS DURANTE LA INSTALACIÓN

PROSPECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN PREVIAS

Deberá realizarse, con el asesoramiento de técnicos en la materia, un replanteo en campo y ajuste previo de la localización de infraestructuras, que será recogido en el

replanteo definitivo, de modo que se minimicen las afecciones al medio natural y se eviten afecciones al patrimonio. En estos replanteos de campo se localizarán los elementos de interés, abordándose su señalización, que deberá llevarse a cabo al inicio de las obras.

Para garantizar el cumplimiento de lo antedicho se utilizará el siguiente PROGRAMA DE TRABAJO:

- Para minimizar los efectos de las obras , el programa de trabajo relativo a la ejecución del proyecto deberá diseñarse siempre según este orden:

1º- Replanteos previos y estaquillado: Como se trata de unas estructuras previamente diseñadas y fabricadas, se realiza la señalización de las zapatas de la estructura y de los apoyos de la turbina.

2º- Análisis de condicionantes ambientales: se realizará conjuntamente con el análisis del resto de condicionantes previos a la obra por parte de personal especializado adscrito a la dirección de obra. Se incluye en general el análisis de:

- Condicionantes de carácter naturalístico (prospecciones de vegetación de interés, roquedos u otras formaciones a respetar, etc.)
- Condicionantes del patrimonio (presencia de patrimonio protegido, inventariado , o simplemente conocido)

3º- Replanteo definitivo (en su caso): introduciendo de ser necesario los cambios obligados por los condicionantes detectados.

4º- Vallado y señalización: se señalarán por parte del contratista las zonas o estructuras a proteger, vallándose de ser necesario. Se deberán respetar las siguientes especificaciones:

- Los postes de vallados y señalizaciones que se encuentren en terreno natural deberán ser de madera.
- Antes del comienzo de la obra, por zonas, se deberán instalar las señales y paneles informativos que indique la Dirección de Obra con respecto al Medio Ambiente, como necesidades de limpieza, uso de contenedores, respeto al entorno, carácter de la zona, etc.

5º- Entrada de maquinaria: Una vez haya entrado la maquinaria, y en cuanto se prevea se vayan a generar residuos con destino a vertedero, deberán instalarse contenedores de forma previa a su generación.

MEDIDAS DE CARÁCTER PAISAJÍSTICO

De cara a salvaguardar en la medida de lo posible las características intrínsecas, se habilitarán una serie de medidas que ayuden a camuflar algunos elementos de origen antrópico que se introducen en el área. Estas medidas se indican a continuación:

- Uso de firme en los caminos internos de similar color que el entorno.
- Se usarán hitos de señalización de la línea, cuando sea necesario, acordes con el entorno, no utilizándose elementos metálicos, o colores llamativos.

- Durante la excavación del terreno para las cimentaciones, se aprovechará la orografía para ocultar el pedestal de hormigón de forma que no sobresalga del suelo más de 20 cm, sobre-excavándose de ser necesario, y si el drenaje del terreno lo permite, para evitar la sub-presión.

MEDIDAS DE CARÁCTER GENERAL DURANTE LAS OBRAS DE INSTALACIÓN

Durante las obras deberán contemplarse unas buenas prácticas que se pueden resumir en:

- Replanteo en función de aspectos naturalísticos y patrimoniales de cara a proteger estos elementos como se ha indicado anteriormente, reduciendo las superficies de actuación al máximo, en especial las plataformas de montaje y la adecuación de la pista de acceso y los caminos interiores siempre que la pendiente y condiciones del terreno lo permitan.
- Se cuidará que la ocupación de terrenos sea la mínima e imprescindible, realizándose los acopios de materiales en aquellas superficies que se verán afectadas necesariamente, como accesos y plataformas, o en aquellas que se acondicionen específicamente para este fin, siendo entonces objeto de recuperación y/o restauración.
- Se deberá garantizar que los aceites usados y los demás residuos procedentes de la instalación, ya sea durante la fase de obra de la maquinaria, como durante la fase de funcionamiento de la propia turbina sean recogidos y gestionados de acuerdo a lo dispuesto en la normativa vigente.
- La limpieza de camiones hormigonera se realizará en zonas establecidas al efecto, que formarán parte, posteriormente de las superficies a restaurar.
- Se controlará que la ejecución de las obras se efectúe dentro del área mínima indispensable para la realización del proyecto. Se restringirá al máximo la circulación de maquinaria y vehículos fuera de las pistas, caminos habilitados para tal fin y áreas de aparcamiento.

MEDIDAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL DURANTE LAS OBRAS

En la fase de instalación deben arbitrarse las medidas que se indican en el Plan de Vigilancia de cara a evitar afecciones a las aguas, la fauna y la vegetación, minimizar los impactos inherentes a las obras.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN DURANTE LAS OBRAS

En caso de detectarse escorrentías con arrastre significativo de sólidos hacia el canal del Estacio o carretera abajo deberán arbitrarse medidas de corrección en las obras. A este respecto se considera suficiente la realización de pequeñas balsas de decantación y zanjas drenantes en cotas inferiores a las obras que causen la afección. Su localización y diseño deberá proyectarse de acuerdo con la dirección de obra en el transcurso de ésta.

MEDIDAS DE RESTAURACIÓN Y REVEGETACIÓN

Se refieren a las superficies afectadas cuya ocupación no sea necesaria durante la fase de funcionamiento. En la estación de carga se trataría de plataformas, bordes de caminos y parte superior de la zanja de evacuación de energía cuando discurra por terreno natural.

En todos los casos, el tratamiento será de reposición, de forma que las superficies afectadas queden del modo más similar posible a como se encontraban antes de la realización del proyecto.

Posteriormente a la excavación del terreno de cobertura se deberá acopiar adecuadamente la tierra vegetal, separada del resto del material extraído, para su posterior reposición final en las superficies alteradas.

Una vez finalizada la remodelación del terreno se procederá a su revegetación. En principio se utilizará el método de hidrosiembra en todas las superficies afectadas, entre las características que reúnen estas especies replantadas, está la no excesiva perdurabilidad, de modo que finalmente puedan ser sustituidas por las especies propias del lugar.

Mezcla a sembrar:

Lentisco(*Pistacia lentiscus*)

Ciprés(*Tetraclinis articulata*)

Esparraguera del Mar Menor (*Asparagus macrorrhizus*)

Jara de Cartagena (*Cistus heterophyllus*)

B)MEDIDAS PREVENTIVAS-CORRECTORAS DURANTE EL FUNCIONAMIENTO:

MEDIDAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL DURANTE LA EXPLOTACIÓN

Durante la fase de explotación debe seguirse el Plan de Vigilancia que se indica más adelante, de cara a garantizar el buen desarrollo de las restauraciones y revegetaciones efectuadas y controlar las posibles colisiones de peces con la turbina hidrocinetica e impedir que la existencia de material orgánico e inorgánico obstruya dichas hélices.

CORRECCIÓN DE TURBINA

En el caso de que durante las labores de vigilancia de la fase de generación se detecte la existencia de algún problema en la turbina especialmente conflictivo, en lo que se refiere a muertes de peces por colisión, deberán tomarse medidas para minimizar la afección.

La conflictividad de la turbina vendrá determinada tanto por el número de colisiones y sus resultados como por las especies orníticas afectadas, de acuerdo a los resultados del Plan de Vigilancia y las indicaciones de la autoridad medioambiental al respecto.

En cuanto a los sistemas de corrección, existe la posibilidad de modificar la estructura acuática poniendo una malla metálica que filtre el agua y separe los peces y el material inerte que pueda obstaculizar la turbina.

IMPLANTACIÓN DE PARADAS DE SEGURIDAD

Deberá estudiarse la importancia de las condiciones climatológicas (corrientes y mareas) en las colisiones. Como en el caso anterior, la importancia de la afección y la necesidad o no de realizar paradas de seguridad y en qué condiciones, vendrá determinada tanto por el número y resultados de las colisiones como por las especies orníticas afectadas, de acuerdo a los resultados del Plan de Vigilancia y las indicaciones de la autoridad medioambiental al respecto.

8.6.2. De impactos en la atmósfera.

Sobre la calidad del aire

Las medidas preventivas durante la fase de construcción y abandono a adoptar serán las siguientes:

- Las tareas de limpieza de terreno y reconstrucción del enclave se llevarán a cabo, en la medida de lo posible, en días en que la fuerza del viento no implique un alto riesgo de suspensión de materiales.
- Se optimizará el uso de los vehículos permitiendo el máximo ahorro de combustibles que resulte operativamente posible con el objetivo de reducir los costes ambientales en cada actividad que los involucre.
- Se procederá a la revisión periódica de todos los motores de combustión interna empleados en obra con el fin de asegurar que se cumplan los límites de emisión de contaminantes previstos en la legislación.

Producción de ruidos

Las medidas preventivas durante la fase de construcción y abandono a adoptar serán las siguientes:

- Previamente al inicio de esta fase se temporalizarán las obras de forma adecuada, proyectando las actuaciones más ruidosas de forma que no coincidan en el tiempo.
- Si se hace necesario instalar algún grupo electrógeno, éste deberá estar dotado de sistema de insonorización.
- Se efectuará un mantenimiento programado del grupo electrógeno de acuerdo a las previsiones del fabricante.
- La maquinaria empleada se ajustará a lo establecido en el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre, disponiendo de marcado CE.
- Se desarrollará un mantenimiento adecuado de la maquinaria, lo cual eliminará los ruidos de elementos desajustados o desgastados.
- Los niveles sonoros durante el día, salvo en operaciones especiales de muy corta duración, deberán ser inferiores a 65 dB(A), medidos a 250 m. fuera del perímetro y a sotavento. En la noche, salvo situaciones de emergencia, no habrá actividades que sean susceptibles de incrementar el nivel sonoro por encima de los 45 dB(A) a esa misma distancia.

Las medidas preventivas durante la fase de funcionamiento a adoptar serán las siguientes:

- Se llevará a cabo un control de los niveles acústicos en las inmediaciones de la estación así como en las principales urbanizaciones y casas situadas a menos de 200m para comprobar que los niveles establecidos en la modelación acústica no

se superan durante el día o la noche. Para ello se aplicarán las directrices establecidas en el Plan de Vigilancia Ambiental.

Sobre el nivel lumínico

- Se utilizarán sistemas de iluminación que no proyecten la radiación directa fuera del ámbito del proyecto, en particular sobre las formaciones vegetales, sobre los núcleos o carreteras.
- Para el diseño de las instalaciones de alumbrado exterior se tratará de seguir las recomendaciones de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) y la "Guía de señalamiento e iluminación de turbinas y parques eólicos" de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

8.6.3. De impactos en el agua.

Las medidas preventivas durante la fase de construcción y abandono a adoptar serán las siguientes:

- El diseño de los trabajos se hará de modo que no supongan riesgo de alcance del cauce del canal del Estacio de materiales en suspensión, escombros, etc.
- En caso necesario se colocarán barreras flotantes que intercepten los vertidos al mar.
- Se reservará espacios controlados y aislados de almacenamiento de sustancias peligrosas y residuos de obra, así como el transporte de estas mercancías a su debida estación de reciclaje.



Figura 47: Barrera de cerco[29]

8.7-Documento de Síntesis.

Se proyecta la construcción de una estación de carga de bicicletas con la incorporación de una turbina hidrocínética de potencia instalada total de 5 Kw en el canal del Estacio de La Manga, en el término municipal de San Javier, al sureste de la Región de Murcia.

Se realiza el presente avance de estudio de impacto ambiental, ya que al ser un proyecto de pocas dimensiones y una producción pequeña de energía no es imprescindible un estudio de impacto ambiental por ello para conocer cuál sería la incidencia ambiental de la actuación e introducir las modificaciones en el proyecto y medidas correctoras que se consideren necesarias en cada una de sus fases, para conseguir que aquella sea la menor posible debido al estado del mar menor.

A través del análisis realizado para determinar los impactos ambientales que causará el Proyecto de una turbina hidrocínética en el canal del Estacio de la Manga del Mar Menor estos son mitigables, temporales y factibles de restaurar el medio ambiente afectado por el proyecto ya que ninguno es crítico y son mínimos los impactos sobre el medio. Siendo la fase de instalación y la propia turbina en funcionamiento la que mayor conflicto pueda ocasionar a la hora de generar algún impacto sobre el medio ya que al colocarse en el medio marino puede afectar a alguna especie de paso por el canal.

Con las medidas de mitigación que se proponen aplicar se garantiza la disminución de impactos residuales, unidos a los importantes impactos positivos. Por todas estas razones se considera que el Proyecto de la instalación de una estación de carga suministrada energéticamente por una turbina Hidrocinetica instalada en el canal del Estacio de la Manga del mar Menor, es viable en su totalidad considerando las medidas de mitigación y la aplicación del Plan de Gestión Ambiental.

9 BIBLIOGRAFIA:

Fuente 1:<http://yumurtaliekmek.com/medcezir-gelgit-nedir>

Fuente 2:<https://educacion.uncomo.com/articulo/que-son-las-mareas-y-por-que-se-producen-49384.html>

Fuente 3: M.M. Aller. Diario de Ávila, 29 de mayo de 2006.

Fuente 4: <https://www.greenfacts.org/es/energia-mareomotriz/index.htm> (10-5-2019)

Fuente 5: (pfernandez.es)

Fuente 6: Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. M.J. Khan, G. Bhuyan, M.T. Iqbal, J.E. Quaicoe

Fuente 7:<https://www.smart-hydro.de/renewable-energy-systems/hydrokinetic-turbines-river-canal/#monofloat>

Fuente 8: "Fluid Mechanics", de White, F., 2003, Boston, USA: McGraw-Hill Book Company .

Fuente 9: Gorlov, Alexander. Helical turbine and fish safety. [08 de 2010.]
<http://www.maintidalpower.com/files/gorlovrevised.pdf>

Fuente 10: Universidad de Utah titulada Libro: "Optimization of helical turbine in low head applications"

Fuente 11: Airfoil tools. NACA 4 digit airfoil generator . Airfoil tools.
<http://airfoiltools.com/airfoil/naca4digit>

Fuente 12: <https://www.europapress.es/>

Fuente 13: (nergiza.com)

Fuente 14: <https://autosolar.es/>

Fuente 15: <https://comparadorluz.com/tarifas/precio-kwh>

Fuente 16:<https://www.20minutos.es/noticia/3467593/0/que-es-gota-fria/>

Fuente 167:<https://es.weatherspark.com/y/40195/Clima-promedio-en-Murcia-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Fuente 18: <https://www.atlasdemurcia.com/index.php/secciones/3/la-geologia/>

(Fuente 19: IGN, 201)

(Fuente 20: Conesa García, 1990, adaptado por Zaplana Celdrán, 2010).

fuentes 21: Ramon Fernandez-Pinilla.

Fuente 22: MAPAMA (2012) y Formularios Normalizados de Datos Natura 2000.

(Fuente 23: MAPAMA, 1987).

(Fuente 24: CARM, 2017). . (https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/eia_tomoi_tcm30-489386.pdf)

Fuente 25: Formularios Normalizados de Datos Natura 2000.

Fuente 26:(<http://www.marmenormarmayor.es/mar-menor/fauna-marina-mar-menor/>)

Fuente 27:https://es.wikipedia.org/wiki/La_Manga_del_Mar_Menor

Fuente 28:<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/119420/texact.htm>

Fuente 29:<https://www.conterol.es/es/barreras-de-contencion/barreras-fence-cerco-plano-650-mm.html>

Fuente 30: Diseño de una turbina para una pico central hidroeléctrica para las condiciones del río Vaupés en Mitú. Edison Ferney Abril Romero Bogotá, 2016.

Fuente 31: <https://www.miteco.gob.es/es/>

