



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LAS  
MAREAS Y SU POSIBLE DESARROLLO EN CHILE**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**JORDI SEBASTIÁN DAGÀ KUNZE**

**PROFESOR GUÍA:**

**RODOLFO BENNEWITZ BASTIAN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:**

**JOSÉ RUTLLANT COSTA**

**HORACIO MERY MERY**

**SANTIAGO DE CHILE**

**2008**

## Resumen

Utilizar fuentes de energía renovable es el desafío para el mundo civilizado del siglo XXI. Una fuente que ha sido poco explorada en Chile es la energía mareomotriz. Esta fuente depende de factores como el efecto gravitacional de la luna y el sol, fuentes que están aseguradas por muchos millones de años más. Además, las energías no renovables se están encareciendo cada día más, por lo que se espera que algún día estas nuevas fuentes de energías sean rentables. Por esto es importante estudiar el recurso de las mareas en nuestro país, y prepararse para cuando eso suceda.

En este estudio se investiga acerca del fenómeno de las mareas y se estudia este recurso en Chile, haciendo así un diagnóstico del potencial mareomotriz que existe en este país. Además se analizan los lugares más propicios para el desarrollo de las diversas formas de explotar este recurso en Chile.

Se exponen distintas tecnologías para aprovechar el potencial energético de las mareas, tanto las que aprovechan su energía potencial como las que utilizan la energía cinética generada por las corrientes de mareas. Se pone especial énfasis en esta última debido a que es una forma ambientalmente muy favorable de obtener electricidad.

Para analizar la factibilidad económica de la explotación energética de este recurso se estudia la eficiencia energética de las distintas tecnologías analizando su factor de planta y el costo de la energía producida, se analiza la central mareomotriz más emblemática que es la central de La Rance, Francia. Además, se diseña un posible proyecto en Chile, utilizando la tecnología que aprovecha la energía cinética de las mareas y haciendo la evaluación económica de él.

## **Agradecimientos**

A mi familia por el gran apoyo que me han dado siempre.

A Rodolfo Bennewitz quien no sólo ha sido un excelente profesor guía, sino también un gran ejemplo.

A José Rutlant quien siempre ha tenido su oficina abierta para hablar sobre cualquier tema, por su gran disponibilidad y simpatía.

A Horacio Mery por su disponibilidad y su gran vocación docente.

Al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) por proporcionar los datos necesarios para desarrollar éste trabajo de título y sobretodo a la señorita Carolina Caldete por su enorme paciencia.

A Andrés Pérez por su interés en el tema y por su ayuda clave en el momento justo.

Al profesor Rodrigo Palma.

A Catalina Aguirre y Cecilia Cerda por sus valiosas cátedras sobre las mareas.

A Álvaro Flaño García por darme su continuo apoyo.

Y un agradecimiento muy especial a mis amigos, quienes han convertido estos años de estudio en una época llena de buenos recuerdos.

# Índice General

<b>1. Introducción.....</b>	<b>6</b>
1.1 Generalidades.....	6
1.2 Objetivos.....	7
1.2.1 Objetivos Generales.....	7
1.2.2 Objetivos Específicos.....	7
<b>2. Teoría de las Mareas Oceánicas.....</b>	<b>8</b>
2.1 Fenómeno Físico de las Mareas.....	8
2.2 Mareas en Aguas Someras.....	13
2.3 Predicción de las Mareas.....	14
<b>3. Energía Mareomotriz.....</b>	<b>16</b>
3.1 Aprovechamiento de la Energía Potencial de las Mareas.....	17
3.1.1 Evaluación del Potencial de una Bahía.....	18
3.1.2 Modos de Operación.....	19
3.1.3 Turbinas.....	24
3.1.4 Barreras.....	29
3.1.5 Elección del Lugar.....	31
3.1.6 Impactos Ambientales.....	32
3.1.7 Caso Emblemático: La Rance.....	34
3.2 Aprovechamiento de la Energía Cinética de las Mareas.....	40
3.2.1 Potencial cinético de una Corriente.....	40
3.2.2 Sitios Potenciales.....	42
3.2.3 Velocidad de las Corrientes.....	43
3.2.4 Potencia Aprovechable de las Corrientes de Mareas.....	47
3.2.5 Mareogeneradores.....	51
2.2.5.1 Mareogeneradores de eje Horizontal.....	51

3.2.5.2	Mareogeneradores de eje Vertical.....	68
3.2.5.3	Esquema de la Central.....	71
3.2.6	Impactos Ambientales.....	72
3.3	El Potencial Mareomotriz en Chile.....	74
3.3.1	Energía Potencial de las Mareas en Chile... ..	74
3.3.2	Energía Cinética de las Mareas en Chile.....	80
<b>4.</b>	<b>Evaluación Preliminar Proyecto en Canal Chacao.....</b>	<b>86</b>
4.1	Elección del Lugar.....	88
4.2	Recurso Energético de las Corrientes de Mareas en Canal Chacao.....	88
4.3	Batimetría.....	90
4.4	Opciones de Conexión.....	92
4.5	Facilidades Portuarias.....	93
4.6	Fondo Marino.....	93
4.7	Zona de Navegación.....	93
4.8	Datos Relevantes del Lugar.....	94
4.9	Elección de Turbina.....	94
4.10	Diseño del Sistema.....	95
4.11	Costos.....	98
4.12	Evaluación Económica del Proyecto.....	100
4.13	Análisis de Sensibilidad.....	102
<b>5.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>104</b>
<b>6.</b>	<b>Referencias.....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo 1.....</b>		<b>110</b>
<b>Anexo 2.....</b>		<b>148</b>
<b>Anexo 3.....</b>		<b>153</b>

# 1. Introducción

## 1.1 Generalidades

Es sabido que Chile, como muchos países, está sufriendo actualmente una crisis energética. Esto, debido al reemplazo del gas natural argentino por petróleo Diesel, a los altos costos tanto del gas y cómo del petróleo, como también a causa de las restricciones impuestas por la alta valorización del medio ambiente. En Chile ya se está evaluando la posible construcción de una central nuclear en el norte del país. Además existe la creciente demanda por las energías renovables tanto en Chile como en el mundo. Esto ha provocado la necesidad de cambios drásticos en la forma de generar energía, y por lo tanto, en la búsqueda de nuevas formas de solucionar el problema de cómo desarrollar nuevas tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables. Los recursos marinos de energía renovable como es la energía mareomotriz, eran técnicamente difíciles y caros de desarrollar hasta hace poco tiempo atrás, pero la situación actual los ha convertido cada vez en una solución más interesante.

Es importante destacar también otros incentivos actuales para la generación eléctrica proveniente de los recursos marinos. El cambio climático ha llevado a la necesidad de disminuir las emisiones de gases invernaderos, imponiendo metas importantes para limitar sus efectos. Para esto se han creado incentivos económicos importantes, como son los bonos de carbono, que pueden hacer estos proyectos más rentables. Además, la tendencia en aumento de los precios de los combustibles fósiles hace que la producción eléctrica sea cada vez más costosa, y por lo tanto, provoca distorsiones en los costos de las fuentes de energías, haciendo que aquellas que antes no eran económicamente competitivas, ahora o en un futuro cercano lo sean. Debido a todos estos incentivos, en este momento existen muchas instituciones y empresas que están desarrollando nuevas tecnologías para aprovechar las mareas en generación eléctrica y en forma más económica.

Dos veces al día, gracias al efecto gravitacional que produce la luna y el sol en la tierra, el océano produce grandes corrientes inducidas por las subidas y bajadas de marea. Estas tienen un potencial energético importante. Este potencial se puede predecir perfectamente, lo cual hace que este tipo de energía sea más segura que otras fuentes como la

eólica o la solar. Por otra parte, es importante mejorar la independencia energética del país y aumentar la seguridad frente a la aleatoriedad del suministro foráneo. Desafortunadamente, la energía mareomotriz tiene un comportamiento cíclico, lo cual limita su utilización.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivos Generales**

Hacer un estudio general de la potencialidad que tiene la energía Mareomotriz en Chile, poniendo énfasis en el análisis del recurso en Chile.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Describir y analizar el fenómeno de las mareas en forma general.
2. Estudiar el recurso Mareomotriz en Chile, analizando las diferencias de niveles de mareas en distintos lugares geográficos en Chile, y hacer un diagnóstico energético de este.
3. Analizar desde un punto de vista económico y de producción eléctrica las distintas tecnologías que aprovechan este recurso, desde las antiguas barreras, hasta las modernas turbinas que están próximas a salir al mercado.
4. Evaluar aspectos de eficiencia de producción eléctrica.
5. Estudiar la central mareomotriz más emblemática en el mundo, la central La Rance, Francia.
6. Hacer una evaluación económica y energética de instalar una de las tecnologías de generación mareomotriz en algún lugar adecuado en Chile para determinar el costo de la energía generada por éste.
7. Analizar en forma general el efecto ambiental de la utilización de éstas tecnologías.

## 2 Teoría de las Mareas Oceánicas

### 2.1 Fenómeno Físico de las Mareas

Para una mayor comprensión de la energía mareomotriz, primero se debe entender la fuente de energía, es decir las mareas. En este capítulo se pretende dar una descripción general del fenómeno, que permita entender el comportamiento de las mareas en el tiempo y su forma cíclica, además de mostrar la influencia que tiene la geografía local sobre las mareas.

Pugh (1987) realizó una clara explicación de las fuerzas que producen este fenómeno. En este capítulo se mostrará en forma resumida el detallado estudio de Pugh obtenido del libro escrito por el destacado oceanógrafo Robert H. Stewart.

Con la finalidad de simplificar el problema se tomará en cuenta a la tierra como si no existieran los continentes, y que sólo está rodeada por mar. Además se ignorarán la influencia de las corrientes oceánicas y la inercia. En base a estas simplificaciones se realizará el análisis de la influencia gravitacional de distintos cuerpos celestes en la generación de mareas.

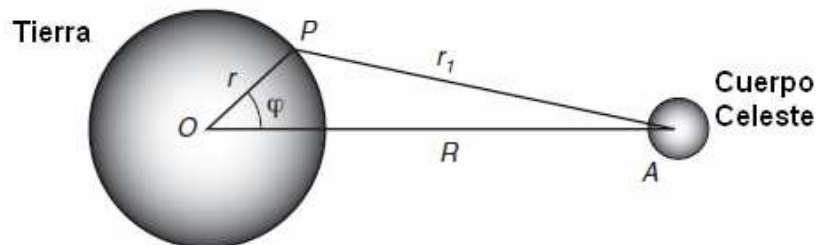


Figura 2.01

Entonces, para el cálculo de la amplitud y fase de la marea en este escenario se comenzará estudiando el potencial generador de mareas. Inicialmente no se tomará en cuenta la rotación de la tierra. La luna produce un potencial

$$V_M = -\frac{\gamma M}{r_1} \quad (2.01)$$



en cualquier punto de la superficie terrestre. En la ecuación 2.01  $\gamma$  representa la constante gravitacional y  $M$  la masa de la luna. Del triangulo OPA en la figura 2.01 se obtiene

$$r_1^2 = r^2 + R^2 - 2rR \cos \varphi \quad (2.02)$$

introduciendo la ecuación 2.02 en 2.01 obtenemos

$$V_M = -\frac{\gamma M}{R} \left[ 1 - 2 \left( \frac{r}{R} \right) \cos \varphi + \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right]^{-1/2} \quad (2.03)$$

aproximando  $r/R \approx 1/60$ , y según Whittaker y Watson (1963), la ecuación 2.03 se puede expandir en potencias de  $r/R$  usando el polinomio de Legendre:

$$V_M = -\frac{\gamma M}{R} \left\{ 1 + \left( \frac{r}{R} \right) \cos \varphi + \left( \frac{r}{R} \right)^2 \left( \frac{1}{2} \right) (3 \cos^2 \varphi - 1) + \dots \right\} \quad (2.04)$$

Observando cada término de la ecuación 2.04 vemos que el primer término no produce fuerzas debido a que las mareas son producidas por el gradiente de potencial. El segundo término produce una fuerza constante y paralela a OA, que es la encargada de mantener la tierra en orbita con respecto al centro de masa del sistema compuesto por la tierra y la luna. El tercer término es el que produce las mareas. Los órdenes mayores se asumen como despreciables, entonces el potencial generador es:

$$V = -\frac{\gamma M r^2}{2R^3} (3 \cos^2 \varphi - 1) \quad (2.05)$$

Este potencial que genera las mareas se puede descomponer en una fuerza perpendicular y otra paralela a la superficie del mar, pero la componente horizontal es la que efectivamente produce las mareas. Esto es debido a que la componente vertical se compensa con la presión provocada en el fondo oceánico. En cambio, la razón entre la componente horizontal por unidad de masa y la componente vertical producida por la gravedad se equilibra mediante una pendiente de la superficie del océano y posibles cambios de

momentum en las corrientes que la contrarrestan. La componente horizontal de la fuerza según Stewart es:

$$H = -\frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \varphi} = \frac{2G}{r} \sin 2\varphi \quad (2.06)$$

donde

$$G = \frac{3}{4} \gamma M \left( \frac{r^2}{R^3} \right) \quad (2.07)$$

Al ser estas fuerzas horizontales simétricas dentro del globo se producen diferencias simétricas del nivel del mar en la tierra. En la figura 2.02 se ve un esquema donde la zona azul representa un corte del océano (el esquema es solo explicativo y no tiene las proporciones correctas).

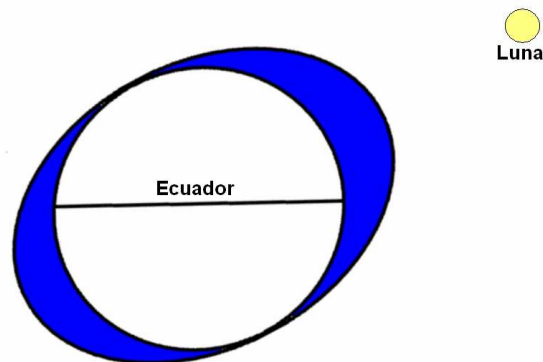


Figura 2.02

Si tomamos en cuenta la rotación de la tierra, el mayor nivel del mar seguiría estando en el eje tierra-luna, por lo tanto, cambiando de posición para un observador fijo en un punto de la tierra. Además, habría que considerar que la luna también gira en torno a la tierra en el mismo sentido de la rotación. Por lo tanto, tomando en cuenta los dos factores tenemos que en un punto dado de la tierra se tienen altas mareas cada 12 horas y 25.23 minutos, tiempo que corresponde al medio día lunar en el ecuador si la luna está sobre el ecuador. Dentro de este simple análisis se debe considerar que la luna sólo pasa dos veces al mes por el ecuador, y que la distancia entre la luna y la tierra cambia debido a que la luna tiene una trayectoria elíptica. Además se debe tomar en cuenta la presencia del sol, cuyo análisis por separado se hace en forma idéntica al que se acaba de hacer con la luna.

La importancia relativa que tiene el sol es similar a la importancia que tiene la luna en el fenómeno, si bien el sol tiene una masa mucho mayor también está mucho más lejos de la tierra que la luna.

$$G_{sol} = \frac{3}{4} \gamma M_{sol} \left( \frac{r^2}{R_{sol}^3} \right) \quad (2.08)$$

$$G_{luna} = \frac{3}{4} \gamma M_{luna} \left( \frac{r^2}{R_{luna}^3} \right) \quad (2.09)$$

$$\frac{G_{sol}}{G_{luna}} = 0.46051 \quad (2.10)$$

$M_{sol}$ : Masa del sol

$M_{luna}$ : Masa de la luna

$R_{sol}$ : Distancia entre el centro de la tierra y el centro del sol

$R_{luna}$ : Distancia entre el centro de la tierra y el centro de la luna

Debido a que las fuerzas horizontales son la que dominan en este fenómeno es importante analizar la posición relativa entre la luna y el sol con respecto a la tierra. Cuando la luna y el sol están alineados entonces los elipsoides de las mareas provocados por cada uno de estos cuerpos celestes se suman, provocando así mareas mayores. Esto sucede cuando hay luna llena, o luna nueva y se llaman mareas vivas o mareas de sicigias. En cambio, cuando la luna está en cuadratura con el sol, estos elipsoides se restan y las mareas entonces son más bajas. Las mareas bajas ocurren para las lunas en cuarto menguante o cuarto creciente y se llaman mareas muertas o mareas de cuadratura. Entonces se deduce que las mareas tienen un período de 14,76 días entre mareas vivas, y un período entre mareas de pleamar de 12 horas y 25 minutos, que corresponde a medio día lunar.

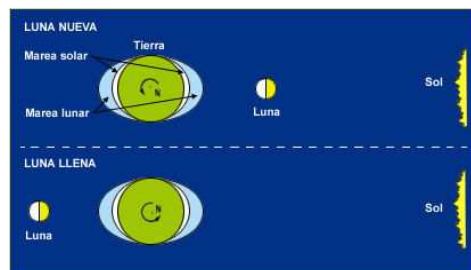


Figura 2.03 mareas vivas o sicigias

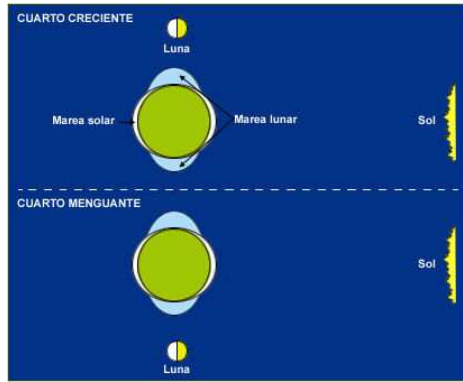


Figura 2.04 mareas muertas o de cuadratura

Pero las grandes mareas no son sólo producidas por el efecto gravitacional de la luna y el sol. A continuación se muestra la ecuación de la altura que proviene de la energía potencial de las mareas, las alturas producidas por la luna, el sol, y por el efecto de ambas simultaneas cuando están alineadas. La demostración de la ecuación 2.11 se omite por razones de dificultad matemática, pero se encuentra en el libro “On the Generation of Tides” de Kapoulitsas G. (1985).

$$h = \frac{M}{2M_{tierra}} \left( \frac{r}{R} \right)^3 r (3 \cos^2 \varphi - 1) \quad (2.11)$$

$$\Delta h_{\max} = 3 \frac{M}{2M_{tierra}} \left( \frac{r}{R} \right)^3 r \quad (2.12)$$

Los datos necesarios para obtener la altura son los siguientes:

- Masa de la Luna  $M=7.35 \cdot 10^{22}$  kg
- Distancia media entre el centro de la Tierra y el centro de la Luna  $R=384.4 \cdot 10^6$  m
- Masa del Sol  $M=1.98 \cdot 10^{30}$  kg
- Distancia media entre el centro de la Tierra y el centro del Sol  $R=149.6 \cdot 10^9$  m
- Radio de la Tierra  $r=6.37 \cdot 10^6$  m
- Masa de la tierra  $M_{tierra}=5.98 \cdot 10^{24}$  kg

Entonces remplazando en la ecuación 2.12 estos valores obtenemos que la altura máxima generada por la luna es:

$$\Delta h_{\max} = 3 \frac{7.35 * 10^{22}}{2 * 5.98 * 10^{24}} \left( \frac{6.37 * 10^6}{384.4 * 10^6} \right)^3 * 6.37 * 10^6 = 53.4 \text{ cm}$$

y la altura máxima generada por el sol es:

$$\Delta h_{\max} = 3 \frac{1.98 * 10^{30}}{2 * 5.98 * 10^{24}} \left( \frac{6.37 * 10^6}{149.6 * 10^9} \right)^3 * 6.37 * 10^6 = 24.4 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la altura de marea máxima que se podría generar sólo por el efecto gravitacional de la luna y el sol sería la suma de estas dos alturas, es decir 77.8 cm. Pero hay lugares como por ejemplo en Punta Delgada en el estrecho de Magallanes donde las mareas alcanzan hasta 8,5 metros de amplitud, y aún más en la bahía Fundy, en Canadá, donde las mareas tienen una amplitud de hasta 21 metros. Esto nos indica que existen otros fenómenos importantes en este tipo de lugares, sobretodo en las bahías y canales.

## 2.2 Mareas en Aguas Someras

En aguas someras, el comportamiento es muy distinto al que ocurre en mares profundos. Sólo los grandes océanos se comportan según las fuerzas descritas anteriormente. Lugares del mar que están más cerrados como estuarios, fiordos y canales entre otros, no pueden producir una respuesta a las fuerzas astronómicas responsables de las mareas. En algunos lugares muy desconectados de los importantes océanos, como por ejemplo el mar Mediterráneo, prácticamente no existen diferencias de mareas, pero en otros lugares las diferencias de mareas se deben a las corrientes de mareas que entran por la conexión que existe con los mares profundos. Estos mares tienen su propia frecuencia de resonancia que está determinada por la geomorfología que se presenta en la zona. Entonces la amplitud y fase de las mareas en este tipo de mares dependen de la amplitud de mareas en mar abierto que conecta con este mar y de la cercanía a la que se esté de la frecuencia de resonancia debido a su geomorfología. La resonancia ocurre cuando las mareas debido a la forma de la cuenca o bahía toman la forma de una seiche (onda estacionaria cuya longitud de onda es el doble que el de la bahía), ahí es cuando se produce la resonancia y donde aumenta considerablemente la amplitud de las mareas.

Generalmente en lugares con gran diferencia entre la pleamar y la bajamar existen fuertes corrientes producidas por las mareas, y también siempre las corrientes son más fuertes en estuarios y canales que en mar abierto. Pero en algunos lugares las corrientes pueden alcanzar altas velocidades pese a que exista una diferencia moderada o pequeña entre la pleamar y la bajamar, esto ocurre generalmente cuando existen salidas muy estrechas.

En aguas someras, las mareas están compuestas tanto por ondas estáticas como por ondas en movimiento. Para este estudio interesa conocer la diferencia principal entre estas ondas que es la relación entre la altura alcanzada por las mareas, y las corrientes producidas por éstas. En las ondas estáticas las corrientes son mayores cuando el mar está en su nivel medio, y desaparecen cuando el mar está en pleamar o bajamar. En cambio en las ondas en movimiento las corrientes son mayores en pleamar y bajamar. Las ondas en movimiento se producen debido a cambios de la profundidad del mar, que hacen que se pase de una onda estática a una onda propagativa. Esto nos indica que en zonas de mares más cerrados, como son los canales y fiordos del sur de Chile, tanto la altura de mareas como las corrientes de éstas dependen de la batimetría del sector y de la forma del lugar que las rodea. Por lo tanto, es muy importante estudiar cada una de estas zonas en forma individual para analizar estas condiciones por separado.

Es necesario mencionar que en aguas someras existe un fenómeno llamado mareas internas o mareas baroclínicas. Estas son ondas internas de gravedad, que se generan debido a la presencia de estratificación en el océano en zonas de fondo irregular y con una pendiente pronunciada. Las mareas baroclínicas crean una distribución no uniforme de velocidad en función de la profundidad, provocando incluso velocidades contrarias a las corrientes de mareas. Este fenómeno se puede presentar en cualquier momento, siendo de mayor importancia en temporadas de mayor estratificación como es la temporada estival.

### **2.3 Predicción de las Mareas**

Para este estudio es importante la predicción de las mareas, pero es importante sólo en las zonas costeras. Para esto hay dos métodos que son los más usados, que son los que utilizan mediciones pasadas obtenidas por los mareógrafos. Pero sólo permiten predecir las

mareas en la zona de la estación mareográfica. El primero de éstos es el Método Armónico, y el otro es el Método Respuesta.

El método armónico es el más utilizado en el mundo. Este necesita datos de mareógrafos de 18,6 años por lo menos para así poder resolver la modulación de las mareas lunares. Estos datos tienen que tener la amplitud y fase de cada elemento constituyente de las mareas.

El método respuesta fue desarrollado en 1966 por Munk y Cartwright. Éste calcula la relación que existe entre la marea observada en algún punto y el potencial de marea. La ventaja de este método es que se requieren sólo unos pocos meses de datos, pero sólo funciona si la onda propagativa se comporta como onda lineal.

### 3. Energía Mareomotriz

La energía mareomotriz ha sido utilizada por siglos. En la antigüedad, en algunos lugares de Europa, se utilizaban los molinos de mareas para aprovechar este recurso para moler el trigo y hacer harina. Estos eran bastante sofisticados, muchas veces incluían una pequeña represa, y hasta la casa del molinero a cargo. Pese a esto, sólo en el año 1967 se construyó la primera central mareomotriz utilizable para abastecer a un sistema interconectado, esta es La Rance, en la región francesa de Bretaña.



Figura 3.01 Molino de Mareas en Isla Cristina, Huelva, España

En la actualidad, existen principalmente dos formas de producir energía con las mareas. La primera de ellas consiste en embalsar un fiordo. El movimiento de las mareas provoca una diferencia de altura, y así genera energía potencial. Este sistema funciona igual que una central hidroeléctrica de embalse. Otra forma de producción es aprovechar la energía cinética de las mareas, es decir, utilizar sus corrientes, lo cual se hace mediante una hélice que funcione para flujos en ambas direcciones. En este capítulo se explicarán estos dos métodos.



### 3.1 Aprovechamiento de la Energía Potencial de las Mareas

El método de aprovechamiento de la energía potencial de las mareas es el que más ha sido desarrollado en el mundo. Como se expuso en el capítulo anterior, las mareas tienen un período de aproximadamente 12 horas y 25 minutos, y las mareas más altas, por un tema de resonancia, se encuentran principalmente en bahías y estuarios. Entonces, si se embalsa parte de un fiordo, o estuario, dejando entrar toda el agua mientras esté subiendo la marea, y luego, antes de que el mar se recoja, se cierran todas las compuertas, se crea una diferencia de altura apreciable. Finalmente, se deja salir el agua a través de unas turbinas, generando así energía. La energía potencial tiene la forma de:

$$E_p = mgh \quad (3.11)$$

$$E_p = Q\rho ght \quad (3.12)$$

Donde  $E_p$  es la energía potencial,  $m$  es la masa,  $g$  es la aceleración de gravedad,  $h$  es la altura,  $Q$  es el caudal,  $\rho$  la densidad del agua del mar y  $t$  es el tiempo.

Si bien, debido a las mareas no se pueden obtener grandes diferencias de altura, (con un máximo de 21 metros en la bahía Fundy, Canada), sí se puede disponer de un gran caudal, el que se puede aprovechar, teniendo así un gran potencial generable.

Este sistema funciona básicamente de la misma forma que una central hidroeléctrica de embalse, diferenciándose sólo en la disponibilidad del agua. En una central hidroeléctrica la disponibilidad de agua depende de condiciones climáticas, existiendo por lo tanto riesgos de no disponibilidad del recurso en épocas de sequías, y existiendo riesgos importantes durante eventos de grandes crecidas, provocando un riesgo de daño tanto en las estructuras como a la población que pudiera habitar aguas abajo de ésta. En cambio, el aprovechamiento de la energía potencial de las mareas funciona con la fuerza gravitacional explicada anteriormente, que es perfectamente predecible, pero que es oscilante en el tiempo, tanto durante el transcurso del día como del mes.

La potencia y energía aprovechables dependen básicamente de la amplitud de las mareas, (el que varía continuamente en cada ciclo y sub-ciclo), del área del estuario, de la capacidad de las compuertas para pasar agua desde el mar hacia el fiordo encerrado o viceversa, de la capacidad de las unidades generadoras y del modo de operación utilizado en la planta. Estos modos de operación serán descritos posteriormente.

Debido a las fluctuaciones naturales de las mareas, diseñar una planta de este tipo para el máximo generable no es conveniente, ya que sólo se va a producir esa cantidad de energía tan solo dos veces al mes. Por esto, la capacidad instalada no depende del caudal disponible, sino de complejos modelos de optimización económica. Según Yafei (1987) la diferencia de altura bruta mínima entre un lado de la barrera y el otro para poder generar energía es de 1,5 metros, debido a las características de las turbinas utilizadas en este tipo de centrales.

### 3.1.1 Evaluación del Potencial de una Bahía.

Para estimar la energía teóricamente extraíble en una bahía o fiordo se puede calcular en forma analítica con los niveles del mar medidos en terreno y el área embalsada.

La energía disponible durante el vaciado del embalse es:

$$E_{\text{vaciado}} = \gamma \int_0^a A(z)z dz \quad (3.13)$$

donde  $z$  es el nivel del mar, que varía en el tiempo,  $A(z)$  es el área embalsada que depende del nivel  $z$  del mar,  $a$  es la amplitud de la onda de marea, y  $\gamma$  es el peso específico del agua de mar.

La energía disponible durante el llenado del embalse viene dado por:

$$E_{\text{llenado}} = \gamma \int_0^a A(z)(a - z) dz \quad (3.14)$$

Entonces la energía potencial disponible para un ciclo de marea de 6.2 horas es la suma de las ecuaciones anteriores:

$$E = E_{\text{vaciado}} + E_{\text{llenado}} = \gamma \alpha \int_0^a A(z) dz = \gamma \alpha^2 A \quad (3.15)$$

Esta energía disponible es la máxima disponible en el fiordo, pero no necesariamente la extraíble. La energía extraíble depende tanto de las eficiencias de las máquinas como de la cantidad de turbinas el tamaño de estas que se puedan instalar, y de la capacidad de las obras de trasvase, las cuales deberían trasvasar lo más rápidamente posibles para acercarse a este valor.

### 3.1.2 Modos de Operación

Existen distintos modos de operación de estas centrales, y varias combinaciones de estos modos. El tipo de operación de estas centrales determina la cantidad de energía generada por la central, y, por lo tanto, también el costo de ella.

El primer modo se aplica en un estuario embalsado con efecto simple de refluo. Este modo de operación consiste en que cuando sube la marea, se deja que ingresen las aguas del mar a través de las compuertas de control hacia el espacio cerrado por la barrera. Luego, cuando se obtiene la altura máxima de mareas las compuertas se cierran y una vez que se obtiene la diferencia de altura de a lo menos 1,5 metros, se deja pasar el agua a través de las turbinas, generando así electricidad.

Otro modo de operación de un solo estuario embalsado con efecto simple es el de flujo. Este funciona con las compuertas cerradas mientras la marea está subiendo, hasta obtener una diferencia de altura óptima para empezar a producir electricidad, entonces se deja pasar el agua a través de las turbinas hacia el interior del fiordo embalsado. Cuando la marea baja, las compuertas se abren para que la mayor cantidad de agua posible salga del fiordo hacia el mar disminuyendo así la altura del fiordo para luego crear nuevamente esta diferencia de altura.

Estas dos maneras de funcionar son llamadas modos de efecto simple. Entre los modos de efecto simple el modo de refluo es más eficiente que el de flujo. La razón principal es que debido a que un fiordo o estuario usualmente va disminuyendo su área a medida que el nivel de agua descende. Entonces si aprovechamos la energía desde el mar hacia el fiordo, éste al tener un área menor, su diferencia de altura disminuiría más rápidamente en un comienzo que si utilizáramos el modo de refluo, donde el área del fiordo sería mayor, debido a que tiene una mayor altura. Por lo tanto, en el modo de refluo, al entregar el mismo volumen de agua, su altura no disminuiría tan rápidamente en un comienzo, y así se tendría una mayor altura bruta disponible para aprovechar en generación de energía. En las figuras 3.03 y 3.04 se muestran unos esquemas representativos de cómo varía la altura en el fiordo en ambos casos entregando un volumen fijo en ambos casos.  $\Delta H1$  representa la pérdida de altura bruta por volumen utilizado para la generación de energía con el modo de flujo, y  $\Delta H2$  representa la pérdida de altura bruta por el mismo volumen utilizado para la generación de energía con el modo de refluo. Se observa que  $\Delta H1$  es mayor que  $\Delta H2$ , existiendo por lo tanto una pérdida de energía mayor. Los esquemas 3.03 y 3.04 no están a escala. Para el caso de la Rance el modo de flujo produce un 66% de lo que produce usando el modo de refluo. Hay que tener cuidado porque este valor no es aplicable a cualquier central mareomotriz, debido a que depende de la topografía y la batimetría del fiordo o estuario. Además se debe tener en cuenta que el caso de la Rance es especial porque tiene un río que descarga sus aguas en este estuario, lo que produce un aumento en la producción de energía en el modo de refluo.

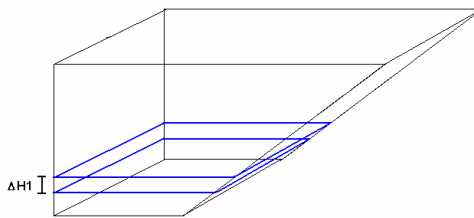


Figura 3.03

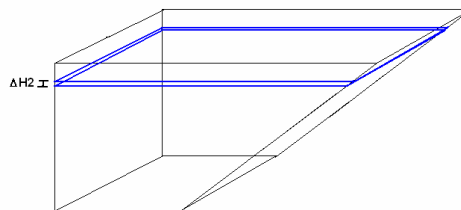


Figura 3.04

Las figuras 3.05 y 3.06 muestran en forma esquemática cómo funciona una central de efecto simple con el modo de reflujos.

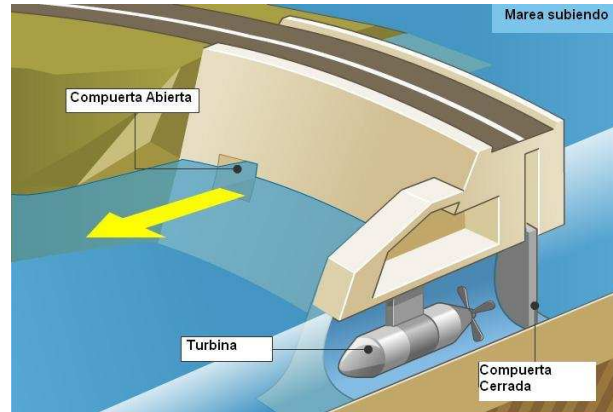


Figura 3.05

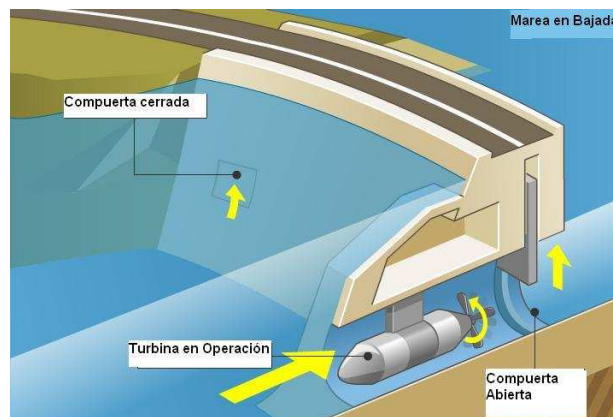


Figura 3.06

Para aumentar la producción de energía se puede, para el modo de reflujos, bombear agua del mar hacia el fiordo cuando la diferencia de altura es menor. Esta diferencia de altura máxima de bombeo se obtiene mediante un modelo de optimización que depende del precio de la energía en ese momento. En el caso de la Rance, el uso de bombeo para el modo de efecto simple de reflujos, considerando un precio de energía constante, aumenta la generación de energía en un 10% aproximadamente. En la figura 3.07 se muestra como funcionan las diferencias de altura entre la zona embalsada y el mar con y sin bombeo para una planta de efecto simple con modo de reflujos.



Figura 3.07

Existe un modo de operación que funciona con un fiordo con unidades de generación de doble efecto. Este modo consiste en generar energía en ambas direcciones, tanto para el flujo como para el reflujo. Entonces, cuando la marea empieza a descender las compuertas se cierran y una vez que se tenga la diferencia de altura suficiente entre el fiordo y el mar las turbinas se ponen en funcionamiento con flujo desde el fiordo hacia el mar. Cuando esta diferencia de altura disminuye de manera tal que no se puede producir energía, entonces se abren las compuertas, hasta que la marea llegue a su mínima expresión. Luego, antes de que empiece a crecer el nivel del mar nuevamente, se cierran las compuertas para dejar el fiordo en su nivel más bajo, hasta llegar a una diferencia de cota que sea la óptima para volver a generar energía accionando las turbinas en dirección inversa, desde el mar hacia el fiordo. Por lo tanto, las turbinas sólo están detenidas el intervalo de tiempo en donde la diferencia de altura entre el mar y el fiordo no sea la suficiente, o la óptima para generar.

La ventaja del modo de doble efecto de un fiordo es que se produce entre un 15% y un 20% más de energía que las de efecto simple.

Con este modo también se pueden utilizar bombas para aumentar la producción energética. Según Hillairet y Weisrock (1986), para la planta de la Rance, el incremento debido a las bombas utilizadas en el incremento la producción de energía para este modo es del 1%. En la figura 3.08 se muestra como van las alturas en el fiordo y en el mar con este tipo de funcionamiento en el tiempo.

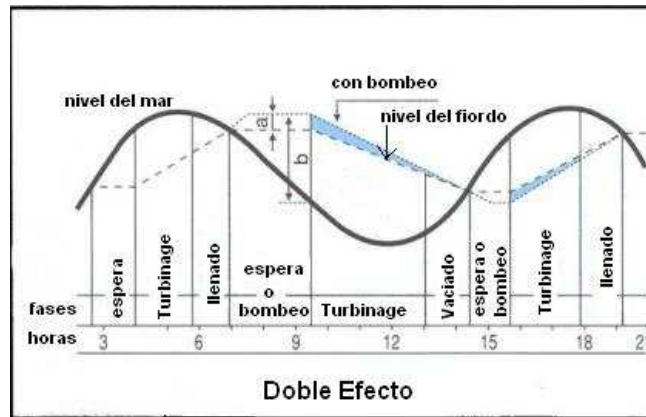


Figura 3.08

Los modos vistos anteriormente tienen la desventaja de no poder producir energía en forma continua, siempre se va a tener un momento en el día en que no se genera energía. Existe un modo en que se puede generar en forma continua, y este modo es con dos fiordos conectados con unidades de efecto simple. Este modo consiste en dos subfiordos, uno alto y otro bajo. La casa de maquinas se localiza entre estos dos subfiordos. Las compuertas de trasvase están ubicadas entre el mar y el subfiordo alto y entre el mar y el subfiordo bajo. Entonces siempre la generación se produce entre el subfiordo alto hacia el subfiordo bajo. Durante el flujo se llena el subfiordo alto y durante el refluo se vacía el subfiordo bajo, entonces regulando el caudal de generación se puede tener potencia firme.

Si bien, este sistema es más caro debido a que se necesita una barrera adicional y más compuertas de trasvase, y genera menos energía que los otros modos, tiene la ventaja de generar energía en forma continua. En la figura 3.09 se muestra un esquema de este modo.

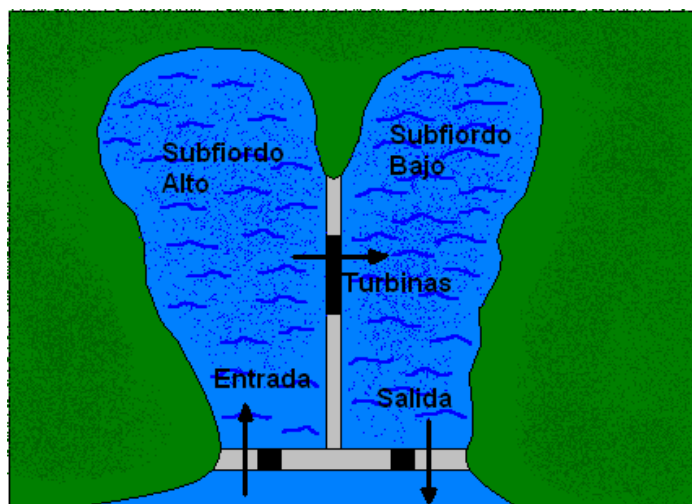


Figura 3.09

### 3.1.3 Turbinas

Debido a la naturaleza de las mareas, para este tipo de centrales se necesitan turbinas que funcionen eficientemente con una baja altura de caída, con una gran variabilidad tanto en la altura de caída como en el caudal y que puedan funcionar en forma intermitente. Las turbinas que más se acercan a estas necesidades son las de Hélice, Kaplan, y las de Bulbo. Inicialmente sólo se disponía de las turbinas de Hélice y Kaplan. El problema de éstas es que sólo funcionan en un sentido. Si bien estas turbinas se pueden disponer en eje vertical, y mediante el diseño de un sistema de válvulas se podrían utilizar para que la central opere en ambas direcciones, el hecho de funcionar con una altura bruta de aprovechamiento baja, las turbinas dispuestas en eje vertical tienen grandes pérdidas de carga, lo que hace que este sistema no sea factible. Además implica un aumento considerable en las dimensiones de la planta. Esto es muy importante, porque en este tipo de centrales, las turbinas y la sala de maquinas son el grueso de la inversión. En base a esta necesidad se crearon distintas soluciones. Una de ellas son las turbinas tubulares, las que funcionan con su eje dispuesto en forma horizontal o inclinado y que tienen la característica que mediante un eje se conecta al generador, el que está fuera del agua. Esta solución aún contaba con un codo, el cual tiene su respectiva pérdida y además funciona sólo para un sentido de flujo. En la figura 3.10 se muestra un esquema de estas turbinas tubulares.

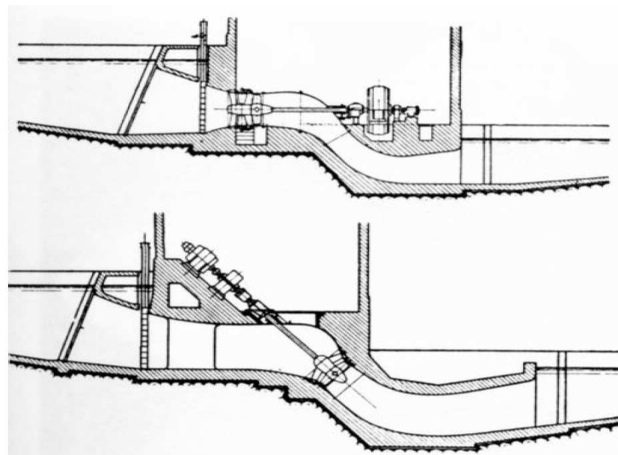


Figura 3.10

Finalmente, en el año 1933 Arno Fischer diseñó la turbina Bulbo. Estas turbinas son de flujo axial y pueden tener las palas orientables, similares a los de una turbina Kaplan, o fijas. El bulbo es una cámara blindada en donde puede colocarse un sistema de transmisión por engranajes para transmitir el movimiento del eje del rotor al generador. En los modelos



actuales, se encuentra el generador instalado dentro del mismo bulbo. Estas turbinas pueden ser instaladas tanto con el eje dispuesto horizontalmente como inclinado.

Las ventajas de tener turbinas de flujo axial son las siguientes:

- Una mejor distribución de velocidades del agua sobre las palas, lo que permite un aumento del caudal específico y de la potencia específica, es decir que para obtener la misma potencia se requiere un diámetro del rotor más reducido. Esta reducción es tal que para generar cierta potencia, una turbina de flujo axial requiere un diámetro  $D$  y una turbina de eje vertical para producir la misma potencia requiere  $1,15 \cdot D$ .
- Se disminuyen las pérdidas de carga tanto a la entrada como a la salida, obteniéndose así un mejor rendimiento. Esto además mejora las condiciones a la cavitación, lo que implica una disminución de costo de la obra civil y un generador más económico.

En un comienzo existían tres opciones para la ubicación del generador, se podía colocar tanto en el exterior del bulbo, en la periferia o en su interior. La idea de instalar el generador en el exterior del bulbo fue descartada debido a la aparición de grandes vibraciones. Los grupos Bulbo con el generador en la periferia tienen la característica que el alternador se encuentra unido a la periferia del rodete de la turbina, girando con él. Esta turbina se llama Straflo, y tiene el problema que debido a problemas mecánicos que no se han podido resolver, éstas turbinas no pueden tener palas orientables. En la figura 3.11 se muestra un esquema de una Straflo, y en la figura 3.12 se muestra un ejemplo de una Straflo instalada en Steinbach, Baviera, cuya altura neta de caída es de 9 metros, y su caudal de  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ , una potencia de 1,75 MW y el diámetro del rodete es de 2,15 metros. Los grupos Bulbo con el alternador en el interior son los que se usan actualmente.

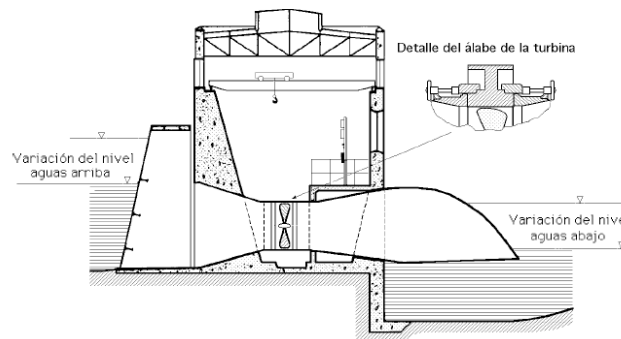


Figura 3.11

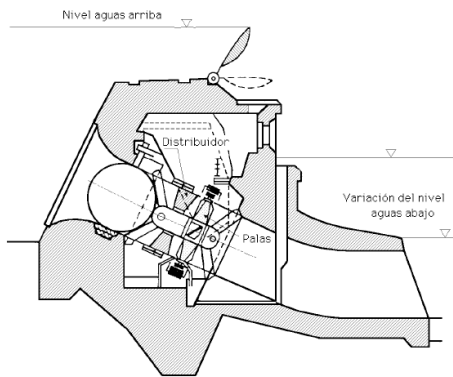


Figura 3.12

Las turbinas Bulbos funcionan con un salto que va entre 0,5 y 15 metros y un caudal entre 1 y 20 m<sup>3</sup>/s. Su velocidad específica  $N_s$  está en el rango entre 600 y 1150 rpm.

### *Diseño de los grupos Bulbo*

Gracias a diversos estudios, se ha demostrado que las pérdidas de carga más importantes se producen en la entrada y en la salida, cuando las potencias específicas son elevadas. Mediante conductos hidráulicos simples, los grupos Bulbo obtienen pérdidas de carga menores, aumentando así la velocidad específica  $N_s$ , y por lo tanto se consigue una potencia específica mayor con un salto dado. Debido a este aumento de la potencia específica se requiere un menor diámetro que las turbinas Kaplan para la misma potencia, y para saltos menores que el de diseño se obtiene una mayor eficiencia. En la figura 3.13 se compara un equipo Kaplan proyectado para la central Rance con el grupo Bulbo utilizado finalmente para esta planta. El grupo Kaplan generaba 9 MW y requería una sala de máquinas de 20,5 metros de longitud, en cambio el grupo Bulbo genera 10 MW y utiliza tan solo 13,3 metros, logrando así obras civiles más económicas.

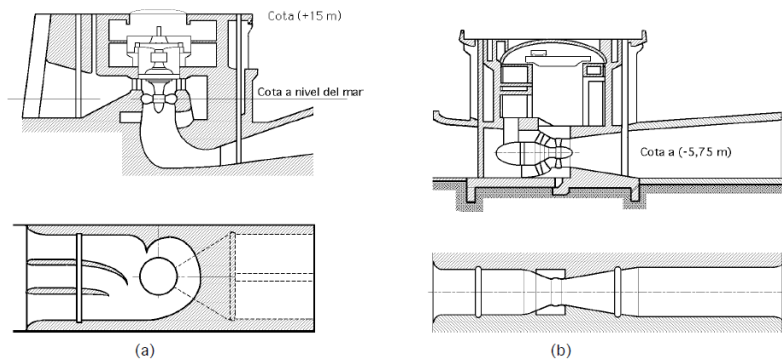


Figura 3.13

En maquinas con altas potencias específicas, el tubo de aspiración es muy importante. En la figura 3.14 se muestra un esquema grupo con tubo de aspiración a la salida. Si el tubo de aspiración se diseñara con el ángulo de codo óptimo se obtendría una excelente eficiencia, pero generalmente el diseño hidráulicamente óptimo del tubo de aspiración es demasiado caro. Las principales pérdidas en un tubo de aspiración para un grupo Bulbo son debidas al desprendimiento de la capa límite, por roce y por las corrientes de retorno en la parte central que generan turbulencias y grandes remolinos. La figura 3.15 compara las pérdidas en el aspirador de un grupo Bulbo con el de un grupo Kaplan, mostrando en el eje Y las pérdidas y en el X el ángulo  $\alpha$  que resulta entre la velocidad absoluta en el aspirador con el eje de la máquina.

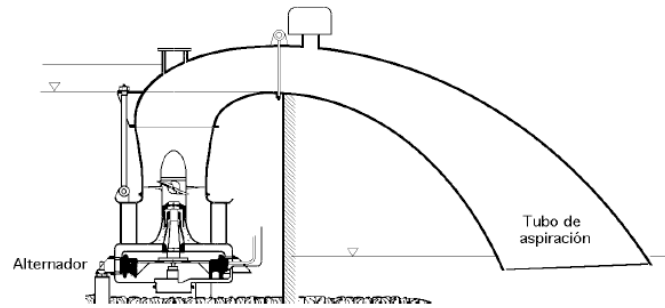


Figura 3.14

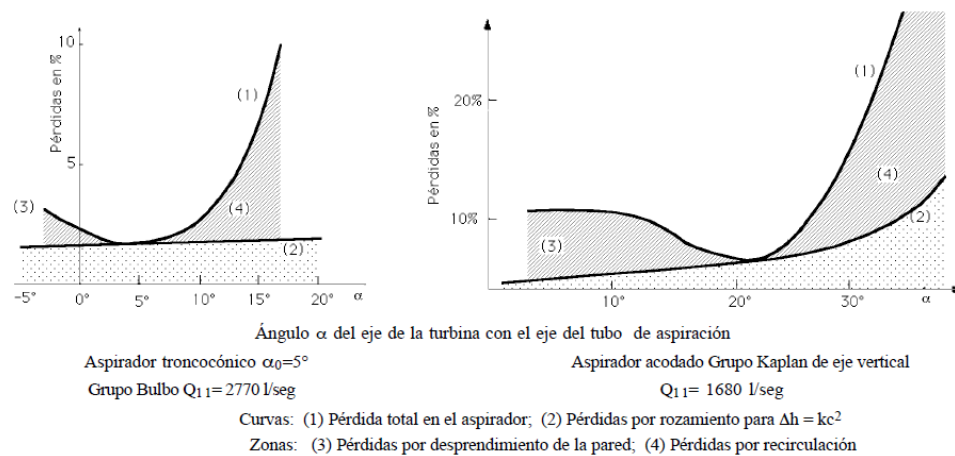


Figura 3.15

Las pérdidas de carga en los conductos de los grupos Bulbo y Kaplan son similares, pero las dimensiones de los conductos aguas arriba del distribuidor del grupo Bulbo son menores que las de la Kaplan.

Los grupos Bulbo, al funcionar con altura de caída muy variable, se debe estudiar en profundidad las condiciones que provocan cavitación. Mediante pruebas se pueden definir los márgenes en que pueden funcionar las palas sin que ocurra la cavitación. Para la determinación del diseño de los grupos Bulbo se pueden utilizar los mismos parámetros de los resultados de explotación de las turbinas Kaplan, utilizando un margen de seguridad suficiente. En la figura 3.16 se muestra un esquema del grupo Bulbo utilizado en Beaumont-Monteux, Francia, donde se lo utilizó en una central hidroeléctrica en un río con una baja altura aprovechable. En la figura 3.17 se muestra un esquema de un grupo Bulbo instalado en su respectivo dique, y en la figura 3.18 se muestra una foto del grupo Bulbo utilizado en la central mareomotriz la Rance.

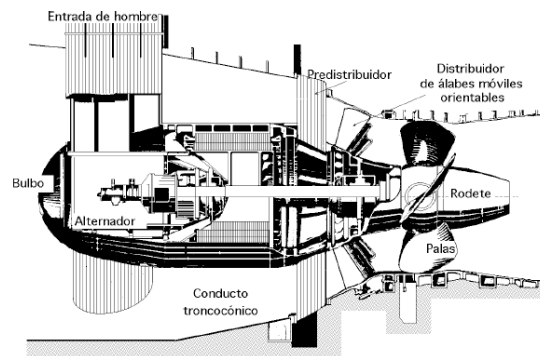


Figura 3.16

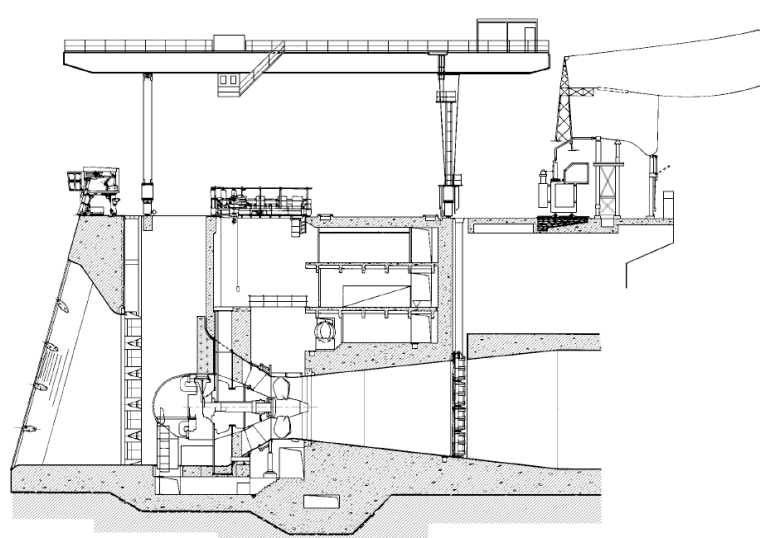


Figura 3.17

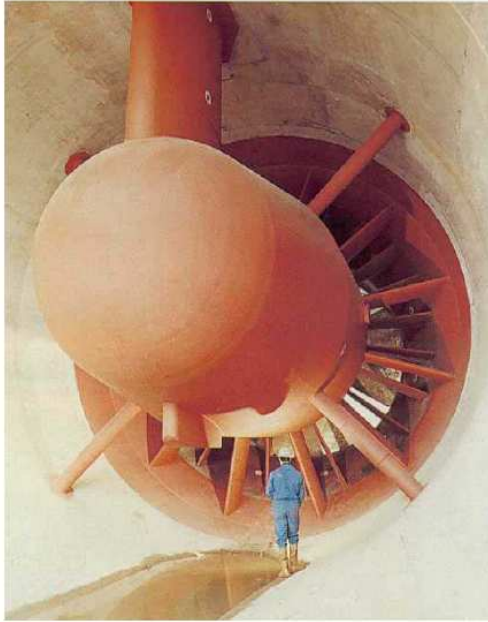


Figura 3.17

### 3.1.4 Barreras

La configuración de operación de un fiordo, que es la más simple en este tipo de centrales, requiere tan sólo una barrera, la cual separa el mar abierto con el fiordo. Esta barrera consiste en una barrera fija, y una zona de barreras móviles para dejar entrar y salir el agua cuando sea conveniente. Esta zona de barreras móviles puede ser reemplazada por una serie de canales por tierra que hagan el trasvase de aguas. Si las condiciones lo permiten dentro de la barrera fija se puede localizar la sala de máquinas. Si no es así, la sala de máquinas se puede situar bajo tierra a un costado de la barrera.

Antes de construir una barrera para este tipo de centrales se deben hacer minuciosos estudios tanto geotécnicos, estructurales, oceanográficos y económicos. Una barrera de este tipo puede afectar el estado de resonancia de una bahía, produciendo un cambio notable en las diferencias de nivel producido por las mareas. Además, en lugares con grandes corrientes la construcción puede ser un verdadero problema, debido a que durante la construcción la sección de escurrimiento disminuye, provocando corrientes aún mayores.

Las características de una barrera para una central mareomotriz son muy distintas a las presas utilizadas para los embalses en ríos. La primera diferencia es la continua y rápida variación de los niveles de agua que requieren soportar las barreras mareomotrices. Otra

diferencia es que en las centrales mareomotrices, según el precio de la energía, conviene generar en ambas direcciones, generando así fuerzas en una dirección que la presa de embalse nunca tendrá que realizar. Además se debe proteger la barrera para que resista olas del mar.

Existen muchas formas de diseñar esta barrera fija. Se pueden encontrar muchos de tipos de barreras en el mar. El diseño de éstas depende de las fuerzas que tenga que soportar, las que dependen del lugar en que estén ubicadas. Estas fuerzas pueden ser fuertes corrientes marinas, grandes olas, o simplemente la fuerza estática del mar, que puede venir en ambas direcciones dependiendo del tipo de operación. También se diseñan estas barreras según el material disponible que se encuentre cerca del proyecto. Estas barreras son generalmente de un enorme volumen, por lo que es muy importante utilizar el material más barato para este efecto, el que puede ser rocas o piedras grandes, arena, limo, arcilla entre otros. Además, se debe tener presente la importancia de que esta barrera sea impermeable para no tener pérdidas de volumen de agua. Para esto se le puede agregar una capa impermeable, como por ejemplo, una geomembrana, o una capa de arcilla. Si estos materiales no se encuentran presentes, se deben ocupar bloques prefabricados de hormigón reforzado, los que pueden ser sólo un marco hueco de hormigón, el cual es llenado luego con algún material disponible que sirva para esto, como simplemente tierra húmeda. Otro aspecto fundamental que se debe tomar en cuenta es la capacidad del suelo de aguantar peso, lo que puede determinar la factibilidad técnica de un proyecto. El talud del muro lo va a determinar el material con que se construya esta barrera y las fuerzas que se deban resistir. Éste talud varía desde 1:4 a 1:1.

Es importante considerar la velocidad con que se operan las compuertas para este tipo de proyectos. De hecho, en un año se abren y cierran cada compuerta 1410 veces cuando la operación es de doble efecto. La demora en abrir compuertas repercute directamente en la producción de energía, y esta diferencia en la producción es notable. Por ejemplo, en los estudios para el proyecto de la central Quoddy en Estados Unidos, se concluyó que si las compuertas se cerraran en un intervalo de 20 minutos se perderían 20 millones de Kwh. Debido a esto, se recomienda que las compuertas tengan mecanismos de alta velocidad para subirlas y bajarlas. Por lo tanto, se recomiendan compuertas planas de acero con un sistema hidráulico, o compuertas mariposas. Es necesario que estas compuertas sean pintadas con pintura anticorrosiva debido a las características del agua de mar.

Otro aspecto que hay que considerar es que, según las costumbres y la actividad económica de la población que se localiza a orillas de este fiordo, se deben hacer pasadas especiales para embarcaciones, las que pueden ser menores o mayores según corresponda. Muchas veces, construir una barrera de estas características no es económicamente rentable, pero estas barreras pueden servir además como puente, lo que podría aumentar en forma considerable los beneficios del proyecto.

### **3.1.5 Elección del Lugar**

Para escoger a priori el lugar adecuado para una central mareomotriz se debe tomar en cuenta tres parámetros fundamentales, estos son la amplitud de marea, el largo de la barrera y el área de la bahía que se pretende embalsar.

Si bien la altura mínima en que funcionan las turbinas utilizadas para este tipo de centrales es de 0,5 metros esto no significa que con una amplitud de marea de esa altura sea suficiente para operar una central mareomotriz. Con esta amplitud sólo se podría generar energía unos pocos minutos en un ciclo de marea (12 horas 25 minutos). Además debido a la baja velocidad de los equipos hidromecánicos, como las compuertas, no se puede disponer de la amplitud de mareas completa, estimándose que por lo menos hay una pérdida de 20cm al comienzo y al final de cada ciclo, es decir al llenar y al vaciar la bahía. Así, para poder operar la central con un mínimo de amplitud de marea, ésta tendría que ser de por lo menos 90cm en marea muerta. Para regiones con régimen de marea semi-diurna, la razón típica entre la amplitud de marea muerta y la amplitud media es de 1,45, lo que implica que la amplitud media mínima es de  $0,9 * 1,45 = 1,305$  metros. Como se mencionó anteriormente esta amplitud es la mínima de operación, pero debido a que su operación es muy corta nunca es rentable económicamente. Por otra parte, según Bernshtein (1961), la amplitud media que asegura una máxima utilización de la energía es de 5,44 metros.

Otro factor que es importante considerar y que determina el potencial de la bahía, y por lo tanto el costo de la energía, es el área embalsada (ver 3.1.1) y las dimensiones de la barrera. Con una mayor superficie que aprovechar el costo de la energía disminuye, y con una barrera mayor, el costo de la energía producida aumenta. Existen varios modelos creados entre los años sesentas, setentas y ochentas que mediante relaciones entre el largo de la barrera, la altura de ésta, el área embalsada y la amplitud media de las mareas indican si el

lugar es interesante como proyecto o no. Estos modelos se hicieron en base al precio de la energía en ese momento y a los costos unitarios de construcción de aquellos años. Debido a que en la actualidad estos costos han cambiado considerablemente no se pueden aplicar esos modelos en la actualidad, y crear uno actualizado no está dentro de los alcances de este trabajo.

Considerando las características ya mencionadas se concluye que los sitios más propicios para desarrollar un proyecto de esta índole serían bahías, estuarios o fiordos que tengan una salida relativamente angosta y poco profunda y que cuenten con un área considerable. Se debe volver a mencionar que una barrera puede alterar significativamente la resonancia en la bahía por lo que su efecto debe ser estudiado profundamente en cada caso antes de tomar la decisión definitiva de llevarlo a cabo.

### **3.1.6 Impactos Ambientales**

En general este tipo de extracción de energía se considera de grandes impactos ambientales negativos. En esta sección se comentarán los distintos impactos ambientales asociados a esta actividad.

#### *Construcción*

La construcción de la barrera tiene impactos ambientales significativos en el fiordo. Los impactos ambientales asociados a la construcción son principalmente el ruido, el alto tráfico de vehículos de construcción y problemas con la calidad del agua, lo que puede afectar tanto a la fauna marina como a los pájaros.

#### *Ecología*

Durante la operación de la barrera, el área inundada por la diferencia de marea se verá inundada menos frecuentemente y cambiará el drenaje del suelo en esa zona. Esto produce severos cambios de hábitat a las especies que viven en esa zona, y afecta directamente tanto a los pájaros como a los peces que se alimentan de estas especies. Además se espera que producto a una disminución importante de la turbiedad en el agua, el plancton y las algas incrementen en cantidad. Para cada fiordo las especies son distintas, por lo que se debe estudiar cada uno por separado.



La barrera impide el paso de las especies migratorias de peces causando un elevado impacto en la población de estas especies. Además está el riesgo de que los peces pasen a través de la turbina con consecuencias de herir y hasta matar peces. Estos impactos se pueden mitigar con obras como escalera de peces, con rejas o diseños de turbinas de una menor velocidad, entre otras alternativas de mitigación.

### *Calidad del Agua*

Debido a los efectos físicos de una barrera en las corrientes, profundidad del agua y la turbiedad tiene impactos directos en la calidad del agua. Estos impactos tienen estrecha relación a las actividades económicas que implican descargas al fiordo embalsado y a sus alrededores. En términos generales los impactos a la calidad del agua son los siguientes:

- Una barrera reduce la mezcla del agua de mar en el estuario y la absorción de oxígeno del agua embalsada, afectando también la concentración de distintos contaminantes.
- La concentración de sólidos suspendidos en la columna de agua embalsada disminuye debido al efecto sedimentador de la barrera.
- Si existen descargas de aguas servidas al estuario se espera un aumento considerable en el nivel de eutroficación en la zona.

El nivel de impacto de los puntos antes mencionados cambia en cada fiordo, por lo que se debe estudiar profundamente cada uno por separado.

### *Paisaje*

El impacto visual depende del valor visual que tenga el entorno y del nivel de exposición de este. Debido a esto el impacto visual depende del lugar en que se sitúe la central. En términos generales, una central de este tipo tiene impactos en el paisaje. Los principales impactos visuales son la presencia de una barrera, los cambios en los niveles del mar, y la infraestructura asociada a la central cómo las líneas eléctricas, y los caminos de acceso a esta, lo que afecta el paisaje en el borde costero.

### 3.1.7 Caso Emblemático: La Rance

La central mareomotriz de barrera más emblemática del mundo es la Central La Rance. Esta central, que se ubica en los 48°37'08'' Latitud Norte, y los 2°01'11'' Longitud Oeste, en la región de Bretaña en Francia. Se comenzó a construir en 1960, pero recién el día 19 de agosto de 1966 empezó a generar energía. En este estuario, la amplitud de marea alcanza los 13,5 metros. El caudal que entra en el estuario debido a las mareas llega hasta los 20.000 m<sup>3</sup>/s, y tiene un área embalsada de un poco más de 22 km<sup>2</sup>. La central Rance tiene una potencia de 240 MW, y produce anualmente 550 GWh con un factor de planta de un 26%.

La barrera tiene 719 metros de longitud, 24 metros de ancho y 27 metros de altura lo que equivale a 15 metros por sobre el nivel medio del mar. Esta central cuenta con 6 compuertas de 15 metros de ancho y 10 metros de altura. Estas compuertas tienen la capacidad de trasvasiar hasta 4000m<sup>3</sup>/s para una diferencia de nivel de 1 metro entre el mar y el estuario. Además, tiene una esclusa de comunicación para que las pequeñas y medianas embarcaciones puedan salir y entrar al estuario embalsado. La esclusa tiene 66 metros de largo y 13 metros de ancho. En la figura 3.18 se muestra un esquema de la central, y en las figuras 3.19 y 3.20 se muestran fotos de ésta.



Figura 3.18



Figura 3.19



Figura 3.20

### *Características de los grupos generadores de La Rance*

La central mareomotriz de la Rance tiene 24 grupos Bulbo, cada uno de ellos de una potencia nominal de 10MW. Consisten en un conducto de entrada, que posteriormente se ensancha alrededor del Bulbo. Dentro de este último se encuentra el generador, el cual tiene una velocidad máxima de 260 rpm y una velocidad de rotación normal de 93,75 rpm. El Bulbo está unido al muro exterior del conducto por aletas radiales, las que sirven tanto de soporte como para guiar el agua. El predistribuidor consiste en estas aletas, la pared exterior del Bulbo y la pared interior del conducto.

El distribuidor está localizado entre el predistribuidor y el rodete. Está formado por 24 álabes directrices, los que dirigen el agua en la dirección conveniente hacia el rodete móvil. La abertura de los álabes puede variar entre  $0^\circ$  y  $95^\circ$ . Esta regulación se hace mediante un mecanismo servomotor hidráulico, el cual es accionado automáticamente mediante un programa cuyo objetivo es mantener un rendimiento óptimo en base a las variaciones de caudal y de altura disponible debidas a las diferencias de nivel entre el mar y el embalse.

Los rodetes tienen un diámetro de 5,35 metros. Cuentan con 4 palas orientables, ésta orientación puede variar entre  $-5^\circ$  y  $35^\circ$ . Finalmente, estos grupos cuentan con tubos de aspiración aguas abajo del rodete.

Los generadores utilizados en la Rance son sincrónicos de 10 MW y de excitación estática. El generador funciona en el aire a una presión de 2 atm y con una tensión de 3500V. El rotor es un inductor de 64 polos, y está equipado con una bobina inductiva de 8 espiras gruesas que permiten el paso de una corriente continua de excitación próxima a 1150 A. En la figura 3.21 se muestra un esquema con dimensiones de un grupo generador Bulbo utilizado en la Rance.

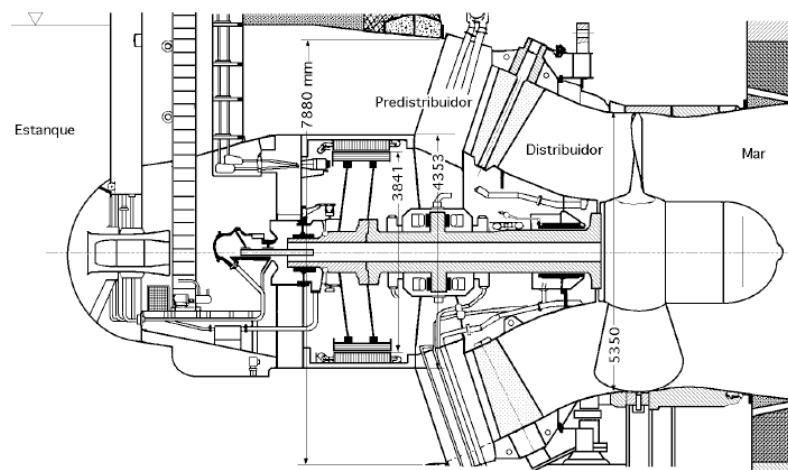


Figura 3.21

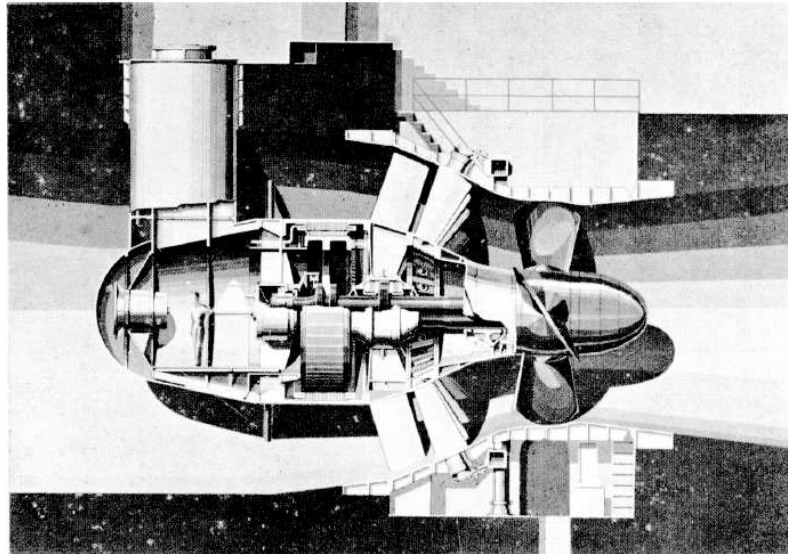


Figura 3.22

### *Modos de Operación*

La central mareomotriz de la Rance tiene el modo de funcionamiento de un fiordo con unidades de generación de doble efecto. Este modo de operación exige un óptimo desempeño de las compuertas tanto para el proceso de llenado como para el vaciado. Las máquinas funcionan como generadores directos e inversos, y como bombas. Se requieren seis tipos de operaciones para estas máquinas, que son las mostradas en la tabla 3.01 en base a la experiencia obtenida en la Rance en el año 1994 en 6535 horas de prueba (funcionamiento directo es de fiordo a mar, e inverso es de mar a fiordo). En la tabla 3.02 se muestra la potencia y el caudal para distintas alturas y modos de funcionamiento, y en la tabla 3.03 se muestra la potencia utilizada, y caudal que levanta cuando estas turbinas son utilizadas como bombas.

1	Turbinaje	Directo	71.30%	Vaciado de la Bahía	Salto máximo en explotación = + 9m
2	Bombeo	Inverso	0%		
3	Compuerta	Directo		Vaciado de la Bahía	Máquina desacoplada de la red
4	Turbinaje	Inverso	6.70%	Llenado de la Bahía	Salto máximo en explotación = - 6
5	Bombeo	Directo	22%		Salto máximo = 2 m
6	Compuerta	Inverso	17%	Llenado de la Bahía	Máquina desacoplada de la red

Tabla 3.01

Funcionamiento como turbina		Altura Aprovechable				
		11m max	9m	7m	5m	3m
<b>Directo</b>	Potencia [MW]	10	10	10	8	3.2
	Caudal [m3/s]	110	130	175	260	200
<b>Inverso</b>	Potencia [MW]	10	10	9.5	5.5	2
	Caudal [m3/s]	130	155	230	195	135

Tabla 3.02

Funcionamiento como bomba		Altura a levantar			
		1m	2m	3m	6m max
<b>Directo (fiordo-mar)</b>	Potencia [MW]	10	10	10	10
	Caudal [m3/s]	225	195	170	105

Tabla 3.03

### *Construcción de La Rance*

La construcción de las obras civiles se realizó en seco. Para esto se ataguiaron primero las zonas laterales donde se construyeron las compuertas y la esclusa. Luego, una vez construidas estas partes se ataguó el centro, donde se instalaron las turbinas y el dique de escollera.

Para el ataguiado de la esclusa, se aprovecharon dos horas de bajamar para construir un muro de hormigón anclado ala ladera rocosa. Con esto se contaba con poca profundidad para realizar las obras para la esclusa.

Para las compuertas se realizó de igual modo que para la esclusa, aprovechando además la ventaja de tener la isla Chalibert como apoyo. Los muros de los extremos se construyeron directamente, aprovechando la baja profundidad. En la zona de mayor profundidad se utilizaron cajones cilíndricos de 19 metros de diámetro y 20 metros de altura. Hechos de dovelas metálicas rodeando una estructura metálica, que eran empujados verticalmente para que penetraran unos 2 centímetros en la roca, luego estos eran aislados con sacos de arcillas instalados por hombres ranas. Cada cilindro era estable por si mismo, y se unían unos a otros con arcos de radio mas pequeño. Luego se secó el interior, se construyó el dique y se instalaron las compuertas. Finalmente se demolieron las ataguías.

Secar el resto fue muy complicado, esto debido a que mientras más se iba cerrando las corrientes iban aumentando de magnitud. Sólo se pudo utilizar el método mencionado

para las compuertas para 240 metros de los 600 metros que quedaban. Para los 360 metros restantes se utilizó un método distinto. Este método consiste en colocar cajones de hormigón armado de 9 metros de diámetro y de altura variable entre 20 y 25 metros sobre la línea de ataguía. Luego, estos cajones eran hundidos con la ayuda de peso, esta operación se realizaba aprovechando los intervalos de marea muerta. Estos cajones eran colocados con un espaciamiento de entre 18 a 21 metros, de manera de no obstaculizar el paso del agua. Luego se unían dos cajones mediante una celda compuesta por dos planchas, y rellenas de arena. Esto se hacía uniendo solo dos de cada tres cajones. Finalmente se cerraban los espacios que aún no se habían cerrado de la misma forma. Después se debía secar el interior de estas celdas y cajones, y construir la zona de casa de máquinas, y el dique de escollera.

## 3.2 Aprovechamiento de la Energía Cinética de las Mareas

Para que el nivel del mar en un determinado lugar varíe, es necesario que entre y que salga agua, generando en ciertos lugares importantes corrientes marinas. Estas corrientes marinas tienen una energía cinética que es posible aprovechar. Para esto se han desarrollado distintas tecnologías. Estas tecnologías funcionan principalmente en sistemas abiertos, basando sus diseños en el de las turbinas eólicas. Recién el año 2007 se instalaron las primeras turbinas que aprovechan esta energía. Éstas fueron instaladas en East River en Nueva York, EEUU, en Kvalsundet, Noruega y en Lynmouth, Inglaterra.

### 3.2.1 Potencial cinético de una Corriente

La manera de aprovechar la energía cinética de las mareas es la misma que para aprovechar la energía de los vientos. El análisis de la energía disponible de un flujo se muestra a continuación, partiendo con la forma básica de la energía cinética, según la ecuación 3.20.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.20)$$

Donde  $m$  es la masa en kilogramos,  $v$  es la velocidad de la corriente en metros/segundos y  $E$  es la energía cinética en joules.

La potencia es energía por unidad de tiempo, por lo tanto, la potencia existente por unidad de área para un flujo de agua se puede expresar cómo:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2}\rho v^3 \quad (3.21)$$

Donde  $A$  es el área de corriente interceptada por la turbina, esto es, el área del barrido del rotor en metros cuadrados,  $\rho$  es la densidad del agua, (la que es  $1000 \text{ kg/m}^3$  pero para el agua de mar la densidad es  $1024 \text{ kg/m}^3$ ) y  $P$  es la potencia en watts.



Debido a la gran densidad que tiene el agua de mar en comparación con la del aire, una central mareomotriz con bastante menos velocidad alcanza la misma potencia que una central eólica, o con una menor área (densidad del aire =  $1,225 \text{ kg/m}^3$ ). En las figuras 3.23 y 3.24 se muestran las diferencias entre la densidad de potencia del recurso eólico en comparación con el mareomotriz a sus respectivas velocidades.

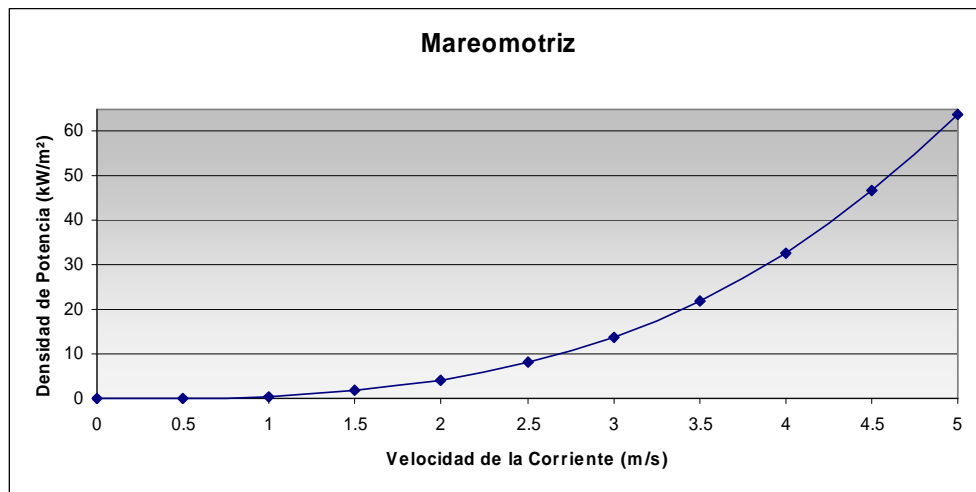


Figura 3.23

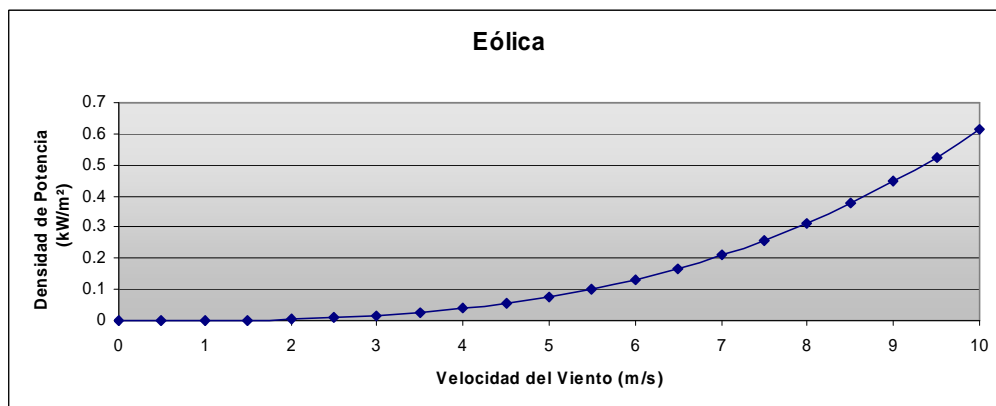


Figura 3.24

Las corrientes provocadas por las mareas no son constantes, de hecho en cada lugar varían con una distribución de velocidades diferente. Debido a que la densidad de potencia depende del cubo de la velocidad de corriente, no se puede obtener la densidad de potencia media con utilizar la velocidad media de corriente, sino que se debe obtener la media de las

densidades de potencia evaluadas con las distintas velocidades que componen dicha distribución.

En un canal no se puede extraer toda la energía que tiene la corriente, esto es debido a distintos factores. Primero, si el canal es utilizado por grandes embarcaciones se deben dejar libres entre 15 a 20 metros desde el espejo de agua, si el canal no es navegado por estas grandes embarcaciones se deben mantener 5 metros libres para que las pequeñas embarcaciones, y las embarcaciones de pescadores comerciales puedan pasar por el lugar en forma segura. Después, en el fondo la turbina debe ir por sobre la capa bentónica de baja velocidad, la que está a una altura equivalente a un décimo de el nivel medio más bajo del mar. Además, según diversos estudios realizados, con el fin de no cambiar significativamente las características hidrodinámicas y ambientales de la zona en estudio, la potencia extraída no debería ser mayor al 20% de la potencia media anual disponible, este valor fue entregado por The Carbon Trust (consultora privada inglesa). Existen estudios que indican que este valor puede ser mayor a 20%, y otros que indican que debe ser menor, pero para este estudio será considerado el 20% por ser el más aceptado mundialmente. Estos factores limitantes de la extracción de energía serán explicados con mayor profundidad más adelante.

### **3.2.2 Sitios Potenciales**

Sitios aptos para este tipo de proyectos son usualmente canales, pasadas estrechas de mar, o fiordos donde existan corrientes importantes producidas por las mareas. Los factores importantes que se deben tomar en cuenta que determinan el potencial del lugar son la velocidad de las corrientes de mareas y el área normal a la corriente del canal. Además se debe tener un fondo marino con una geología adecuada para poder anclar estas turbinas, estar cerca de algún punto de conexión al sistema de distribución o transmisión y tener cerca un embarcadero apto para tareas de inspección, mantención y reparación de los equipos. Para seleccionar potenciales sitios de explotación de las corrientes de las mareas, la EPRI (Electric Power Research Institute Inc.) recomienda estudiar todos los lugares que tengan flujos máximos mayores a 1.5 m/s.

### 3.2.3 Velocidad de las Corrientes

Como se mencionó en la sección 3.2.1 para estimar la densidad de potencia es muy importante conocer las velocidades de las corrientes en función del tiempo. Por lo general, se dispone sólo de datos de la velocidad superficial de las corrientes. Para calcular la densidad de potencia se debe tomar en cuenta que la velocidad varía verticalmente y horizontalmente en el canal.

#### *Velocidad de Corrientes Superficiales*

En Chile el SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile) es el encargado de las mediciones de corrientes. Los datos existentes fueron obtenidos por embarcaciones de la Armada de Chile que quedan detenidos por lo menos un mes para hacer las mediciones correspondientes, estos datos están destinados principalmente para ayudar en la navegación a las embarcaciones, por lo tanto las mediciones están hechas principalmente en la superficie.

Para obtener la distribución de velocidades se supone que es de tipo sinusoidal en el tiempo, existiendo tiempos de velocidad máxima local, y otros con velocidad nula. Una distribución de velocidad de corriente idealizada se expresa como:

$$u(t) = U_{\max} \sin\left(\frac{\pi t}{T}\right) \quad (3.22)$$

#### *Variación de velocidad en función de la Profundidad del canal*

Para estimar la velocidad en función de la profundidad se recomienda utilizar la ley de potencia de un décimo, debido a que representa con bastante precisión la realidad. Esta ley se muestra en la ecuación 3.23.

$$u(z) = u_0 \left(\frac{z}{z_0}\right)^{\frac{1}{10}} \quad (3.23)$$

donde  $u(z)$  es la velocidad horizontal en relación a la profundidad  $z$ ,  $u_0$  es la velocidad de referencia, que normalmente es la que entrega la estación de medición, en la profundidad de referencia  $z_0$ . Las profundidades se miden desde el fondo marino, siendo este  $z = 0$ . La distribución de velocidades en relación a la profundidad se muestra gráficamente en la figura 3.25.

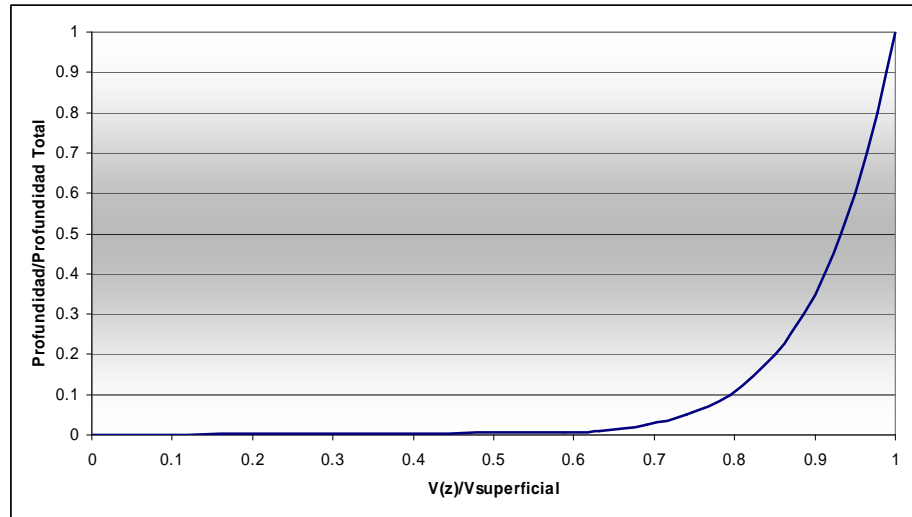


Figura 3.25

Para trabajar con una velocidad de referencia adecuada, la EPRI muestra el siguiente desarrollo para obtener la velocidad en el centro de masa de la distribución de velocidades con respecto a la profundidad:

$$\bar{u} = \frac{\int_{h_1}^{h_2} u dz}{\int_{h_1}^{h_2} dz} = \frac{\int_{h_1}^{h_2} u_0 \left( \frac{z}{z_0} \right)^{1/10} dz}{\int_{h_1}^{h_2} dz} = \frac{u_0 \left( \frac{1}{z_0} \right)^{1/10}}{h_2 - h_1} \left( \frac{10}{11} \right) \left( h_2^{11/10} - h_1^{11/10} \right) \quad (3.24)$$

Cómo la velocidad de referencia  $u_0$  es medida en la superficie, entonces  $h_2$  es la profundidad del canal ( $D$ ),  $h_1$  es igual a cero,  $z_0$  es la elevación de referencia, la cual también es en la superficie y por lo tanto igual a  $D$ . Entonces la velocidad del baricentro de la distribución de velocidades del canal es:

$$\bar{u} = \frac{u_0 \left(\frac{1}{D}\right)^{\frac{1}{10}}}{D} \left(\frac{10}{11}\right) \left(D^{\frac{11}{10}} - 0^{\frac{11}{10}}\right) = u_0 \left(\frac{10}{11}\right) = 0.909u_0 \quad (3.25)$$

Esto quiere decir que la citada velocidad es el 90.9% de la velocidad superficial. Para hacer el análisis de la densidad de potencia, ésta depende del cubo de la velocidad, por lo que el centro de gravedad de la distribución de la densidad de potencia sería de la siguiente forma:

$$\bar{u}^3 = \frac{\int_{h_1}^{h_2} u^3 dz}{\int_{h_1}^{h_2} dz} = \frac{\int_{h_1}^{h_2} u_0^3 \left(\frac{z}{z_0}\right)^{\frac{3}{10}} dz}{\int_{h_1}^{h_2} dz} = \frac{u_0^3 \left(\frac{1}{z_0}\right)^{\frac{3}{10}}}{h_2 - h_1} \left(\frac{10}{13}\right) \left(h_2^{\frac{13}{10}} - h_1^{\frac{13}{10}}\right) = u_0^3 \left(\frac{10}{13}\right) = 0.769u_0^3 \quad (3.26)$$

Entonces la densidad de potencia en el baricentro de la distribución de la densidad de potencia en función de la profundidad es un 76.9% de la densidad de potencia de la superficie.

Se debe notar que estos cálculos se hicieron sin tomar en cuenta las corrientes que pudieran formarse debido a diferencias tanto de temperaturas como de salinidad. Estas corrientes tienen características singulares en cada canal, y en cada época del año. Para considerarlas se debe instalar una estación de medición de corrientes en distintas profundidades y tener mediciones por un largo tiempo para que la estadística sea válida.

#### *Extrapolar el Historial de Velocidades a un punto distinto del Canal*

Muchas veces ocurre que las estaciones de medición de la institución a cargo de hacerlas no están ubicadas en la sección del canal donde es más conveniente realizar un proyecto. Para extrapolar las velocidades de corrientes a otros puntos con secciones distintas, primero se acepta que el flujo desacelera uniformemente, y que el flujo es subcrítico, en base a esto se utilizan las ecuaciones de continuidad, y la de conservación de energía (Bernoulli). Para el cálculo se supone que las pérdidas friccionales son despreciables, que la cota del

fondo del canal son conocidos tanto en el lugar de la estación como en el lugar donde se quiere instalar el proyecto ( $z_1$  y  $z_2$ ), y que tanto la velocidad del flujo como la profundidad del lugar de la estación son conocidos ( $h_1$  y  $U_1$ ), entonces se pueden encontrar tanto la profundidad como la velocidad en el sitio del proyecto ( $h_2$  y  $U_2$ ).

La ecuación de continuidad es:

$$Q = UA \quad (3.27)$$

donde  $Q$  es constante debido a que no se almacena, y no hay flujos afluentes externos. El área se expresa cómo el ancho del canal multiplicado por la profundidad, asumiendo que es rectangular.

$$A = hW \quad (3.28)$$

La ecuación de continuidad en términos del ancho y la profundidad del canal se escribe cómo:

$$W_1 h_1 U_1 = W_2 h_2 U_2 \quad (3.29)$$

entonces

$$h_2 = \frac{W_1 h_1 U_1}{W_2 U_2} \quad (3.30)$$

La ecuación de Bernoulli para un canal abierto se escribe cómo:

$$z_1 + h_1 + \frac{U_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{U_2^2}{2g} \quad (3.31)$$

Reemplazando la ecuación 3.30 en la ecuación 3.31 se obtienen los valores deseados.

### *Energía Extraíble*

Debido al gran parecido que existe entre las turbinas eólicas y este tipo de turbinas se puede pensar que con un espaciamiento suficiente entre ellas se pueden instalar turbinas ilimitadamente a lo largo de un canal. Esto no es así, pues las turbinas eólicas funcionan

debido a que éstas trabajan en la capa turbulenta inferior de la atmósfera. Entonces, cuando se extrae energía del viento, se provoca una disminución de su velocidad después de la turbina, pero crece la transferencia de momentum hacia abajo hasta que el viento vuelve a la misma velocidad que tenía anteriormente, este proceso no necesita grandes distancias, y la capa atmosférica varía entre 10 kilómetros en los polos y 18 kilómetros en el ecuador. En cambio las turbinas mareomotrices, de flujo libre, trabajan por sobre la capa turbulenta inferior, entre ésta y la superficie del mar, cuyas profundidades normalmente no superan los 100 metros. Por esto, no se dispone de la capa superior que transfiere el momentum hacia abajo, por lo que la velocidad del flujo no vuelve a la misma velocidad, pudiendo llegar a descensos de velocidades tales que ocurran efectos ambientales considerables debido a esto.

Existen pocos estudios relacionados con este tema. La empresa Carbon Trust impuso el límite de 20% de extracción máxima de la energía cinética indicando que si se supera este límite se producen impactos significativos, pero no justifica como llegó a ese valor. Paralelamente, existen estudios que indican un 10% y otros sobre un 30%, siendo todos basados en la teoría de flujo de un canal abierto. Los principales posibles impactos consisten en afectar la disponibilidad de nutrientes en ciertas zonas y la tasa de recambio de agua entre otros. Debido a la gran diferencia que hay entre estos estudios, se estimó conveniente utilizar un 20% como límite debido a que es el más aceptado mundialmente.

### 3.2.4 Potencia Aprovechable de las Corrientes de Mareas

#### *Densidad de Potencia Utilizada por la Turbina*

Una vez obtenido los datos de corriente superficial, se deben trasladar estos datos hasta la profundidad donde se encuentra el centro del área del flujo que se desea aprovechar. Como se vio anteriormente para esto se utiliza la ley de potencia de un décimo:

$$u_{turbina} = u_{superficie} \left( \frac{z_{turbina}}{z_{superficie}} \right)^{\frac{1}{10}} \quad (3.32)$$

donde  $u_{turbina}$  es la velocidad de corriente en el centro de la turbina, que en el caso de una turbina de eje horizontal sería la velocidad de la corriente en la profundidad en donde se encuentra el eje de la turbina,  $u_{superficie}$  es la velocidad de corriente medida en la superficie,  $z_{turbina}$  es la cota con respecto al fondo marino en el que se encuentra el centro de la turbina,  $z_{superficie}$  es la profundidad del canal.

Para obtener la densidad de potencia se debería calcular para cada lugar de la turbina mediante una integral de área, pero como existen distintos tipos de turbinas, con distintas formas como se explicará más adelante, se utilizará una aproximación general. Esta aproximación consiste en tomar la densidad de potencia del centro de la turbina como la de toda la turbina, esta aproximación es conservadora en el sentido que siempre está por debajo en pocos puntos porcentuales de la densidad de potencia real que tiene la turbina. La aproximación es la siguiente:

$$\frac{\bar{P}}{A} = \frac{1}{2} \rho u_{superficie}^3 \left( \frac{z_{turbina}}{z_{superficie}} \right)^{\frac{3}{10}} \quad (3.33)$$

La ecuación 3.33 es el producto de desarrollar la ecuación 3.31 entre la superficie y el centro de la turbina, y la velocidad resultante reemplazarla en la ecuación 3.21.

El porcentaje de error de esta aproximación, como se mencionó anteriormente, es despreciable. Para el caso de una turbina de eje vertical se muestra el porcentaje de error en función de la razón entre el radio del rotor de la turbina, y  $z_{turbina}$  en la figura 3.26 (figura 3.26 obtenida de informe de la EPRI)

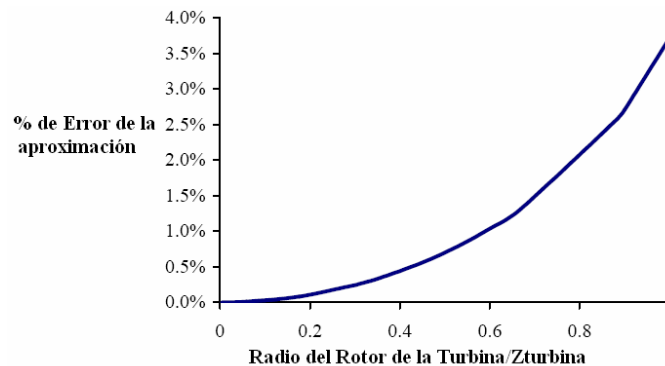


Figura 3.26



## Producción de Energía

Teniendo la información de la velocidad en la cota del centro del área de la turbina se puede calcular la producción de energía considerando un modelo que consta de tres regiones. Este modelo se muestra en la siguiente figura (figura obtenida de informe de la EPRI).

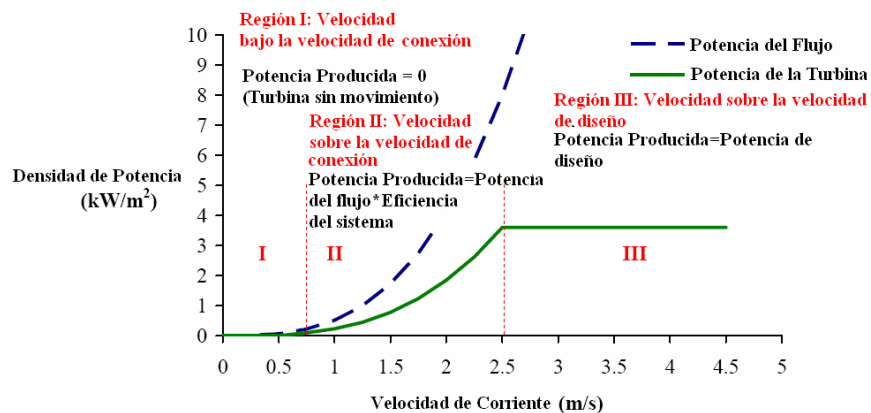


Figura 3.27

Las regiones del modelo son las siguientes:

- Región I: En esta región la velocidad de la corriente está por debajo de la velocidad de conexión. La velocidad de conexión es la velocidad mínima necesaria para mover la turbina y por lo tanto producir electricidad. En esta región no se genera energía.
- Región II: En esta región la velocidad de la corriente está entre la velocidad de conexión y la velocidad de diseño de la turbina. Para obtener la potencia se debe multiplicar la densidad de potencia de la corriente por el área de la turbina, y por las eficiencias correspondientes. Los valores típicos de eficiencia para este tipo de centrales son los siguientes:

$\eta_{\text{turbina}} = 45\%$ . Esta eficiencia corresponde a la extracción de la energía cinética de la corriente. Debido a la naturaleza de la turbina, sólo se puede extraer la energía cinética necesaria para dejar la corriente con una velocidad no menor a 1/3 de la velocidad de llegada. Esto es debido a que si se extrajera toda la energía el agua se detendría y dejaría de pasar a través de la turbina, según fue demostrado por el ingeniero Albert Betz, quien determinó el valor del límite antes expuesto. Si en la

fórmula se toma en consideración este límite se llega a la conclusión de que la eficiencia óptima de extracción de potencia es de un 16/27, es decir un 59,3%. Este límite es llamado el “Limite Lanchester-Betz”.

$\eta_{\text{trenchexión}} = 96\%$ . Esta eficiencia corresponde a la razón que existe entre la energía extraída del flujo con la recibida por el generador. Las pérdidas en este punto son debido a la fricción en la caja de engranajes utilizada para intensificar la velocidad de giro de la turbina a la velocidad de rotación del generador.

$\eta_{\text{generador}} = 95\%$ . Esta es la eficiencia con la cual la energía mecánica introducida al generador es transformada en energía eléctrica. Las pérdidas son mayoritariamente debidas al roce.

$\eta_{\text{conexiónred}} = 98\%$ . Esta es la eficiencia con la que la electricidad producida por el generador es acondicionada para conectarse al sistema de distribución o transmisión. Principalmente, estas pérdidas son debido a la resistencia de los conductores que disipan la energía cómo en calor.

De los valores de eficiencias antes mostrados, solo la eficiencia de la turbina se puede considerar constante, los demás son variables y dependen mucho del fabricante.

Entonces la energía entregada estaría dada por:

$$P_{\text{eléctrica}} = \eta_{\text{turbina}} * \eta_{\text{conexióntren}} * \eta_{\text{generador}} * \eta_{\text{conexiónred}} * A_{\text{turbina}} * \bar{P} \quad (3.34)$$

Donde  $\bar{P}$  es la densidad de potencia en la cota del eje de la turbina.

- Región III: En esta región la velocidad de corriente sobrepasa la velocidad de diseño, y por lo tanto la potencia entregada es constante, y es la potencia de diseño de la turbina. Para mantener esta potencia se puede aplicar un freno al eje del rotor o cambiando el ángulo de las aspas. No existe una velocidad máxima de funcionamiento debido a que las corrientes nunca llegan a velocidades mucho mayores que las máximas mensuales previstas.

### **3.2.5 Mareogeneradores**

Las turbinas diseñadas para aprovechar la energía de las corrientes de las mareas se basaron en los diseños de las turbinas eólicas. Es por esto que en general las tecnologías de mareogeneradores se dividen entre sistemas de eje horizontal y de eje vertical. A continuación se analizarán distintos mareogeneradores tanto en términos descriptivos, técnicos y económicos.

La información y el análisis de los distintos mareogeneradores fueron obtenidos de la EPRI, según la información obtenida por esta institución el año 2005 entre los meses de marzo y julio, información enviada por los propios fabricantes y de la página web de los fabricantes. Debido a esto puede haber ciertos valores de eficiencia, costos o estados de la tecnología que hayan cambiado con el tiempo. Existen más tecnologías de las que están aquí presentadas que no se han tratado debido a la falta de información, o a la gran similitud que existe con otras ya tratadas.

Primero serán tratadas las turbinas de eje horizontal y luego las de eje vertical.

#### **3.2.5.1 Mareogeneradores de eje Horizontal**

##### ***Marine Current Turbines (MCT)***

El mareogenerador que MCT comercializará se llama SeaGen. El SeaGen consiste en un pilote el cual se funda en el fondo oceánico enterrando una parte de este. En el pilote se montan unas vigas que salen en voladizo a cada lado, de los extremos de cada una de estas vigas hay una turbina, paralelas entre ellas, con un rotor de dos aspas. Estas vigas pueden deslizarse por el pilote hacia arriba y hacia abajo, en forma conjunta, con la posibilidad de sacar las turbinas sobre la superficie del mar para su mantención. Los generadores y las excitatrices están en carcasas sumergibles, exponiéndose así directamente en contacto con el agua de mar, haciendo su sistema de refrigeración más eficiente. En la figura 3.28 se muestra una representación de una SeaGen.

La información para el diseño del mareogenerador SeaGen se basó en el prototipo de 300 kW, con un rotor de 11 metros de diámetro, instalado en el año 2003 que funcionó

hasta el año 2006, en la costa de Lynmouth, Devon, Reino Unido. Este prototipo se llamó Seaflow, sólo funcionaba en una dirección del flujo, y no estaba conectado al sistema de transmisión. En la figura 3.29 se muestra una foto de la turbina Seaflow.

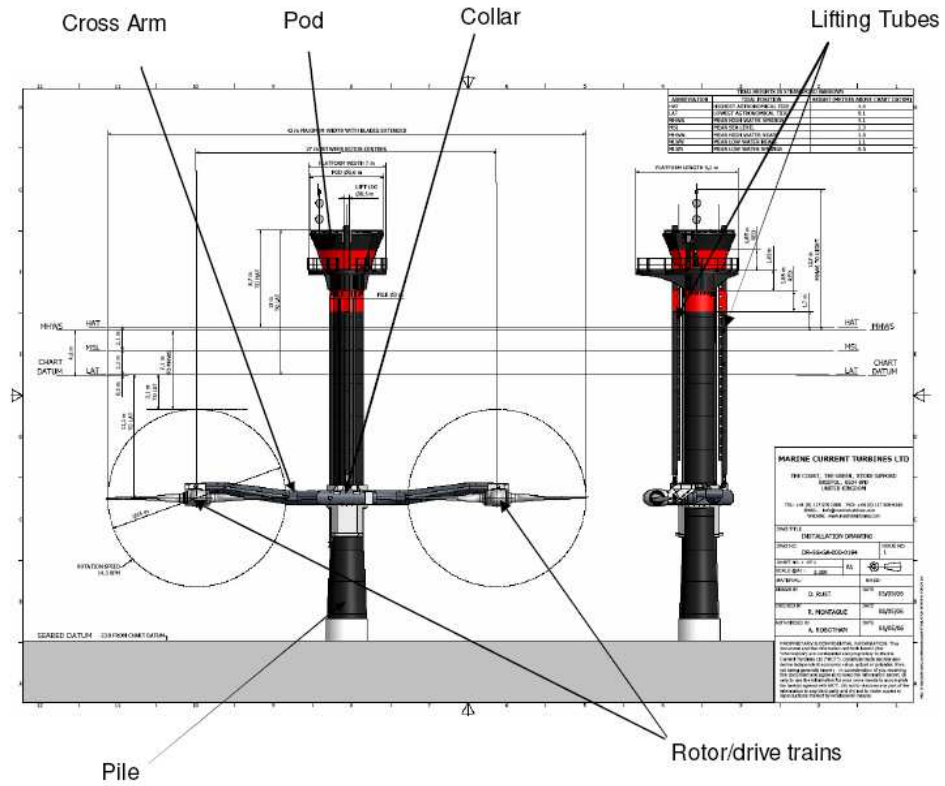


Figura 3.28



Figura 3.29

Actualmente se está instalando un SeaGen de 1,2 MW de potencia instalada en Strangfords Lough, en Irlanda del Norte.

Especificaciones técnicas de un mareogenerador SeaGen:

Diámetro del Rotor: 18m

Potencia de Diseño: 2,5 MW con una velocidad de diseño de 3m/s.

Velocidad de Conexión: 0,7m/s

Conexión a la transmisión: Es opcional. El prototipo comercial que se está construyendo generará a frecuencia variable con corriente alterna con un voltaje nominal de 600V y del transformador va a salir en 11kV a 50Hz en 3 fases en forma sincrónica con el interconectado.

Fundación: Pilote enterrado en el fondo oceánico.

Profundidad del Mar: < 50m

Turbina: La turbina es simple, cuenta con dos palas, las que pueden rotar en 180° para una mayor eficiencia al funcionar con las corrientes en ambos sentidos. Además, según ha mostrado la experiencia con los aerogeneradores, este es uno de los más simples, y eficientes sistemas para extraer energía cinética de un flujo.

Generador: El generador es sumergible, al igual que la caja de engranajes, es un generador de inducción de dos polos que funciona nominalmente a 1000rpm +-20%. La caja de engranajes está diseñada basándose en los aerogeneradores, con la diferencia en la carcasa y los sellos que están hechos para funcionar bajo el agua. No requiere un sistema de refrigeración debido que, al funcionar sumergido, el flujo de agua refrigera lo suficiente. El conjunto completo de maquinas electromagnéticas (rotor, buje, caja de cambio, generador) están estructuralmente montados sobre esta viga de manera tal que puedan ser tanto montados como desmontados en forma rápida y fácil. La eficiencia de la caja de engranajes es de aproximadamente un 94% y la eficiencia del generador y el proceso de acondicionar la potencia es de un 96%.

Consigna de Operación y Mantenimiento: Se espera que no se requiera más que una inspección anual, donde se hagan pruebas de diagnóstico, un lavado al rotor para quitar posibles elementos marinos que puedan adherirse a éste, y arreglar alguna falla que se haya detectado. Además, cada 5 años se espera hacer una mantención profunda, cambiando el rotor y el tren de potencia, el cual luego será reacondicionado para utilizarse en otro SeaGen. Se espera que el costo de mantención sea inicialmente de aproximadamente un 4% del capital instalado al año, el cual se espera que disminuya a medida que esta tecnología esté más desarrollada. MCT espera que la turbina esté en funcionamiento 11 meses al año, es decir el 93% del tiempo, aumentando a un 97% a medida que la tecnología se vaya desarrollando.

Vida Útil: Lo que más daña a un SeaGen no son las grandes tormentas, sino las olas de tamaño medio, las que son mucho más frecuentes y tienden a fatigar el material. Basados en un análisis de fatigas hecho por MCT determinaron que la vida útil nominal es de 20 años, pero existen grandes probabilidades que duren mucho más. En cuanto a la corrosión existen buenos tratamientos proteger la estructura, por lo que no es mayor problema.

Rendimiento: Los valores de diseño óptimo son determinados en base a modelos económicos, y con restricciones tecnológicas. Para determinar este óptimo se deben tomar en cuenta diversos factores, pero el más importante es la variación temporal de la velocidad de la corriente. MCT dice que el óptimo en costo sería tener rotores de entre 20 y 22 m de diámetro, pero la empresa prefiere hacerlos después de perfeccionar una turbina con un rotor menor. Para observar mejor el rendimiento del SeaGen a continuación se muestra una curva entre la potencia disponible por la corriente y la potencia efectivamente generada. Esta curva se obtuvo de un SeaGen de diámetro de 18 m, al tener dos rotores el área de barrido del rotor es de 509 m<sup>2</sup>. En la tabla 3.04 se muestra la relación entre la velocidad superficial, la potencia disponible en la profundidad del eje de la turbina, y la potencia generada por el SeaGen diseñada para una velocidad de 3 m/s. Los valores presentados a continuación son sólo estimaciones basadas en los resultados del prototipo SeaFlow, debido a que el SeaGen todavía no se ha construido, por lo tanto no se tienen valores de pruebas reales de un SeaGen. Construyendo la onda de corrientes como una onda sinusoidal de una marea semi-diurna, considerando como velocidad máxima de la corriente 2,5 m/s, y asumiendo una variación lineal de las corrientes entre mareas vivas y muertas se tiene una producción de 2431,4 MWh al año con un factor de planta de un 13,9%. Mayores detalles se muestran en el anexo 1.1.

<b>Velocidad de la corriente (m/s)</b>	<b>Potencia Disponible del Flujo (kW)</b>	<b>Potencia Eléctrica Generada (kW)</b>
0.7	71	34
0.8	105	51
0.9	150	72
1	206	99
1.1	274	126
1.2	356	164
1.3	452	208
1.4	565	273
1.5	695	351
1.6	843	436
1.7	1,011	523
1.8	1,200	621
1.9	1,412	698
2	1,647	814
2.1	1,906	876
2.2	2,192	997
2.3	2,504	1,166
2.4	2,845	1,324
2.5	3,216	1,497
2.6	3,618	1,684
2.7	4,051	1,802
2.8	4,518	2,010
2.9	5,020	2,077
3	5,557	2,299
3.1	6,132	2,537
3.2	6,744	2,537
3.3	7,397	2,537
3.4	8,090	2,537
3.5	8,825	2,537

Tabla 3.04

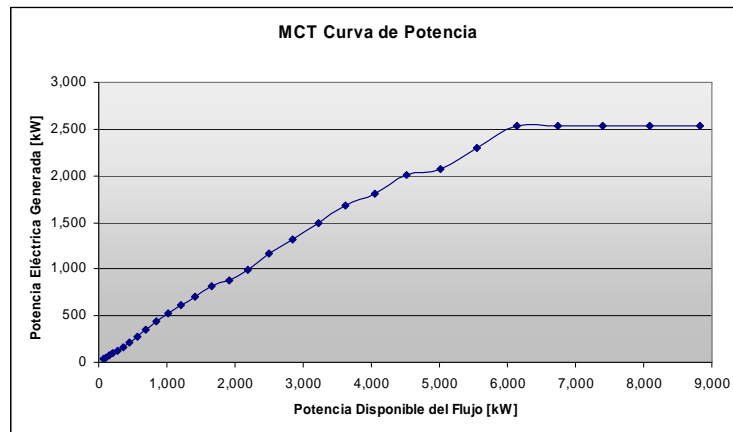


Figura 3.30

Costos: Se estima que el costo de fabricar un SeaGen es de \$2.500US/kW en un principio, costo que se espera disminuya considerablemente a medida que se llegue a tener más experiencia en el tema en combinación con otros factores como obteniendo economías de escala hasta llega a costos entre \$1.400 y \$1.600US/kW. El costo de la instalación es relativo al lugar donde se instale y a una serie de otras condiciones, pero en general se estima que inicialmente la instalación por turbina va a ser de aproximadamente \$360.000US, luego para proyectos más grandes se estima que será de aproximadamente \$200.000US. Esto significa que el costo inicial sería de aproximadamente \$2,9 millones de dólares por MW instalado, y luego para proyectos mayores y con más experiencia se espera que el costo sea de aproximadamente \$1,7 millones de dólares por MW instalado. Estos costos fueron estimados en el año 2005 en base al valor del dólar de ese año y según la información entregada por MCT a la EPRI.

### ***Verdant Power***

La turbina de Verdant Power consiste en una hélice de tres palas, con un diseño patentado de las palas para obtener una gran eficiencia en un amplio rango de velocidades de corriente. Lo que caracteriza esta turbina es que funciona completamente bajo el agua haciéndolas invisibles sobre el agua. El pilote que sostiene la turbina está hecho de manera tal que puede girar la turbina para seguir la dirección de la corriente de marea, hacia el flujo y el reflujó. La caja de engranajes y el generador se encuentran dentro de una carcasa a prueba de aguas, encontrándose estos elementos sobre el pilote. El pilote se atornilla a la fundación, la que está enterrada en el fondo del mar. Las turbinas Verdant se diseñan a escala según el sitio donde se desean montar, optimizando los costos. Actualmente en East River, Nueva York, EEUU, hay turbinas Verdant instaladas Estas turbinas son de 5 metros de diámetro, diseñadas para producir 35,9 kW. En la figura 3.31 se muestra un dibujo de un parque de mareogeneradores Verdant y en la figura 3.32 se muestra una de las turbinas instaladas en East River.



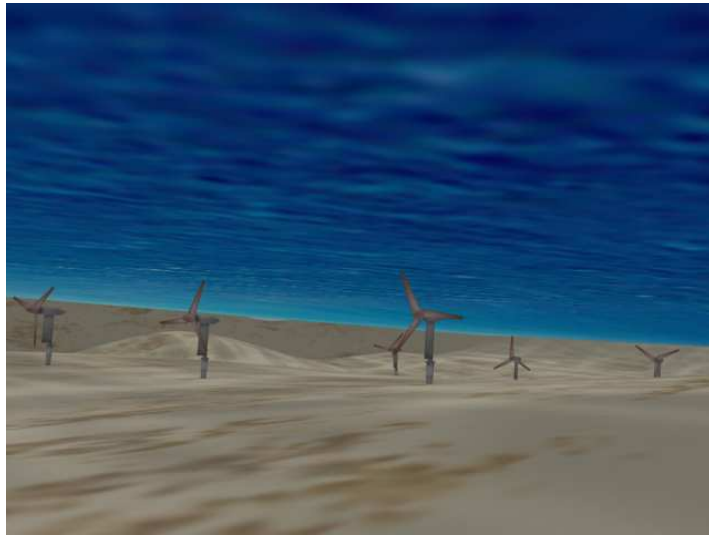


Figura 3.31



Figura 3.32

Especificaciones técnicas de un mareogenerador Verdant:

Diámetro del Rotor: 5m

Potencia de Diseño: 35,9 kW con una velocidad de diseño de 2,2m/s, pero modificable según el proyecto.

Velocidad de Conexión: 0,7m/s

Conexión a la transmisión: Es opcional. La salida es en 3 fases y no necesita ser sincronizado a la red eléctrica.

Profundidad del Mar: > 9m

Turbina: La turbina cuenta con 3 palas fijas. El rotor tiene un buje diseñado para unir las palas fuertemente y en forma rápida, y que puedan ser intercambiables. Cuenta con un sistema para girar la hélice en el momento en que cambia la dirección de la corriente y así poder generar en ambas direcciones.

Generador: El generador es sumergible, al igual que la caja de engranajes. La eficiencia de la caja de engranajes es de un 86%.

Consigna de Operación y Mantenimiento: Se espera que se requiera una inspección cada dos años. Además, cada 10 años se espera hacer una mantención profunda. Para el mantenimiento se sacan las turbinas del mar, para lo cual cuentan con un sistema para sacarlo y ponerlo en forma fácil y rápida las turbinas.

Vida Útil: Al ser estas turbinas modulares, se pueden reacondicionar, mejorar, y cambiar piezas. Por lo tanto, se considera que tienen una vida útil indefinida.

Rendimiento: Para observar mejor el rendimiento de la turbina Verdant a continuación se muestra una curva entre la potencia disponible por la corriente y la potencia efectivamente generada. Esta curva se obtuvo para una turbina Verdant de diámetro de 5 m, el área de barrido del rotor entonces es de  $19,6 \text{ m}^2$ . En la tabla 3.05 se muestra la relación entre la velocidad en la profundidad del eje de la turbina, la potencia disponible en la misma profundidad, y la potencia generada por la turbina Verdant diseñada para una velocidad de 2,2 m/s. Construyendo la onda de corrientes como una onda sinusoidal de una marea semi-diurna, considerando como velocidad máxima de la corriente 2,5 m/s, y asumiendo una variación lineal de las corrientes entre mareas vivas y muertas, se tiene una producción de 84,33 MWh al año con un factor de planta de un 26,82%. Mayores detalles se muestran en el anexo 1.2.

Velocidad de la corriente (m/s)	Potencia Disponible del Flujo (kW)	Potencia Electrica Generada (kW)
0.7	3.4	0
0.8	5.1	2
0.9	7.3	3
1	10.0	4
1.1	13.4	5
1.2	17.3	6
1.3	22.0	8
1.4	27.5	10
1.5	33.9	12
1.6	41.1	15
1.7	49.3	18
1.8	58.5	21
1.9	68.8	25
2	80.3	29
2.1	92.9	34
2.2	106.9	38

Tabla 3.05

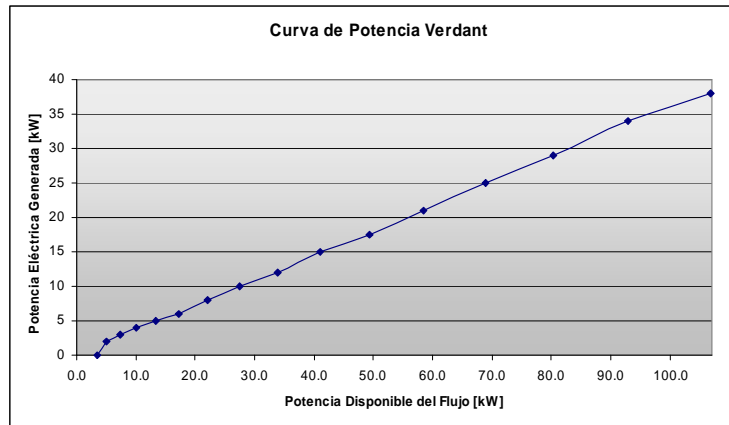


Figura 3.33

Costos: Actualmente la empresa Verdant Power afirma que el costo es de \$2.500 US/kW instalado.

### *Open Hydro*

La turbina Open Hydro es muy simple. Consiste en un rotor móvil con centro abierto, y con un anillo en el borde que va fija. En este anillo se encuentra el estator y el generador, como se muestra en la figura 3.34. Esta turbina no requiere caja de engranajes,

utilizando un generador encapsulado en el borde de la turbina como un anillo fijo, entonces la única pieza que se mueve es el rotor. No tiene sellos. Funciona para flujos en ambas direcciones.

Esta turbina ha sido exitosamente probada a una escala 1:5 en EE.UU. y actualmente está siendo probada en el Centro Europeo de Energía Marina (EMEC por sus siglas en inglés) con una turbina de 6 metros de diámetro. En la figura 3.35 se muestra la turbina Open Hydro probada en EMEC, en EMEC se probó con fundaciones de dos pilotes enterrados en el fondo marino con el fin de poder sacarla fácilmente para su análisis, pero la idea de la empresa desarrolladora es que estas tengan fundaciones gravitacionales y que no sobresalga absolutamente nada del mar.

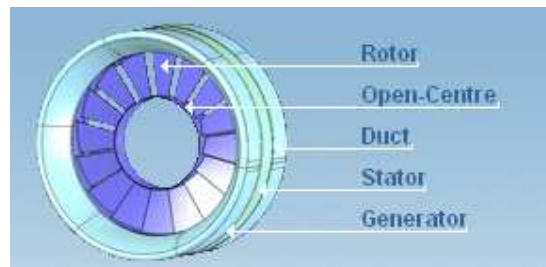


Figura 3.34



Figura 3.35

Especificaciones técnicas de un mareogenerador Open Hydro:

Diámetro del Rotor: son dos turbinas idénticas de 15 metros de diámetro cada una, con un área de barrido del rotor de  $313.8\text{m}^2$  (se debe descontar el centro abierto) pero se pueden pedir a distintas escalas.

Potencia de Diseño: 1520 kW con una velocidad de diseño de 2,57m/s.

Velocidad de Conexión: 0,7m/s

Conexión a la transmisión: Es opcional. La salida es en 3 fases a 50 o 60 Hz según los requerimientos del país, y puede salir a 11 kV.

Fundación: Consiste en columnas montadas sobre una base de acero apoyada en forma gravitacional sobre el fondo marino.

Turbina: La turbina consiste en un disco que rota por sus aperturas, el cual es de una sola pieza. Éste disco está rodeado por un anillo que se mantiene estático, en el anillo se encuentra el generador, el cual es magnético. De este modo sólo existe una pieza que se mueve, y no requiere sellos.

Generador: es un generador de multi polos, magnético permanente, y en forma de anillo rodeando el rotor. La eficiencia de este generador se obtuvo de las pruebas hechas y es de un 97%. Los generadores de esta turbina están diseñados para generar un máximo de  $2*760\text{kW}$ , si la velocidad de corriente aumenta no generará más que eso, y no necesita dejar de funcionar para evitar sobre velocidades en la caja de engranajes. El generador es de 2000V o más.

Consigna de Operación y Mantenimiento: Una inspección anual y cada 5 años una mantención.

Rendimiento: A continuación se muestra una curva entre la potencia disponible por la corriente y la potencia efectivamente generada. Esta curva se obtuvo para las turbinas gemelas Open Hydro de diámetro de 15 m, el área de barrido de los rotores entonces es de

313,8 m<sup>2</sup>. En la tabla 3.06 se muestra la relación entre la velocidad en la profundidad del eje de la turbina, la potencia disponible a la misma profundidad, y la potencia generada. Construyendo la onda de corrientes como una onda sinusoidal de una marea semi-diurna, considerando como velocidad máxima de la corriente 2,5 m/s, y asumiendo una variación lineal de las corrientes entre mareas vivas y muertas se tiene una producción de 1798,76 MWh al año con un factor de planta de un 13,51%. Mayores detalles se muestran en el anexo 1.3.

Potencia Disponible del Flujo (kW)	Potencia Eléctrica Generada (kW)
119	63
951	533
3,210	1,776
7,610	4,005

Tabla 3.06

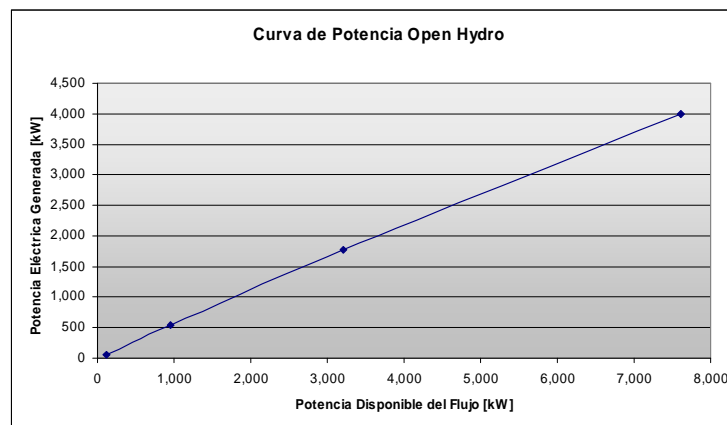


Figura 3.35

Costos: No hay valores de costos disponibles, pero según la empresa fabricante esta turbina podría ser la más económica por kW instalado. Esto es debido a lo simple de la construcción, con un mínimo de partes en movimiento, no tiene sellos, y debido a que no requiere caja de engranajes ni un generador externo.

### ***Lunar Energy***

La turbina de Lunar Energy, conocida como Rotech Tidal Turbine (RTT) consiste en una turbina de eje horizontal ubicada dentro de un tubo simétrico. El tubo tiene forma de

un tubo venturi, provocando una aceleración del flujo en ese lugar, y ordenando la dirección del flujo, aumentando así la eficiencia de la turbina. Tiene palas regulables, y una caja de engranajes mecánica. La turbina es removible sin la necesidad de sacar el tubo de venturi.

El prototipo está diseñado para producir 1 MW mientras el modelo comercial (RTT 2000) está diseñado para 2 MW con 3,1m/s de velocidad de corriente. La empresa prevé que habrán 3 o mas modelos disponibles para poder tener opciones que se adapten mejor a condiciones de distintos proyectos. En la figura 3.36 se muestra el prototipo de 1 MW.

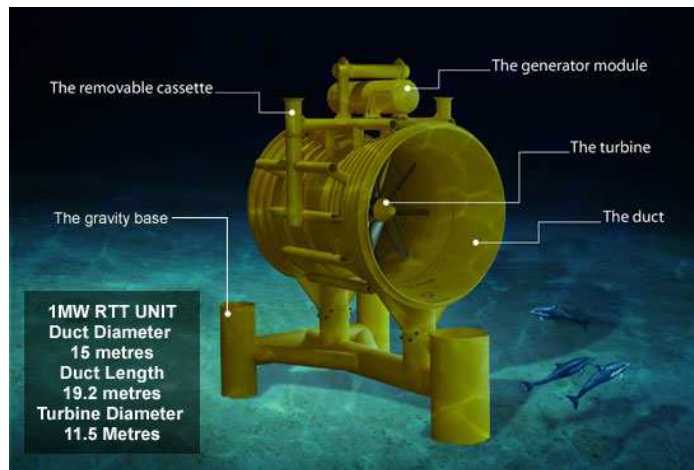


Figura 3.36

Especificaciones técnicas de un mareogenerador RTT:

Diámetro del Tubo: 25m

Diámetro del Buje: 3,9m

Largo de las Palas: 7,8m

Potencia de Diseño: 2 MW con una velocidad de diseño de 3,1m/s.

Velocidad de Conexión: 1m/s

Conexión a la transmisión: Es opcional. La salida es en 3 fases a 50 o 60 Hz según los requerimientos del país, y puede salir a 11 kV.

Fundación: Base gravitacional. Existen dos posibles procedimientos de instalación, el primero es hacer todo afuera e introducir todo el sistema como un solo módulo muy pesado, y la otra posibilidad es instalar la fundación principal y luego el resto sobre ésta. El segundo procedimiento es más barato pero requiere mayor tiempo en la instalación.

Turbina: Si bien las corrientes de mareas tienen direcciones poco variables en lugares más abiertos, esta dirección puede llegar a variar entre el flujo y el reflujo hasta en  $45^\circ$ , para esto las turbinas pueden tener un control de direcciones. La empresa fabricante de estas turbinas dice que el riesgo tanto técnico como económico de instalar un mecanismo tan complejo en una turbina que va a estar años bajo el mar es demasiado grande. Debido a esto, las turbinas RTT, en vez de utilizar un control de direcciones, incorpora un tubo que capta el flujo en un rango amplio de direcciones, ordenando este flujo para que entre en forma normal a la turbina. El tubo asegura que la turbina genere tanta energía como si la dirección fuera normal a la turbina cuando el flujo llega con un ángulo de hasta  $40^\circ$ .

Generador: El proceso de generación de energía consiste en que la turbina hace funcionar una bomba hidráulica (disponible en el mercado). La bomba, utilizando aceites hidráulicos benignos para el medio ambiente, entrega aceite con alta presión a un motor hidráulico, y el motor hidráulico provoca que el generador eléctrico (disponible en el mercado) produzca electricidad. El generador ofrecido por ABB para este proyecto tiene una eficiencia de un 95 %, la eficiencia del circuito hidráulico es de aproximadamente un 80% y la eficiencia total de la conexión entre la turbina y el generador es de un 66%.

Consigna de Operación y Mantenimiento: Se estima que cada 4 años se remueva la turbina para una mantención. Además, se cuenta con un sistema de control que tiene la facultad de diagnosticar el 99,9% de las posibles fallas del sistema.

Rendimiento: A continuación se muestra una curva entre la potencia disponible por la corriente y la potencia efectivamente generada. Esta curva se obtuvo para la turbina RTT de diámetro de 25 m, el área de influencia de la turbina es de  $490,8 \text{ m}^2$ . En la tabla 3.07 se muestra la relación entre la velocidad a la profundidad del eje de la turbina, la potencia



disponible en la misma profundidad, y la potencia generada. Construyendo la onda de corrientes como una onda sinusoidal de una marea semi-diurna, considerando como velocidad máxima de la corriente 2,5m/s, y asumiendo una variación lineal de las corrientes entre mareas vivas y muertas se tiene una producción de 1633,30 MWh al año con un factor de planta de un 9,32%. Mayores detalles se muestran en el anexo 1.4.

<b>Velocidad de la corriente (m/s)</b>	<b>Potencia Disponible del Flujo (kW)</b>	<b>Potencia Electrica Generada (kW)</b>
1.02	267.0	100
1.122	355.0	140
1.224	461.0	180
1.326	586.0	220
1.428	732.0	250
1.53	900.0	300
1.632	1,092.0	380
1.734	1,310.0	450
1.836	1,555.0	510
1.938	1,829.0	610
2.04	2,133.0	680
2.142	2,470.0	800
2.244	2,840.0	900
2.346	3,245.0	1,000
2.448	3,686.0	1,130
2.55	4,167.0	1,250
2.652	4,687.0	1,400
2.754	5,249.0	1,550
2.856	5,854.0	1,750
2.958	6,504.0	1,950
3.06	7,200.0	2,000

Tabla 3.07

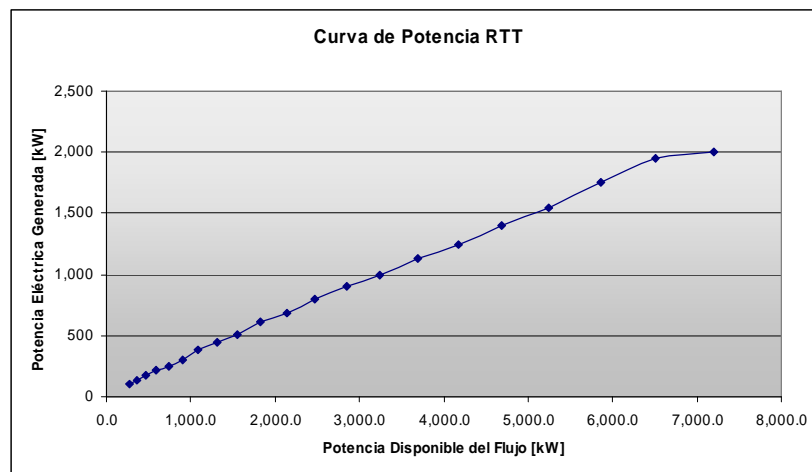


Figura 3.37

Costos: En el año 2005 la empresa Lunar Energy dice que el costo de su turbina comercial sería entre \$1360 a \$1700 US/kW instalado, costo que se espera que baje debido a que están en una etapa temprana de desarrollo de la tecnología.

### ***SMD Hydrovision***

El sistema de generación de SMD Hydrovision, conocido como TidEl consiste en dos turbinas de eje horizontal unidas entre ellas, de 500 kW cada una. Estas turbinas están flotando, amarradas con cadenas al fondo del mar, y cambian de posición con los cambios de dirección y sentido de las corrientes. En la figura 3.38 se muestra un esquema de cómo cambia de dirección según la dirección de las corrientes. Debido a su sistema de fundaciones, estas turbinas se pueden instalar en aguas profundas sin un aumento significativo de costos. Las palas son fijas y de 8 metros de largo. En la figura 3.39 se muestra un esquema de estas turbinas funcionando y en la figura 3.40 se muestra una fotografía de una turbina TidEl.

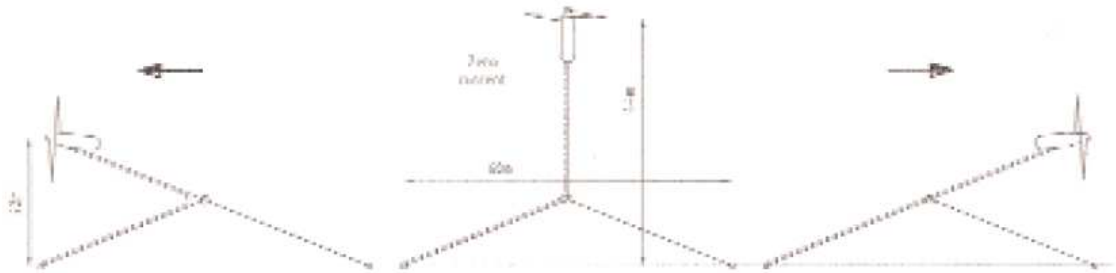


Figura 3.38

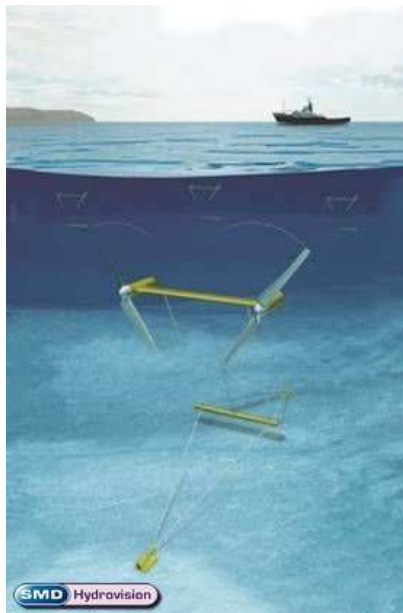


Figura 3.39



Figura 3.40

Especificaciones técnicas de un mareogenerador TidEl:

Diámetro del Rotor: 18,5m

Potencia de Diseño: 1 MW con una velocidad de diseño de 2,3m/s.

Velocidad de Conexión: 0,7m/s

Conexión a la transmisión: Es opcional. La salida es en 3 fases a 50 o 60 Hz según los requerimientos del país, y puede salir a 11 kV.

Fundación: No utiliza fundaciones, lo que utiliza es un sistema de amarras que pueden ser con cadenas o cables de acero y anclas que pueden ser bloques de hormigón que funcionan gravitacionalmente. Idealmente consiste en 2 anclas alineadas en la dirección de las corrientes prevalecientes en el lugar y 5 cables, pero esta configuración puede variar de acuerdo con las condiciones del fondo marino.

Turbina: La turbina tiene palas fijas, pero el generador puede funcionar con un amplio rango de velocidades.

Consigna de Operación y Mantenimiento: Se estima que cada 2 años se desmonta la turbina para una mantención, dejando una de repuesto funcionando. Esta operación se debe hacer en el momento en que no exista corriente. La turbina extraída sería trasladada a un taller donde sería dejada en óptimas condiciones para seguir funcionando.

Rendimiento: A continuación se muestra una curva entre la potencia disponible por la corriente y la potencia efectivamente generada. Esta curva se obtuvo para las turbinas gemelas TidEl de diámetro de 18,5 m, el área de barrido del rotor es de 537 m<sup>2</sup>. En la tabla 3.08 se muestra la relación entre la velocidad a la profundidad del eje de la turbina, la potencia disponible en la misma profundidad, y la potencia generada. Construyendo la onda de corrientes como una onda sinusoidal de una marea semi-diurna, considerando como velocidad máxima de la corriente 2,5m/s, y asumiendo una variación lineal de las corrientes entre mareas vivas y muertas se tiene una producción de 1695,01 MWh al año con un factor de planta de un 19,35%. Mayores detalles se muestran en el anexo 1.5.

Velocidad de la corriente (m/s)	Potencia Disponible del Flujo (kW)	Potencia Electrica Generada (kW)
0.7	94	10
1	275	53
1.5	928	233
2	2,200	624
2.3	3,345.2	972

Tabla 3.08

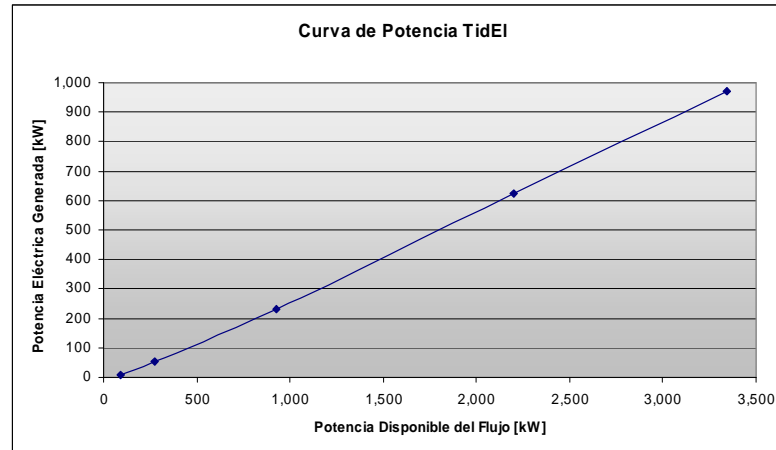


Figura 3.41

Costos: Según un reporte preparado en junio del año 2004 se estima que el costo por kW instalado, considerando la instalación de un sistema de 100 MW, 30km de línea de transmisión para su conexión al sistema y todas las instalaciones necesarias para la mantención y operación es de aproximadamente \$2840 US/kW.

### 3.2.5.2 Mareogeneradores de eje Vertical

#### **GCK**

La turbina de GCK es la Turbina Helicoidal Gorlov (GHT por sus siglas en inglés). Esta turbina es de eje vertical, de flujo cruzado y tiene palas con forma de ala de avión. Debido su forma simétrica, esta turbina gira siempre en el mismo sentido, independientemente del sentido y dirección de la corriente. La turbina GHT puede ser instalada en zonas muy poco profundas, tanto como 3 metros de profundidad, y además permite que se instalen varias en un mismo lugar, tanto una al lado de la otra como un

delante de la otra, teniendo así la capacidad de ampliar la planta sin grandes modificaciones al proyecto. En la figura 3.42 se muestra los prototipos instalados en Corea, y en la figura 3.43 se muestra la turbina.



Figura 3.42



Figura 3.43

Especificaciones técnicas de un mareogenerador GHT:

Diámetro del Rotor: 1m

Altura del Rotor: 2,5 m

Potencia de Diseño: 1,5 kW con una velocidad de 1,5 m/s y de 180 kW con una velocidad de 7,72 m/s. No hay más detalles al respecto, por lo que se aceptará que la turbina está diseñada para una velocidad de 7,72 m/s con una potencia de 180 kW.

Velocidad de Conexión: 0,5m/s (por temas de eficiencia no se recomiendan para velocidades menores a 1,5m/s).

Conexión a la transmisión: Es opcional. La salida es en 3 fases a 50 o 60 Hz según los requerimientos del país, y puede salir a 11 kV.

Fundación: Opcional, puede ser tanto flotante como apoyada o fundada en el fondo marino.

Turbina: La turbina es de eje vertical, con 3 palas de aluminio con forma aerodinámica. El área frontal es de  $2,5\text{m}^2$ , las palas están inclinadas  $67^\circ$  del eje. Estas palas están instaladas a un marco, el cual está anclado al fondo marino.

Generador: La eficiencia del generador fue obtenida en base a distintas pruebas y es de un 80%, pero se pueden utilizar distintos generadores con distintas eficiencias según el rango de velocidades existentes en el sitio de instalación.

Consigna de Operación y Mantenimiento: Se estima que su vida útil será de al menos 20 años, y que el mantenimiento consistiría tan solo en aplicar la protección anticorrosiva, reemplazar los rodamientos del eje, y reacondicionar el generador.

Rendimiento: A continuación se muestra una curva entre la potencia disponible por la corriente y la potencia efectivamente generada. Esta curva se obtuvo para la turbina GHT de diámetro de 1m, de 2,5m de altura y el área frontal es de  $2,5\text{m}^2$ . En la tabla 3.09 se muestra la relación entre la velocidad a la profundidad del eje de la turbina, la potencia disponible en la misma profundidad, y la potencia generada. Construyendo la onda de corrientes como una onda sinusoidal de una marea semi-diurna, considerando como velocidad máxima de la corriente 2,5m/s, y asumiendo una variación lineal de las corrientes entre mareas vivas y muertas se tiene una producción de 8.57 MWh al año con un factor de planta de tan solo un 0.54%. Mayores detalles se muestran en el anexo 1.6.

Velocidad de la corriente (m/s)	Potencia Disponible del Flujo (kW)	Potencia Electrica Generada (kW)
0.515	0.175	0.060
0.77	0.584	0.190
1.03	1.399	0.440
1.29	2.748	0.870
1.55	4.765	1.500
1.8	7.465	2.380
2.06	11.190	3.560
2.32	15.984	5.060
2.58	21.982	6.950

Tabla 3.09

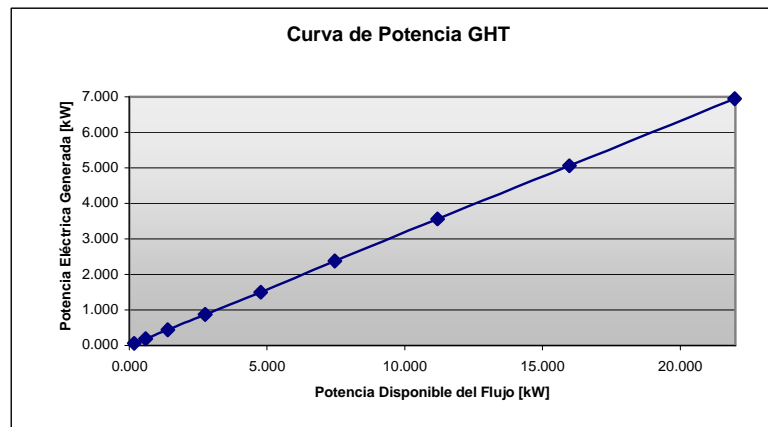


Figura 3.44

Costos: El costo del modelo estándar de la turbina prototipo GHT publicado por la EPRI es de \$6000 US, esto es sólo la unidad de la turbina con el generador, para 5 o menos unidades. Se espera que este precio baje significativamente cuando se tenga una producción más masiva. Esta información indica que el costo sería de \$33,3 US/kW, lo que es muy bajo como para no pensar que hay un error en esa información.

### 3.2.5.3 Esquema de la Central

En forma general se puede decir que una central de este tipo se compone de turbinas, conversores de potencia, una transmisión submarina, un interruptor de potencia en la costa para proteger tanto la central como la red de distribución o transmisión de posibles fallas del sistema y la conexión misma al sistema. También se debe mencionar la importancia de que

exista un sistema de control y supervisión remota. En la figura 3.45 se muestra un esquema del sistema.



Figura 3.45

### 3.2.6 Impactos Ambientales

Si bien ésta es una de las formas más limpias de extraer energía, existen impactos ambientales que se deben mencionar. Las variables ambientales principales que son afectadas son la ecología (hábitat de la flora y fauna marina), el paisaje, el ruido, la sedimentación, el fondo marino, las corrientes y la calidad del agua.

#### *Ecología*

Debido al cambio del ambiente físico, como el cambio de la velocidad de las corrientes, de la mezcla producida por las mareas, la acción de las olas, la construcción en el fondo marino y el cableado pueden alterar a las comunidades marinas, o provocar un desplazamiento de ciertas especies. Los peces y los mamíferos marinos pueden ser particularmente afectados por el ruido bajo el agua y por los campos electromagnéticos generados por los cables de transmisión submarinos. Posibles colisiones de estas especies deben ser consideradas, pero como la velocidad de rotación es pequeña, este riesgo es bajo. Es importante monitorear el comportamiento de estas especies cerca de las turbinas.

#### *Paisaje*

Muchas áreas costeras se caracterizan por su belleza escénica. Cuando las turbinas escogidas tienen estructuras que sobresalen del agua el paisaje puede ser afectado



negativamente. El efecto visual generalmente es menor, pero se debe tomar en cuenta, escogiendo la turbina adecuada cuando el lugar es considerado valioso por su belleza.

### *Ruido*

El ruido y las vibraciones afectan extensas áreas bajo el agua. El aumento del ruido ambiental, tanto durante la construcción como en la operación, puede tener serios impactos a mamíferos marinos y peces, dependiendo del nivel, frecuencia y duración del ruido. Debido a que es una tecnología reciente, existe poca información al respecto.

Dependiendo de la distancia a la costa, de condiciones climáticas y de la dirección del viento, el ruido durante la construcción, mantención y abandono pueden tener efecto en comunidades locales.

### *Fondo Marino, Sedimentación, Corrientes*

El sitio donde se ubiquen las turbinas y el cableado en el fondo marino puede provocar un cambio en las características físicas del área, lo que puede reflejarse en una pérdida de hábitat. El cableado puede producir un impacto significativo en el fondo marino, pero de corto plazo.

Al extraer energía de la corriente se reduce considerablemente la velocidad de la corriente. Esto puede implicar un aumento de la sedimentación, una disminución de la mezcla de nutrientes, una disminución de transporte tanto de nutrientes como de elementos no deseados, etc. Estos efectos se estiman menores debido al límite que se impone, pero son efectos que se deben estudiar con mayor profundidad, debido a que actualmente existe muy poca información al respecto, y es el mayor impacto que se espera que tengan estas centrales.

### *Calidad del Agua*

El principal problema asociado a la calidad del agua son posibles derrames y filtraciones de lubricantes y de fluidos hidráulicos que puedan ocurrir desde el equipo hacia el mar.

### 3.3 El Potencial Mareomotriz en Chile

Chile cuenta con una extensa costa, que puede dar a pensar que tiene un enorme potencial mareomotriz. Pero por lo expuesto, analizando la geografía de Chile, se puede deducir a priori que los potenciales importantes de mareas se encuentran ubicados principalmente en la zona austral del país, desde Maullín (X región, coordenadas 41°35'S 73°41'O) al sur. Esto es debido a la compleja morfología costera que se presenta en esa zona, característica que no se presenta al norte de este punto. En este capítulo se analizarán tanto las mareas como las corrientes de mareas en todo Chile y los lugares geográficos aptos para desarrollar proyectos mareomotrices.

#### 3.3.1 Energía Potencial de las Mareas en Chile

La costa de Chile cuenta principalmente con mareas semi-diurnas. A continuación se muestra una tabla con los puertos principales y sus respectivos rangos de marea máximos y mínimos.

Puertos	Lat S	Lon W	Max. Dif. [m]	Min. Dif. [m]
Arica	18°29'	70°19'	1.24	0.14
Iquique	20°13'	70°10'	1.25	0.16
Antofagasta	23°39'	70°25'	1.35	0.18
Caldera	27°04'	70°50'	1.42	0.21
Coquimbo	29°56'	71°21'	1.39	0.18
Valparaíso	33°02'	71°38'	1.67	0.22
San Antonio	33°35'	71°38'	1.59	0.18
Talcahuano	36°41'	73°06'	1.71	0.23
Corral	36°52'	73°26'	1.7	0.17
Pto. Montt	41°29'	72°58'	6.02	1.37
Chacao	41°50'	73°31'	5.24	1.32
Ancud	41°52'	73°51'	2.51	0.39
Castro	42°29'	73°46'	5.94	1.53
Pto. Chacauco	45°28'	72°50'	2.82	0.46
Angostura Inglesa	48°59'	74°24'	2.02	0.3
Pto. Natales	51°44'	72°31'	0.41	0.01
Punta Arenas	53°10'	70°54'	1.99	0
Punta Delgada	52°28'	69°32'	8.45	2.72
Pto. Williams	54°56'	67°37'	2.12	0.47
Bahía Orange	55°31'	68°05'	2.21	0.41
Pto. Soberanía	62°29'	59°38'	2	0
Rada Covadonga	63°19'	57°55'	2.52	0
Isla de Pascua	27°09'	109°27'	0.84	0.14
I. Juan Fernández	33°37'	78°50'	1.27	0.08

Tabla 3.31

Como se expuso en la parte 3.1.6, la amplitud de marea mínima para que funcione una central mareomotriz que aprovecha la energía potencial de las mareas mediante barreras es de 0,9 metros. Esto nos indica que dentro de los puertos principales mostrados en la tabla 3.31 sólo los puertos de Puerto Montt, Chacao, Castro y Punta Delgada tienen la amplitud de marea suficiente para poder realizar un posible proyecto en esas zonas. En la tabla 3.32 se muestran los puertos secundarios que cumplen con el requisito de una amplitud mínima mayor que 0,9 metros.

<b>Puertos Secundarios</b>	<b>Lat S</b>	<b>Lon W</b>	<b>Max. Dif. [m]</b>	<b>Min. Dif. [m]</b>
Caleta Arena	41°41'	72°39'	6.08	1.43
Chumildén	42°30'	72°48'	5.62	0.97
Paso Tautil	41°44'	73°04'	6.93	2.28
Ensenada Codihue	41°47'	73°22'	5.60	1.07
Bahía Linao	41°58'	73°33'	5.96	1.31
Puerto Quemchi	42°09'	73°29'	6.82	2.17
Canal Dalcahue	42°23'	73°40'	6.02	1.37
Puerto Yelcho	43°01'	72°46'	6.02	1.37
Puerto Quellón	43°07'	73°37'	5.81	1.16
Bahía Posesión	52°16'	69°10'	7.22	1.64
Punta Wreck	52°21'	68°33'	11.03	0.94
Banco Dirección	52°25'	69°30'	11.86	4.13
Punta Dungenes	52°24'	68°26'	10.31	4.63
Punta Catalina	52°33'	68°45'	10.23	4.33
Punta Satélite	52°33'	69°40'	5.63	1.20
Bahía Santiago	52°31'	69°52'	6.27	1.62

Tabla 3.32

En base a esta información, se revisaron las zonas que cumplen con esta amplitud mínima y se determinaron las áreas donde se podrían realizar proyectos de centrales mareomotrices que utilicen la energía potencial de las mareas. Para este análisis sólo se tomó en cuenta la geografía, sin considerar factores económicos como el largo de la barrera, la cercanía a algún sistema interconectado, la profundidad del sector, etc. Esto se realizó con el fin de tener una primera idea del potencial mareomotriz existente en Chile. A continuación se muestra una tabla con las áreas y el potencial bruto de cada zona (para más detalles ver anexo 3). En las figuras que siguen se exponen los planos de las zonas referidas en la tabla 3.33 y las áreas, que fueron obtenidas del programa Google Earth.

Zonas Aprovechables	Área	Tiempo	Potencia	Factor	Energía
	[m <sup>2</sup> ]	[s]	[MW]	de Planta	[GWh]
<b>Caleta Arena</b>	173091976	22324	1438.16	52.59%	6625.86
<b>Chumildén</b>	34947336.8	22324	248.09	49.56%	1077.08
<b>Paso Tautil</b>	26908998.7	22324	290.46	57.56%	1464.61
<b>Ensenada Codihue 1</b>	15401321.9	22317	108.56	50.44%	479.73
<b>Ensenada Codihue 2</b>	15974087.4	22317	112.63	50.43%	497.58
<b>Bahía Linao</b>	11536396.4	22324	92.11	51.83%	418.16
<b>Puerto Quemchi</b>	45762120.1	22324	478.41	56.59%	2387.21
<b>Canal Dalcahue</b>	108864924	22324	886.76	52.21%	4055.81
<b>Puerto Yelcho</b>	14160053.2	22324	115.34	52.21%	527.54
<b>Puerto Quellón</b>	30489168.2	22324	231.32	50.84%	1030.29
<b>Pto. Montt</b>	2325440.01	22324	18.94	52.21%	86.64
<b>Castro</b>	38086476.6	22321	302.08	52.31%	1384.35
Bahía Posesión		22324			
Punta Wreck		22328			
Banco Dirección		22324			
Punta Dungenes		22324			
Punta Catalina		22324			
Punta Satélite		22324			
Bahía Santiago		22324			
Punta Delgada		22304			
<b>Estrecho de Magallanes</b>	5672163894	22322	100454.81	48.17%	423888.38
			<b>Total</b>	<b>Promedio</b>	<b>Total [GWh]</b>
			<b>104,744.09</b>	<b>51.81%</b>	<b>443,690.16</b>

Tabla 3.33

En la tabla 3.33 la zona del Estrecho de Magallanes fue estudiada en base a los promedios de amplitud de marea de las estaciones Bahía Posesión, Punta Wreck, Banco Dirección, Punta Dungenes, Punta Catalina, Punta Satélite, Bahía Santiago y Punta Delgada, y se consideró el área completa del Estrecho. El tiempo utilizado para el cálculo de la potencia es el intervalo promedio entre cada pleamar y bajamar. El potencial se midió con la ecuación de energía 3.15 (ver página 19) la cual se dividió por el doble del tiempo entre pleamar y bajamar promedio, esto es debido a que la ecuación 3.15 se basa en el funcionamiento en ambas direcciones. Para la diferencia de altura se utilizó la máxima para mostrar la máxima potencia instalable. La energía anual se obtuvo suponiendo procesos instantáneos de trasvase y considerando todas las diferencias de altura que ocurren en un mes. Se supuso que estos valores son iguales para todos los meses del año. Actualmente, debido a las velocidades de los equipos y a los tiempos de trasvase, esta cantidad de energía no es posible de aprovechar, esta es simplemente la cantidad de energía teórica disponible. Tampoco se tomó en cuenta la energía extra que proporcionan los aportes fluviales en cada lugar.

Analizando la tabla 3.33 se destaca el Estrecho de Magallanes como la zona de mayor potencial mareomotriz en Chile. Esta zona tiene el problema de necesitar barreras demasiado largas. Además el proyecto tendría que ser extremadamente grande para un sistema interconectado menor, el cual tendría un impactado significativo con una central tan grande que entrega energía oscilante con períodos de oscilación pequeños.

Las zonas más interesantes para realizar algún proyecto son el fiordo de Castro, Caleta Arena, Ensenada Codihue 2 y Puerto Montt en la isla Tenglo. A continuación se comentará cada lugar, se mostrarán los puntos en sus respectivos planos y se explicará el por qué son sitios interesantes. Se debe destacar que las opciones de barrera no se han analizado desde un punto de vista geológico, sino sólo desde el punto de vista de hacer barreras cortas y de tener un área embalsada considerable. Para hacer algún proyecto real en alguna de estas zonas se debe estudiar las opciones tanto económicas como técnicas profundamente, incluyendo estudios geofísicos, geológicos, geotécnicos, optimización económica, estudios de impacto ambiental, etc.

**Fiordo de Castro:** Tiene una amplitud de marea máxima de 5,6 metros y un potencial máximo de 268,49MW. Está ubicado en una zona cercana a la subestación Castro del Sistema Interconectado Central. Esta subestación se conecta hacia el norte a una línea de 110kV y hacia el sur a una de 66kV. La Isla Grande de Chiloé es abastecida por el SIC, pero debido a la poca capacidad de las líneas eléctricas de esta zona existen muchas pérdidas en el sistema, esto hace que el precio de la energía en la zona sea uno de los más altos del Sistema Interconectado Central. La geomorfología del fiordo entrega muchas opciones de barrera, donde se debe analizar cual es la alternativa más económica. La figura 3.46 muestra las distintas opciones de barrera para un posible proyecto. Es recomendable hacer estudios más acabados de la zona para un posible proyecto en este lugar.

**Caleta Arena:** Tiene una amplitud de marea máxima de 6,08 metros y una potencia máxima de 1438,16MW. Está ubicada a una distancia de 30 kilómetros de la central Canutillar, donde es posible conectarse al SIC. Este fiordo tiene grandes caudales que desembocan en él, aumentando así su potencial considerablemente. Además en el lugar existe un trasbordador para vehículos debido a que no existe un puente para atravesarlo. Esto podría introducirle un valor agregado al proyecto, haciendo una central con un puente en la cresta de la barrera. El problema es la gran profundidad que tiene el estuario, con profundidades

máximas mayores a los 200 metros. Las posibles opciones de barrera se muestran en la figura 3.47.

**Ensenada Codihue 2:** Tiene una amplitud máxima de marea de 5,6 metros y una potencia máxima de 112,63MW. Está ubicado a una distancia razonable del SIC. La geomorfología de la zona entrega muchas opciones de barrera. Su geografía tiene muchas ventajas para hacer una central de dos subfiordos. Se deben analizar las opciones de lugares para las barreras más profundamente. En la figura 3.48 se muestran las posibles opciones de barrera. El mínimo número de barreras debe ser de dos para cerrar el canal.

**Puerto Montt en Isla Tenglo:** Puerto Montt tiene una amplitud máxima de marea de 6,02 metros y una potencia máxima en el canal de Isla Tenglo de 18,94MW. Está ubicado en la misma costanera de Puerto Montt, a pasos del SIC y del sistema de distribución de Puerto Montt. La geografía de la zona ofrece distintas opciones de barrera y además entrega condiciones propicias para poder hacer una central de dos subfiordos. En la figura 3.49 se muestran las distintas opciones. Las barreras deben ser mínimo 2 para cerrar el canal.



Figura 3.46



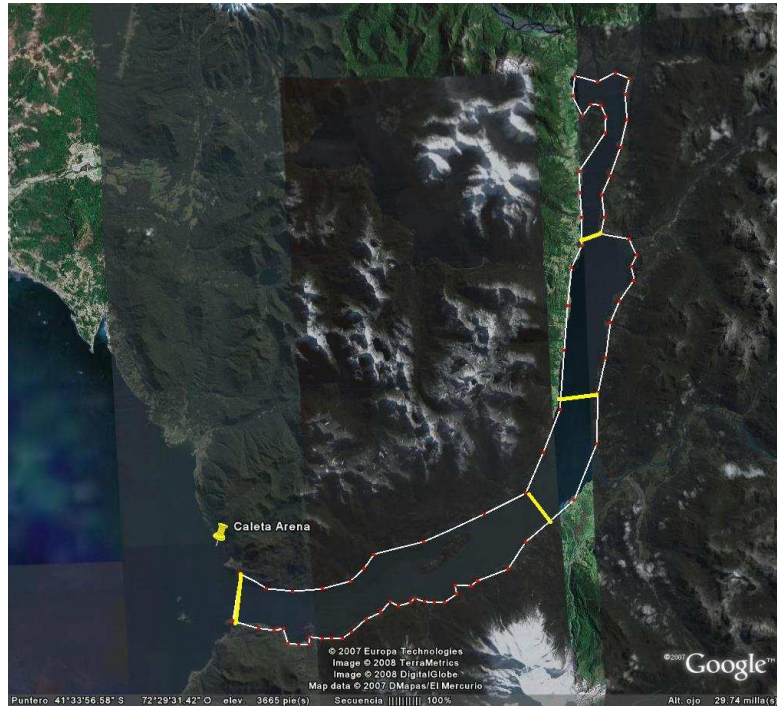


Figura 3.47

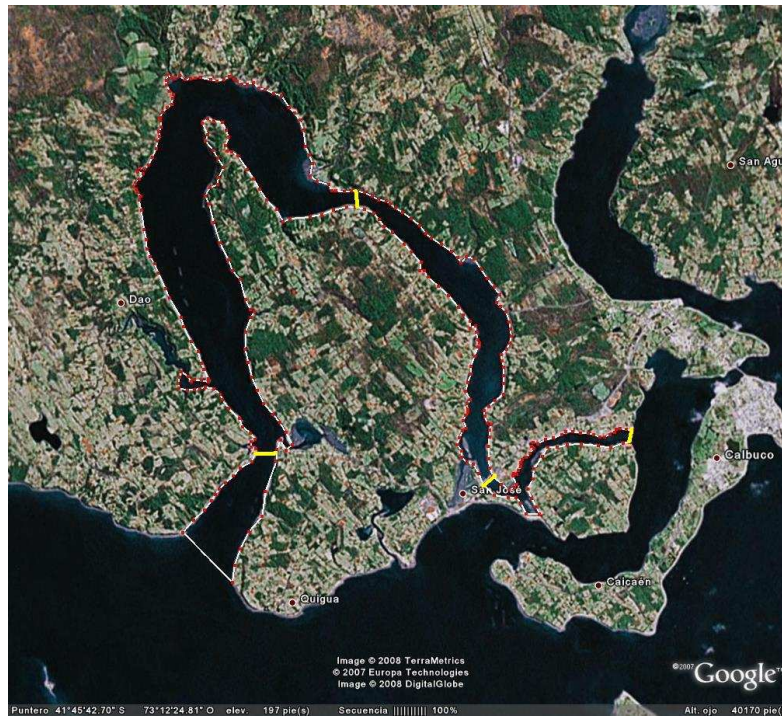


Figura 3.48



Figura 3.49

### 3.3.2 Energía Cinética de las Mareas en Chile

El sur de Chile cuenta con numerosos canales, de los cuales muchos tienen grandes corrientes. Según la EPRI es recomendable estudiar todos los canales con corrientes máximas de 1,5 m/s o más. Se revisaron todas las cartas náuticas que están en el Atlas Hidrográfico de Chile, publicado por el SHOA, donde se muestran las máximas corrientes medidas. Estas medidas se hicieron algunas con corretómetros y otras con ADCP (Acoustic Doppler Current Profile) (anexo 2) con el fin de facilitar la navegación en lugares donde se presentan grandes corrientes. Mayor información sobre la forma de medición se muestra en el anexo 2. Además, en las cartas náuticas se revisaron las áreas transversales de cada canal para poder establecer la potencia disponible en cada uno de ellos. Muchas cartas náuticas mostraban más de una velocidad por canal, pero sólo se consideró un potencial de cada canal. Esto es debido a que no se puede extraer la energía disponible de un canal más de una vez. Es posible que existan más lugares con velocidades de corriente superior a 1,5 m/s y que no estén registrados. La tabla 3.34 muestra los lugares estudiados, sus coordenadas, la velocidad máxima registrada en la superficie, el área, la densidad de potencia máxima en el baricentro y la potencia máxima disponible de cada canal. Estos sitios se encuentran principalmente desde Puerto Montt al sur, con excepción de Paso Bernard y Paso Damas que se encuentran en la IV región.



	Coordenadas		Velocidad Máxima m/s	Área m <sup>2</sup>	Densidad Potencia kW/m <sup>2</sup>	Potencia MW	Energía Anual MWh/Año
	LAT S	LON W					
Paso Bernard (Bahía Choros)	29°15'1.13"	71°28'15.78"	1.8	8,000.00	2.30	18.37	24,519.80
Paso Damas (Bahía Choros)	29°14'41.62"	71°31'48.65"	1.8	30,000.00	2.30	68.89	91,949.30
Canal Chacao	41°47'25.87"	73°31'47.74"	4.12	168,750.00	27.54	4,646.56	6,202,237.50
Estero Huito	41°45'30.00"	73° 6'60.00"	2.058	23,000.00	3.43	78.93	105,359.40
Estero Reloncaví	41°42'12.96"	72°26'32.20"	2.058	438,000.00	3.43	1,503.16	2,006,409.95
Canal Dalcahue	42°23'30.00"	73°39'45.00"	2.57	14,600.00	6.68	97.58	130,245.20
Canal Chiguao	43° 7'60.00"	73°34'60.00"	2.058	100,000.00	3.43	343.19	428,084.50
Canal Jacaf	44°17'57.31"	73° 3'40.15"	2.57	1,410,000.00	6.68	9,423.56	12,578,473.35
Canal Ninualac	45° 0'60.00"	74° 1'0.00"	2.058	1,106,700.00	3.43	3,798.06	5,069,620.76
Canal Leucayec	43°58'0.00"	73°45'60.00"	2.058	32,000.00	3.43	109.82	146,587.03
Canal Darwin	45°26'0.00"	73°59'0.00"	1.54	240,000.00	1.44	345.12	460,662.50
Canal Williams	45°29'15.00"	74°26'0.00"	1.54	30,000.00	1.44	43.14	57,582.81
Canal Chacabuco	45°44'0.00"	73°54'0.00"	2.57	236,500.00	6.68	1580.62	2,109,793.58
Estero Elefantes	46°22'60.00"	73°45'0.00"	3.087	92,500.00	11.58	1,071.39	1,430,082.44
Canal Baker	47°50'0.00"	74°45'0.00"	1.54	1,344,000.00	1.44	1,932.67	2,579,709.97
Angostura Inglesa	48°58'13.44"	74°25'0.91"	3.087	19,600.00	11.58	227.02	303,022.87
Canal Melineaux	50°16'60.00"	74°53'30.00"	1.54	29,250.00	1.44	42.06	56,143.24
Canal Santa María	51°52'8.00"	72°55'0.00"	1.54	71,500.00	1.44	102.82	137,239.04
Angostura Kire	52° 3'30.00"	73° 0'30.00"	5.144	9,400.00	53.59	503.76	672,419.32
Mal Paso	52° 3'18.00"	73° 0'30.00"	7.202	7,030.00	147.08	1,033.98	1,380,143.13
Angostura Santa Cruz	52°48'36.00"	71°23'0.00"	1.8	18,000.00	2.30	41.33	55,169.55
Segunda Angostura	52°42'0.00"	70°19'60.00"	3.087	430,000.00	11.58	4,980.52	6,647,950.78
Bahía Grande Paso Norte	52°55'60.00"	70°18'60.00"	1.54	52,500.00	1.44	75.49	100,769.92
Canal Gabriel	54°11'36.00"	70°41'24.00"	3.087	7,875.00	11.58	91.21	121,750.26
Canal Beagle	54°54'60.00"	67°31'60.00"	1.54	54,000.00	1.44	77.65	103,649.06
<b>Suma</b>						<b>32,236.91</b>	<b>42,999,575.27</b>

Tabla 3.34

La tabla 3.34 muestra que el potencial cinético disponible en Chile es de 32,24 GW, y se podría aprovechar 42.999,58 GWh al año. Éste potencial no toma en cuenta la eficiencia propia de las turbinas. Gran parte de los lugares señalados en la tabla 3.34 están en zonas muy aisladas y alejadas de asentamientos humanos, esto hace impracticable su desarrollo en el mediano plazo. Los sitios de grandes corrientes que están cercanos al SIC son Paso Bernard, Paso Damas, Estero Reloncaví, Estero Huito, Canal Chacao, Canal Dalcahue, Canal Chiguao. El Canal Jacaf está ubicado cerca de Puerto Puyuhuapi, entre Chaitén y Coyhaique. Angostura Santa Cruz, Segunda Angostura y Bahía Grande (Paso Norte) están situados cerca de Punta Arenas. Finalmente el Canal Beagle se encuentra a sólo 5 kilómetros de Puerto Williams. El resto queda en canales alejados de toda actividad humana. Esto quiere decir que el potencial aprovechable en el mediano plazo es de 21.355,24 MW y una energía anual de 28.474.818 MWh/año.

Los lugares más interesantes para desarrollar un proyecto son Canal Chacao, Estero Huito, Canal Dalcahue, Canal Chiguao y Segunda Angostura. Estos lugares se muestran en las figuras 3.50, 3.51, 3.52, 3.53 y 3.54. A continuación se comentará cada lugar, mencionando por qué son interesantes de estudiar.

**Canal Chacao:** Tiene una de las corrientes más fuertes de Chile, y tiene una gran área que aprovechar, lo que se traduce en un gran potencial mareomotriz. Tiene profundidades máximas del orden de 120 metros por lo que habría que utilizar turbinas para grandes profundidades. Tiene la ventaja de que el SIC pasa por el Canal Chacao. La figura 3.50 muestra la zona del Canal Chacao.

**Estero Huito:** Tiene corrientes apreciables, y un área suficiente para disponer de aproximadamente 79MW. Se encuentra a aproximadamente 35 kilómetros del SIC. Tiene la ventaja de contar con una profundidad media de aproximadamente 25 metros, lo que permite utilizar turbinas de poca profundidad, y está en un lugar de fácil acceso. Este lugar es muy bueno para considerar una planta piloto. La figura 3.51 muestra el Estero Huito.

**Canal Dalcahue:** Cuenta con buena corriente. El SIC pasa por este canal para dirigirse a Achao. Tiene una profundidad media de 20 metros. Tiene la ventaja que hay un puente proyectado para el canal por el plan de conectividad de Chiloé. Esto podría compatibilizarse para así compartir infraestructura y hacer un proyecto conjunto, provocando

una sinergia de ambos proyectos. La figura 3.52 muestra una foto satelital del Canal Dalcahue.

**Canal Chiguao:** Tiene corrientes apreciables. Se encuentra en el extremo sur del SIC, muy cercano a la ciudad de Quellón. El canal tiene una profundidad de 50 metros, que permite utilizar cualquier tipo de turbina. La figura 3.53 muestra el Canal Chiguao.

**Segunda Angostura:** Segunda Angostura tiene grandes corrientes. Cuenta con uno de los mayores potenciales de Chile. Está ubicado a una distancia de 85 kilómetros de la ciudad de Punta Arenas. Se podrían estudiar las corrientes del mismo canal en la zona de Punta Arenas, para analizar un posible desarrollo en la costa de la ciudad. La profundidad media de la Segunda Angostura es de 43 metros. En esta zona hay un importante tráfico de grandes embarcaciones, lo cual debe ser considerado. La figura 3.54 muestra la Segunda Angostura.

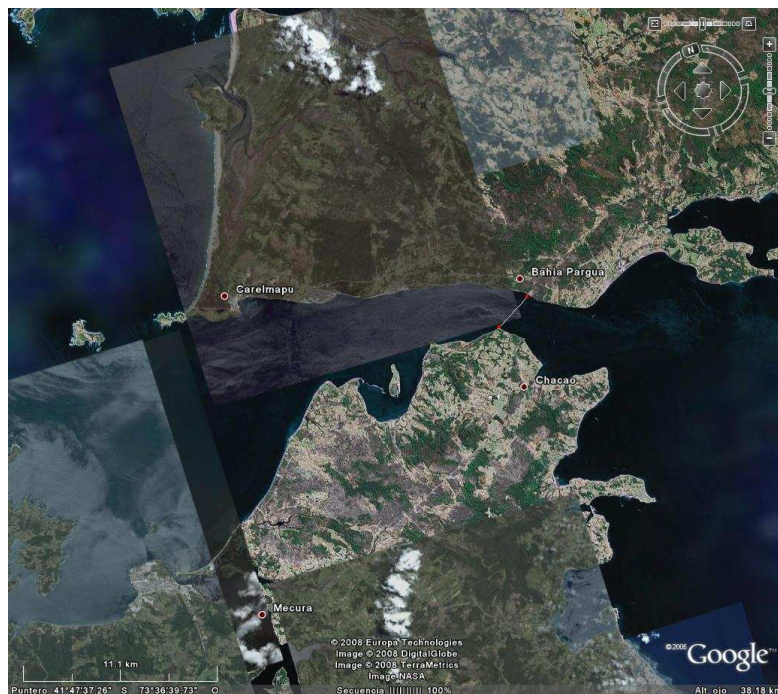


Figura 3.50

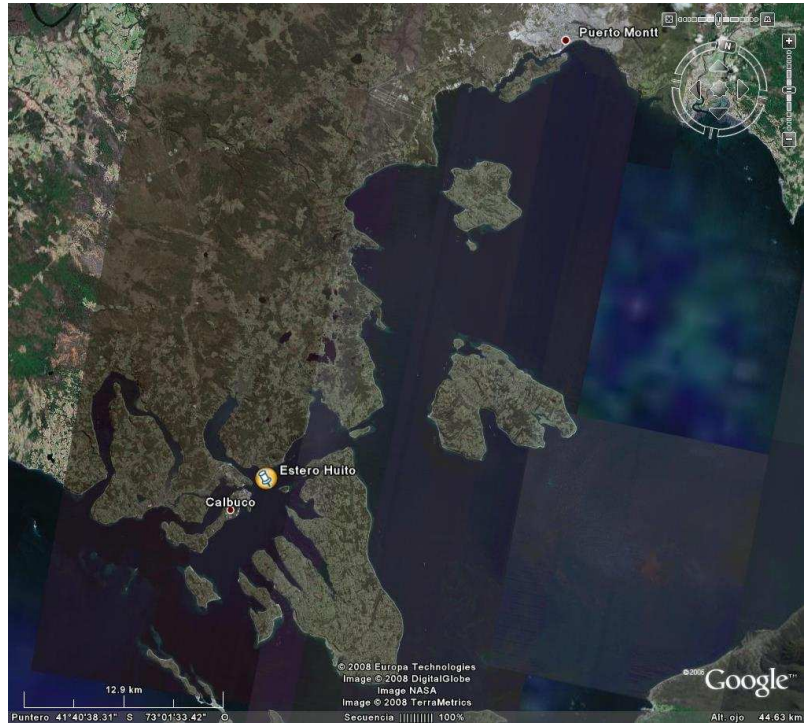


Figura 3.51



Figura 3.52





Figura 3.53

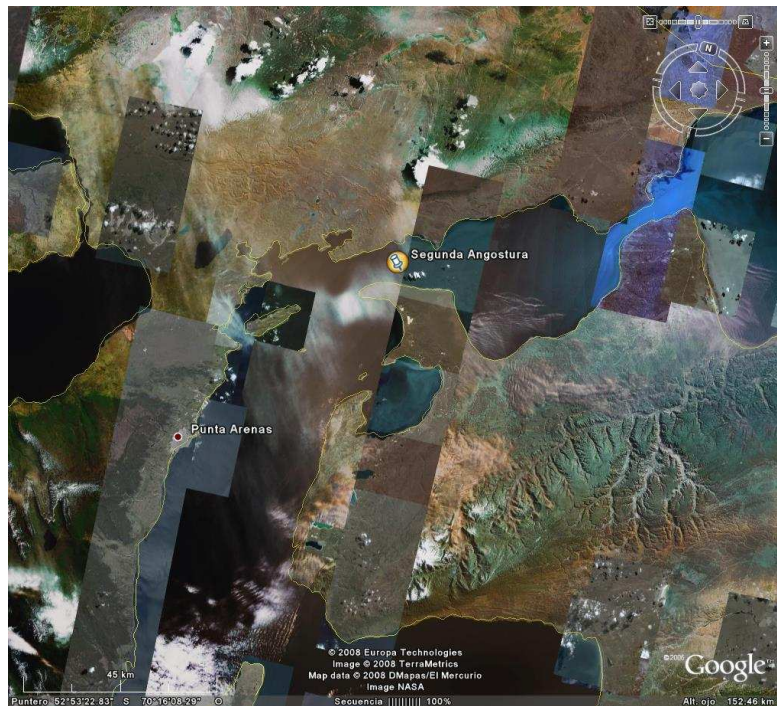


Figura 3.54

## **4. Evaluación Preliminar Proyecto en Canal Chacao**

Con el objetivo de analizar económicamente proyectos de aprovechamiento de las corrientes de mareas se realizó, a modo de ejemplo, una evaluación de un proyecto en Chile. Se escogió el sector de mayores ventajas comparativas de los sitios analizados en la parte 3.3.2. Éste lugar es el Canal Chacao.

### **4.1 Elección del Lugar**

Para evaluar en forma preliminar un proyecto en Chile, se consideró el Canal de Chacao cómo el lugar más conveniente. Las razones son:

- Grandes corrientes de mareas
- Cercano a un sistema interconectado
- Próximo a un embarcadero con infraestructura suficiente para apoyar a la central, tanto en la construcción como en la operación y mantenimiento de ésta.

De los datos entregados por el SHOA, éste es uno de los lugares con mayores corrientes. Este sitio es el lugar más estrecho entre la Isla Grande de Chiloé y el continente. Por este sector atraviesa la línea eléctrica del Sistema Interconectado Central que une la isla.

La Isla Grande de Chiloé, cuenta con una población de 152.000 habitantes aproximadamente. Las instalaciones portuarias más cercanas son las utilizadas para el cruce de transbordadores que conectan la isla de Chiloé con el continente, las cuales se esperan que sirvan como apoyo para las actividades necesarias de construcción, operación y mantenimiento de la central. Esta infraestructura debería ser mejorada para tener la capacidad suficiente para estas tareas.

### **Ubicación del Proyecto**

El proyecto se ubica en el Canal del Chacao, perteneciente a la X región de Los Lagos, entre las provincias de Llanquihue y Chiloé, entre las comunas de Ancúd y Calbuco.



Este se encuentra en las coordenadas 41°47'26'' Latitud Sur y 73°31'48'' Longitud Oeste. La figura 4.01 muestra la ubicación del proyecto dentro de la X Región, en tanto que la figura 4.02 señala con más detalle el área del proyecto.

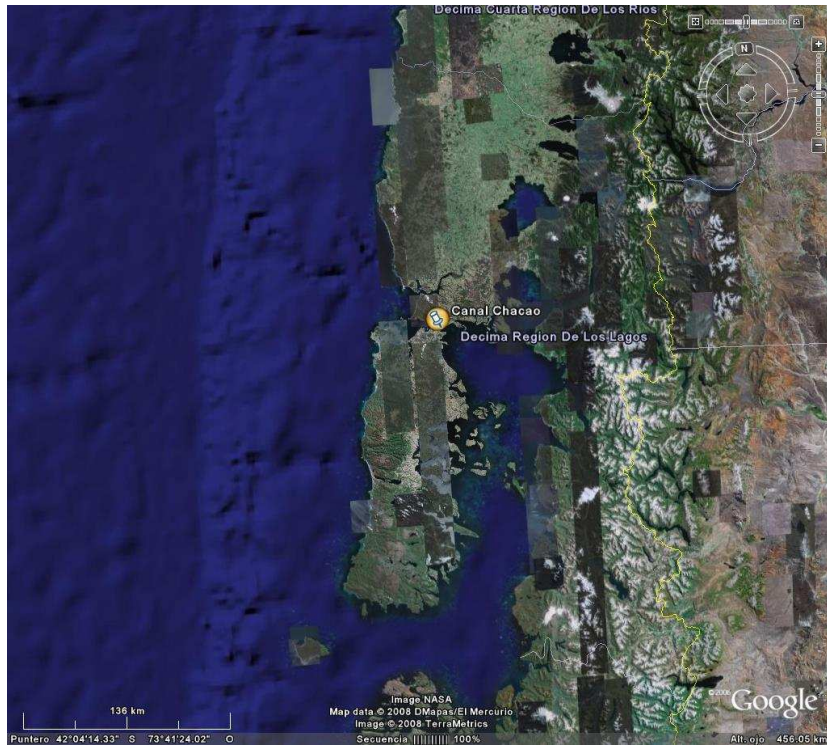


Figura 4.01

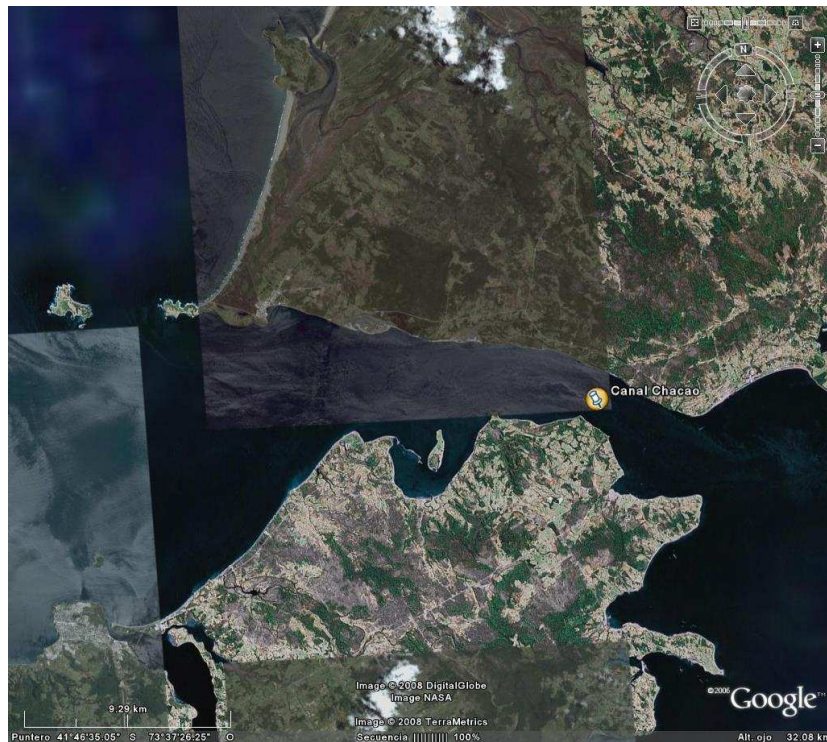


Figura 4.02

Por consideraciones batimétricas, velocidades de corrientes y del posible desarrollo de la zona, la línea de desarrollo eléctrico se estima que podría estar a 500 metros en dirección noroeste de la línea de transmisión eléctrica que va a Chiloé, y paralela a ésta, lo que corresponde además a 750 metros al noroeste de la conocida Roca Remolinos. En la figura 4.03 se muestra la línea de desarrollo.



Figura 4.03

## 4.2 Recurso Energético de las Corrientes de Mareas en Canal Chacao

Las velocidades de corrientes son de suma importancia para un proyecto de esta índole, esto es debido a que la potencia depende directamente del cubo de la velocidad. Por lo tanto, incluso menores diferencias de velocidad pueden tener un gran impacto en el rendimiento de la central. Debido a la mala calidad de los datos de corrientes, se decidió trabajar con los valores máximos entregados en las cartas náuticas, los cuales han sido recopilados según las mediciones entregadas por distintas embarcaciones. Para el caso en estudio, la carta náutica indica que la velocidad máxima de corrientes superficiales en esa zona es de 8 nudos, lo que equivale a 4,12m/s.



Esta velocidad máxima se extrapolará como recomienda la EPRI para un régimen semi-diurno, y como se ha trabajado anteriormente en el análisis de las distintas turbinas. Esto significa que la corriente de flujo es equivalente al 90% de la corriente de reflujó, que la segunda marea es equivalente al 80% de la primera. Las corrientes existentes en mareas muertas equivalen a un 60% de las ocurridas en mareas vivas. Las curvas se consideran sinusoidales y la variación entre las mareas vivas y muertas se interpola en forma lineal. En la figura 4.04 se grafica un día de corrientes, tanto de marea muerta como de marea viva. La figura 4.05 muestra la distribución de velocidades en un mes cualquiera.

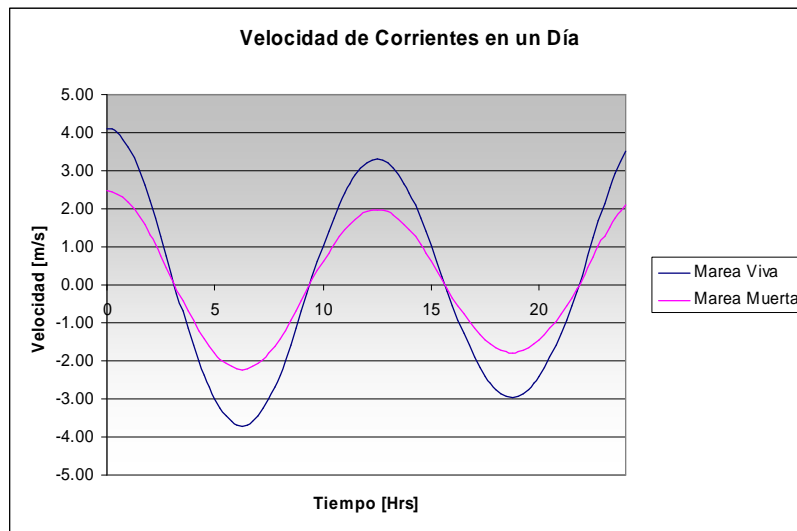


Figura 4.04

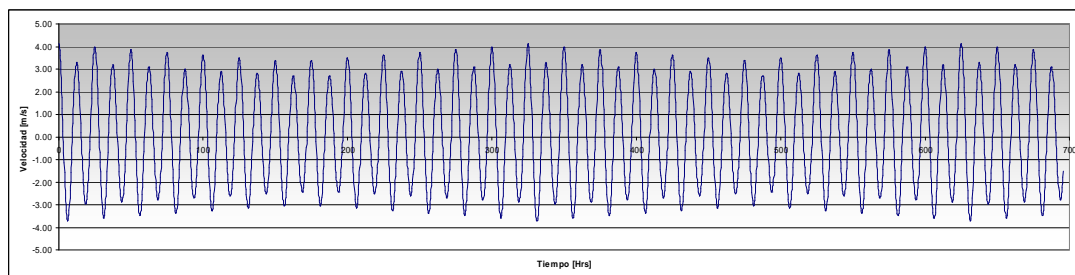


Figura 4.05

En el anexo 1.8 se muestran los valores de la distribución de corrientes, la densidad de potencia cinética disponible en el tiempo y la energía disponible por unidad de área en el tiempo para marea viva.

La densidad de potencia media se obtuvo como el 76,9% de la potencia superficial como se indica en la parte 3.2.3 y utilizando la ecuación 3.21. Mediante dichas ecuaciones se obtuvo para la velocidad máxima la densidad bruta de potencia de  $28 \text{ kW/m}^2$ , produciendo una energía anual de  $36,75 \text{ MWh/m}^2/\text{año}$ . En la figura 4.06 se muestra la distribución mensual de la densidad de potencia.

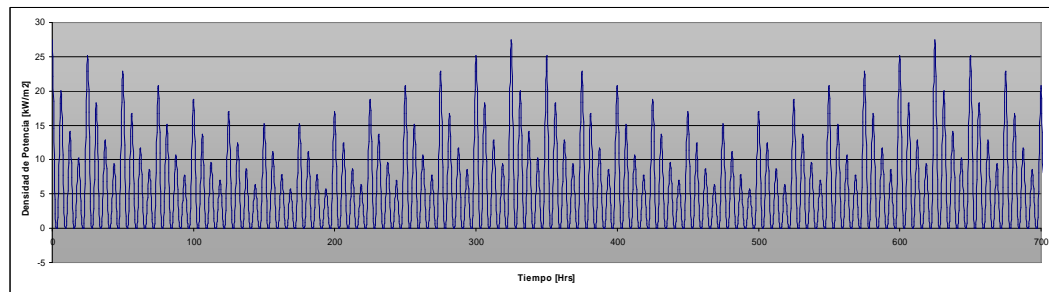


Figura 4.06

Los valores de corrientes deben ser medidos a distintas profundidades por un tiempo suficiente para poder obtener datos representativos. Es importante hacer esto antes de llevar a cabo el proyecto debido a que los datos de corrientes existentes son de corto tiempo, y como se mencionó anteriormente, estos valores pueden variar considerablemente durante el año debido a los cambios de temperatura en el agua y densidad entre otros.

### 4.3 Batimetría

La batimetría es muy importante para la localización de una central de aprovechamiento cinético de las mareas y para la elección del tipo de turbina. En lugares muy poco profundos puede no haber suficiente espacio para el rotor de la turbina, y en lugares muy profundos puede encarecerse demasiado la conexión eléctrica hacia la costa y la fundación de la turbina. En la figura 4.07 se muestra la batimetría, obtenida de la carta Canal Chacao publicada por el SHOA, en la zona escogida en el canal Chacao para el proyecto en estudio.



Figura 4.07

Basado en la carta náutica antes expuesta, se establece un perfil transversal del canal en la línea de estudio. Éste perfil transversal se muestra en la figura 4.08.

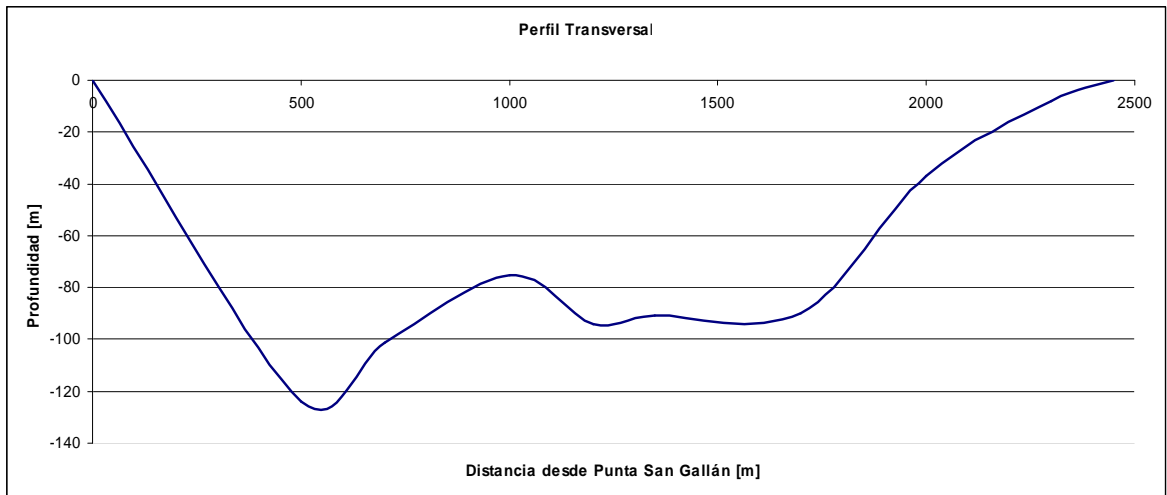


Figura 4.08

Esta batimetría entrega un área transversal de  $168.750 \text{ m}^2$ . Esto entrega una potencia bruta máxima el canal de 4.725 MW y una energía anual de 6.202.237,5 MWh.

## 4.4 Opciones de Conexión

La ubicación escogida para este proyecto es muy conveniente en términos de conexión. Esto es debido a que se encuentra a tan solo 500 metros de la subestación Punta Barranco y a la misma distancia de la subestación Punta San Gallán. Estas subestaciones pertenecen al Sistema Interconectado Central (SIC), y están conectados con una línea de 110 kV. La figura 4.09 muestra la zona de interés en el mapa del SIC.



Figura 4.09

Para realizar la conexión al SIC, se deben hacer estudios acabados sobre el impacto de estas centrales al sistema debido a su carácter oscilante. Estos son extensos estudios donde se debe modelar la generación de la central, los equipos de partida y control, revisar las características de operación, temas de calidad de potencia como armónicos y resonancia, etc.

En cuanto a la conexión vial, existe un camino de ripio en buen estado que llega prácticamente hasta el mismo lugar del proyecto por la ribera norte del canal.

## **4.5 Facilidades Portuarias**

A sólo 5 kilómetros navegando se encuentra el terminal de trasbordo Chacao. Este terminal es el actual punto de conexión vial entre el continente y la Isla Grande de Chiloé. Por lo tanto, cuenta con embarcaciones de tamaño suficiente para el trasbordo de vehículos pesados. Ésta infraestructura portuaria puede ser utilizada, pero es insuficiente. La inversión para agregar bodegas de almacenaje y otras infraestructuras que se puedan requerir es menor. Además se cuenta con el apoyo de Puerto Montt, el que está a 100 kilómetros de distancia y el de Ancud, el que está a 28 kilómetros.

## **4.6 Fondo Marino**

Para este estudio no se contó con información tanto geológica como geotécnica del fondo marino. Para un estudio más acabado al respecto es fundamental tener un estudio al respecto para analizar si el suelo tiene la resistencia necesaria para resistir los esfuerzos generados por las turbinas. Este punto es fundamental para escoger el tipo de turbina que se puede instalar en el lugar. Para efectos de este estudio consideraremos condiciones favorables para cualquier tipo de fundación.

## **4.7 Zona de Navegación**

El canal del Chacao es una zona con alto tráfico de embarcaciones de gran tamaño, debido a que es la vía de las embarcaciones que van a Puerto Montt, el cual es un puerto de significativa relevancia. Debido a esto, se debe considerar que las turbinas deben estar por lo menos a 15 metros bajo el nivel astronómico de mareas más bajo. El canal del Chacao es bastante ancho, por lo que no habría problema en tener pilotes sobresalientes a la superficie. Estos pilotes son considerados muchas veces como positivos debido a que pueden funcionar como guías a las embarcaciones utilizando balizas para tal efecto.

## **4.8 Datos Relevantes del Lugar**

Es importante tomar en cuenta ciertos antecedentes del lugar que pueden afectar el desarrollo de un proyecto en esta zona. Primero, en los análisis se debe tomar en cuenta que existe una amplitud máxima de mareas de 5.24 metros. También se debe considerar que a aproximadamente 500 metros se encuentra la Roca Remolinos, la que podría afectar el sistema de corrientes, y la instalación de una futura línea de desarrollo en ese lugar.

Otro factor importante a considerar es el proyecto del puente que une la Isla Grande de Chiloé con el continente. Éste proyecto ha estado en duda desde hace años, y todavía no se han tomado decisiones determinantes al respecto. El proyecto se ubicaría justo sobre la Roca Remolinos. Éste proyecto podría ser interesante para los efectos de hacer una sinergia entre ambos proyectos, tanto el puente como el eléctrico. Ésta sinergia podría ser tanto en términos de fundaciones cómo de conducción de líneas de transmisión.

## **4.9 Elección de Turbina**

Considerando que la profundidad máxima del lugar es de 124 metros y que en general la profundidad supera los 90 metros, es importante que la turbina escogida sea para grandes profundidades. De las turbinas estudiadas anteriormente se descarta inmediatamente las de MCT y las de Open Hydro, las cuales están diseñadas para profundidades menores a los 50 metros. Las turbinas de Verdant Power también se descartan debido a la alta complejidad de sus fundaciones en grandes profundidades. Para grandes profundidades se recomiendan fundaciones flotantes o gravitacionales. Las turbinas que cumplen con esas características son las de Lunar Energy, SMD Hydrovision, y las de eje vertical como las GCK.

La decisión de la elección de la turbina se tomó en base a la opción más económica entre las antes mencionadas. Ésta turbina es la RT2000 de Lunar Energy (ver sección 3.2.5.1 Lunar Energy).

## 4.10 Diseño del Sistema

Para aprovechar el 15% de la energía de las corrientes, se debe utilizar una gran porción del área transversal. Para esto se deben disponer las turbinas en fila, en lugares donde la profundidad es suficiente para tener espacio para la turbina misma y para no obstaculizar la navegación. Es posible que debido a la batimetría del lugar no sea posible extraer el 15 % de la energía disponible. Si es así, se deben instalar además turbinas una tras otra con el suficiente espaciamiento entre ellas. Una modelación numérica o física detallada del flujo en el canal Chacao podría mostrar lugares particularmente interesantes, pero esta modelación escapa de los alcances de este estudio.

La turbina RTT2000 tiene un diámetro exterior del tubo de 25 metros, y con la fundación gravitacional tiene una altura desde el fondo marino hasta el centro de la turbina de 22,5 metros. Esto nos indica que la profundidad mínima necesaria para estas unidades en una zona de navegación de grandes embarcaciones es de por lo menos 50 metros. Ésta turbina requiere además un distanciamiento de 10,5 metros con la turbina que tiene al lado para un seguro procedimiento de mantenimiento. El largo de cada turbina es de 19,2 metros. En la figura 4.10 se muestra los espacios necesarios para la turbina RTT2000.

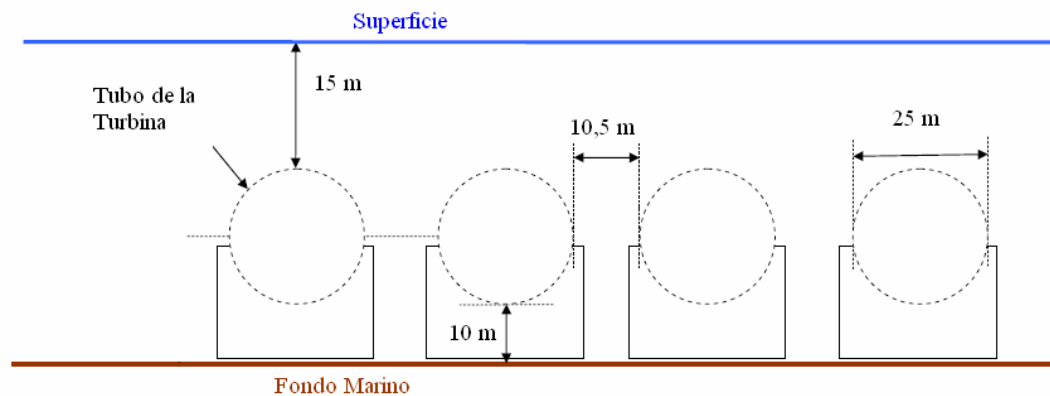


Figura 4.10

Considerando las limitaciones de profundidad se observa que las turbinas pueden ser instaladas entre los 200 metros desde Punta Gallán hacia Punta Barranco, hasta los 1930 metros. Por lo tanto, la cantidad de turbinas RTT2000 que pueden ser instalados a lo largo del canal es de 49 unidades. Cada una de estas unidades está ubicada en una profundidad

distinta, la cual depende de la posición de la turbina. Debido a esto, cada turbina capta una velocidad de corriente distinta y se debe analizar cada una por separado. En la tabla 4.01 se muestra la profundidad del canal en la base de cada turbina, la distancia horizontal de Punta Gallán, la energía anual generada y el factor de planta de cada unidad.

Observando la tabla 4.01, se puede ver que debido a la batimetría de la línea de desarrollo del parque mareomotriz proyectado, sólo es posible instalar 98 MW de potencia, entregando 229.289,7 MWh al año, es decir un 26,7% de factor de planta. El límite máximo de potencia que se recomienda desarrollar en esta zona es de 945 MW, que corresponde al 20% de la potencia total en el baricentro. Este límite está muy por encima de los 98 MW que limita la batimetría en esta línea de desarrollo. Es posible instalar más filas en el canal para llegar a los 945 MW instalados, pero hay que tener la precaución que estas líneas de desarrollo se encuentren alejadas de la línea estudiada en por lo menos entre tres a cuatro veces el diámetro del tubo de venturi, es decir tienen que estar alejadas por lo menos en 75 metros una fila con otra. La recomendación viene de Carbon Trust y es para que la segunda fila esté situada fuera de la estela dejada por la primera fila. El desarrollo de otras líneas de desarrollo se va a dejar para una siguiente etapa del proyecto.



Turbina	Distancia Horizontal [m]	Profundidad Canal [m]	Potencia [MW]	Energía Anual [MWh/año]	Factor de planta %
1	200	50	2	5275.91	30.1
2	235.5	58	2	5129.52	29.3
3	271	67	2	4958.66	28.3
4	306.5	76	2	4847.32	27.67
5	342	85	2	4710.00	26.88
6	377.5	94	2	4589.68	26.2
7	413	102	2	4500.68	25.7
8	448.5	111	2	4410.81	25.2
9	484	120	2	4383.14	25
10	519.5	126	2	4328.07	24.7
11	555	128	2	4310.47	24.6
12	590.5	125	2	4337.01	24.75
13	626	117	2	4386.57	25.04
14	661.5	109	2	4429.94	25.29
15	697	101	2	4511.30	25.75
16	732.5	97	2	4555.19	26
17	768	94	2	4589.68	26.2
18	803.5	90	2	4637.97	26.47
19	839	87	2	4683.33	26.73
20	874.5	83	2	4737.24	27.04
21	910	80	2	4779.71	27.28
22	945.5	77	2	4831.92	27.58
23	981	74	2	4845.18	27.66
24	1016.5	75	2	4862.99	27.57
25	1052	77	2	4831.92	27.58
26	1087.5	80	2	4779.71	27.28
27	1123	85	2	4710.00	26.88
28	1158.5	90	2	4637.97	26.47
29	1194	92	2	4613.49	26.33
30	1229.5	93	2	4601.50	26.26
31	1265	92	2	4613.49	26.33
32	1300.5	91	2	4625.64	26.4
33	1336	90	2	4637.97	26.47
34	1371.5	90	2	4637.97	26.47
35	1407	91	2	4625.64	26.4
36	1442.5	92	2	4613.49	26.33
37	1478	92	2	4613.49	26.33
38	1513.5	92	2	4613.49	26.33
39	1549	93	2	4601.50	26.26
40	1584.5	93	2	4601.50	26.26
41	1620	93	2	4601.50	26.26
42	1655.5	92	2	4613.49	26.33
43	1691	90	2	4637.97	26.47
44	1726.5	88	2	4663.17	26.62
45	1762	83	2	4737.24	27.04
46	1797.5	76	2	4847.32	27.37
47	1833	70	2	4908.22	28.02
48	1868.5	62	2	5049.61	28.82
49	1904	53	2	5240.12	29.91
Suma			<b>98 MW</b>	<b>229,289.7 MWh/año</b>	
Factor Planta				<b>26.7%</b>	

Tabla 4.01

## 4.11 Costos

La tabla 4.02 muestra los costos del parque mareomotriz. Esta tabla está basada en los valores entregados por la EPRI para la evaluación de un parque mareomotriz en Minas Passage, en Nova Scotia, en el límite entre Estados Unidos y Canadá. Los costos mostrados en esta evaluación económica se hicieron para turbinas MCT, las cuales tienen un costo por kilowatt instalado mayor a la RTT2000. Debido a esto y a la falta de información más detallada de costos de las turbinas RTT200, se consideró que utilizar estos costos era una forma conservadora de evaluar este proyecto. Otro punto importante que se debe mencionar es que la evaluación de Minas Passage fue realizada en marzo del 2006 utilizando el valor del dólar del 2005. El parque mareomotriz considera sólo una línea de desarrollo con 49 turbinas de 2 MW de potencia cada una. Este parque puede ser ampliable hasta 471 turbinas en distintas líneas de desarrollo, las cuales deben ser estudiadas. A continuación se muestra la tabla 4.02 con los costos antes mencionados.

<b>COSTOS</b>	<b>\$/kW</b>	<b>\$/Turbina</b>	<b>\$/Parque</b>	<b>%</b>
Sistema de Conversión de Potencia	519.00	1,038,000.00	50,862,000.00	31.4%
Elementos Estructurales	788.00	1,576,000.00	77,224,000.00	47.6%
Costo de Cables Submarinos	15.00	30,000.00	1,470,000.00	0.9%
Instalación de Turbina	210.00	420,000.00	20,580,000.00	12.7%
Instalación de Cables Submarinos	121.00	242,000.00	11,858,000.00	7.3%
Conexión al Sistema Interconectado	1.02	2,040.82	100,000.00	0.1%
<b>Costo Total Instalado</b>	<b>1,654.02</b>	<b>3,308,040.82</b>	<b>162,094,000.00</b>	<b>100.0%</b>
Costos de Operación y Mantenimiento	37.00	74,000.00	3,626,000.00	59.9%
Costo Anual del Seguro	24.81	49,620.61	2,431,410.00	40.1%
<b>Costo Total Anual de O&amp;M</b>	<b>61.81</b>	<b>123,620.61</b>	<b>6,057,410.00</b>	<b>100.0%</b>

Tabla 4.02

El sistema de conversión de potencia incluye todos los elementos requeridos para ir desde la potencia del fluido hasta la potencia eléctrica en forma adecuada para entregarla al sistema colector de electricidad del parque mareomotriz. Esto incluye la turbina, el generador, la sincronización y el transformador de subida.

Los elementos estructurales consideran todos los elementos necesarios para mantener la turbina en su lugar. Para el caso de la turbina RTT2000 considera el tubo de venturi y la fundación gravitacional entre otros elementos. La EPRI, para determinar este

costo, se basó en las solicitudes de fuerza de las corrientes y no consideró otras cargas que podrían ser importantes de considerar.

El costo del cable submarino incluye el costo para transmitir la energía a la orilla en un lugar adecuado de la costa, pero no se especifica el largo de los cables, sólo se considera un precio unitario por kilowatt.

La instalación de la turbina incluye todos los costos en que es necesario incurrir para instalar las turbinas. Estos costos se determinaron en base a la maquinaria necesaria para esta actividad, la movilización, la tripulación necesaria, etc. La EPRI verificó estos costos consultando empresas experimentadas en este tipo de actividades en el mar.

La instalación de los cables subterráneos incluye los costos de cavar las zanjas necesarias para los cables, instalar los cables y tapar las zanjas. Para esto, es necesario utilizar una barcaza con grúa.

La conexión al sistema interconectado incluye todos los costos necesarios para llevar la energía a la subestación seleccionada. Se estimó preliminarmente que una línea de 110 kV era lo más conveniente para conectarse directamente con el SIC. La línea tiene 500 metros de longitud.

El seguro puede variar significativamente dependiendo de los riesgos del proyecto, pero basándose en proyectos de riesgos similares, la EPRI determinó que en 1,5% de los costos instalados, el que es un valor razonable.

Es importante mencionar que en los costos expuestos en la tabla 4.02 está considerada una disminución de costos debido a la gran cantidad de turbinas que se solicitarían.

## 4.12 Evaluación Económica del Proyecto

La evaluación económica del proyecto se realizó como proyecto puro, es decir sin considerar posibles créditos bancarios. Se realizó considerando una vida útil de 30 años y una depreciación lineal de los equipos e infraestructura.

En la evaluación económica se consideró la venta de bonos de carbono. El ahorro de CO<sub>2</sub> se estima como 600 ton CO<sub>2</sub>/GWh.

Para calcular los ingresos se consideró el precio de la energía como 55 US\$/MWh y el precio de los bonos de carbono como 7US\$/tonCO<sub>2</sub>. La inversión se consideró repartida en los dos primeros años, donde el primer año se gasta sólo un 20% de la inversión total, y el segundo año el 80% restante. Debido a la naturaleza oscilante de las mareas, no se puede considerar ingresos por venta de potencia firme.

La tabla 4.03 muestra la evaluación económica del proyecto. Se observa que el TIR del proyecto considerando los precios antes mencionados para 30 años de evaluación es de un 1,39%. Un TIR aceptable para una empresa privada es de un 10%, bajándose máximo a un 8%. Esto quiere decir que si bien, el TIR es positivo, no es suficiente para que una empresa privada se interese en este proyecto. Debido a que esta tecnología es muy bien considerada ambientalmente, es posible que ciertas empresas se puedan interesar para mejorar su imagen pública con respecto al medio ambiente.

Año	Inversión US\$	Costo Anual US\$	Depreciación Anual US\$	Ingreso Bonos de Carbono US\$	Ingreso Bruto US\$	Impuesto Anual US\$	Utilidad despues de Impuestos US\$
2009	\$ 32,418,800						-\$ 32,418,800
2010	\$ 129,675,200						-\$ 129,675,200
2011		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2012		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2013		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2014		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2015		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2016		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2017		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2018		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2019		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2020		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 963,017	\$ 12,610,934	\$ 359,279	\$ 7,157,261
2021		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2022		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2023		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2024		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2025		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2026		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2027		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2028		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2029		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2030		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2031		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2032		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2033		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2034		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2035		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2036		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2037		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2038		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2039		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
2040		\$ 6,057,410	\$ 5,403,133	\$ 0	\$ 12,610,934	\$ 195,566	\$ 6,357,957
						<b>TIR%</b>	<b>1.39%</b>
						<b>VAN</b>	<b>-\$ 83,048,417.47</b>
						<b>r=(10%)</b>	

Tabla 4.03

### 4.13 Análisis de Sensibilidad

Para hacer el análisis de sensibilidad se hicieron variar el costo total instalado, el precio de la energía y la valorización de los bonos de carbono. Los gráficos de estos análisis se muestran en las figuras 4.11, 4.12 y 4.13. El análisis de sensibilidad del costo total instalado se realizó dentro de los márgenes de precio publicados por la EPRI.

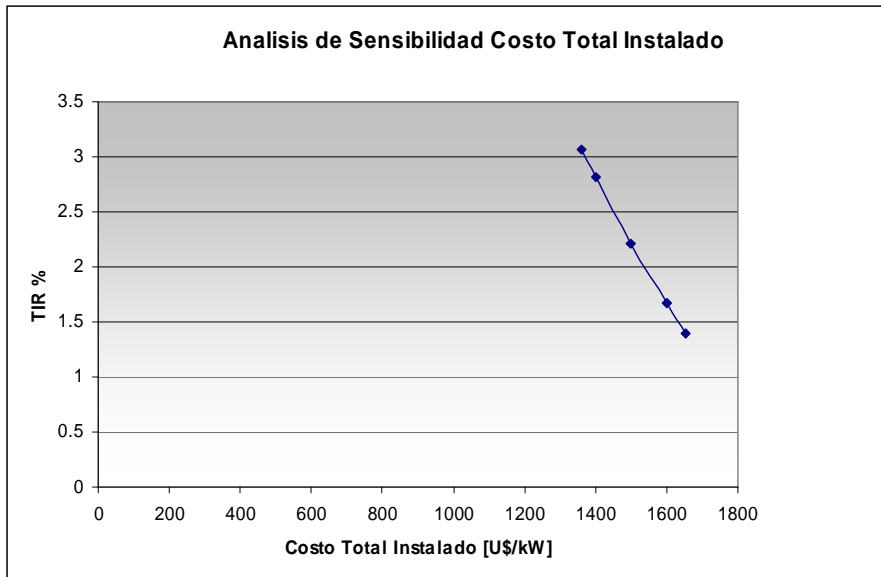


Figura 4.11

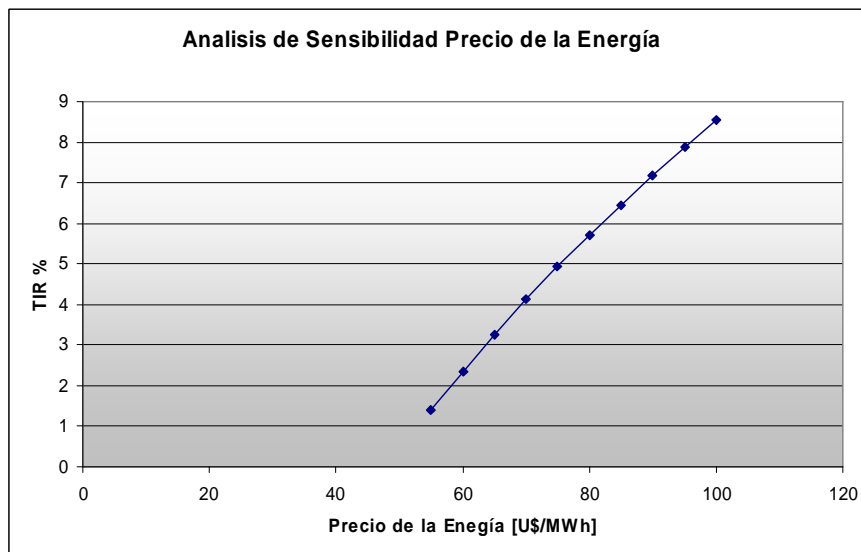


Figura 4.12

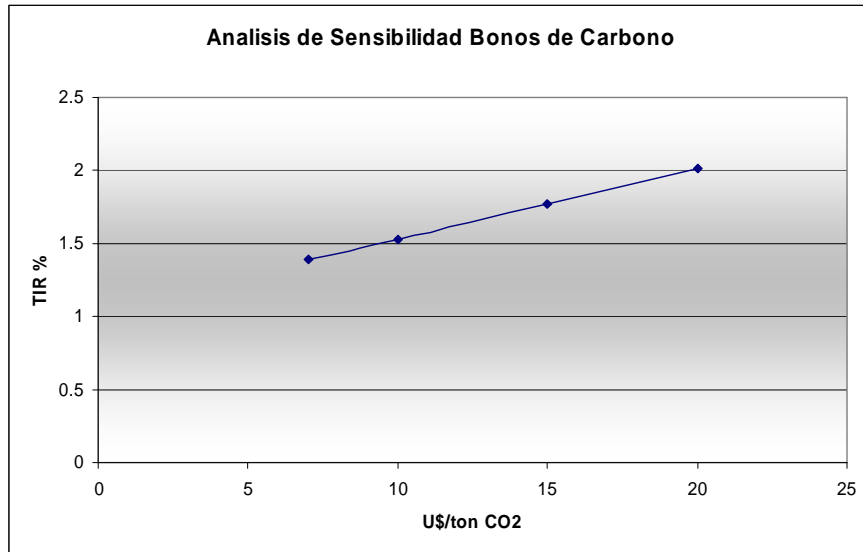


Figura 4.13

Observando las figuras 4.11, 4.12 y 4.13 se puede ver que con la variación de cada uno de estos factores no se supera el 9% de TIR. Incluso tomando un costo total instalado de \$1360 US/kW, los bonos de carbono como \$20 US/tonCO<sub>2</sub> y un precio de la energía de \$70 US/MWh se obtiene un TIR de un 6,82%. Estos valores son exageradamente optimistas.

## 5. Conclusiones

La marea es un recurso muy estable y predecible en el tiempo, el cual depende básicamente de la posición de la luna, el sol y de la geomorfología del lugar. Existen principalmente dos formas de aprovechar la energía de las mareas: una es aprovechandola mediante una barrera y la otra es aprovechando la energía cinética de las mareas con una turbina de flujo abierto. La energía potencial de las mareas se explota desde 1964, existiendo actualmente bastante experiencia al respecto. Esta tecnología es muy cara debido a las grandes obras hidráulicas que se requieren y al bajo factor de planta que tienen. El aprovechamiento de la energía cinética de las mareas se empezó a aprovechar comercialmente desde el año 2007. Su tecnología todavía está en proceso de desarrollo. En la actualidad es aún muy caro utilizar esta tecnología por su bajo factor de planta, pero se espera que en el futuro, cuando esta tecnología esté más desarrollada, los costos bajen considerablemente. En la actualidad estos proyectos no son rentables, pero con la disminución de costo que se espera y el aumento del precio de la energía, pueden llegar a ser competitivas. Ambientalmente, el aprovechamiento de la energía cinética de las mareas está muy bien considerado.

En general, Chile cuenta con un gran potencial mareomotriz, tanto para aprovechar la energía potencial de las mareas como la cinética. El problema es que gran parte de estos recursos se encuentran en zonas aisladas, lo que implica un costo de conexión excesivo. Prácticamente, todo el potencial desarrollable se encuentra ubicado desde el Maullín en la X Región hacia el sur, con excepción de un punto en la cuarta región donde se han registrado corrientes apreciables.

Respecto al posible aprovechamiento de la energía potencial de las mareas, se dispone de aproximadamente 104,74 GW de potencia bruta produciendo 443.690,16 GWh al año. Gran parte de este potencial se encuentra cercano a algún medio de transmisión o distribución de electricidad. Pero el problema, en la mayor parte de los casos, es la magnitud de la barrera necesaria para poder cerrar el fiordo. En algunos casos es posible desarrollar una barrera más corta, perdiendo área embalsada, lo que tiene como consecuencia una pérdida importante de potencial. Sería necesario, para estudios posteriores, optimizar cada



caso, pero a priori, con el bajo factor de planta que el recurso permite desarrollar, estos proyectos no son rentables ni competitivos con otras fuentes de energía.

El potencial bruto de la energía cinética de las mareas es de aproximadamente 32,24 GW, produciendo 42.999,58 GWh al año. De este potencial, el 44% se encuentra en zonas aisladas, donde no es posible su aprovechamiento debido a la dificultad que significaría su conexión a algún sistema de distribución o transmisión. Los lugares restantes no tienen mayores inconvenientes de desarrollo, y en general se encuentran a corta distancia de los medios de transmisión. Además, en términos geográficos, las zonas son adecuadas para el desarrollo de estas tecnologías. Una gran limitante, para estudios más acabados de este recurso, es la poca información existente de corrientes en Chile. Es necesario tener información de varios años de corrientes y a distintas profundidades, para poder tener un perfil real de la distribución de corrientes, tanto en el tiempo como en el espacio. Existen fenómenos que no se pueden estimar sin tener una estadística confiable al respecto. Muchas zonas que podrían ser interesantes de estudiar no cuentan con información alguna de corrientes. Es recomendable la instalación de estaciones de medición de corrientes en los canales más interesantes para este desarrollo, con instrumentos capaces de medir a distintas profundidades, para así llevar un registro y obtener estadísticas que podrían incentivar el desarrollo de esta tecnología en el futuro.

El desarrollo de un proyecto de aprovechamiento del potencial cinético de mareas en el Canal Chacao es técnicamente posible. El lugar tiene la gran ventaja de contar con fuertes corrientes (velocidad máxima de 4,12 m/s) y estar a sólo 500 metros de distancia de dos subestaciones del SIC. Es posible aprovechar 945 MW de potencia en todo el canal, produciendo unos 2.210.279,4 MWh al año. La línea de desarrollo que se estudió, utilizando la turbina RTT2000, tiene un potencial de 98MW produciendo 229.289,7 MWh al año. Pero el bajo factor de planta que tienen estos proyectos (26,7% en el Canal Chacao) y el alto costo debido a que es una tecnología que se encuentra en un temprano nivel de desarrollo, los hacen económicamente inviables en la actualidad. El TIR del proyecto analizado es de un 1,39%, lo cual es muy bajo para que alguna empresa se interese en invertir en él.

La propiedad fluctuante de la energía eléctrica que producen las mareas hace necesario como trabajo futuro desarrollar estrategias de operación del sistema interconectado, que permitan mantener la calidad de suministro del sistema y eviten costos excesivos en los

sistemas de transmisión y reservas de potencia. En el caso del SIC, es posible elaborar estrategias aprovechando la capacidad de regulación que presentan nuestras centrales de embalse. Otra opción es operar en forma coordinada con tecnologías de almacenamiento local de energía (aire comprimido, discos de inercia, hidrógeno), las que neutralicen la característica fluctuante de su generación.

## 6. Referencias

**Baker A. C. & Wishart S. J.** (1986) “Tidal Power from Small Estuaries”

**Bedard R.** (2005) “Survey and Characterization Tidal In-Stream Energy Conversion (TISEC) Devices” EPRI.

**Bedard R. & Siddiqui O.** (2006) “Economic Assessment Methodology for Tidal In-Stream Power Plants” EPRI.

**Bennewitz Rodolfo** (2005) “Evaluación Preliminar de una Central Mareomotriz en el Canal de Chacao” Colegio de Ingenieros de Chile A.G.

**Bernshtein L. B.** (1961) “Tidal Energy for Electric Power Plants”

**Cuenca N.** (2002) “Mini Centrales Hidroeléctricas Flotantes de Aprovechamiento Cinético” Universidad Politécnica de Madrid.

**Fernández P.** (2005) “Energía Mareomotriz” Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria.

**Fraenkel P. L.** (2007) “Marine Current Turbines: Moving from Experimental Test Rigs to a Commercial Technology”

**Fraenkel P. L.** (2007) “Marine Current Turbines: Pioneering the Development of Marine Kinetic Energy Converters”

**GoogleEarth** (2008)

**Gorlov A. M.** (2001) “Tidal Energy” Northeastern University.

**Gorlov Helical Turbine** (2007) [www.gcktechnology.com](http://www.gcktechnology.com)

**Hagerman G. & Polagye B.** (2006) “Methodology for Estimating Tidal Current Energy Resources and Power Production by Tidal In-Stream Energy Conversion (TISEC) Devices” EPRI.

**Hermosilla Villalba Fernando** (1997) “Centrales Mareomotrices, Treinta Años de Historia”. Cap 1.

**Hillairet P. & Weisrock G.** (1986) “Optimizing Production from the Rance Tidal Power Station” Electricité de France

**Kapoulitsas G.** (1985) “On the Generation of Tides” pp. 201-207.

**Lunar Energy** (2007) [www.lunarenergy.co.uk](http://www.lunarenergy.co.uk)

**Marine Current Turbines** (2007) [www.marineturbines.com](http://www.marineturbines.com)

**Megnint M.L. & Allegre M.J.** (1986) “Present Design of Tidal Bulb-Units Based on the Experience in the Rance Tidal Power Plant and in River Bulb-Units”

**Openhydro** (2007) [www.openhydro.com](http://www.openhydro.com)

**Orme J.A.C & Masters I.** “Analysis and Comparison of Support Structure Concepts for Tidal Stream Turbines”

**Previsic M.** (2006) “System Level Design, Performance, Cost and Economic Assessment – Minas Passage Nova Scotia Tidal In-Stream Power Plant” EPRI.

**Previsic M.** (2005) “Methodology for Conceptual Level Design of Tidal In-Stream Energy Conversion (TISEC) Power Plants” EPRI.

**SHOA** (1999) “Instrucciones Oceanográficas Nº 2, Método Oficial para el Cálculo de los Valores No Armónicos de la Marea”.

**SHOA** (1992) “Glosario de Marea y Corrientes”.

**SHOA** (2001) “Atlas Hidrográfico de Chile”

**SHOA** (2007) “Puertos Secundarios 2007”

**SHOA** (2007), “Mareas” [www.shoa.cl](http://www.shoa.cl)

**SHOA** (2007) “Correntómetros”

**SMD Hydrovision** (2007) [www.smd.co.uk](http://www.smd.co.uk)

**Stewart Robert H.** (2006) “Introduction to Physical Oceanography” Department of Oceanography, Texas A & M University. Cap 17 pp. 300–312.

**Sustainable Development Commission** (2007) “Turning the Tide, Tidal Power in UK”

**Verdant Power** (2007) [www.verdantpower.com](http://www.verdantpower.com)

**Yafei Chen** (1987) “Planning Design of Tidal Power” East China Hydroelectric Power Investigation and Design Institute.

## **ANEXO 1**

### **DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES DE CORRIENTES Y POTENCIA DE LOS MAREOGENERADORES**

## Extrapolación de Corrientes de Mareas Semi-Diurnas

Muchas veces se cuenta tan sólo con el valor máximo de la velocidad de corriente de un canal en particular. Para una zona con régimen de marea semi-diurno la EPRI propone un modelo para extrapolar las corrientes, y así poder tener una distribución aproximada de las velocidades de corrientes. Esta extrapolación consiste en considerar una variación lineal de los valores máximos entre una marea viva y una marea muerta. Además indica que localmente varía en forma sinusoidal de la forma que se muestra en la ecuación A1:

$$\cos\left(\frac{t * \pi}{T}\right) \quad (A1)$$

donde  $t$  es el tiempo medido desde el momento en que se tiene la máxima velocidad y  $T$  es la mitad del período de marea el cual es 6,25 Hrs. También toma en cuenta que la velocidad del flujo es el 90% de la velocidad del reflujó, que la segunda marea del día es un 80% de la primera y que con marea muerta la velocidad de corriente es un 60% de la velocidad que se tiene con marea viva.

En las tablas A-0.1 y A-0.2 se muestra una extrapolación para una corriente máxima de 2,5 m/s. En la figura A-0.1 y A-0.2 se grafica la extrapolación. En la figura A-0.3 se muestra la distribución de densidad de potencia en un mes. La extrapolación se hará en intervalos de 15 minutos.

Considerando un mes lunar de 29 días, promediando la energía disponible en marea viva y en marea muerta, y multiplicándola por 29, se obtiene la energía disponible en 29 días. Luego la energía anual por metro cuadrado es 8.264,6 kWh/m<sup>2</sup>/año.

**Marea Viva**

<b>Tiempo</b>	<b>Cos(t*PI()/T)</b>	<b>Max Vel [m/s]</b>	<b>Velocidad [m/s]</b>	<b>Densidad de Potencia del flujo [kW/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Energía del flujo [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
0:00:00	1.00	2.5	2.50	6	
0:15:00	0.99	2.5	2.48	6	2
0:30:00	0.97	2.5	2.42	6	1
0:45:00	0.93	2.5	2.32	5	1
1:00:00	0.88	2.5	2.19	4	1
1:15:00	0.81	2.5	2.02	3	1
1:30:00	0.73	2.5	1.82	2	1
1:45:00	0.64	2.5	1.59	2	0
2:00:00	0.54	2.5	1.34	1	0
2:15:00	0.43	2.5	1.06	0	0
2:30:00	0.31	2.5	0.77	0	0
2:45:00	0.19	2.5	0.47	0	0
3:00:00	0.06	2.5	0.16	0	0
3:15:00	0.06	-2.25	-0.14	0	0
3:30:00	0.19	-2.25	-0.42	0	0
3:45:00	0.31	-2.25	-0.70	0	0
4:00:00	0.43	-2.25	-0.96	0	0
4:15:00	0.54	-2.25	-1.21	1	0
4:30:00	0.64	-2.25	-1.43	1	0
4:45:00	0.73	-2.25	-1.64	2	0
5:00:00	0.81	-2.25	-1.82	2	1
5:15:00	0.88	-2.25	-1.97	3	1
5:30:00	0.93	-2.25	-2.09	4	1
5:45:00	0.97	-2.25	-2.18	4	1
6:00:00	0.99	-2.25	-2.23	4	1
6:15:00	1.00	-2.25	-2.25	4	1
6:30:00	0.99	-2.25	-2.23	4	1
6:45:00	0.97	-2.25	-2.18	4	1
7:00:00	0.93	-2.25	-2.09	4	1
7:15:00	0.88	-2.25	-1.97	3	1
7:30:00	0.81	-2.25	-1.82	2	1
7:45:00	0.73	-2.25	-1.64	2	1
8:00:00	0.64	-2.25	-1.43	1	0
8:15:00	0.54	-2.25	-1.21	1	0
8:30:00	0.43	-2.25	-0.96	0	0
8:45:00	0.31	-2.25	-0.70	0	0
9:00:00	0.19	-2.25	-0.42	0	0
9:15:00	0.06	-2.25	-0.14	0	0
9:30:00	0.06	2	0.13	0	0
9:45:00	0.19	2	0.37	0	0
10:00:00	0.31	2	0.62	0	0
10:15:00	0.43	2	0.85	0	0
10:30:00	0.54	2	1.07	0	0
10:45:00	0.64	2	1.27	1	0
11:00:00	0.73	2	1.46	1	0
11:15:00	0.81	2	1.62	2	0
11:30:00	0.88	2	1.75	2	0
11:45:00	0.93	2	1.86	3	1
12:00:00	0.97	2	1.94	3	1
12:15:00	0.99	2	1.98	3	1
12:30:00	1.00	2	2.00	3	1



Continuación de tabla anterior.

Tiempo	Cos(t*PI()/T)	Max Vel [m/s]	Velocidad [m/s]	Densidad de Potencia del flujo [kW/m <sup>2</sup> ]	Energía del flujo [kWh/m <sup>2</sup> ]
12:45:00	0.99	2	1.98	3	1
13:00:00	0.97	2	1.94	3	1
13:15:00	0.93	2	1.86	3	1
13:30:00	0.88	2	1.75	2	1
13:45:00	0.81	2	1.62	2	0
14:00:00	0.73	2	1.46	1	0
14:15:00	0.64	2	1.27	1	0
14:30:00	0.54	2	1.07	0	0
14:45:00	0.43	2	0.85	0	0
15:00:00	0.31	2	0.62	0	0
15:15:00	0.19	2	0.37	0	0
15:30:00	0.06	2	0.13	0	0
15:45:00	0.06	-1.8	-0.11	0	0
16:00:00	0.19	-1.8	-0.34	0	0
16:15:00	0.31	-1.8	-0.56	0	0
16:30:00	0.43	-1.8	-0.77	0	0
16:45:00	0.54	-1.8	-0.96	0	0
17:00:00	0.64	-1.8	-1.15	1	0
17:15:00	0.73	-1.8	-1.31	1	0
17:30:00	0.81	-1.8	-1.46	1	0
17:45:00	0.88	-1.8	-1.58	2	0
18:00:00	0.93	-1.8	-1.67	2	0
18:15:00	0.97	-1.8	-1.74	2	0
18:30:00	0.99	-1.8	-1.79	2	1
18:45:00	1.00	-1.8	-1.80	2	1
19:00:00	0.99	-1.8	-1.79	2	1
19:15:00	0.97	-1.8	-1.74	2	1
19:30:00	0.93	-1.8	-1.67	2	0
19:45:00	0.88	-1.8	-1.58	2	0
20:00:00	0.81	-1.8	-1.46	1	0
20:15:00	0.73	-1.8	-1.31	1	0
20:30:00	0.64	-1.8	-1.15	1	0
20:45:00	0.54	-1.8	-0.96	0	0
21:00:00	0.43	-1.8	-0.77	0	0
21:15:00	0.31	-1.8	-0.56	0	0
21:30:00	0.19	-1.8	-0.34	0	0
21:45:00	0.06	-1.8	-0.11	0	0
22:00:00	0.06	2.5	0.16	0	0
22:15:00	0.19	2.5	0.47	0	0
22:30:00	0.31	2.5	0.77	0	0
22:45:00	0.43	2.5	1.06	0	0
23:00:00	0.54	2.5	1.34	1	0
23:15:00	0.64	2.5	1.59	2	0
23:30:00	0.73	2.5	1.82	2	0
23:45:00	0.81	2.5	2.02	3	1
0:00:00	0.88	2.5	2.19	4	1

Tabla A-0.1

Marea Muerta

Tiempo	Cos(t*PI()/T)	Max Vel [m/s]	Velocidad [m/s]	Densidad de Potencia del flujo [kW/m <sup>2</sup> ]	Energía del flujo [kWh/m <sup>2</sup> ]
0:00:00	1	1.5	1.5	1	
0:15:00	0.992114701	1.5	1.488172052	1	0
0:30:00	0.968583161	1.5	1.452874742	1	0
0:45:00	0.929776486	1.5	1.394664729	1	0
1:00:00	0.87630668	1.5	1.31446002	1	0
1:15:00	0.809016994	1.5	1.213525492	1	0
1:30:00	0.728968627	1.5	1.093452941	1	0
1:45:00	0.63742399	1.5	0.956135985	0	0
2:00:00	0.535826795	1.5	0.803740192	0	0
2:15:00	0.425779292	1.5	0.638668937	0	0
2:30:00	0.309016994	1.5	0.463525492	0	0
2:45:00	0.187381315	1.5	0.281071972	0	0
3:00:00	0.06279052	1.5	0.094185779	0	0
3:15:00	0.06279052	-1.35	-0.084767201	0	0
3:30:00	0.187381315	-1.35	-0.252964775	0	0
3:45:00	0.309016994	-1.35	-0.417172942	0	0
4:00:00	0.425779292	-1.35	-0.574802044	0	0
4:15:00	0.535826795	-1.35	-0.723366173	0	0
4:30:00	0.63742399	-1.35	-0.860522386	0	0
4:45:00	0.728968627	-1.35	-0.984107647	0	0
5:00:00	0.809016994	-1.35	-1.092172942	1	0
5:15:00	0.87630668	-1.35	-1.183014018	1	0
5:30:00	0.929776486	-1.35	-1.255198256	1	0
5:45:00	0.968583161	-1.35	-1.307587268	1	0
6:00:00	0.992114701	-1.35	-1.339354847	1	0
6:15:00	1	-1.35	-1.35	1	0
6:30:00	0.992114701	-1.35	-1.339354847	1	0
6:45:00	0.968583161	-1.35	-1.307587268	1	0
7:00:00	0.929776486	-1.35	-1.255198256	1	0
7:15:00	0.87630668	-1.35	-1.183014018	1	0
7:30:00	0.809016994	-1.35	-1.092172942	1	0
7:45:00	0.728968627	-1.35	-0.984107647	0	0
8:00:00	0.63742399	-1.35	-0.860522386	0	0
8:15:00	0.535826795	-1.35	-0.723366173	0	0
8:30:00	0.425779292	-1.35	-0.574802044	0	0
8:45:00	0.309016994	-1.35	-0.417172942	0	0
9:00:00	0.187381315	-1.35	-0.252964775	0	0
9:15:00	0.06279052	-1.35	-0.084767201	0	0
9:30:00	0.06279052	1.2	0.075348623	0	0
9:45:00	0.187381315	1.2	0.224857578	0	0
10:00:00	0.309016994	1.2	0.370820393	0	0
10:15:00	0.425779292	1.2	0.51093515	0	0
10:30:00	0.535826795	1.2	0.642992154	0	0
10:45:00	0.63742399	1.2	0.764908788	0	0
11:00:00	0.728968627	1.2	0.874762353	0	0
11:15:00	0.809016994	1.2	0.970820393	0	0
11:30:00	0.87630668	1.2	1.051568016	0	0
11:45:00	0.929776486	1.2	1.115731783	1	0
12:00:00	0.968583161	1.2	1.162299793	1	0
12:15:00	0.992114701	1.2	1.190537642	1	0
12:30:00	1	1.2	1.2	1	0

Continuación de tabla anterior

Tiempo	Cos( $t \cdot \text{PI}() / T$ )	Max Vel [m/s]	Velocidad [m/s]	Densidad de Potencia del flujo [kW/m <sup>2</sup> ]	Energía del flujo [kWh/m <sup>2</sup> ]
12:45:00	0.992114701	1.2	1.190537642	1	0
13:00:00	0.968583161	1.2	1.162299793	1	0
13:15:00	0.929776486	1.2	1.115731783	1	0
13:30:00	0.87630668	1.2	1.051568016	0	0
13:45:00	0.809016994	1.2	0.970820393	0	0
14:00:00	0.728968627	1.2	0.874762353	0	0
14:15:00	0.63742399	1.2	0.764908788	0	0
14:30:00	0.535826795	1.2	0.642992154	0	0
14:45:00	0.425779292	1.2	0.51093515	0	0
15:00:00	0.309016994	1.2	0.370820393	0	0
15:15:00	0.187381315	1.2	0.224857578	0	0
15:30:00	0.06279052	1.2	0.075348623	0	0
15:45:00	0.06279052	-1.08	-0.067813761	0	0
16:00:00	0.187381315	-1.08	-0.20237182	0	0
16:15:00	0.309016994	-1.08	-0.333738354	0	0
16:30:00	0.425779292	-1.08	-0.459841635	0	0
16:45:00	0.535826795	-1.08	-0.578692939	0	0
17:00:00	0.63742399	-1.08	-0.688417909	0	0
17:15:00	0.728968627	-1.08	-0.787286118	0	0
17:30:00	0.809016994	-1.08	-0.873738354	0	0
17:45:00	0.87630668	-1.08	-0.946411214	0	0
18:00:00	0.929776486	-1.08	-1.004158605	0	0
18:15:00	0.968583161	-1.08	-1.046069814	0	0
18:30:00	0.992114701	-1.08	-1.071483877	0	0
18:45:00	1	-1.08	-1.08	0	0
19:00:00	0.992114701	-1.08	-1.071483877	0	0
19:15:00	0.968583161	-1.08	-1.046069814	0	0
19:30:00	0.929776486	-1.08	-1.004158605	0	0
19:45:00	0.87630668	-1.08	-0.946411214	0	0
20:00:00	0.809016994	-1.08	-0.873738354	0	0
20:15:00	0.728968627	-1.08	-0.787286118	0	0
20:30:00	0.63742399	-1.08	-0.688417909	0	0
20:45:00	0.535826795	-1.08	-0.578692939	0	0
21:00:00	0.425779292	-1.08	-0.459841635	0	0
21:15:00	0.309016994	-1.08	-0.333738354	0	0
21:30:00	0.187381315	-1.08	-0.20237182	0	0
21:45:00	0.06279052	-1.08	-0.067813761	0	0
22:00:00	0.06279052	1.5	0.094185779	0	0
22:15:00	0.187381315	1.5	0.281071972	0	0
22:30:00	0.309016994	1.5	0.463525492	0	0
22:45:00	0.425779292	1.5	0.638668937	0	0
23:00:00	0.535826795	1.5	0.803740192	0	0
23:15:00	0.63742399	1.5	0.956135985	0	0
23:30:00	0.728968627	1.5	1.093452941	1	0
23:45:00	0.809016994	1.5	1.213525492	1	0
0:00:00	0.87630668	1.5	1.31446002	1	0

Tabla A-0.2

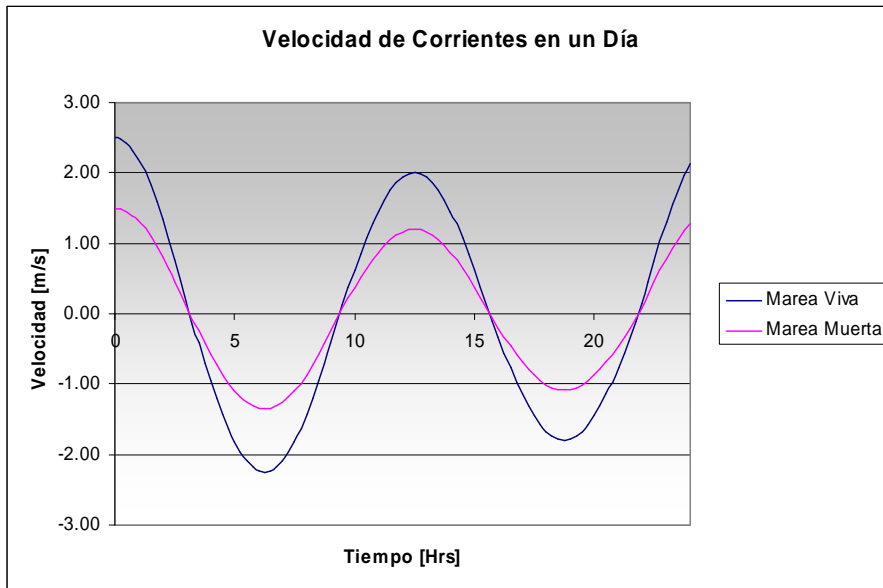


Figura A-0.1

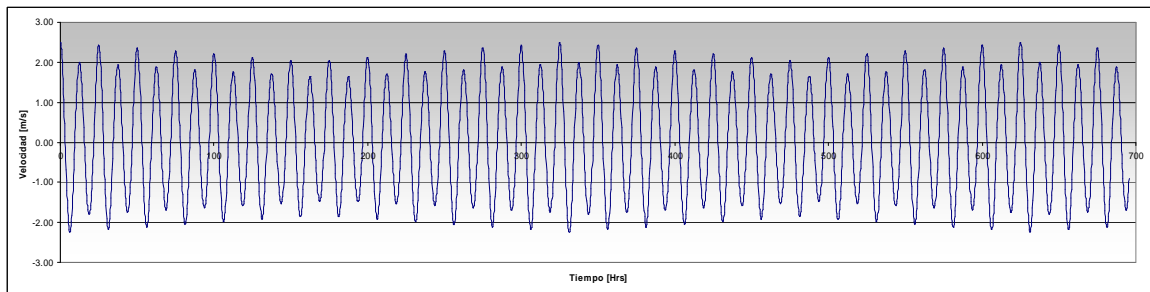


Figura A-0.2

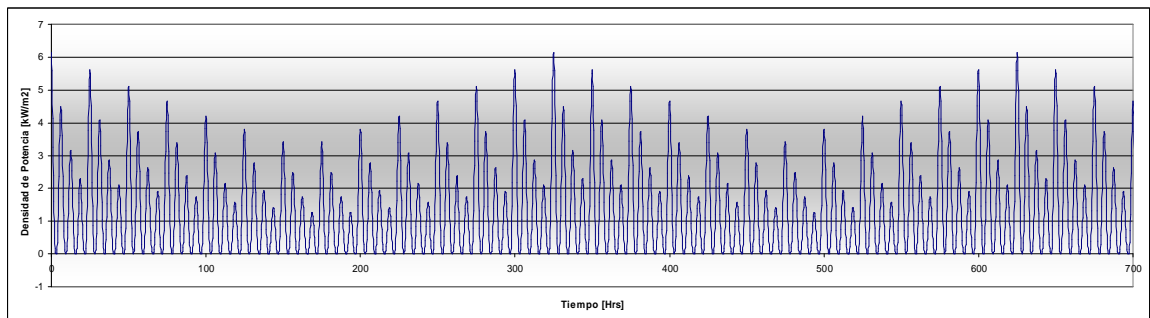


Figura A-0.3

## 1.1 Marine Current Turbines (MCT)

Las características que dominan la producción de energía de la turbina MCT son las señaladas en la tabla A-1.1. En la tabla A-1.2 y A-1.3 muestra la potencia aprovechada y la energía obtenida por la turbina MCT para una velocidad máxima de 2,5 m/s.

<b>Velocidad de diseño [m/s]</b>	2.5
<b>Velocidad de conexión [m/s]</b>	0.7
<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	509
<b>Eficiencia de la turbina</b>	0.45

Tabla A-1.1

### Marea Viva

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
0:00:00	4072		1832.4	
0:15:00	3976	1006	1789.393842	453
0:30:00	3700	960	1665.064367	432
0:45:00	3273	872	1472.841318	392
1:00:00	2740	752	1233.072607	338
1:15:00	2156	612	970.2713702	275
1:30:00	1577	467	709.817655	210
1:45:00	1055	329	474.575699	148
2:00:00	626	210	281.8990197	95
2:15:00	314	118	141.4405343	53
2:30:00	120	54	54.07137025	24
2:45:00	27	18	0	7
3:00:00	1	3	0	0
3:15:00	1	0	0	0
3:30:00	20	3	0	0
3:45:00	88	13	0	0
4:00:00	229	40	103.1101495	13
4:15:00	457	86	205.5043853	39
4:30:00	769	153	345.9656846	69
4:45:00	1150	240	517.4570705	108
5:00:00	1572	340	707.3278289	153
5:15:00	1998	446	898.9099308	201
5:30:00	2386	548	1073.701321	247
5:45:00	2697	635	1213.831923	286
6:00:00	2899	700	1304.468111	315
6:15:00	2968	733	1335.8196	330
6:30:00	2899	733	1304.468111	330
6:45:00	2697	700	1213.831923	315
7:00:00	2386	635	1073.701321	286
7:15:00	1998	548	898.9099308	247
7:30:00	1572	446	707.3278289	201
7:45:00	1150	340	517.4570705	153
8:00:00	769	240	345.9656846	108
8:15:00	457	153	205.5043853	69
8:30:00	229	86	103.1101495	39

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
8:45:00	88	40	0	13
9:00:00	20	13	0	0
9:15:00	1	3	0	0
9:30:00	1	0	0	0
9:45:00	14	2	0	0
10:00:00	62	9	0	0
10:15:00	161	28	72.41755355	9
10:30:00	321	60	144.3322981	27
10:45:00	540	108	242.9827579	48
11:00:00	808	168	363.4266393	76
11:15:00	1104	239	496.7789416	108
11:30:00	1403	313	631.333175	141
11:45:00	1676	385	754.0947548	173
12:00:00	1894	446	852.5129557	201
12:15:00	2036	491	916.1696472	221
12:30:00	2085	515	938.1888	232
12:45:00	2036	515	916.1696472	232
13:00:00	1894	491	852.5129557	221
13:15:00	1676	446	754.0947548	201
13:30:00	1403	385	631.333175	173
13:45:00	1104	313	496.7789416	141
14:00:00	808	239	363.4266393	108
14:15:00	540	168	242.9827579	76
14:30:00	321	108	144.3322981	48
14:45:00	161	60	72.41755355	27
15:00:00	62	28	0	9
15:15:00	14	9	0	0
15:30:00	1	2	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	10	1	0	0
16:15:00	45	7	0	0
16:30:00	117	20	52.79239654	7
16:45:00	234	44	105.2182453	20
17:00:00	394	78	177.1344305	35
17:15:00	589	123	264.9380201	55
17:30:00	805	174	362.1518484	78
17:45:00	1023	228	460.2418846	103
18:00:00	1222	281	549.7350763	126
18:15:00	1381	325	621.4819447	146
18:30:00	1484	358	667.8876728	161
18:45:00	1520	376	683.9396352	169
19:00:00	1484	376	667.8876728	169
19:15:00	1381	358	621.4819447	161
19:30:00	1222	325	549.7350763	146
19:45:00	1023	281	460.2418846	126
20:00:00	805	228	362.1518484	103
20:15:00	589	174	264.9380201	78
20:30:00	394	123	177.1344305	55
20:45:00	234	78	105.2182453	35
21:00:00	117	44	52.79239654	20

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
21:15:00	45	20	0	7
21:30:00	10	7	0	0
21:45:00	0	1	0	0
22:00:00	1	0	0	0
22:15:00	27	3	0	0
22:30:00	120	18	54.07137025	7
22:45:00	314	54	141.4405343	24
23:00:00	626	118	281.8990197	53
23:15:00	1055	210	474.575699	95
23:30:00	1577	329	709.817655	148
23:45:00	2156	467	970.2713702	210
0:00:00	2740	612	1233.072607	275

Tabla A-1.2

Marea Muerta

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
0:00:00	880		395.7984	
0:15:00	859	217	386.5090699	98
0:30:00	799	207	359.6539032	93
0:45:00	707	188	318.1337247	85
1:00:00	592	162	266.3436832	73
1:15:00	466	132	209.578616	59
1:30:00	341	101	153.3206135	45
1:45:00	228	71	102.508351	32
2:00:00	135	45	60.89018825	20
2:15:00	68	25	0	8
2:30:00	26	12	0	0
2:45:00	6	4	0	0
3:00:00	0	1	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	4	1	0	0
3:45:00	19	3	0	0
4:00:00	49	9	0	0
4:15:00	99	19	44.38894723	6
4:30:00	166	33	74.72858786	15
4:45:00	248	52	111.7707272	23
5:00:00	340	73	152.782811	33
5:15:00	431	96	194.164545	43
5:30:00	515	118	231.9194853	53
5:45:00	583	137	262.1876954	62
6:00:00	626	151	281.765112	68
6:15:00	641	158	288.5370336	71
6:30:00	626	158	281.765112	71
6:45:00	583	151	262.1876954	68
7:00:00	515	137	231.9194853	62
7:15:00	431	118	194.164545	53
7:30:00	340	96	152.782811	43
7:45:00	248	73	111.7707272	33
8:00:00	166	52	74.72858786	23

Continuación de tabla anterior

Tiempo	Potencia del flujo	Energía del flujo	Potencia Capturada	Energía capturada
	[kW]	[kWh]	[kW]	[kWh]
8:15:00	99	33	44.38894723	15
8:30:00	49	19	0	6
8:45:00	19	9	0	0
9:00:00	4	3	0	0
9:15:00	0	1	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	3	0	0	0
10:00:00	13	2	0	0
10:15:00	35	6	0	0
10:30:00	69	13	0	0
10:45:00	117	23	52.4842757	7
11:00:00	174	36	78.5001541	16
11:15:00	238	52	107.3042514	23
11:30:00	303	68	136.3679658	30
11:45:00	362	83	162.884467	37
12:00:00	409	96	184.1427984	43
12:15:00	440	106	197.8926438	48
12:30:00	450	111	202.6487808	50
12:45:00	440	111	197.8926438	50
13:00:00	409	106	184.1427984	48
13:15:00	362	96	162.884467	43
13:30:00	303	83	136.3679658	37
13:45:00	238	68	107.3042514	30
14:00:00	174	52	78.5001541	23
14:15:00	117	36	52.4842757	16
14:30:00	69	23	0	7
14:45:00	35	13	0	0
15:00:00	13	6	0	0
15:15:00	3	2	0	0
15:30:00	0	0	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	2	0	0	0
16:15:00	10	1	0	0
16:30:00	25	4	0	0
16:45:00	51	9	0	0
17:00:00	85	17	0	0
17:15:00	127	27	57.22661234	7
17:30:00	174	38	78.22479925	17
17:45:00	221	49	99.41224706	22
18:00:00	264	61	118.7427765	27
18:15:00	298	70	134.2401001	32
18:30:00	321	77	144.2637373	35
18:45:00	328	81	147.7309612	36
19:00:00	321	81	144.2637373	36
19:15:00	298	77	134.2401001	35
19:30:00	264	70	118.7427765	32
19:45:00	221	61	99.41224706	27
20:00:00	174	49	78.22479925	22
20:15:00	127	38	57.22661234	17



Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
20:30:00	85	27	0	7
20:45:00	51	17	0	0
21:00:00	25	9	0	0
21:15:00	10	4	0	0
21:30:00	2	1	0	0
21:45:00	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0
22:15:00	6	1	0	0
22:30:00	26	4	0	0
22:45:00	68	12	0	0
23:00:00	135	25	60.89018825	8
23:15:00	228	45	102.508351	20
23:30:00	341	71	153.3206135	32
23:45:00	466	101	209.578616	45
0:00:00	592	132	266.3436832	59

Tabla A-1.3

Considerando las características de la turbina, se produce 2431,4 MWh/año por turbina, con un factor de planta de un 13,88%.

## 1.2 Verdant Power

Las características que dominan la producción de energía de la turbina de Verdant Power son las señaladas en la tabla A-2.1. En la tabla A-2.2 y A-2.3 muestra la potencia aprovechada y la energía obtenida por la turbina de Verdant Power para una velocidad máxima de 2,5 m/s.

<b>Velocidad de diseño [m/s]</b>	2.2
<b>Velocidad de conexión [m/s]</b>	0.7
<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	19.6
<b>Eficiencia de la turbina</b>	0.35

Tabla A-2.1

**Marea Viva**

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b>	<b>Energía del flujo</b>	<b>Potencia Capturada</b>	<b>Energía capturada</b>
	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>
0:00:00	157		122.0982784	
0:15:00	153	39	122.0982784	31
0:30:00	142	37	122.0982784	31
0:45:00	126	34	122.0982784	31
1:00:00	106	29	36.93026888	20
1:15:00	83	24	29.05942633	8
1:30:00	61	18	21.25889157	6
1:45:00	41	13	14.21344377	4
2:00:00	24	8	8.442817179	3
2:15:00	12	5	4.23611467	2
2:30:00	5	2	1.619426326	1
2:45:00	1	1	0	0
3:00:00	0	0	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	1	0	0	0
3:45:00	3	1	0	0
4:00:00	9	2	3.088127595	0
4:15:00	18	3	6.154813724	1
4:30:00	30	6	10.36160051	2
4:45:00	44	9	15.49773195	3
5:00:00	61	13	21.18432179	5
5:15:00	77	17	26.92216601	6
5:30:00	92	21	32.1571319	7
5:45:00	104	24	36.35401438	9
6:00:00	112	27	39.06854941	9
6:15:00	114	28	40.00752	10
6:30:00	112	28	39.06854941	10
6:45:00	104	27	36.35401438	9
7:00:00	92	24	32.1571319	9
7:15:00	77	21	26.92216601	7
7:30:00	61	17	21.18432179	6
7:45:00	44	13	15.49773195	5
8:00:00	30	9	10.36160051	3
8:15:00	18	6	6.154813724	2
8:30:00	9	3	3.088127595	1
8:45:00	3	2	0	0
9:00:00	1	1	0	0
9:15:00	0	0	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	1	0	0	0
10:00:00	2	0	0	0
10:15:00	6	1	2.168890711	0
10:30:00	12	2	4.322722396	1
10:45:00	21	4	7.277283209	1
11:00:00	31	6	10.88455248	2
11:15:00	43	9	14.87842628	3
11:30:00	54	12	18.90829767	4
11:45:00	65	15	22.58498152	5
12:00:00	73	17	25.53258623	6
12:15:00	78	19	27.43909094	7
12:30:00	80	20	28.09856	7

Continuación de tabla anterior

Tiempo	Potencia del flujo	Energía del flujo	Potencia Capturada	Energía capturada
	[kW]	[kWh]	[kW]	[kWh]
12:45:00	78	20	27.43909094	7
13:00:00	73	19	25.53258623	7
13:15:00	65	17	22.58498152	6
13:30:00	54	15	18.90829767	5
13:45:00	43	12	14.87842628	4
14:00:00	31	9	10.88455248	3
14:15:00	21	6	7.277283209	2
14:30:00	12	4	4.322722396	1
14:45:00	6	2	2.168890711	1
15:00:00	2	1	0	0
15:15:00	1	0	0	0
15:30:00	0	0	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	0	0	0	0
16:15:00	2	0	0	0
16:30:00	5	1	1.581121328	0
16:45:00	9	2	3.151264627	1
17:00:00	15	3	5.305139459	1
17:15:00	23	5	7.934838759	2
17:30:00	31	7	10.84637276	2
17:45:00	39	9	13.784149	3
18:00:00	47	11	16.46445153	4
18:15:00	53	13	18.61325536	4
18:30:00	57	14	20.0030973	5
18:45:00	59	14	20.48385024	5
19:00:00	57	14	20.0030973	5
19:15:00	53	14	18.61325536	5
19:30:00	47	13	16.46445153	4
19:45:00	39	11	13.784149	4
20:00:00	31	9	10.84637276	3
20:15:00	23	7	7.934838759	2
20:30:00	15	5	5.305139459	2
20:45:00	9	3	3.151264627	1
21:00:00	5	2	1.581121328	1
21:15:00	2	1	0	0
21:30:00	0	0	0	0
21:45:00	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0
22:15:00	1	0	0	0
22:30:00	5	1	1.619426326	0
22:45:00	12	2	4.23611467	1
23:00:00	24	5	8.442817179	2
23:15:00	41	8	14.21344377	3
23:30:00	61	13	21.25889157	4
23:45:00	83	18	29.05942633	6
0:00:00	106	24	36.93026888	8

Tabla A-2.2

**Marea Muerta**

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b>	<b>Energía del flujo</b>	<b>Potencia Capturada</b>	<b>Energía capturada</b>
	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>
0:00:00	34		11.85408	
0:15:00	33	8	11.57586649	3
0:30:00	31	8	10.77155982	3
0:45:00	27	7	9.528039081	3
1:00:00	23	6	7.976938078	2
1:15:00	18	5	6.276836086	2
1:30:00	13	4	4.591920578	1
1:45:00	9	3	3.070103854	1
2:00:00	5	2	1.823648511	1
2:15:00	3	1	0	0
2:30:00	1	0	0	0
2:45:00	0	0	0	0
3:00:00	0	0	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	0	0	0	0
3:45:00	1	0	0	0
4:00:00	2	0	0	0
4:15:00	4	1	1.329439764	0
4:30:00	6	1	2.238105709	0
4:45:00	10	2	3.347510101	1
5:00:00	13	3	4.575813507	1
5:15:00	17	4	5.815187859	1
5:30:00	20	5	6.94594049	2
5:45:00	22	5	7.852467106	2
6:00:00	24	6	8.438806671	2
6:15:00	25	6	8.64162432	2
6:30:00	24	6	8.438806671	2
6:45:00	22	6	7.852467106	2
7:00:00	20	5	6.94594049	2
7:15:00	17	5	5.815187859	2
7:30:00	13	4	4.575813507	1
7:45:00	10	3	3.347510101	1
8:00:00	6	2	2.238105709	1
8:15:00	4	1	1.329439764	0
8:30:00	2	1	0	0
8:45:00	1	0	0	0
9:00:00	0	0	0	0
9:15:00	0	0	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	0	0	0	0
10:00:00	1	0	0	0
10:15:00	1	0	0	0
10:30:00	3	1	0	0
10:45:00	4	1	1.571893173	0
11:00:00	7	1	2.351063336	0
11:15:00	9	2	3.213740076	1
11:30:00	12	3	4.084192296	1
11:45:00	14	3	4.878356009	1
12:00:00	16	4	5.515038626	1

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b>	<b>Energía del flujo</b>	<b>Potencia Capturada</b>	<b>Energía capturada</b>
	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>
12:15:00	17	4	5.926843643	1
12:30:00	17	4	6.06928896	1
12:45:00	17	4	5.926843643	1
13:00:00	16	4	5.515038626	1
13:15:00	14	4	4.878356009	1
13:30:00	12	3	4.084192296	1
13:45:00	9	3	3.213740076	1
14:00:00	7	2	2.351063336	1
14:15:00	4	1	1.571893173	0
14:30:00	3	1	0	0
14:45:00	1	1	0	0
15:00:00	1	0	0	0
15:15:00	0	0	0	0
15:30:00	0	0	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	0	0	0	0
16:15:00	0	0	0	0
16:30:00	1	0	0	0
16:45:00	2	0	0	0
17:00:00	3	1	0	0
17:15:00	5	1	1.713925172	0
17:30:00	7	1	2.342816516	1
17:45:00	9	2	2.977376184	1
18:00:00	10	2	3.556321531	1
18:15:00	11	3	4.020463158	1
18:30:00	12	3	4.320669016	1
18:45:00	13	3	4.424511652	1
19:00:00	12	3	4.320669016	1
19:15:00	11	3	4.020463158	1
19:30:00	10	3	3.556321531	1
19:45:00	9	2	2.977376184	1
20:00:00	7	2	2.342816516	1
20:15:00	5	1	1.713925172	1
20:30:00	3	1	0	0
20:45:00	2	1	0	0
21:00:00	1	0	0	0
21:15:00	0	0	0	0
21:30:00	0	0	0	0
21:45:00	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0
22:15:00	0	0	0	0
22:30:00	1	0	0	0
22:45:00	3	0	0	0
23:00:00	5	1	1.823648511	0
23:15:00	9	2	3.070103854	1
23:30:00	13	3	4.591920578	1
23:45:00	18	4	6.276836086	1
0:00:00	23	5	7.976938078	2

Tabla A-2.3

Considerando las características de la turbina, se produce 84,33 MWh/año por turbina, con un factor de planta de un 26,82%.

### 1.3 Open Hydro

Las características que dominan la producción de energía de la turbina de Open Hydro son las señaladas en la tabla A-3.1. En la tabla A-3.2 y A-3.3 muestra la potencia aprovechada y la energía obtenida por la turbina de Open Hydro para una velocidad máxima de 2,5 m/s.

<b>Velocidad de diseño [m/s]</b>	2.57
<b>Velocidad de conexión [m/s]</b>	0.7
<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	313.8
<b>Eficiencia de la turbina</b>	0.54

Tabla A-3.1

#### Marea Viva

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
0:00:00	2510		1355.616	
0:15:00	2451	620	1323.799892	335
0:30:00	2281	592	1231.820507	319
0:45:00	2018	537	1089.613216	290
1:00:00	1689	463	912.2314755	250
1:15:00	1329	377	717.8101909	204
1:30:00	972	288	525.1256113	155
1:45:00	650	203	351.0927804	110
2:00:00	386	130	208.5498916	70
2:15:00	194	72	104.6382074	39
2:30:00	74	33	40.00219092	18
2:45:00	17	11	0	5
3:00:00	1	2	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	12	2	0	0
3:45:00	54	8	0	0
4:00:00	141	24	76.28125323	10
4:15:00	282	53	152.032871	29
4:30:00	474	94	255.9466369	51
4:45:00	709	148	382.8165706	80
5:00:00	969	210	523.2836292	113
5:15:00	1232	275	665.0167456	149
5:30:00	1471	338	794.3280341	182
5:45:00	1663	392	897.9971493	212
6:00:00	1787	431	965.0501215	233
6:15:00	1830	452	988.244064	244
6:30:00	1787	452	965.0501215	244
6:45:00	1663	431	897.9971493	233
7:00:00	1471	392	794.3280341	212
7:15:00	1232	338	665.0167456	182
7:30:00	969	275	523.2836292	149
7:45:00	709	210	382.8165706	113
8:00:00	474	148	255.9466369	80

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b>	<b>Energía del flujo</b>	<b>Potencia Capturada</b>	<b>Energía capturada</b>
	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>
8:15:00	282	94	152.032871	51
8:30:00	141	53	76.28125323	29
8:45:00	54	24	0	10
9:00:00	12	8	0	0
9:15:00	0	2	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	8	1	0	0
10:00:00	38	6	0	0
10:15:00	99	17	53.57476221	7
10:30:00	198	37	106.7775445	20
10:45:00	333	66	179.7595036	36
11:00:00	498	104	268.864313	56
11:15:00	681	147	367.5188178	80
11:30:00	865	193	467.0625155	104
11:45:00	1033	237	557.8819664	128
12:00:00	1168	275	630.6920994	149
12:15:00	1255	303	677.7855449	164
12:30:00	1285	318	694.075392	171
12:45:00	1255	318	677.7855449	171
13:00:00	1168	303	630.6920994	164
13:15:00	1033	275	557.8819664	149
13:30:00	865	237	467.0625155	128
13:45:00	681	193	367.5188178	104
14:00:00	498	147	268.864313	80
14:15:00	333	104	179.7595036	56
14:30:00	198	66	106.7775445	36
14:45:00	99	37	53.57476221	20
15:00:00	38	17	0	7
15:15:00	8	6	0	0
15:30:00	0	1	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	6	1	0	0
16:15:00	28	4	0	0
16:30:00	72	12	39.05600165	5
16:45:00	144	27	77.84082996	15
17:00:00	243	48	131.0446781	26
17:15:00	363	76	196.0020842	41
17:30:00	496	107	267.9212181	58
17:45:00	631	141	340.4885738	76
18:00:00	753	173	406.6959535	93
18:15:00	851	201	459.7745405	108
18:30:00	915	221	494.1056622	119
18:45:00	937	232	505.9809608	125
19:00:00	915	232	494.1056622	125
19:15:00	851	221	459.7745405	119
19:30:00	753	201	406.6959535	108

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b>	<b>Energía del flujo</b>	<b>Potencia Capturada</b>	<b>Energía capturada</b>
	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>
19:45:00	631	173	340.4885738	93
20:00:00	496	141	267.9212181	76
20:15:00	363	107	196.0020842	58
20:30:00	243	76	131.0446781	41
20:45:00	144	48	77.84082996	26
21:00:00	72	27	39.05600165	15
21:15:00	28	12	0	5
21:30:00	6	4	0	0
21:45:00	0	1	0	0
22:00:00	1	0	0	0
22:15:00	17	2	0	0
22:30:00	74	11	40.00219092	5
22:45:00	194	33	104.6382074	18
23:00:00	386	72	208.5498916	39
23:15:00	650	130	351.0927804	70
23:30:00	972	203	525.1256113	110
23:45:00	1329	288	717.8101909	155
0:00:00	1689	377	912.2314755	204

Tabla A-3.2

**Marea Muerta**

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b>	<b>Energía del flujo</b>	<b>Potencia Capturada</b>	<b>Energía capturada</b>
	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kW]</b>	<b>[kWh]</b>
0:00:00	542		292.813056	
0:15:00	530	134	285.9407768	72
0:30:00	493	128	266.0732294	69
0:45:00	436	116	235.3564546	63
1:00:00	365	100	197.0419987	54
1:15:00	287	82	155.0470012	44
1:30:00	210	62	113.427132	34
1:45:00	140	44	75.83604056	24
2:00:00	83	28	45.04677659	15
2:15:00	42	16	0	6
2:30:00	16	7	0	0
2:45:00	4	2	0	0
3:00:00	0	0	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	3	0	0	0
3:45:00	12	2	0	0
4:00:00	31	5	0	0
4:15:00	61	11	32.83910014	4
4:30:00	102	20	55.28447357	11
4:45:00	153	32	82.68837926	17
5:00:00	209	45	113.0292639	24
5:15:00	266	59	143.6436171	32
5:30:00	318	73	171.5748554	39
5:45:00	359	85	193.9673843	46
6:00:00	386	93	208.4508263	50



Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b> [kW]	<b>Energía del flujo</b> [kWh]	<b>Potencia Capturada</b> [kW]	<b>Energía capturada</b> [kWh]
6:15:00	395	98	213.4607178	53
6:30:00	386	98	208.4508263	53
6:45:00	359	93	193.9673843	50
7:00:00	318	85	171.5748554	46
7:15:00	266	73	143.6436171	39
7:30:00	209	59	113.0292639	32
7:45:00	153	45	82.68837926	24
8:00:00	102	32	55.28447357	17
8:15:00	61	20	32.83910014	11
8:30:00	31	11	0	4
8:45:00	12	5	0	0
9:00:00	3	2	0	0
9:15:00	0	0	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	2	0	0	0
10:00:00	8	1	0	0
10:15:00	21	4	0	0
10:30:00	43	8	0	0
10:45:00	72	14	38.82805277	5
11:00:00	108	22	58.07469161	12
11:15:00	147	32	79.38406463	17
11:30:00	187	42	100.8855033	23
11:45:00	223	51	120.5025047	28
12:00:00	252	59	136.2294935	32
12:15:00	271	65	146.4016777	35
12:30:00	278	69	149.9202847	37
12:45:00	271	69	146.4016777	37
13:00:00	252	65	136.2294935	35
13:15:00	223	59	120.5025047	32
13:30:00	187	51	100.8855033	28
13:45:00	147	42	79.38406463	23
14:00:00	108	32	58.07469161	17
14:15:00	72	22	38.82805277	12
14:30:00	43	14	0	5
14:45:00	21	8	0	0
15:00:00	8	4	0	0
15:15:00	2	1	0	0
15:30:00	0	0	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	1	0	0	0
16:15:00	6	1	0	0
16:30:00	16	3	0	0
16:45:00	31	6	0	0
17:00:00	52	10	0	0
17:15:00	78	16	42.33645018	5
17:30:00	107	23	57.87098312	13
17:45:00	136	30	73.54553193	16
18:00:00	163	37	87.84632595	20

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
18:15:00	184	43	99.31130074	23
18:30:00	198	48	106.726823	26
18:45:00	202	50	109.2918875	27
19:00:00	198	50	106.726823	27
19:15:00	184	48	99.31130074	26
19:30:00	163	43	87.84632595	23
19:45:00	136	37	73.54553193	20
20:00:00	107	30	57.87098312	16
20:15:00	78	23	42.33645018	13
20:30:00	52	16	0	5
20:45:00	31	10	0	0
21:00:00	16	6	0	0
21:15:00	6	3	0	0
21:30:00	1	1	0	0
21:45:00	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0
22:15:00	4	0	0	0
22:30:00	16	2	0	0
22:45:00	42	7	0	0
23:00:00	83	16	45.04677659	6
23:15:00	140	28	75.83604056	15
23:30:00	210	44	113.427132	24
23:45:00	287	62	155.0470012	34
0:00:00	365	82	197.0419987	44

Tabla A-3.3

Considerando las características de la turbina, se produce 1798,76MWh/año por turbina, con un factor de planta de un 13,51%.

#### 1.4 Lunar Energy

Las características que dominan la producción de energía de la turbina RTT2000 son las señaladas en la tabla A-4.1. En la tabla A-4.2 y A-4.3 muestra la potencia aprovechada y la energía obtenida por la turbina RTT2000 para una velocidad máxima de 2,5 m/s.

<b>Velocidad de diseño [m/s]</b>	3.06
<b>Velocidad de conexión [m/s]</b>	1
<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	490.874
<b>Eficiencia de la turbina</b>	0.54

Tabla A-4.1

**Marea Viva**

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
0:00:00	3927		1291.690677	
0:15:00	3835	970	1261.374887	319
0:30:00	3568	925	1173.732874	304
0:45:00	3156	841	1038.231499	276
1:00:00	2643	725	869.2143585	238
1:15:00	2079	590	683.961189	194
1:30:00	1521	450	500.3628285	148
1:45:00	1017	317	334.5366763	104
2:00:00	604	203	198.7155291	67
2:15:00	303	113	99.70389622	37
2:30:00	116	52	0	12
2:45:00	26	18	0	0
3:00:00	1	3	0	0
3:15:00	1	0	0	0
3:30:00	19	2	0	0
3:45:00	84	13	0	0
4:00:00	221	38	0	0
4:15:00	440	83	144.8636207	18
4:30:00	741	148	243.877237	49
4:45:00	1109	231	364.764502	76
5:00:00	1516	328	498.6077068	108
5:15:00	1926	430	633.6572673	142
5:30:00	2301	528	756.8707627	174
5:45:00	2601	613	855.6512651	202
6:00:00	2796	675	919.5422925	222
6:15:00	2863	707	941.6425032	233
6:30:00	2796	707	919.5422925	233
6:45:00	2601	675	855.6512651	222
7:00:00	2301	613	756.8707627	202
7:15:00	1926	528	633.6572673	174
7:30:00	1516	430	498.6077068	142
7:45:00	1109	328	364.764502	108
8:00:00	741	231	243.877237	76
8:15:00	440	148	144.8636207	49
8:30:00	221	83	0	18
8:45:00	84	38	0	0
9:00:00	19	13	0	0
9:15:00	1	2	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	13	2	0	0
10:00:00	59	9	0	0
10:15:00	155	27	0	0
10:30:00	309	58	101.7423509	13
10:45:00	521	104	171.2827783	34
11:00:00	779	162	256.1857682	53
11:15:00	1065	230	350.1881288	76
11:30:00	1353	302	445.0377515	99
11:45:00	1616	371	531.5745274	122
12:00:00	1827	430	600.9512315	142
12:15:00	1963	474	645.8239421	156

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
12:30:00	2011	497	661.3456264	163
12:45:00	1963	497	645.8239421	163
13:00:00	1827	474	600.9512315	156
13:15:00	1616	430	531.5745274	142
13:30:00	1353	371	445.0377515	122
13:45:00	1065	302	350.1881288	99
14:00:00	779	230	256.1857682	76
14:15:00	521	162	171.2827783	53
14:30:00	309	104	101.7423509	34
14:45:00	155	58	0	13
15:00:00	59	27	0	0
15:15:00	13	9	0	0
15:30:00	0	2	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	10	1	0	0
16:15:00	43	7	0	0
16:30:00	113	20	0	0
16:45:00	225	42	0	0
17:00:00	380	76	124.8651454	16
17:15:00	568	118	186.759425	39
17:30:00	776	168	255.2871459	55
17:45:00	986	220	324.4325209	72
18:00:00	1178	271	387.5178305	89
18:15:00	1332	314	438.0934477	103
18:30:00	1431	345	470.8056538	114
18:45:00	1466	362	482.1209617	119
19:00:00	1431	362	470.8056538	119
19:15:00	1332	345	438.0934477	114
19:30:00	1178	314	387.5178305	103
19:45:00	986	271	324.4325209	89
20:00:00	776	220	255.2871459	72
20:15:00	568	168	186.759425	55
20:30:00	380	118	124.8651454	39
20:45:00	225	76	0	16
21:00:00	113	42	0	0
21:15:00	43	20	0	0
21:30:00	10	7	0	0
21:45:00	0	1	0	0
22:00:00	1	0	0	0
22:15:00	26	3	0	0
22:30:00	116	18	0	0
22:45:00	303	52	99.70389622	12
23:00:00	604	113	198.7155291	37
23:15:00	1017	203	334.5366763	67
23:30:00	1521	317	500.3628285	104
23:45:00	2079	450	683.961189	148
0:00:00	2643	590	869.2143585	194

Tabla A-4.2

**Marea Muerta**

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
0:00:00	848		279.0051861	
0:15:00	828	210	272.4569756	69
0:30:00	771	200	253.5263008	66
0:45:00	682	182	224.2580038	60
1:00:00	571	157	187.7503014	52
1:15:00	449	127	147.7356168	42
1:30:00	329	97	108.078371	32
1:45:00	220	69	0	14
2:00:00	130	44	0	0
2:15:00	65	24	0	0
2:30:00	25	11	0	0
2:45:00	6	4	0	0
3:00:00	0	1	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	4	1	0	0
3:45:00	18	3	0	0
4:00:00	48	8	0	0
4:15:00	95	18	0	0
4:30:00	160	32	0	0
4:45:00	240	50	0	0
5:00:00	327	71	107.6992647	13
5:15:00	416	93	136.8699697	31
5:30:00	497	114	163.4840847	38
5:45:00	562	132	184.8206733	44
6:00:00	604	146	198.6211352	48
6:15:00	618	153	203.3947807	50
6:30:00	604	153	198.6211352	50
6:45:00	562	146	184.8206733	48
7:00:00	497	132	163.4840847	44
7:15:00	416	114	136.8699697	38
7:30:00	327	93	107.6992647	31
7:45:00	240	71	0	13
8:00:00	160	50	0	0
8:15:00	95	32	0	0
8:30:00	48	18	0	0
8:45:00	18	8	0	0
9:00:00	4	3	0	0
9:15:00	0	1	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	3	0	0	0
10:00:00	13	2	0	0
10:15:00	34	6	0	0
10:30:00	67	13	0	0
10:45:00	112	22	0	0
11:00:00	168	35	0	0
11:15:00	230	50	0	0
11:30:00	292	65	96.12815433	12
11:45:00	349	80	114.8200979	26
12:00:00	395	93	129.805466	31
12:15:00	424	102	139.4979715	34

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
12:30:00	434	107	142.8506553	35
12:45:00	424	107	139.4979715	35
13:00:00	395	102	129.805466	34
13:15:00	349	93	114.8200979	31
13:30:00	292	80	96.12815433	26
13:45:00	230	65	0	12
14:00:00	168	50	0	0
14:15:00	112	35	0	0
14:30:00	67	22	0	0
14:45:00	34	13	0	0
15:00:00	13	6	0	0
15:15:00	3	2	0	0
15:30:00	0	0	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	2	0	0	0
16:15:00	9	1	0	0
16:30:00	24	4	0	0
16:45:00	49	9	0	0
17:00:00	82	16	0	0
17:15:00	123	26	0	0
17:30:00	168	36	0	0
17:45:00	213	48	0	0
18:00:00	254	58	83.70385139	10
18:15:00	288	68	94.62818471	22
18:30:00	309	75	101.6940212	25
18:45:00	317	78	104.1381277	26
19:00:00	309	78	101.6940212	26
19:15:00	288	75	94.62818471	25
19:30:00	254	68	83.70385139	22
19:45:00	213	58	0	10
20:00:00	168	48	0	0
20:15:00	123	36	0	0
20:30:00	82	26	0	0
20:45:00	49	16	0	0
21:00:00	24	9	0	0
21:15:00	9	4	0	0
21:30:00	2	1	0	0
21:45:00	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0
22:15:00	6	1	0	0
22:30:00	25	4	0	0
22:45:00	65	11	0	0
23:00:00	130	24	0	0
23:15:00	220	44	0	0
23:30:00	329	69	108.078371	14
23:45:00	449	97	147.7356168	32
0:00:00	571	127	187.7503014	42

Tabla A-4.3

Considerando las características de la turbina, se produce 1633,30 MWh/año por turbina, con un factor de planta de un 7,32%.

### 1.5 SMD Hydrovision

Las características que dominan la producción de energía de la turbina TidEl son las señaladas en la tabla A-5.1. En la tabla A-5.2 y A-5.3 muestra la potencia aprovechada y la energía obtenida por la turbina TidEl para una velocidad máxima de 2,5 m/s.

<b>Velocidad de diseño [m/s]</b>	2.3
<b>Velocidad de conexión [m/s]</b>	0.7
<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	537
<b>Eficiencia de la turbina</b>	0.225

Tabla A-5.1

#### Marea Viva

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
0:00:00	4296		3800.825856	
0:15:00	4195	1061	3800.825856	950
0:30:00	3904	1012	3800.825856	950
0:45:00	3453	920	1003.12431	600
1:00:00	2891	793	819.5869509	228
1:15:00	2275	646	644.9107288	183
1:30:00	1664	492	417.8741758	133
1:45:00	1113	347	279.3857376	87
2:00:00	661	222	127.1799024	51
2:15:00	332	124	63.8114789	24
2:30:00	127	57	13.30867645	10
2:45:00	28	19	0	2
3:00:00	1	4	0	0
3:15:00	1	0	0	0
3:30:00	21	3	0	0
3:45:00	92	14	0	0
4:00:00	242	42	25.37867288	3
4:15:00	482	90	92.71414885	15
4:30:00	811	162	156.0838418	31
4:45:00	1213	253	304.6302742	58
5:00:00	1658	359	416.4083994	90
5:15:00	2107	471	529.1940033	118
5:30:00	2517	578	713.6575628	155
5:45:00	2846	670	806.7982363	190
6:00:00	3058	738	867.0414339	209
6:15:00	3132	774	887.8798429	219
6:30:00	3058	774	867.0414339	219
6:45:00	2846	738	806.7982363	209
7:00:00	2517	670	713.6575628	190

Continuación de tabla anterior

Tiempo	Potencia del flujo	Energía del flujo	Potencia Capturada	Energía capturada
	[kW]	[kWh]	[kW]	[kWh]
7:15:00	2107	578	529.1940033	155
7:30:00	1658	471	416.4083994	118
7:45:00	1213	359	304.6302742	90
8:00:00	811	253	156.0838418	58
8:15:00	482	162	92.71414885	31
8:30:00	242	90	25.37867288	15
8:45:00	92	42	0	3
9:00:00	21	14	0	0
9:15:00	1	3	0	0
9:30:00	1	0	0	0
9:45:00	14	2	0	0
10:00:00	65	10	0	0
10:15:00	170	29	17.82425311	2
10:30:00	338	64	65.11611003	10
10:45:00	570	114	109.6226708	22
11:00:00	852	178	163.9614234	34
11:15:00	1165	252	292.4569279	57
11:30:00	1480	331	371.6698624	83
11:45:00	1768	406	443.9403866	102
12:00:00	1999	471	501.8798085	118
12:15:00	2148	518	539.3549084	130
12:30:00	2200	543	552.3177239	136
12:45:00	2148	543	539.3549084	136
13:00:00	1999	518	501.8798085	130
13:15:00	1768	471	443.9403866	118
13:30:00	1480	406	371.6698624	102
13:45:00	1165	331	292.4569279	83
14:00:00	852	252	163.9614234	57
14:15:00	570	178	109.6226708	34
14:30:00	338	114	65.11611003	22
14:45:00	170	64	17.82425311	10
15:00:00	65	29	0	2
15:15:00	14	10	0	0
15:30:00	1	2	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	11	1	0	0
16:15:00	47	7	0	0
16:30:00	124	21	12.99388052	2
16:45:00	247	46	25.89754201	5
17:00:00	415	83	79.91492701	13
17:15:00	621	130	119.5278777	25
17:30:00	849	184	163.3862962	35
17:45:00	1079	241	270.9473297	54
18:00:00	1289	296	323.6325418	74
18:15:00	1457	343	365.8703804	86
18:30:00	1566	378	393.1897282	95
18:45:00	1603	396	402.6396207	99
19:00:00	1566	396	393.1897282	99



Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
19:15:00	1457	378	365.8703804	95
19:30:00	1289	343	323.6325418	86
19:45:00	1079	296	270.9473297	74
20:00:00	849	241	163.3862962	54
20:15:00	621	184	119.5278777	35
20:30:00	415	130	79.91492701	25
20:45:00	247	83	25.89754201	13
21:00:00	124	46	12.99388052	5
21:15:00	47	21	0	2
21:30:00	11	7	0	0
21:45:00	0	1	0	0
22:00:00	1	0	0	0
22:15:00	28	4	0	0
22:30:00	127	19	13.30867645	2
22:45:00	332	57	63.8114789	10
23:00:00	661	124	127.1799024	24
23:15:00	1113	222	279.3857376	51
23:30:00	1664	347	417.8741758	87
23:45:00	2275	492	644.9107288	133
0:00:00	2891	646	819.5869509	183

Tabla A-5.2

Marea Muerta

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
0:00:00	928		178.5660764	
0:15:00	906	229	174.3751569	44
0:30:00	843	219	162.259338	42
0:45:00	746	199	143.5273386	38
1:00:00	624	171	120.1620484	33
1:15:00	491	139	94.55225476	27
1:30:00	359	106	69.1712255	20
1:45:00	240	75	46.24706424	14
2:00:00	143	48	27.47085892	9
2:15:00	72	27	0	3
2:30:00	27	12	0	0
2:45:00	6	4	0	0
3:00:00	0	1	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	4	1	0	0
3:45:00	20	3	0	0
4:00:00	52	9	0	0
4:15:00	104	20	20.02625615	3
4:30:00	175	35	33.71410983	7
4:45:00	262	55	50.42582339	11
5:00:00	358	78	68.92859372	15
5:15:00	455	102	87.59813325	20
5:30:00	544	125	104.6314299	24

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b> [kW]	<b>Energía del flujo</b> [kWh]	<b>Potencia Capturada</b> [kW]	<b>Energía capturada</b> [kWh]
5:45:00	615	145	118.2870574	28
6:00:00	661	159	127.1194894	31
6:15:00	676	167	130.1746697	32
6:30:00	661	167	127.1194894	32
6:45:00	615	159	118.2870574	31
7:00:00	544	145	104.6314299	28
7:15:00	455	125	87.59813325	24
7:30:00	358	102	68.92859372	20
7:45:00	262	78	50.42582339	15
8:00:00	175	55	33.71410983	11
8:15:00	104	35	20.02625615	7
8:30:00	52	20	0	3
8:45:00	20	9	0	0
9:00:00	4	3	0	0
9:15:00	0	1	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	3	0	0	0
10:00:00	14	2	0	0
10:15:00	37	6	0	0
10:30:00	73	14	0	0
10:45:00	123	25	23.67849689	3
11:00:00	184	38	35.41566745	7
11:15:00	252	54	48.41075444	10
11:30:00	320	71	61.52296876	14
11:45:00	382	88	73.48599738	17
12:00:00	432	102	83.07678103	20
12:15:00	464	112	89.28008034	22
12:30:00	475	117	91.42583111	23
12:45:00	464	117	89.28008034	23
13:00:00	432	112	83.07678103	22
13:15:00	382	102	73.48599738	20
13:30:00	320	88	61.52296876	17
13:45:00	252	71	48.41075444	14
14:00:00	184	54	35.41566745	10
14:15:00	123	38	23.67849689	7
14:30:00	73	25	0	3
14:45:00	37	14	0	0
15:00:00	14	6	0	0
15:15:00	3	2	0	0
15:30:00	0	0	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	2	0	0	0
16:15:00	10	2	0	0
16:30:00	27	5	0	0
16:45:00	53	10	0	0
17:00:00	90	18	0	0
17:15:00	134	28	25.81802157	3
17:30:00	183	40	35.29143998	8

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo [kW]</b>	<b>Energía del flujo [kWh]</b>	<b>Potencia Capturada [kW]</b>	<b>Energía capturada [kWh]</b>
17:45:00	233	52	44.85024422	10
18:00:00	278	64	53.57129209	12
18:15:00	315	74	60.56297337	14
18:30:00	338	82	65.08517857	16
18:45:00	346	86	66.64943088	16
19:00:00	338	86	65.08517857	16
19:15:00	315	82	60.56297337	16
19:30:00	278	74	53.57129209	14
19:45:00	233	64	44.85024422	12
20:00:00	183	52	35.29143998	10
20:15:00	134	40	25.81802157	8
20:30:00	90	28	0	3
20:45:00	53	18	0	0
21:00:00	27	10	0	0
21:15:00	10	5	0	0
21:30:00	2	2	0	0
21:45:00	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0
22:15:00	6	1	0	0
22:30:00	27	4	0	0
22:45:00	72	12	0	0
23:00:00	143	27	27.47085892	3
23:15:00	240	48	46.24706424	9
23:30:00	359	75	69.1712255	14
23:45:00	491	106	94.55225476	20
0:00:00	624	139	120.1620484	27

Tabla A-5.3

Considerando las características de la turbina, se produce 1698,01 MWh/año por turbina, con un factor de planta de un 19,35%.

## 1.6 GCK

Las características que dominan la producción de energía de la turbina GHT son las señaladas en la tabla A-6.1. En la tabla A-6.2 y A-6.3 muestra la potencia aprovechada y la energía obtenida por la turbina GHT para una velocidad máxima de 2,5 m/s.

<b>Velocidad de diseño [m/s]</b>	7.72
<b>Velocidad de conexión [m/s]</b>	0.5
<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	2.5
<b>Eficiencia de la turbina</b>	0.32

Tabla A-6.1

## Marea Muerta

Tiempo	Potencia del flujo [kW]	Energía del flujo [kWh]	Potencia Capturada [kW]	Energía capturada [kWh]
0:00:00	4		1.3824	
0:15:00	4	1	1.349955276	0
0:30:00	4	1	1.256158579	0
0:45:00	3	1	1.111141584	0
1:00:00	3	1	0.930255169	0
1:15:00	2	1	0.731992547	0
1:30:00	2	0	0.535500942	0
1:45:00	1	0	0.358029604	0
2:00:00	1	0	0.21267038	0
2:15:00	0	0	0.106705629	0
2:30:00	0	0	0	0
2:45:00	0	0	0	0
3:00:00	0	0	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	0	0	0	0
3:45:00	0	0	0	0
4:00:00	0	0	0.077788404	0
4:15:00	0	0	0.155036707	0
4:30:00	1	0	0.261003581	0
4:45:00	1	0	0.390380187	0
5:00:00	2	0	0.533622566	0
5:15:00	2	0	0.678156019	0
5:30:00	3	1	0.810022215	0
5:45:00	3	1	0.915739604	0
6:00:00	3	1	0.984117396	0
6:15:00	3	1	1.0077696	0
6:30:00	3	1	0.984117396	0
6:45:00	3	1	0.915739604	0
7:00:00	3	1	0.810022215	0
7:15:00	2	1	0.678156019	0
7:30:00	2	0	0.533622566	0
7:45:00	1	0	0.390380187	0
8:00:00	1	0	0.261003581	0
8:15:00	0	0	0.155036707	0
8:30:00	0	0	0.077788404	0
8:45:00	0	0	0	0
9:00:00	0	0	0	0
9:15:00	0	0	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	0	0	0	0
10:00:00	0	0	0	0
10:15:00	0	0	0.054633282	0
10:30:00	0	0	0.108887235	0
10:45:00	1	0	0.183311157	0
11:00:00	1	0	0.274176482	0
11:15:00	1	0	0.374780184	0
11:30:00	1	0	0.476290647	0
11:45:00	2	0	0.568904491	0
12:00:00	2	0	0.643153192	0
12:15:00	2	1	0.691177101	0

Continuación de tabla anterior

<b>Tiempo</b>	<b>Potencia del flujo</b> [kW]	<b>Energía del flujo</b> [kWh]	<b>Potencia Capturada</b> [kW]	<b>Energía capturada</b> [kWh]
12:30:00	10	3	3.281118943	1
12:45:00	10	3	3.204111565	1
13:00:00	9	2	2.981485611	1
13:15:00	8	2	2.637288555	1
13:30:00	7	2	2.207955626	1
13:45:00	5	2	1.73738036	0
14:00:00	4	1	1.271008597	0
14:15:00	3	1	0.849781334	0
14:30:00	2	1	0.504772	0
14:45:00	1	0	0.253265235	0
15:00:00	0	0	0.096820889	0
15:15:00	0	0	0	0
15:30:00	0	0	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	0	0	0	0
16:15:00	0	0	0.070582428	0
16:30:00	1	0	0.184630356	0
16:45:00	1	0	0.367978788	0
17:00:00	2	0	0.619490592	0
17:15:00	3	1	0.926565267	0
17:30:00	4	1	1.266550283	0
17:45:00	5	1	1.609599652	0
18:00:00	6	1	1.922583357	0
18:15:00	7	2	2.173503011	1
18:30:00	7	2	2.335797331	1
18:45:00	7	2	2.391935709	1
19:00:00	7	2	2.335797331	1
19:15:00	7	2	2.173503011	1
19:30:00	6	2	1.922583357	1
19:45:00	5	1	1.609599652	0
20:00:00	4	1	1.266550283	0
20:15:00	3	1	0.926565267	0
20:30:00	2	1	0.619490592	0
20:45:00	1	0	0.367978788	0
21:00:00	1	0	0.184630356	0
21:15:00	0	0	0.070582428	0
21:30:00	0	0	0	0
21:45:00	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0
22:15:00	0	0	0	0
22:30:00	1	0	0.189103299	0
22:45:00	2	0	0.494658662	0
23:00:00	3	1	0.985882813	0
23:15:00	5	1	1.659729167	0
23:30:00	8	2	2.482438666	1
23:45:00	11	2	3.393321017	1
0:00:00	13	3	4.312413333	1

Tabla A-6.2

## Marea Muerta

Tiempo	Potencia del flujo [kW]	Energía del flujo [kWh]	Potencia Capturada [kW]	Energía capturada [kWh]
0:00:00	4		1.384222054	
0:15:00	4	1	1.351734566	0
0:30:00	4	1	1.257814242	0
0:45:00	3	1	1.112606109	0
1:00:00	3	1	0.93148128	0
1:15:00	2	1	0.73295734	0
1:30:00	2	0	0.536206752	0
1:45:00	1	0	0.3585015	0
2:00:00	1	0	0.212950688	0
2:15:00	0	0	0.106846271	0
2:30:00	0	0	0	0
2:45:00	0	0	0	0
3:00:00	0	0	0	0
3:15:00	0	0	0	0
3:30:00	0	0	0	0
3:45:00	0	0	0	0
4:00:00	0	0	0.077890932	0
4:15:00	0	0	0.155241051	0
4:30:00	1	0	0.261347594	0
4:45:00	1	0	0.390894722	0
5:00:00	2	0	0.534325901	0
5:15:00	2	0	0.679049853	0
5:30:00	3	1	0.811089854	0
5:45:00	3	1	0.916946583	0
6:00:00	3	1	0.985414499	0
6:15:00	3	1	1.009097877	0
6:30:00	3	1	0.985414499	0
6:45:00	3	1	0.916946583	0
7:00:00	3	1	0.811089854	0
7:15:00	2	1	0.679049853	0
7:30:00	2	0	0.534325901	0
7:45:00	1	0	0.390894722	0
8:00:00	1	0	0.261347594	0
8:15:00	0	0	0.155241051	0
8:30:00	0	0	0.077890932	0
8:45:00	0	0	0	0
9:00:00	0	0	0	0
9:15:00	0	0	0	0
9:30:00	0	0	0	0
9:45:00	0	0	0	0
10:00:00	0	0	0	0
10:15:00	0	0	0.054705291	0
10:30:00	0	0	0.109030752	0
10:45:00	1	0	0.183552768	0
11:00:00	1	0	0.274537857	0
11:15:00	1	0	0.375274158	0
11:30:00	1	0	0.476918415	0
11:45:00	2	0	0.569654328	0
12:00:00	2	0	0.644000892	0
12:15:00	2	1	0.692088098	0

Continuación de tabla anterior

Tiempo	Potencia del flujo	Energía del flujo	Potencia Capturada	Energía capturada
	[kW]	[kWh]	[kW]	[kWh]
12:30:00	2	1	0.708721692	0
12:45:00	2	1	0.692088098	0
13:00:00	2	1	0.644000892	0
13:15:00	2	0	0.569654328	0
13:30:00	1	0	0.476918415	0
13:45:00	1	0	0.375274158	0
14:00:00	1	0	0.274537857	0
14:15:00	1	0	0.183552768	0
14:30:00	0	0	0.109030752	0
14:45:00	0	0	0.054705291	0
15:00:00	0	0	0	0
15:15:00	0	0	0	0
15:30:00	0	0	0	0
15:45:00	0	0	0	0
16:00:00	0	0	0	0
16:15:00	0	0	0	0
16:30:00	0	0	0	0
16:45:00	0	0	0.079483418	0
17:00:00	0	0	0.133809968	0
17:15:00	1	0	0.200138098	0
17:30:00	1	0	0.273574861	0
17:45:00	1	0	0.347673525	0
18:00:00	1	0	0.415278005	0
18:15:00	1	0	0.46947665	0
18:30:00	2	0	0.504532223	0
18:45:00	2	0	0.516658113	0
19:00:00	2	0	0.504532223	0
19:15:00	1	0	0.46947665	0
19:30:00	1	0	0.415278005	0
19:45:00	1	0	0.347673525	0
20:00:00	1	0	0.273574861	0
20:15:00	1	0	0.200138098	0
20:30:00	0	0	0.133809968	0
20:45:00	0	0	0.079483418	0
21:00:00	0	0	0	0
21:15:00	0	0	0	0
21:30:00	0	0	0	0
21:45:00	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0
22:15:00	0	0	0	0
22:30:00	0	0	0	0
22:45:00	0	0	0.106846271	0
23:00:00	1	0	0.212950688	0
23:15:00	1	0	0.3585015	0
23:30:00	2	0	0.536206752	0
23:45:00	2	0	0.73295734	0
0:00:00	3	1	0.93148128	0

Tabla A-6.3

Considerando las características de la turbina, se produce 8,57 MWh/año por turbina, con un factor de planta de un 0.54%.

### 1.7 Resumen Comparativo

La tabla A-8 muestra un resumen comparativo entre las turbinas estudiadas para el caso de tener una velocidad máxima de 2,5 m/s.

<b>Turbina</b>	<b>Área m<sup>2</sup></b>	<b>Eficiencia %</b>	<b>Vel. Diseño m/s</b>	<b>Vel. Conexión m/s</b>	<b>Producción Anual MWh/año</b>	<b>Factor de Planta %</b>
<b>MCT</b>	509	45	2.5	0.7	2431.4	13.88
<b>Verdant Power</b>	19.6	35	2.2	0.7	84.33	26.82
<b>Open Hydro</b>	313.8	54	2.57	0.7	1798.76	13.51
<b>Lunar Energy</b>	490.874	54	3.06	1	1633.3	7.32
<b>TidEl</b>	537	22.5	2.3	0.7	1698.01	19.35
<b>GCK</b>	2.5	32	7.72	0.5	8.57	0.54

Tabla A-8



## 1.8 Distribución de Velocidades Canal Chacao

### Marea Viva

Tiempo	Cos(t*PI()/T)	Max Vel	Velocidad		Densidad de Potencia del	Energía del
			m/s	m/s	flujo	flujo
					[kW/m2]	[kWh/m2]
0:00:00	0	1.00	4.12	4.12	28	
0:15:00	0.25	0.99	4.12	4.09	27	7
0:30:00	0.5	0.97	4.12	3.99	25	6
0:45:00	0.75	0.93	4.12	3.83	22	6
1:00:00	1	0.88	4.12	3.61	19	5
1:15:00	1.25	0.81	4.12	3.33	15	4
1:30:00	1.5	0.73	4.12	3.00	11	3
1:45:00	1.75	0.64	4.12	2.63	7	2
2:00:00	2	0.54	4.12	2.21	4	1
2:15:00	2.25	0.43	4.12	1.75	2	1
2:30:00	2.5	0.31	4.12	1.27	1	0
2:45:00	2.75	0.19	4.12	0.77	0	0
3:00:00	3	0.06	4.12	0.26	0	0
3:15:00	3.25	0.06	-3.708	-0.23	0	0
3:30:00	3.5	0.19	-3.708	-0.69	0	0
3:45:00	3.75	0.31	-3.708	-1.15	1	0
4:00:00	4	0.43	-3.708	-1.58	2	0
4:15:00	4.25	0.54	-3.708	-1.99	3	1
4:30:00	4.5	0.64	-3.708	-2.36	5	1
4:45:00	4.75	0.73	-3.708	-2.70	8	2
5:00:00	5	0.81	-3.708	-3.00	11	2
5:15:00	5.25	0.88	-3.708	-3.25	14	3
5:30:00	5.5	0.93	-3.708	-3.45	16	4
5:45:00	5.75	0.97	-3.708	-3.59	18	4
6:00:00	6	0.99	-3.708	-3.68	20	5
6:15:00	6.25	1.00	-3.708	-3.71	20	5
6:30:00	6.5	0.99	-3.708	-3.68	20	5
6:45:00	6.75	0.97	-3.708	-3.59	18	5
7:00:00	7	0.93	-3.708	-3.45	16	4
7:15:00	7.25	0.88	-3.708	-3.25	14	4
7:30:00	7.5	0.81	-3.708	-3.00	11	3
7:45:00	7.75	0.73	-3.708	-2.70	8	2
8:00:00	8	0.64	-3.708	-2.36	5	2
8:15:00	8.25	0.54	-3.708	-1.99	3	1
8:30:00	8.5	0.43	-3.708	-1.58	2	1
8:45:00	8.75	0.31	-3.708	-1.15	1	0
9:00:00	9	0.19	-3.708	-0.69	0	0
9:15:00	9.25	0.06	-3.708	-0.23	0	0
9:30:00	9.5	0.06	3.296	0.21	0	0
9:45:00	9.75	0.19	3.296	0.62	0	0
10:00:00	10	0.31	3.296	1.02	0	0

Continuación de tabla anterior

Tiempo		Cos(t*PI()/T)	Max Vel m/s	Velocidad m/s	Densidad de Potencia del	Energía del flujo
					flujo [kW/m2]	[kWh/m2]
10:15:00	10.25	0.43	3.296	1.40	1	0
10:30:00	10.5	0.54	3.296	1.77	2	0
10:45:00	10.75	0.64	3.296	2.10	4	1
11:00:00	11	0.73	3.296	2.40	5	1
11:15:00	11.25	0.81	3.296	2.67	7	2
11:30:00	11.5	0.88	3.296	2.89	9	2
11:45:00	11.75	0.93	3.296	3.06	11	3
12:00:00	12	0.97	3.296	3.19	13	3
12:15:00	12.25	0.99	3.296	3.27	14	3
12:30:00	12.5	1.00	3.296	3.30	14	3
12:45:00	12.75	0.99	3.296	3.27	14	3
13:00:00	13	0.97	3.296	3.19	13	3
13:15:00	13.25	0.93	3.296	3.06	11	3
13:30:00	13.5	0.88	3.296	2.89	9	3
13:45:00	13.75	0.81	3.296	2.67	7	2
14:00:00	14	0.73	3.296	2.40	5	2
14:15:00	14.25	0.64	3.296	2.10	4	1
14:30:00	14.5	0.54	3.296	1.77	2	1
14:45:00	14.75	0.43	3.296	1.40	1	0
15:00:00	15	0.31	3.296	1.02	0	0
15:15:00	15.25	0.19	3.296	0.62	0	0
15:30:00	15.5	0.06	3.296	0.21	0	0
15:45:00	15.75	0.06	-2.9664	-0.19	0	0
16:00:00	16	0.19	-2.9664	-0.56	0	0
16:15:00	16.25	0.31	-2.9664	-0.92	0	0
16:30:00	16.5	0.43	-2.9664	-1.26	1	0
16:45:00	16.75	0.54	-2.9664	-1.59	2	0
17:00:00	17	0.64	-2.9664	-1.89	3	1
17:15:00	17.25	0.73	-2.9664	-2.16	4	1
17:30:00	17.5	0.81	-2.9664	-2.40	5	1
17:45:00	17.75	0.88	-2.9664	-2.60	7	2
18:00:00	18	0.93	-2.9664	-2.76	8	2
18:15:00	18.25	0.97	-2.9664	-2.87	9	2
18:30:00	18.5	0.99	-2.9664	-2.94	10	2
18:45:00	18.75	1.00	-2.9664	-2.97	10	3
19:00:00	19	0.99	-2.9664	-2.94	10	3
19:15:00	19.25	0.97	-2.9664	-2.87	9	2
19:30:00	19.5	0.93	-2.9664	-2.76	8	2
19:45:00	19.75	0.88	-2.9664	-2.60	7	2
20:00:00	20	0.81	-2.9664	-2.40	5	2
20:15:00	20.25	0.73	-2.9664	-2.16	4	1
20:30:00	20.5	0.64	-2.9664	-1.89	3	1
20:45:00	20.75	0.54	-2.9664	-1.59	2	1
21:00:00	21	0.43	-2.9664	-1.26	1	0
21:15:00	21.25	0.31	-2.9664	-0.92	0	0
21:30:00	21.5	0.19	-2.9664	-0.56	0	0
21:45:00	21.75	0.06	-2.9664	-0.19	0	0
22:00:00	22	0.06	3.99792593	0.25	0	0

Continuación de tabla anterior

Tiempo		Cos(t*PI()/T)	Max Vel m/s	Velocidad m/s	Densidad de Potencia del	Energía del flujo
					flujo [kW/m2]	[kWh/m2]
22:15:00	22.25	0.19	3.99792593	0.75	0	0
22:30:00	22.5	0.31	3.99792593	1.24	1	0
22:45:00	22.75	0.43	3.99792593	1.70	2	0
23:00:00	23	0.54	3.99792593	2.14	4	1
23:15:00	23.25	0.64	3.99792593	2.55	7	1
23:30:00	23.5	0.73	3.99792593	2.91	10	2
23:45:00	23.75	0.81	3.99792593	3.23	13	3
0:00:00	24	0.88	3.99792593	3.50	17	4

Tabla A-8

## **ANEXO 2**

### **CORRENTÓMETROS**

La siguiente caracterización de los correntómetros fue entregado por el SHOA de acuerdo con lo utilizado por esa entidad para medir las corrientes que se utilizaron en este trabajo.

## **Correntómetros**

Las corrientes oceánicas se pueden medir de dos maneras. Un instrumento puede registrar la rapidez y la dirección de la corriente, o puede registrar los componentes este-oeste y norte-sur de la corriente. Ambos métodos requieren la información direccional. Todos los correntómetros, por lo tanto, incorporan un compás magnético para determinar la orientación del instrumento con respecto al norte magnético. Basados en el método usado para medir la intensidad de la corriente, se pueden distinguir cuatro clases de correntómetros.

Los correntómetros mecánicos usan un dispositivo tipo hélice, un rotor Savonius o un rotor de rueda de paletas para medir la rapidez de la corriente y una paleta en vertical más grande para determinar la dirección de la corriente. Los sensores de hélice miden la rapidez correctamente sólo que para lograrlo tienen que estar orientados en la dirección de donde viene la corriente. Para lograr esto, tales instrumentos están equipados con una paleta direccional muy grande que da vuelta a todo el instrumento y con ello orienta la hélice en esa dirección.

Las hélices se pueden diseñar para responder en función del coseno del ángulo de incidencia de la corriente. Dos de tales hélices, orientadas a  $90^\circ$  una de otra, pueden medir los vectores de corriente y no requieren, por tanto, de una paleta de orientación.

La ventaja del rotor Savonius es que su velocidad de rotación es independiente de la dirección de incidencia de la corriente. Un correntómetro con rotor de tipo Savonius, por lo tanto, no tiene que estar orientado en la dirección incidente de la corriente, y su paleta puede rotar independientemente y ser bastante pequeña; sólo se requiere de un tamaño justo para medir la dirección de la corriente de manera confiable.

A excepción del correntómetro que utiliza dos hélices colocadas a  $90^\circ$  una de la otra, los correntómetros mecánicos miden la rapidez de la corriente contando las revoluciones de

la hélice o rotor por unidad de tiempo y la dirección de la corriente determinando la orientación de la paleta a intervalos fijos. Es decir, estos correntómetros combinan un tiempo integral o rapidez media sobre un intervalo del tiempo del sistema (el número de revoluciones entre las grabaciones) con una lectura instantánea de la dirección de la corriente (la orientación de la paleta a la hora de la grabación). Esto da solamente una grabación confiable de la corriente del océano si la corriente cambia lentamente en el tiempo. Tales correntómetros mecánicos no son, por lo tanto, convenientes para la medición de corrientes en la capa superficial oceánica donde está la mayoría del movimiento oceánico debido al oleaje.

El rotor de Savonius es particularmente problemático en este aspecto. Si el correntómetro está en una situación donde el único movimiento del agua es debido al oleaje de la superficie, la corriente se alterna hacia adelante y atrás, pero la corriente media es cero. Un rotor de tipo Savonius medirá entonces la corriente del oleaje independientemente de su dirección, y el número de revoluciones efectuadas dará la impresión de una fuerte corriente en promedio. El rotor de la rueda de paletas está diseñado para rectificar esto; la rueda de la paleta rota hacia adelante y hacia atrás con la corriente del oleaje, de modo que su cuenta represente la verdadera corriente promedio durante el intervalo de medición (Figura A.-0.4).

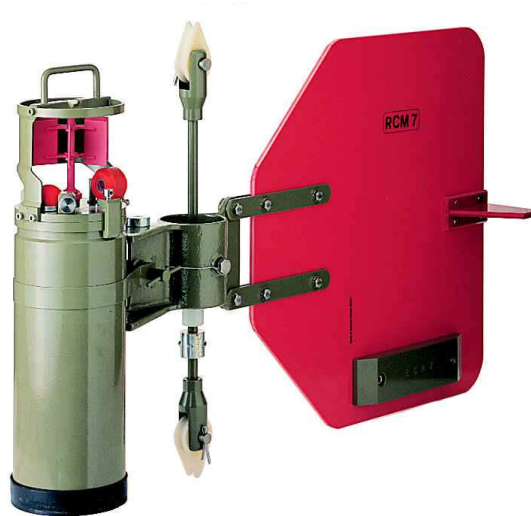


Figura A-0.4

Los correntómetros mecánicos son robustos, confiables y comparativamente de bajo costo. Es por esto que se utilizan extensamente donde las condiciones son apropiadas, por ejemplo en las profundidades fuera del alcance de las olas superficiales.

Los correntómetros electromagnéticos utilizan el principio de que un conductor eléctrico que se mueve a través de un campo magnético induce una corriente eléctrica. El agua de mar es un conductor muy bueno, y cuando se mueve entre dos electrodos, la corriente eléctrica inducida es proporcional a la rapidez de la corriente oceánica entre los electrodos. Un correntómetro electromagnético tiene una bobina para producir un campo magnético y dos sistemas de electrodos, colocados en ángulo recto el uno del otro. Combinando la rapidez medida por los dos sistemas, el instrumento determina la rapidez y dirección de la corriente oceánica.

Los correntómetros acústicos se basan en el principio de que el sonido es una onda de compresión que viaja con el medio. Suponga un arreglo de dos receptores con un transmisor sónico en el centro. Si se diseña de tal manera que un receptor *A* esté localizado aguas arriba del transmisor, y un receptor *B* aguas abajo, entonces en una señal acústica que se genera en el transmisor, la corriente oceánica causará que la señal llegue primero al receptor *B* antes que al receptor *A*.

Un correntómetro acústico típico transmite a través de distancias aproximadas de 100 m en trayectorias ortogonales, con un receptor/transmisor en cada extremo. Un pulso sónico de alta frecuencia se transmite simultáneamente desde cada transductor y la diferencia en el tiempo de llegada del sonido que viaja en direcciones opuestas determina la velocidad del agua a lo largo de la trayectoria.

Los correntómetros electromagnéticos y acústicos no tienen ninguna pieza móvil y pueden, por lo tanto, tomar medidas a una razón de muestreo muy alta (hasta diez lecturas por segundo). Esto los hace útiles no solamente para la medición de las corrientes oceánicas, sino también para las mediciones de corrientes y turbulencia inducidas por el oleaje.

Los Perfiladores Acústicos de Corrientes Doppler (Por sus siglas en inglés ADCPs; Acoustic Doppler Current Profilers) operan bajo el mismo principio que los correntómetros acústicos, pero tienen el transmisor y el receptor en una unidad. Para la medición usan las reflexiones de las ondas acústicas desde las partículas presentes en el agua. El agua de mar

contiene una multiplicidad de pequeñas partículas suspendidas y otra materia sólida que no podrían ser visibles al ojo humano pero que sin embargo, siempre reflejan el sonido. Si el sonido se transmite en cuatro rayos inclinados en ángulo recto el uno del otro, el corrimiento Doppler en la frecuencia del sonido reflejado respecto al transmitido permite conocer la velocidad de la partícula en la dirección del rayo emitido (velocidad radial). Se requieren por lo menos 3 rayos inclinados en la vertical para determinar las 3 componentes de la velocidad del flujo. Los diferentes tiempos de llegada indican que el sonido es reflejado desde diferentes distancias respecto a los transductores, así que un ADCP proporciona la información no sólo sobre la rapidez de la corriente y su dirección en un punto del océano, sino en todo un rango de profundidad; es decir un ADCP produce un perfil de corriente contra profundidad.

Los diferentes diseños de ADCPs sirven diferentes propósitos (Figura A-0.5). Los ADCPs para aguas profundas tienen una resolución vertical típica de 8 metros, esto es, una medición de corriente cada 8 metros de incremento de profundidad, y un rango típico de hasta 400 m. Los ADCPs diseñados para las mediciones en aguas someras tienen una resolución típica de 0,5 m y un rango hasta de 30 m. Los ADCPs se pueden poner en anclajes, instalar en los barcos para mediciones mientras transitan, o bajar con un CTD y roseta para dar un perfil de corriente sobre un rango amplio de profundidad.



Figura A-0.5



## **ANEXO 3**

### **CÁLCULO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DE LAS MAREAS EN LUGARES INTERESANTES DE DESARROLLO EN CHILE**

## Cálculo de la Energía Potencial de las Mareas

Para el cálculo de la energía potencial anual existente en una bahía se deben seguir los siguientes pasos:

Recaudar la información del nivel del mar de todas las pleamar y bajamar del año, además del momento de ocurrencia de estas.

Con esta información se obtiene la amplitud de marea entre cada cresta y cada valle de la onda, tanto de cresta a valle como de valle a cresta.

Luego se obtiene el área embalsada.

Con esta información se calcula la energía existente tanto para el llenado del fiordo como para su vaciado. La energía potencial se define como:

$$E_p = mgh \quad (\text{A-3.1})$$

Para el caso de las mareas en un fiordo la masa corresponde a la densidad del agua de mar multiplicado por el área embalsada por la diferencia del nivel del mar, es decir:

$$m = \rho Aa \quad (\text{A-3.2})$$

Donde  $\rho$  es la densidad en  $\text{kg/m}^3$ ,  $A$  es el área embalsada en  $\text{m}^2$  y  $a$  es la diferencia de nivel absoluto entre una cresta y un valle de una onda de marea para el llenado, y para el vaciado es la diferencia de nivel absoluta entre un valle y una cresta.

Para este caso la altura  $h$  corresponde a la altura del centro de masa del cuerpo de agua que se va a mover, el cual corresponde a:

$$h = \frac{a}{2} \quad (\text{A-3.3})$$

Con esto se tiene que la energía potencial en Wh existente para cada vaciado y cada llenado de la bahía corresponde a:

$$E_p = \rho g A \frac{a^2}{2 * 3600} \quad (\text{A-3.4})$$

Finalmente, para obtener la energía potencial anual, se suman todas las energías de cada llenado y cada vaciado de fiordo ocurrido en el año.

Para el cálculo de la potencia máxima de una bahía se debe calcular la energía potencial para el episodio de máxima amplitud y dividirlo por el tiempo en que tarda la ocurrencia de dicho proceso.

A continuación se muestran las tablas con el cálculo de energía de cada uno de los lugares mostrados en la tabla 3.33 (ver página 76). Para este cálculo de energía sólo se sumo la energía acumulada en un mes y se supuso que todos los meses tienen la misma cantidad de energía por lo que simplemente se multiplicó por 12 para obtener la energía potencial anual disponible.

### 3.1 Caleta Arena

Ubicación	Lat S	41°41'
	Lon W	72°39'
Área	173091976	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.1.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]	Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	1:49:00	6.03	P		
	7:48:00	1.36	B	4.67	5261.44
	13:58:00	6.78	P	-5.42	7087.11
	20:25:00	1.04	B	5.74	7948.67
16-07-2007	2:26:00	6.03	P	-4.99	6007.19
	8:25:00	1.41	B	4.62	5149.37
	14:34:00	6.65	P	-5.24	6624.19
	20:59:00	1.17	B	5.48	7244.89
17-07-2007	3:00:00	5.91	P	-4.74	5420.35
	9:00:00	1.56	B	4.35	4565.09
	15:06:00	6.42	P	-4.86	5698.27
	21:30:00	1.38	B	5.04	6128.18
18-07-2007	3:32:00	5.73	P	-4.35	4565.09
	9:33:00	1.79	B	3.94	3745.10
	15:37:00	6.1	P	-4.31	4481.52
	22:01:00	1.64	B	4.46	4798.88

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
19-07-2007	4:05:00	5.5	P	-3.86	3.86	3594.55
	10:07:00	2.07	B	3.43	3.43	2838.30
	16:10:00	5.73	P	-3.66	3.66	3231.71
	22:32:00	1.92	B	3.81	3.81	3502.03
20-07-2007	4:41:00	5.27	P	-3.35	3.35	2707.45
	10:44:00	2.36	B	2.91	2.91	2042.94
	16:46:00	5.33	P	-2.97	2.97	2128.06
	23:07:00	2.23	B	3.1	3.1	2318.43
21-07-2007	5:24:00	5.04	P	-2.81	2.81	1904.95
	11:31:00	2.66	B	2.38	2.38	1366.55
	17:32:00	4.92	P	-2.26	2.26	1232.22
	23:51:00	2.53	B	2.39	2.39	1378.05
22-07-2007	6:21:00	4.87	P	-2.34	2.34	1321.00
	12:34:00	2.89	B	1.98	1.98	945.80
	18:37:00	4.58	P	-1.69	1.69	689.04
23-07-2007	0:50:00	2.78	B	1.8	1.8	781.66
	7:34:00	4.81	P	-2.03	2.03	994.17
	14:02:00	2.97	B	1.84	1.84	816.78
	20:04:00	4.4	P	-1.43	1.43	493.34
24-07-2007	2:05:00	2.9	B	1.5	1.5	542.82
	8:48:00	4.92	P	-2.02	2.02	984.40
	15:31:00	2.82	B	2.1	2.1	1063.92
	21:28:00	4.45	P	-1.63	1.63	640.98
25-07-2007	3:21:00	2.84	B	1.61	1.61	625.35
	9:51:00	5.17	P	-2.33	2.33	1309.73
	16:35:00	2.53	B	2.64	2.64	1681.43
	22:32:00	4.66	P	-2.13	2.13	1094.54
26-07-2007	4:21:00	2.64	B	2.02	2.02	984.40
	10:42:00	5.49	P	-2.85	2.85	1959.57
	17:21:00	2.18	B	3.31	3.31	2643.18
	23:20:00	4.93	P	-2.75	2.75	1824.47
27-07-2007	5:09:00	2.37	B	2.56	2.56	1581.07
	11:26:00	5.84	P	-3.47	3.47	2904.89
	18:01:00	1.82	B	4.02	4.02	3898.72
28-07-2007	0:02:00	5.23	P	-3.41	3.41	2805.30
	5:52:00	2.06	B	3.17	3.17	2424.31
	12:07:00	6.19	P	-4.13	4.13	4115.01
	18:39:00	1.47	B	4.72	4.72	5374.70
29-07-2007	0:41:00	5.53	P	-4.06	4.06	3976.70
	6:33:00	1.74	B	3.79	3.79	3465.36
	12:46:00	6.49	P	-4.75	4.75	5443.24
	19:16:00	1.15	B	5.34	5.34	6879.44
30-07-2007	1:19:00	5.81	P	-4.66	4.66	5238.93
	7:14:00	1.45	B	4.36	4.36	4586.10
	13:25:00	6.73	P	-5.28	5.28	6725.71
	19:53:00	0.91	B	5.82	5.82	8171.78
31-07-2007	1:56:00	6.03	P	-5.12	5.12	6324.27
	7:55:00	1.22	B	4.81	4.81	5581.62
	14:05:00	6.85	P	-5.63	5.63	7646.93
	20:30:00	0.77	B	6.08	6.08	8918.21

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del		Amplitud		Energía [MWh]
		Mar [m]		Amplitud [m]	Absoluta [m]	
01-08-2007	2:34:00	6.18	P	-5.41	5.41	7060.98
	8:35:00	1.08	B	5.1	5.1	6274.96
	14:43:00	6.83	P	-5.75	5.75	7976.39
	21:07:00	0.76	B	6.07	6.07	8888.90
02-08-2007	3:11:00	6.25	P	-5.49	5.49	7271.35
	9:16:00	1.07	B	5.18	5.18	6473.36
	15:23:00	6.65	P	-5.58	5.58	7511.71
	21:45:00	0.88	B	5.77	5.77	8031.97
03-08-2007	3:50:00	6.21	P	-5.33	5.33	6853.70
	9:59:00	1.2	B	5.01	5.01	6055.44
	16:04:00	6.32	P	-5.12	5.12	6324.27
	22:23:00	1.13	B	5.19	5.19	6498.38
04-08-2007	4:32:00	6.07	P	-4.94	4.94	5887.41
	10:44:00	1.47	B	4.6	4.6	5104.89
	16:48:00	5.87	P	-4.4	4.4	4670.63
	23:05:00	1.51	B	4.36	4.36	4586.10
05-08-2007	5:20:00	5.84	P	-4.33	4.33	4523.20
	11:37:00	1.85	B	3.99	3.99	3840.75
	17:42:00	5.34	P	-3.49	3.49	2938.47
	23:56:00	1.97	B	3.37	3.37	2739.87
06-08-2007	6:21:00	5.56	P	-3.59	3.59	3109.28
	12:48:00	2.25	B	3.31	3.31	2643.18
	18:57:00	4.84	P	-2.59	2.59	1618.34
07-08-2007	1:07:00	2.42	B	2.42	2.42	1412.87
	7:44:00	5.36	P	-2.94	2.94	2085.28
	14:30:00	2.44	B	2.92	2.92	2057.01
	20:44:00	4.63	P	-2.19	2.19	1157.07
08-08-2007	2:50:00	2.62	B	2.01	2.01	974.68
	9:22:00	5.45	P	-2.83	2.83	1932.16
	16:16:00	2.19	B	3.26	3.26	2563.93
	22:28:00	4.89	P	-2.7	2.7	1758.73
09-08-2007	4:26:00	2.39	B	2.5	2.5	1507.82
	10:45:00	5.83	P	-3.44	3.44	2854.88
	17:26:00	1.72	B	4.11	4.11	4075.25
	23:35:00	5.37	P	-3.65	3.65	3214.08
10-08-2007	5:30:00	1.95	B	3.42	3.42	2821.78
	11:44:00	6.29	P	-4.34	4.34	4544.12
	18:16:00	1.28	B	5.01	5.01	6055.44
11-08-2007	0:22:00	5.81	P	-4.53	4.53	4950.70
	6:18:00	1.55	B	4.26	4.26	4378.14
	12:29:00	6.66	P	-5.11	5.11	6299.59
	18:56:00	0.98	B	5.68	5.68	7783.36
12-08-2007	1:00:00	6.12	P	-5.14	5.14	6373.77
	6:58:00	1.27	B	4.85	4.85	5674.84
	13:07:00	6.86	P	-5.59	5.59	7538.66
	19:31:00	0.84	B	6.02	6.02	8743.06

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
13-08-2007	1:34:00	6.27	P	-5.43	5.43	7113.28
	7:34:00	1.16	B	5.11	5.11	6299.59
	13:40:00	6.88	P	-5.72	5.72	7893.37
	20:02:00	0.86	B	6.02	6.02	8743.06
14-08-2007	2:04:00	6.27	P	-5.41	5.41	7060.98
	8:05:00	1.2	B	5.07	5.07	6201.35
	14:10:00	6.74	P	-5.54	5.54	7404.40
	20:30:00	1	B	5.74	5.74	7948.67
15-08-2007	2:32:00	6.17	P	-5.17	5.17	6448.39
	8:35:00	1.35	B	4.82	4.82	5604.86
	14:37:00	6.48	P	-5.13	5.13	6349.00
	20:56:00	1.23	B	5.25	5.25	6649.50
16-08-2007	2:59:00	5.99	P	-4.76	4.76	5466.19
	9:03:00	1.58	B	4.41	4.41	4691.89
	15:04:00	6.15	P	-4.57	4.57	5038.52
	21:21:00	1.52	B	4.63	4.63	5171.69

Tabla A-3.1.2

max dif	6.08	m
min dif	1.43	m
Energía	6625859.171	MWh/año
Potencia	1,438.16	MW
Factor de Planta	52.59%	

Tabla A-3.1.3

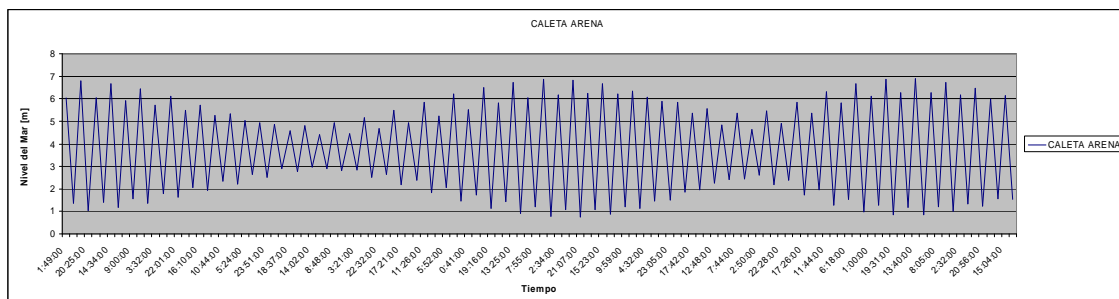


Figura A-3.1.1

### 3.2 Chumildén

Ubicación	Lat S	42°30'
	Lon W	72°48'
Área	34947336.8	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.2.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:01:00	5.15	P			
	8:00:00	0.94	B	4.21	4.21	863.32
	14:10:00	5.9	P	-4.96	4.96	1198.31
	20:37:00	0.62	B	5.28	5.28	1357.92
16-07-2007	2:38:00	5.15	P	-4.53	4.53	999.55
	8:37:00	0.99	B	4.16	4.16	842.94
	14:46:00	5.77	P	-4.78	4.78	1112.92
	21:11:00	0.75	B	5.02	5.02	1227.48
17-07-2007	3:12:00	5.03	P	-4.28	4.28	892.27
	9:12:00	1.14	B	3.89	3.89	737.07
	15:18:00	5.54	P	-4.4	4.4	943.00
	21:42:00	0.96	B	4.58	4.58	1021.74
18-07-2007	3:44:00	4.85	P	-3.89	3.89	737.07
	9:45:00	1.37	B	3.48	3.48	589.88
	15:49:00	5.22	P	-3.85	3.85	721.99
	22:13:00	1.22	B	4	4	779.34
19-07-2007	4:17:00	4.62	P	-3.4	3.4	563.07
	10:19:00	1.65	B	2.97	2.97	429.66
	16:22:00	4.85	P	-3.2	3.2	498.78
	22:44:00	1.5	B	3.35	3.35	546.63
20-07-2007	4:53:00	4.39	P	-2.89	2.89	406.82
	10:56:00	1.94	B	2.45	2.45	292.37
	16:58:00	4.45	P	-2.51	2.51	306.87
	23:19:00	1.81	B	2.64	2.64	339.48
21-07-2007	5:36:00	4.16	P	-2.35	2.35	268.99
	11:43:00	2.24	B	1.92	1.92	179.56
	17:44:00	4.04	P	-1.8	1.8	157.82
22-07-2007	0:03:00	2.11	B	1.93	1.93	181.44
	6:33:00	3.99	P	-1.88	1.88	172.16
	12:46:00	2.47	B	1.52	1.52	112.54
	18:49:00	3.7	P	-1.23	1.23	73.69
23-07-2007	1:02:00	2.36	B	1.34	1.34	87.46
	7:46:00	3.93	P	-1.57	1.57	120.06
	14:14:00	2.55	B	1.38	1.38	92.76
	20:16:00	3.52	P	-0.97	0.97	45.83
24-07-2007	2:17:00	2.48	B	1.04	1.04	52.68
	9:00:00	4.04	P	-1.56	1.56	118.54
	15:43:00	2.4	B	1.64	1.64	131.01
	21:40:00	3.57	P	-1.17	1.17	66.68
25-07-2007	3:33:00	2.42	B	1.15	1.15	64.42
	10:03:00	4.29	P	-1.87	1.87	170.33
	16:47:00	2.11	B	2.18	2.18	231.48
	22:44:00	3.78	P	-1.67	1.67	135.84
26-07-2007	4:33:00	2.22	B	1.56	1.56	118.54
	10:54:00	4.61	P	-2.39	2.39	278.23
	17:33:00	1.76	B	2.85	2.85	395.64
	23:32:00	4.05	P	-2.29	2.29	255.43
27-07-2007	5:21:00	1.95	B	2.1	2.1	214.81
	11:38:00	4.96	P	-3.01	3.01	441.31
	18:13:00	1.4	B	3.56	3.56	617.32

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
28-07-2007	0:14:00	4.35	P	-2.95	2.95	423.89
	6:04:00	1.64	B	2.71	2.71	357.72
	12:19:00	5.31	P	-3.67	3.67	656.05
	18:51:00	1.05	B	4.26	4.26	883.95
29-07-2007	0:53:00	4.65	P	-3.6	3.6	631.27
	6:45:00	1.32	B	3.33	3.33	540.13
	12:58:00	5.61	P	-4.29	4.29	896.44
	19:28:00	0.73	B	4.88	4.88	1159.97
30-07-2007	1:31:00	4.93	P	-4.2	4.2	859.22
	7:26:00	1.03	B	3.9	3.9	740.86
	13:37:00	5.85	P	-4.82	4.82	1131.62
	20:05:00	0.49	B	5.36	5.36	1399.38
31-07-2007	2:08:00	5.15	P	-4.66	4.66	1057.74
	8:07:00	0.8	B	4.35	4.35	921.69
	14:17:00	5.97	P	-5.17	5.17	1301.93
	20:42:00	0.35	B	5.62	5.62	1538.44
01-08-2007	2:46:00	5.3	P	-4.95	4.95	1193.49
	8:47:00	0.66	B	4.64	4.64	1048.68
	14:55:00	5.95	P	-5.29	5.29	1363.07
	21:19:00	0.34	B	5.61	5.61	1532.97
02-08-2007	3:23:00	5.37	P	-5.03	5.03	1232.38
	9:28:00	0.65	B	4.72	4.72	1085.15
	15:35:00	5.77	P	-5.12	5.12	1276.87
	21:57:00	0.46	B	5.31	5.31	1373.40
03-08-2007	4:02:00	5.33	P	-4.87	4.87	1155.22
	10:11:00	0.78	B	4.55	4.55	1008.39
	16:16:00	5.44	P	-4.66	4.66	1057.74
	22:35:00	0.71	B	4.73	4.73	1089.76
04-08-2007	4:44:00	5.19	P	-4.48	4.48	977.61
	10:56:00	1.05	B	4.14	4.14	834.85
	17:00:00	4.99	P	-3.94	3.94	756.14
	23:17:00	1.09	B	3.9	3.9	740.86
05-08-2007	5:32:00	4.96	P	-3.87	3.87	729.51
	11:49:00	1.43	B	3.53	3.53	606.96
	17:54:00	4.46	P	-3.03	3.03	447.19
06-08-2007	0:08:00	1.55	B	2.91	2.91	412.47
	6:33:00	4.68	P	-3.13	3.13	477.20
	13:00:00	1.83	B	2.85	2.85	395.64
	19:09:00	3.96	P	-2.13	2.13	220.99
07-08-2007	1:19:00	2	B	1.96	1.96	187.12
	7:56:00	4.48	P	-2.48	2.48	299.58
	14:42:00	2.02	B	2.46	2.46	294.77
	20:56:00	3.75	P	-1.73	1.73	145.78
08-08-2007	3:02:00	2.2	B	1.55	1.55	117.02
	9:34:00	4.57	P	-2.37	2.37	273.59
	16:28:00	1.77	B	2.8	2.8	381.88
	22:40:00	4.01	P	-2.24	2.24	244.40



Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
09-08-2007	4:38:00	1.97	B	2.04	2.04	202.71
	10:57:00	4.95	P	-2.98	2.98	432.55
	17:38:00	1.3	B	3.65	3.65	648.92
	23:47:00	4.49	P	-3.19	3.19	495.67
10-08-2007	5:42:00	1.53	B	2.96	2.96	426.77
	11:56:00	5.41	P	-3.88	3.88	733.28
	18:28:00	0.86	B	4.55	4.55	1008.39
11-08-2007	0:34:00	4.93	P	-4.07	4.07	806.86
	6:30:00	1.13	B	3.8	3.8	703.36
	12:41:00	5.78	P	-4.65	4.65	1053.21
	19:08:00	0.56	B	5.22	5.22	1327.24
12-08-2007	1:12:00	5.24	P	-4.68	4.68	1066.84
	7:10:00	0.85	B	4.39	4.39	938.72
	13:19:00	5.98	P	-5.13	5.13	1281.87
	19:43:00	0.42	B	5.56	5.56	1505.77
13-08-2007	1:46:00	5.39	P	-4.97	4.97	1203.15
	7:46:00	0.74	B	4.65	4.65	1053.21
	13:52:00	6	P	-5.26	5.26	1347.66
	20:14:00	0.44	B	5.56	5.56	1505.77
14-08-2007	2:16:00	5.39	P	-4.95	4.95	1193.49
	8:17:00	0.78	B	4.61	4.61	1035.16
	14:22:00	5.86	P	-5.08	5.08	1257.00
	20:42:00	0.58	B	5.28	5.28	1357.92
15-08-2007	2:44:00	5.29	P	-4.71	4.71	1080.56
	8:47:00	0.93	B	4.36	4.36	925.94
	14:49:00	5.6	P	-4.67	4.67	1062.29
	21:08:00	0.81	B	4.79	4.79	1117.58
16-08-2007	3:11:00	5.11	P	-4.3	4.3	900.63
	9:15:00	1.16	B	3.95	3.95	759.98
	15:16:00	5.27	P	-4.11	4.11	822.79
	21:33:00	1.1	B	4.17	4.17	846.99

Tabla A-3.2.2

max dif	5.62	m
min dif	0.97	m
Energía	1077075.31	MWh/año
Potencia	248.09	MW
Factor de Planta	49.56%	

Tabla A-3.2.3

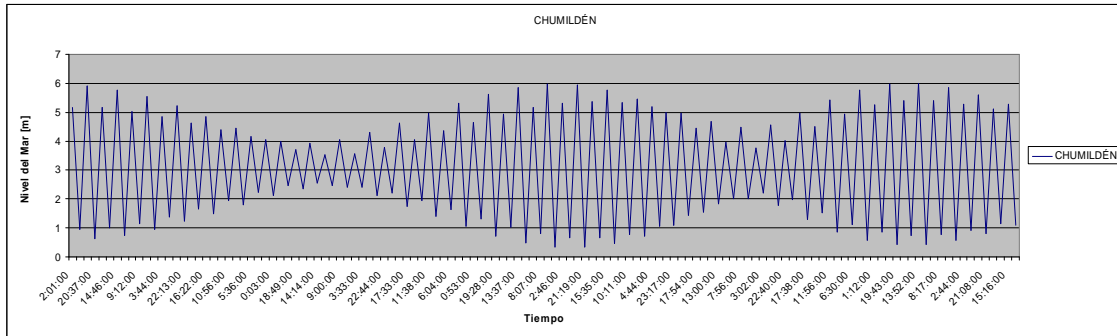


Figura A-3.2.1

### 3.3 Paso Tautil

Ubicación      Lat S      41°44'  
                          Lon W      73°04'  
 Área            26908998.7      m<sup>2</sup>  
 $\gamma$               10035.2      Kg/(m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)  
 Tabla A-3.3.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:12:00	6.26	P			
	8:11:00	0.74	B	5.52	5.52	1142.80
	14:21:00	7.01	P	-6.27	6.27	1474.44
	20:48:00	0.42	B	6.59	6.59	1628.78
16-07-2007	2:49:00	6.26	P	-5.84	5.84	1279.14
	8:48:00	0.79	B	5.47	5.47	1122.19
	14:57:00	6.88	P	-6.09	6.09	1391.00
	21:22:00	0.55	B	6.33	6.33	1502.79
17-07-2007	3:23:00	6.14	P	-5.59	5.59	1171.97
	9:23:00	0.94	B	5.2	5.2	1014.14
	15:29:00	6.65	P	-5.71	5.71	1222.82
	21:53:00	0.76	B	5.89	5.89	1301.13
18-07-2007	3:55:00	5.96	P	-5.2	5.2	1014.14
	9:56:00	1.17	B	4.79	4.79	860.52
	16:00:00	6.33	P	-5.16	5.16	998.60
	22:24:00	1.02	B	5.31	5.31	1057.50
19-07-2007	4:28:00	5.73	P	-4.71	4.71	832.02
	10:30:00	1.45	B	4.28	4.28	687.03
	16:33:00	5.96	P	-4.51	4.51	762.86
	22:55:00	1.3	B	4.66	4.66	814.45
20-07-2007	5:04:00	5.5	P	-4.2	4.2	661.59
	11:07:00	1.74	B	3.76	3.76	530.23
	17:09:00	5.56	P	-3.82	3.82	547.29
	23:30:00	1.61	B	3.95	3.95	585.17

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
21-07-2007	5:47:00	5.27	P	-3.66	3.66	502.40
	11:54:00	2.04	B	3.23	3.23	391.29
	17:55:00	5.15	P	-3.11	3.11	362.75
22-07-2007	0:14:00	1.91	B	3.24	3.24	393.71
	6:44:00	5.1	P	-3.19	3.19	381.66
	12:57:00	2.27	B	2.83	2.83	300.38
	19:00:00	4.81	P	-2.54	2.54	241.97
23-07-2007	1:13:00	2.16	B	2.65	2.65	263.38
	7:57:00	5.04	P	-2.88	2.88	311.08
	14:25:00	2.35	B	2.69	2.69	271.39
	20:27:00	4.63	P	-2.28	2.28	194.97
24-07-2007	2:28:00	2.28	B	2.35	2.35	207.12
	9:11:00	5.15	P	-2.87	2.87	308.93
	15:54:00	2.2	B	2.95	2.95	326.39
	21:51:00	4.68	P	-2.48	2.48	230.67
25-07-2007	3:44:00	2.22	B	2.46	2.46	226.97
	10:14:00	5.4	P	-3.18	3.18	379.27
	16:58:00	1.91	B	3.49	3.49	456.82
	22:55:00	4.89	P	-2.98	2.98	333.06
26-07-2007	4:44:00	2.02	B	2.87	2.87	308.93
	11:05:00	5.72	P	-3.7	3.7	513.45
	17:44:00	1.56	B	4.16	4.16	649.05
	23:43:00	5.16	P	-3.6	3.6	486.07
27-07-2007	5:32:00	1.75	B	3.41	3.41	436.11
	11:49:00	6.07	P	-4.32	4.32	699.94
	18:24:00	1.2	B	4.87	4.87	889.51
28-07-2007	0:25:00	5.46	P	-4.26	4.26	680.63
	6:15:00	1.44	B	4.02	4.02	606.10
	12:30:00	6.42	P	-4.98	4.98	930.14
	19:02:00	0.85	B	5.57	5.57	1163.59
29-07-2007	1:04:00	5.76	P	-4.91	4.91	904.18
	6:56:00	1.12	B	4.64	4.64	807.47
	13:09:00	6.72	P	-5.6	5.6	1176.16
	19:39:00	0.53	B	6.19	6.19	1437.05
30-07-2007	1:42:00	6.04	P	-5.51	5.51	1138.66
	7:37:00	0.83	B	5.21	5.21	1018.04
	13:48:00	6.96	P	-6.13	6.13	1409.33
	20:16:00	0.29	B	6.67	6.67	1668.56
31-07-2007	2:19:00	6.26	P	-5.97	5.97	1336.72
	8:18:00	0.6	B	5.66	5.66	1201.50
	14:28:00	7.08	P	-6.48	6.48	1574.86
	20:53:00	0.15	B	6.93	6.93	1801.18
01-08-2007	2:57:00	6.41	P	-6.26	6.26	1469.74
	8:58:00	0.46	B	5.95	5.95	1327.78
	15:06:00	7.06	P	-6.6	6.6	1633.72
	21:30:00	0.14	B	6.92	6.92	1795.99
02-08-2007	3:34:00	6.48	P	-6.34	6.34	1507.54
	9:39:00	0.45	B	6.03	6.03	1363.72
	15:46:00	6.88	P	-6.43	6.43	1550.65
	22:08:00	0.26	B	6.62	6.62	1643.64

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
03-08-2007	4:13:00	6.44	P	-6.18	6.18	1432.41
	10:22:00	0.58	B	5.86	5.86	1287.91
	16:27:00	6.55	P	-5.97	5.97	1336.72
	22:46:00	0.51	B	6.04	6.04	1368.25
04-08-2007	4:55:00	6.3	P	-5.79	5.79	1257.33
	11:07:00	0.85	B	5.45	5.45	1114.00
	17:11:00	6.1	P	-5.25	5.25	1033.74
	23:28:00	0.89	B	5.21	5.21	1018.04
05-08-2007	5:43:00	6.07	P	-5.18	5.18	1006.35
	12:00:00	1.23	B	4.84	4.84	878.58
	18:05:00	5.57	P	-4.34	4.34	706.43
06-08-2007	0:19:00	1.35	B	4.22	4.22	667.91
	6:44:00	5.79	P	-4.44	4.44	739.36
	13:11:00	1.63	B	4.16	4.16	649.05
	19:20:00	5.07	P	-3.44	3.44	443.82
07-08-2007	1:30:00	1.8	B	3.27	3.27	401.04
	8:07:00	5.59	P	-3.79	3.79	538.73
	14:53:00	1.82	B	3.77	3.77	533.06
	21:07:00	4.86	P	-3.04	3.04	346.61
08-08-2007	3:13:00	2	B	2.86	2.86	306.78
	9:45:00	5.68	P	-3.68	3.68	507.91
	16:39:00	1.57	B	4.11	4.11	633.54
	22:51:00	5.12	P	-3.55	3.55	472.66
09-08-2007	4:49:00	1.77	B	3.35	3.35	420.90
	11:08:00	6.06	P	-4.29	4.29	690.25
	17:49:00	1.1	B	4.96	4.96	922.69
	23:58:00	5.6	P	-4.5	4.5	759.48
10-08-2007	5:53:00	1.33	B	4.27	4.27	683.83
	12:07:00	6.52	P	-5.19	5.19	1010.24
	18:39:00	0.66	B	5.86	5.86	1287.91
11-08-2007	0:45:00	6.04	P	-5.38	5.38	1085.56
	6:41:00	0.93	B	5.11	5.11	979.34
	12:52:00	6.89	P	-5.96	5.96	1332.24
	19:19:00	0.36	B	6.53	6.53	1599.25
12-08-2007	1:23:00	6.35	P	-5.99	5.99	1345.69
	7:21:00	0.65	B	5.7	5.7	1218.54
	13:30:00	7.09	P	-6.44	6.44	1555.47
	19:54:00	0.22	B	6.87	6.87	1770.13
13-08-2007	1:57:00	6.5	P	-6.28	6.28	1479.14
	7:57:00	0.54	B	5.96	5.96	1332.24
	14:03:00	7.11	P	-6.57	6.57	1618.91
	20:25:00	0.24	B	6.87	6.87	1770.13
14-08-2007	2:27:00	6.5	P	-6.26	6.26	1469.74
	8:28:00	0.58	B	5.92	5.92	1314.42
	14:33:00	6.97	P	-6.39	6.39	1531.41
	20:53:00	0.38	B	6.59	6.59	1628.78
15-08-2007	2:55:00	6.4	P	-6.02	6.02	1359.20
	8:58:00	0.73	B	5.67	5.67	1205.75
	15:00:00	6.71	P	-5.98	5.98	1341.20
	21:19:00	0.61	B	6.1	6.1	1395.57

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
16-08-2007	3:22:00	6.22	P	-5.61	5.61	1180.37
	9:26:00	0.96	B	5.26	5.26	1037.68
	15:27:00	6.38	P	-5.42	5.42	1101.77
	21:44:00	0.9	B	5.48	5.48	1126.30

Tabla A-3.3.2

max dif	6.93	m
min dif	2.28	m
Energía	1464613.72	MWh/año
Potencia	290.46	MW
Factor de Planta	57.56%	

Tabla A-3.3.3

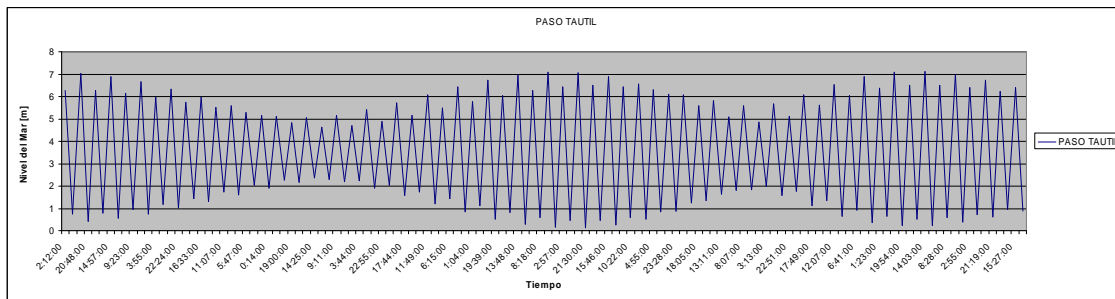


Figura A-3.3.1

### 3.4 Ensenada Codihue 1

Ubicación	Lat S	41°47'
	Lon W	73°22'
Área	15401321.9	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.4.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:16:00	5.687	P			
	8:00:00	1.4544	B	4.2326	4.2326	384.56
	14:25:00	6.392	P	-4.9376	4.9376	523.34
	20:37:00	1.1312	B	5.2608	5.2608	594.09
16-07-2007	2:53:00	5.687	P	-4.5558	4.5558	445.53
	8:37:00	1.5049	B	4.1821	4.1821	375.44
	15:01:00	6.2698	P	-4.7649	4.7649	487.37
	21:11:00	1.2625	B	5.0073	5.0073	538.22
17-07-2007	3:27:00	5.5742	P	-4.3117	4.3117	399.07
	9:12:00	1.6564	B	3.9178	3.9178	329.49
	15:33:00	6.0536	P	-4.3972	4.3972	415.05
	21:42:00	1.4746	B	4.579	4.579	450.08
18-07-2007	3:59:00	5.405	P	-3.9304	3.9304	331.61
	9:45:00	1.8887	B	3.5163	3.5163	265.41
	16:04:00	5.7528	P	-3.8641	3.8641	320.51
	22:13:00	1.7372	B	4.0156	4.0156	346.14
19-07-2007	4:32:00	5.1888	P	-3.4516	3.4516	255.74
	10:19:00	2.1715	B	3.0173	3.0173	195.43
	16:37:00	5.405	P	-3.2335	3.2335	224.44
	22:44:00	2.02	B	3.385	3.385	245.96
20-07-2007	5:08:00	4.9726	P	-2.9526	2.9526	187.14
	10:56:00	2.4644	B	2.5082	2.5082	135.04
	17:13:00	5.029	P	-2.5646	2.5646	141.19
	23:19:00	2.3331	B	2.6959	2.6959	156.01
21-07-2007	5:51:00	4.7564	P	-2.4233	2.4233	126.06
	11:43:00	2.7674	B	1.989	1.989	84.92
	17:59:00	4.6436	P	-1.8762	1.8762	75.56
22-07-2007	0:03:00	2.6361	B	2.0075	2.0075	86.51
	6:48:00	4.5966	P	-1.9605	1.9605	82.51
	12:46:00	2.9997	B	1.5969	1.5969	54.74
	19:04:00	4.324	P	-1.3243	1.3243	37.65
23-07-2007	1:02:00	2.8886	B	1.4354	1.4354	44.23
	8:01:00	4.5402	P	-1.6516	1.6516	58.55
	14:14:00	3.0805	B	1.4597	1.4597	45.74
	20:31:00	4.1548	P	-1.0743	1.0743	24.77
24-07-2007	2:17:00	3.0098	B	1.145	1.145	28.14
	9:15:00	4.6436	P	-1.6338	1.6338	57.30
	15:43:00	2.929	B	1.7146	1.7146	63.11
	21:55:00	4.2018	P	-1.2728	1.2728	34.78
25-07-2007	3:33:00	2.9492	B	1.2526	1.2526	33.68
	10:18:00	4.8786	P	-1.9294	1.9294	79.91
	16:47:00	2.6361	B	2.2425	2.2425	107.95
	22:59:00	4.3992	P	-1.7631	1.7631	66.73
26-07-2007	4:33:00	2.7472	B	1.652	1.652	58.58
	11:09:00	5.1794	P	-2.4322	2.4322	126.98
	17:33:00	2.2826	B	2.8968	2.8968	180.13
	23:47:00	4.653	P	-2.3704	2.3704	120.61
27-07-2007	5:21:00	2.4745	B	2.1785	2.1785	101.87
	11:53:00	5.5084	P	-3.0339	3.0339	197.59
	18:13:00	1.919	B	3.5894	3.5894	276.56

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
28-07-2007	0:29:00	4.935	P	-3.016	3.016	195.26
	6:04:00	2.1614	B	2.7736	2.7736	165.14
	12:34:00	5.8374	P	-3.676	3.676	290.07
	18:51:00	1.5655	B	4.2719	4.2719	391.74
29-07-2007	1:08:00	5.217	P	-3.6515	3.6515	286.22
	6:45:00	1.8382	B	3.3788	3.3788	245.06
	13:13:00	6.1194	P	-4.2812	4.2812	393.44
	19:28:00	1.2423	B	4.8771	4.8771	510.59
30-07-2007	1:46:00	5.4802	P	-4.2379	4.2379	385.53
	7:26:00	1.5453	B	3.9349	3.9349	332.37
	13:52:00	6.345	P	-4.7997	4.7997	494.52
	20:05:00	0.9999	B	5.3451	5.3451	613.29
31-07-2007	2:23:00	5.687	P	-4.6871	4.6871	471.58
	8:07:00	1.313	B	4.374	4.374	410.69
	14:32:00	6.4578	P	-5.1448	5.1448	568.18
	20:42:00	0.8585	B	5.5993	5.5993	673.01
01-08-2007	3:01:00	5.828	P	-4.9695	4.9695	530.12
	8:47:00	1.1716	B	4.6564	4.6564	465.43
	15:10:00	6.439	P	-5.2674	5.2674	595.59
	21:19:00	0.8484	B	5.5906	5.5906	670.92
02-08-2007	3:38:00	5.8938	P	-5.0454	5.0454	546.44
	9:28:00	1.1615	B	4.7323	4.7323	480.72
	15:50:00	6.2698	P	-5.1083	5.1083	560.15
	21:57:00	0.9696	B	5.3002	5.3002	603.03
03-08-2007	4:17:00	5.8562	P	-4.8866	4.8866	512.58
	10:11:00	1.2928	B	4.5634	4.5634	447.02
	16:31:00	5.9596	P	-4.6668	4.6668	467.51
	22:35:00	1.2221	B	4.7375	4.7375	481.78
04-08-2007	4:59:00	5.7246	P	-4.5025	4.5025	435.17
	10:56:00	1.5655	B	4.1591	4.1591	371.32
	17:15:00	5.5366	P	-3.9711	3.9711	338.51
	23:17:00	1.6059	B	3.9307	3.9307	331.66
05-08-2007	5:47:00	5.5084	P	-3.9025	3.9025	326.92
	11:49:00	1.9493	B	3.5591	3.5591	271.91
	18:09:00	5.0384	P	-3.0891	3.0891	204.84
06-08-2007	0:08:00	2.0705	B	2.9679	2.9679	189.08
	6:48:00	5.2452	P	-3.1747	3.1747	216.35
	13:00:00	2.3533	B	2.8919	2.8919	179.52
	19:24:00	4.5684	P	-2.2151	2.2151	105.33
07-08-2007	1:19:00	2.525	B	2.0434	2.0434	89.63
	8:11:00	5.0572	P	-2.5322	2.5322	137.64
	14:42:00	2.5452	B	2.512	2.512	135.45
	21:11:00	4.371	P	-1.8258	1.8258	71.56
08-08-2007	3:02:00	2.727	B	1.644	1.644	58.02
	9:49:00	5.1418	P	-2.4148	2.4148	125.17
	16:28:00	2.2927	B	2.8491	2.8491	174.25
	22:55:00	4.6154	P	-2.3227	2.3227	115.81

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
09-08-2007	4:38:00	2.4947	B	2.1207	2.1207	96.54
	11:12:00	5.499	P	-3.0043	3.0043	193.75
	17:38:00	1.818	B	3.681	3.681	290.86
	0:02:00	5.0666	P	-3.2486	3.2486	226.54
10-08-2007	5:42:00	2.0503	B	3.0163	3.0163	195.30
	12:11:00	5.9314	P	-3.8811	3.8811	323.34
	18:28:00	1.3736	B	4.5578	4.5578	445.93
11-08-2007	0:49:00	5.4802	P	-4.1066	4.1066	362.01
	6:30:00	1.6463	B	3.8339	3.8339	315.52
	12:56:00	6.2792	P	-4.6329	4.6329	460.74
	19:08:00	1.0706	B	5.2086	5.2086	582.36
12-08-2007	1:27:00	5.7716	P	-4.701	4.701	474.39
	7:10:00	1.3635	B	4.4081	4.4081	417.11
	13:34:00	6.4672	P	-5.1037	5.1037	559.14
	19:43:00	0.9292	B	5.538	5.538	658.35
13-08-2007	2:01:00	5.9126	P	-4.9834	4.9834	533.09
	7:46:00	1.2524	B	4.6602	4.6602	466.19
	14:07:00	6.486	P	-5.2336	5.2336	587.97
	20:14:00	0.9494	B	5.5366	5.5366	658.02
14-08-2007	2:31:00	5.9126	P	-4.9632	4.9632	528.78
	8:17:00	1.2928	B	4.6198	4.6198	458.14
	14:37:00	6.3544	P	-5.0616	5.0616	549.96
	20:42:00	1.0908	B	5.2636	5.2636	594.73
15-08-2007	2:59:00	5.8186	P	-4.7278	4.7278	479.81
	8:47:00	1.4443	B	4.3743	4.3743	410.74
	15:04:00	6.11	P	-4.6657	4.6657	467.29
	21:08:00	1.3231	B	4.7869	4.7869	491.88
16-08-2007	3:26:00	5.6494	P	-4.3263	4.3263	401.78
	9:15:00	1.6766	B	3.9728	3.9728	338.80
	15:31:00	5.7998	P	-4.1232	4.1232	364.94
	21:33:00	1.616	B	4.1838	4.1838	375.75

Tabla A-3.4.2

max dif	5.60	m
min dif	1.07	m
Energía	479734.464	MWh/año
Potencia	108.56	MW
Factor de Planta	48.62%	

Tabla A-3.4.3



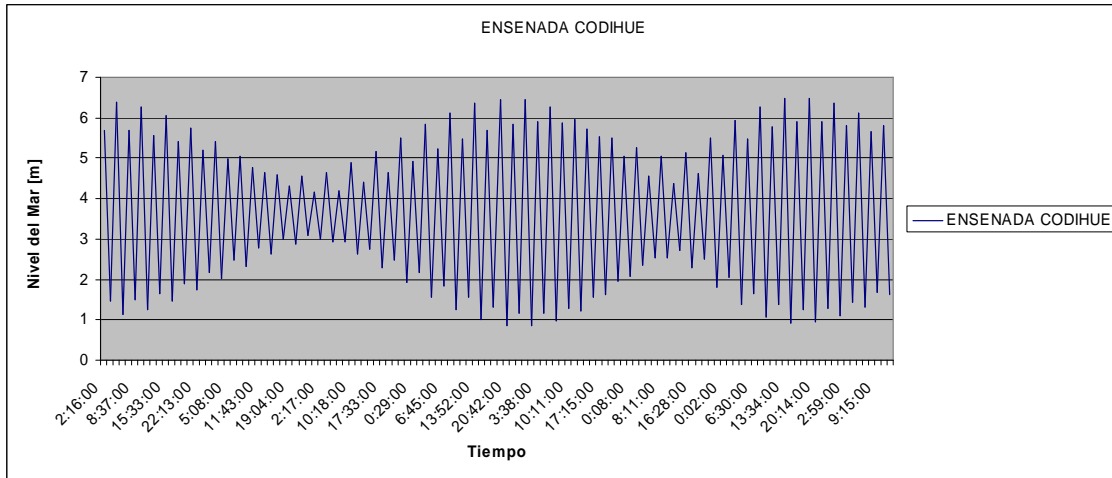


Figura A-3.4.1

### 3.5 Ensenada Codihue 2

Ubicación	Lat S	41°47'
	Lon W	73°22'
Área	15974087.4	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.5.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:16:00	5.687	P			
	8:00:00	1.4544	B	4.2326	4.2326	398.86
	14:25:00	6.392	P	-4.9376	4.9376	542.80
	20:37:00	1.1312	B	5.2608	5.2608	616.19
16-07-2007	2:53:00	5.687	P	-4.5558	4.5558	462.10
	8:37:00	1.5049	B	4.1821	4.1821	389.40
	15:01:00	6.2698	P	-4.7649	4.7649	505.50
	21:11:00	1.2625	B	5.0073	5.0073	558.23
17-07-2007	3:27:00	5.5742	P	-4.3117	4.3117	413.91
	9:12:00	1.6564	B	3.9178	3.9178	341.74
	15:33:00	6.0536	P	-4.3972	4.3972	430.49
	21:42:00	1.4746	B	4.579	4.579	466.82
18-07-2007	3:59:00	5.405	P	-3.9304	3.9304	343.94
	9:45:00	1.8887	B	3.5163	3.5163	275.28
	16:04:00	5.7528	P	-3.8641	3.8641	332.43
	22:13:00	1.7372	B	4.0156	4.0156	359.01
19-07-2007	4:32:00	5.1888	P	-3.4516	3.4516	265.25
	10:19:00	2.1715	B	3.0173	3.0173	202.70
	16:37:00	5.405	P	-3.2335	3.2335	232.79
	22:44:00	2.02	B	3.385	3.385	255.11

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
20-07-2007	5:08:00	4.9726	P	-2.9526	2.9526	194.10
	10:56:00	2.4644	B	2.5082	2.5082	140.07
	17:13:00	5.029	P	-2.5646	2.5646	146.44
	23:19:00	2.3331	B	2.6959	2.6959	161.81
21-07-2007	5:51:00	4.7564	P	-2.4233	2.4233	130.74
	11:43:00	2.7674	B	1.989	1.989	88.08
	17:59:00	4.6436	P	-1.8762	1.8762	78.37
22-07-2007	0:03:00	2.6361	B	2.0075	2.0075	89.73
	6:48:00	4.5966	P	-1.9605	1.9605	85.57
	12:46:00	2.9997	B	1.5969	1.5969	56.78
	19:04:00	4.324	P	-1.3243	1.3243	39.05
23-07-2007	1:02:00	2.8886	B	1.4354	1.4354	45.87
	8:01:00	4.5402	P	-1.6516	1.6516	60.73
	14:14:00	3.0805	B	1.4597	1.4597	47.44
	20:31:00	4.1548	P	-1.0743	1.0743	25.70
24-07-2007	2:17:00	3.0098	B	1.145	1.145	29.19
	9:15:00	4.6436	P	-1.6338	1.6338	59.43
	15:43:00	2.929	B	1.7146	1.7146	65.45
	21:55:00	4.2018	P	-1.2728	1.2728	36.07
25-07-2007	3:33:00	2.9492	B	1.2526	1.2526	34.93
	10:18:00	4.8786	P	-1.9294	1.9294	82.88
	16:47:00	2.6361	B	2.2425	2.2425	111.96
	22:59:00	4.3992	P	-1.7631	1.7631	69.21
26-07-2007	4:33:00	2.7472	B	1.652	1.652	60.76
	11:09:00	5.1794	P	-2.4322	2.4322	131.71
	17:33:00	2.2826	B	2.8968	2.8968	186.83
	23:47:00	4.653	P	-2.3704	2.3704	125.10
27-07-2007	5:21:00	2.4745	B	2.1785	2.1785	105.66
	11:53:00	5.5084	P	-3.0339	3.0339	204.93
	18:13:00	1.919	B	3.5894	3.5894	286.85
28-07-2007	0:29:00	4.935	P	-3.016	3.016	202.52
	6:04:00	2.1614	B	2.7736	2.7736	171.28
	12:34:00	5.8374	P	-3.676	3.676	300.86
	18:51:00	1.5655	B	4.2719	4.2719	406.30
29-07-2007	1:08:00	5.217	P	-3.6515	3.6515	296.86
	6:45:00	1.8382	B	3.3788	3.3788	254.18
	13:13:00	6.1194	P	-4.2812	4.2812	408.08
	19:28:00	1.2423	B	4.8771	4.8771	529.58
30-07-2007	1:46:00	5.4802	P	-4.2379	4.2379	399.86
	7:26:00	1.5453	B	3.9349	3.9349	344.73
	13:52:00	6.345	P	-4.7997	4.7997	512.91
	20:05:00	0.9999	B	5.3451	5.3451	636.09
31-07-2007	2:23:00	5.687	P	-4.6871	4.6871	489.12
	8:07:00	1.313	B	4.374	4.374	425.96
	14:32:00	6.4578	P	-5.1448	5.1448	589.31
	20:42:00	0.8585	B	5.5993	5.5993	698.03
01-08-2007	3:01:00	5.828	P	-4.9695	4.9695	549.84
	8:47:00	1.1716	B	4.6564	4.6564	482.74
	15:10:00	6.439	P	-5.2674	5.2674	617.73
	21:19:00	0.8484	B	5.5906	5.5906	695.87

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
02-08-2007	3:38:00	5.8938	P	-5.0454	5.0454	566.76
	9:28:00	1.1615	B	4.7323	4.7323	498.60
	15:50:00	6.2698	P	-5.1083	5.1083	580.98
	21:57:00	0.9696	B	5.3002	5.3002	625.45
03-08-2007	4:17:00	5.8562	P	-4.8866	4.8866	531.65
	10:11:00	1.2928	B	4.5634	4.5634	463.65
	16:31:00	5.9596	P	-4.6668	4.6668	484.90
	22:35:00	1.2221	B	4.7375	4.7375	499.70
04-08-2007	4:59:00	5.7246	P	-4.5025	4.5025	451.35
	10:56:00	1.5655	B	4.1591	4.1591	385.13
	17:15:00	5.5366	P	-3.9711	3.9711	351.10
	23:17:00	1.6059	B	3.9307	3.9307	343.99
05-08-2007	5:47:00	5.5084	P	-3.9025	3.9025	339.07
	11:49:00	1.9493	B	3.5591	3.5591	282.03
	18:09:00	5.0384	P	-3.0891	3.0891	212.46
06-08-2007	0:08:00	2.0705	B	2.9679	2.9679	196.11
	6:48:00	5.2452	P	-3.1747	3.1747	224.40
	13:00:00	2.3533	B	2.8919	2.8919	186.20
	19:24:00	4.5684	P	-2.2151	2.2151	109.24
07-08-2007	1:19:00	2.525	B	2.0434	2.0434	92.96
	8:11:00	5.0572	P	-2.5322	2.5322	142.76
	14:42:00	2.5452	B	2.512	2.512	140.49
	21:11:00	4.371	P	-1.8258	1.8258	74.22
08-08-2007	3:02:00	2.727	B	1.644	1.644	60.17
	9:49:00	5.1418	P	-2.4148	2.4148	129.83
	16:28:00	2.2927	B	2.8491	2.8491	180.73
	22:55:00	4.6154	P	-2.3227	2.3227	120.11
09-08-2007	4:38:00	2.4947	B	2.1207	2.1207	100.13
	11:12:00	5.499	P	-3.0043	3.0043	200.95
	17:38:00	1.818	B	3.681	3.681	301.68
	0:02:00	5.0666	P	-3.2486	3.2486	234.96
10-08-2007	5:42:00	2.0503	B	3.0163	3.0163	202.56
	12:11:00	5.9314	P	-3.8811	3.8811	335.37
	18:28:00	1.3736	B	4.5578	4.5578	462.51
11-08-2007	0:49:00	5.4802	P	-4.1066	4.1066	375.47
	6:30:00	1.6463	B	3.8339	3.8339	327.26
	12:56:00	6.2792	P	-4.6329	4.6329	477.88
	19:08:00	1.0706	B	5.2086	5.2086	604.02
12-08-2007	1:27:00	5.7716	P	-4.701	4.701	492.03
	7:10:00	1.3635	B	4.4081	4.4081	432.63
	13:34:00	6.4672	P	-5.1037	5.1037	579.94
	19:43:00	0.9292	B	5.538	5.538	682.83
13-08-2007	2:01:00	5.9126	P	-4.9834	4.9834	552.92
	7:46:00	1.2524	B	4.6602	4.6602	483.52
	14:07:00	6.486	P	-5.2336	5.2336	609.83
	20:14:00	0.9494	B	5.5366	5.5366	682.49
14-08-2007	2:31:00	5.9126	P	-4.9632	4.9632	548.45
	8:17:00	1.2928	B	4.6198	4.6198	475.18
	14:37:00	6.3544	P	-5.0616	5.0616	570.41
	20:42:00	1.0908	B	5.2636	5.2636	616.84

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-08-2007	2:59:00	5.8186	P	-4.7278	4.7278	497.65
	8:47:00	1.4443	B	4.3743	4.3743	426.02
	15:04:00	6.11	P	-4.6657	4.6657	484.67
	21:08:00	1.3231	B	4.7869	4.7869	510.17
16-08-2007	3:26:00	5.6494	P	-4.3263	4.3263	416.72
	9:15:00	1.6766	B	3.9728	3.9728	351.40
	15:31:00	5.7998	P	-4.1232	4.1232	378.51
	21:33:00	1.616	B	4.1838	4.1838	389.72

Tabla A-3.5.2

max dif	5.60	m
min dif	1.07	m
Energía	497575.487	MWh/año
Potencia	108.56	MW
Factor de Planta	50.43%	

Tabla A-3.5.3

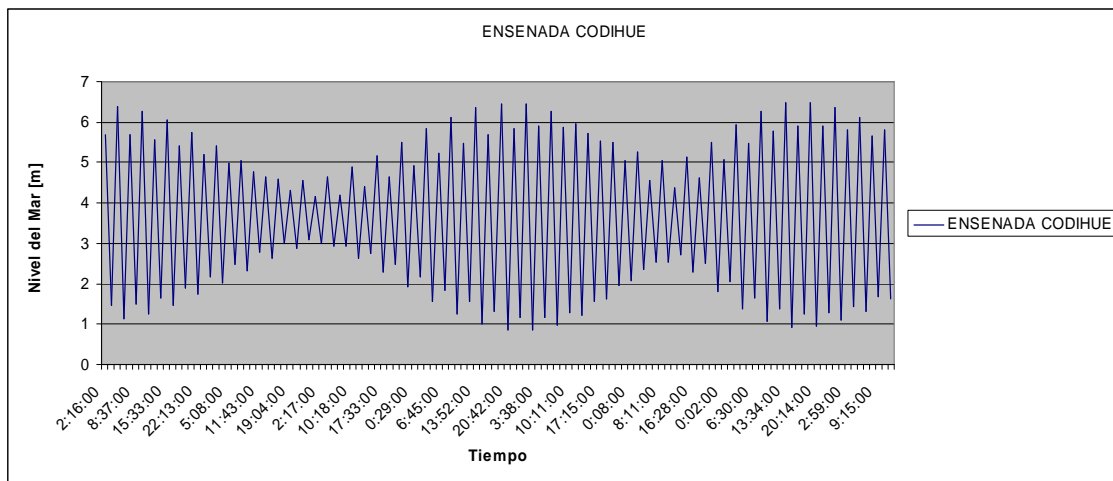


Figura A-3.5.1

### 3.6 Bahía Linao

Ubicación	Lat S	41°58'
	Lon W	73°33'
Área	11536396.4	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.6.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:27:00	5.01	P			
	8:26:00	0.46	B	4.55	4.55	332.88
	14:36:00	5.76	P	-5.3	5.3	451.66
	21:03:00	0.14	B	5.62	5.62	507.85
16-07-2007	3:04:00	5.01	P	-4.87	4.87	381.35
	9:03:00	0.51	B	4.5	4.5	325.60
	15:12:00	5.63	P	-5.12	5.12	421.51
	21:37:00	0.27	B	5.36	5.36	461.95
17-07-2007	3:38:00	4.89	P	-4.62	4.62	343.20
	9:38:00	0.66	B	4.23	4.23	287.70
	15:44:00	5.4	P	-4.74	4.74	361.26
	22:08:00	0.48	B	4.92	4.92	389.22
18-07-2007	4:10:00	4.71	P	-4.23	4.23	287.70
	10:11:00	0.89	B	3.82	3.82	234.63
	16:15:00	5.08	P	-4.19	4.19	282.29
	22:39:00	0.74	B	4.34	4.34	302.86
19-07-2007	4:43:00	4.48	P	-3.74	3.74	224.91
	10:45:00	1.17	B	3.31	3.31	176.17
	16:48:00	4.71	P	-3.54	3.54	201.50
	23:10:00	1.02	B	3.69	3.69	218.94
20-07-2007	5:19:00	4.25	P	-3.23	3.23	167.75
	11:22:00	1.46	B	2.79	2.79	125.16
	17:24:00	4.31	P	-2.85	2.85	130.60
	23:45:00	1.33	B	2.98	2.98	142.79
21-07-2007	6:02:00	4.02	P	-2.69	2.69	116.35
	12:09:00	1.76	B	2.26	2.26	82.13
	18:10:00	3.9	P	-2.14	2.14	73.64
22-07-2007	0:29:00	1.63	B	2.27	2.27	82.85
	6:59:00	3.85	P	-2.22	2.22	79.24
	13:12:00	1.99	B	1.86	1.86	55.63
	19:15:00	3.56	P	-1.57	1.57	39.63
23-07-2007	1:28:00	1.88	B	1.68	1.68	45.38
	8:12:00	3.79	P	-1.91	1.91	58.66
	14:40:00	2.07	B	1.72	1.72	47.57
	20:42:00	3.38	P	-1.31	1.31	27.59
24-07-2007	2:43:00	2	B	1.38	1.38	30.62
	9:26:00	3.9	P	-1.9	1.9	58.05
	16:09:00	1.92	B	1.98	1.98	63.04
	22:06:00	3.43	P	-1.51	1.51	36.66
25-07-2007	3:59:00	1.94	B	1.49	1.49	35.70
	10:29:00	4.15	P	-2.21	2.21	78.53
	17:13:00	1.63	B	2.52	2.52	102.11
	23:10:00	3.64	P	-2.01	2.01	64.96
26-07-2007	4:59:00	1.74	B	1.9	1.9	58.05
	11:20:00	4.47	P	-2.73	2.73	119.84
	17:59:00	1.28	B	3.19	3.19	163.62
	23:58:00	3.91	P	-2.63	2.63	111.22
27-07-2007	5:47:00	1.47	B	2.44	2.44	95.73
	12:04:00	4.82	P	-3.35	3.35	180.45
	18:39:00	0.92	B	3.9	3.9	244.56

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
28-07-2007	0:40:00	4.21	P	-3.29	3.29	174.04
	6:30:00	1.16	B	3.05	3.05	149.58
	12:45:00	5.17	P	-4.01	4.01	258.55
	19:17:00	0.57	B	4.6	4.6	340.24
29-07-2007	1:19:00	4.51	P	-3.94	3.94	249.61
	7:11:00	0.84	B	3.67	3.67	216.57
	13:24:00	5.47	P	-4.63	4.63	344.69
	19:54:00	0.25	B	5.22	5.22	438.13
30-07-2007	1:57:00	4.79	P	-4.54	4.54	331.42
	7:52:00	0.55	B	4.24	4.24	289.06
	14:03:00	5.71	P	-5.16	5.16	428.12
	20:31:00	0.01	B	5.7	5.7	522.41
31-07-2007	2:34:00	5.01	P	-5	5	401.98
	8:33:00	0.32	B	4.69	4.69	353.68
	14:43:00	5.83	P	-5.51	5.51	488.17
	21:08:00	-0.13	B	5.96	5.96	571.16
01-08-2007	3:12:00	5.16	P	-5.29	5.29	449.96
	9:13:00	0.18	B	4.98	4.98	398.77
	15:21:00	5.81	P	-5.63	5.63	509.66
	21:45:00	-0.14	B	5.95	5.95	569.24
02-08-2007	3:49:00	5.23	P	-5.37	5.37	463.67
	9:54:00	0.17	B	5.06	5.06	411.68
	16:01:00	5.63	P	-5.46	5.46	479.35
	22:23:00	-0.02	B	5.65	5.65	513.29
03-08-2007	4:28:00	5.19	P	-5.21	5.21	436.45
	10:37:00	0.3	B	4.89	4.89	384.49
	16:42:00	5.3	P	-5	5	401.98
	23:01:00	0.23	B	5.07	5.07	413.31
04-08-2007	5:10:00	5.05	P	-4.82	4.82	373.56
	11:22:00	0.57	B	4.48	4.48	322.72
	17:26:00	4.85	P	-4.28	4.28	294.54
	23:43:00	0.61	B	4.24	4.24	289.06
05-08-2007	5:58:00	4.82	P	-4.21	4.21	284.99
	12:15:00	0.95	B	3.87	3.87	240.82
	18:20:00	4.32	P	-3.37	3.37	182.61
06-08-2007	0:34:00	1.07	B	3.25	3.25	169.84
	6:59:00	4.54	P	-3.47	3.47	193.61
	13:26:00	1.35	B	3.19	3.19	163.62
	19:35:00	3.82	P	-2.47	2.47	98.10
07-08-2007	1:45:00	1.52	B	2.3	2.3	85.06
	8:22:00	4.34	P	-2.82	2.82	127.87
	15:08:00	1.54	B	2.8	2.8	126.06
	21:22:00	3.61	P	-2.07	2.07	68.90
08-08-2007	3:28:00	1.72	B	1.89	1.89	57.44
	10:00:00	4.43	P	-2.71	2.71	118.09
	16:54:00	1.29	B	3.14	3.14	158.53
	23:06:00	3.87	P	-2.58	2.58	107.03

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
09-08-2007	5:04:00	1.49	B	2.38	2.38	91.08
	11:23:00	4.81	P	-3.32	3.32	177.23
	18:04:00	0.82	B	3.99	3.99	255.98
	0:13:00	4.35	P	-3.53	3.53	200.36
10-08-2007	6:08:00	1.05	B	3.3	3.3	175.10
	12:22:00	5.27	P	-4.22	4.22	286.34
	18:54:00	0.38	B	4.89	4.89	384.49
11-08-2007	1:00:00	4.79	P	-4.41	4.41	312.71
	6:56:00	0.65	B	4.14	4.14	275.59
	13:07:00	5.64	P	-4.99	4.99	400.37
	19:34:00	0.08	B	5.56	5.56	497.07
12-08-2007	1:38:00	5.1	P	-5.02	5.02	405.20
	7:36:00	0.37	B	4.73	4.73	359.74
	13:45:00	5.84	P	-5.47	5.47	481.10
	20:09:00	-0.06	B	5.9	5.9	559.72
13-08-2007	2:12:00	5.25	P	-5.31	5.31	453.37
	8:12:00	0.26	B	4.99	4.99	400.37
	14:18:00	5.86	P	-5.6	5.6	504.24
	20:40:00	-0.04	B	5.9	5.9	559.72
14-08-2007	2:42:00	5.25	P	-5.29	5.29	449.96
	8:43:00	0.3	B	4.95	4.95	393.98
	14:48:00	5.72	P	-5.42	5.42	472.35
	21:08:00	0.1	B	5.62	5.62	507.85
15-08-2007	3:10:00	5.15	P	-5.05	5.05	410.06
	9:13:00	0.45	B	4.7	4.7	355.19
	15:15:00	5.46	P	-5.01	5.01	403.59
	21:34:00	0.33	B	5.13	5.13	423.15
16-08-2007	3:37:00	4.97	P	-4.64	4.64	346.18
	9:41:00	0.68	B	4.29	4.29	295.92
	15:42:00	5.13	P	-4.45	4.45	318.41
	21:59:00	0.62	B	4.51	4.51	327.05

Tabla A-3.6.2

max dif	5.96	m
min dif	1.31	m
Energía	418157.486	MWh/año
Potencia	92.11	MW
Factor de Planta	51.83%	

Tabla A-3.6.3

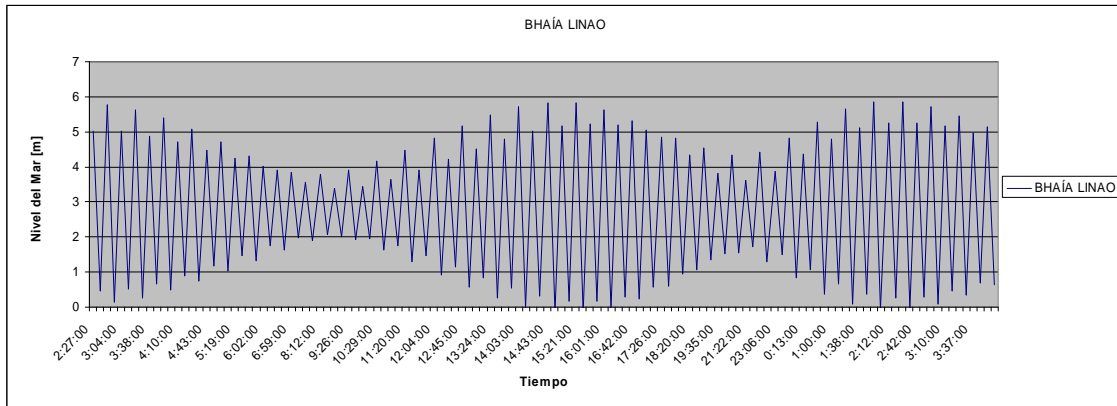


Figura A-3.6.1

### 3.7 Puerto Quemchi

Ubicación	Lat S	42°09'
	Lon W	73°29'
Área	45762120.1	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.7.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]	Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:22:00	6.39	P		
	8:21:00	0.98	B	5.41	1866.78
	14:31:00	7.14	P	-6.16	2420.25
	20:58:00	0.66	B	6.48	2678.24
16-07-2007	2:59:00	6.39	P	-5.73	2094.16
	8:58:00	1.03	B	5.36	1832.44
	15:07:00	7.01	P	-5.98	2280.88
	21:32:00	0.79	B	6.22	2467.63
17-07-2007	3:33:00	6.27	P	-5.48	1915.41
	9:33:00	1.18	B	5.09	1652.48
	15:39:00	6.78	P	-5.6	2000.21
	22:03:00	1	B	5.78	2130.86
18-07-2007	4:05:00	6.09	P	-5.09	1652.48
	10:06:00	1.41	B	4.68	1396.98
	16:10:00	6.46	P	-5.05	1626.61
	22:34:00	1.26	B	5.2	1724.67
19-07-2007	4:38:00	5.86	P	-4.6	1349.63
	10:40:00	1.69	B	4.17	1109.10
	16:43:00	6.09	P	-4.4	1234.82
	23:05:00	1.54	B	4.55	1320.45



Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
20-07-2007	5:14:00	5.63	P	-4.09	4.09	1066.96
	11:17:00	1.98	B	3.65	3.65	849.74
	17:19:00	5.69	P	-3.71	3.71	877.90
	23:40:00	1.85	B	3.84	3.84	940.51
21-07-2007	5:57:00	5.4	P	-3.55	3.55	803.82
	12:04:00	2.28	B	3.12	3.12	620.88
	18:05:00	5.28	P	-3	3	574.04
22-07-2007	0:24:00	2.15	B	3.13	3.13	624.87
	6:54:00	5.23	P	-3.08	3.08	605.06
	13:07:00	2.51	B	2.72	2.72	471.89
	19:10:00	4.94	P	-2.43	2.43	376.63
23-07-2007	1:23:00	2.4	B	2.54	2.54	411.50
	8:07:00	5.17	P	-2.77	2.77	489.39
	14:35:00	2.59	B	2.58	2.58	424.56
	20:37:00	4.76	P	-2.17	2.17	300.34
24-07-2007	2:38:00	2.52	B	2.24	2.24	320.03
	9:21:00	5.28	P	-2.76	2.76	485.87
	16:04:00	2.44	B	2.84	2.84	514.44
	22:01:00	4.81	P	-2.37	2.37	358.26
25-07-2007	3:54:00	2.46	B	2.35	2.35	352.24
	10:24:00	5.53	P	-3.07	3.07	601.14
	17:08:00	2.15	B	3.38	3.38	728.67
	23:05:00	5.02	P	-2.87	2.87	525.37
26-07-2007	4:54:00	2.26	B	2.76	2.76	485.87
	11:15:00	5.85	P	-3.59	3.59	822.03
	17:54:00	1.8	B	4.05	4.05	1046.19
	23:53:00	5.29	P	-3.49	3.49	776.87
27-07-2007	5:42:00	1.99	B	3.3	3.3	694.59
	11:59:00	6.2	P	-4.21	4.21	1130.48
	18:34:00	1.44	B	4.76	4.76	1445.15
28-07-2007	0:35:00	5.59	P	-4.15	4.15	1098.49
	6:25:00	1.68	B	3.91	3.91	975.11
	12:40:00	6.55	P	-4.87	4.87	1512.72
	19:12:00	1.09	B	5.46	5.46	1901.45
29-07-2007	1:14:00	5.89	P	-4.8	4.8	1469.54
	7:06:00	1.36	B	4.53	4.53	1308.87
	13:19:00	6.85	P	-5.49	5.49	1922.40
	19:49:00	0.77	B	6.08	6.08	2357.80
30-07-2007	1:52:00	6.17	P	-5.4	5.4	1859.89
	7:47:00	1.07	B	5.1	5.1	1658.98
	13:58:00	7.09	P	-6.02	6.02	2311.49
	20:26:00	0.53	B	6.56	6.56	2744.78
31-07-2007	2:29:00	6.39	P	-5.86	5.86	2190.26
	8:28:00	0.84	B	5.55	5.55	1964.65
	14:38:00	7.21	P	-6.37	6.37	2588.09
	21:03:00	0.39	B	6.82	6.82	2966.66
01-08-2007	3:07:00	6.54	P	-6.15	6.15	2412.40
	9:08:00	0.7	B	5.84	5.84	2175.33
	15:16:00	7.19	P	-6.49	6.49	2686.51
	21:40:00	0.38	B	6.81	6.81	2957.97

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
02-08-2007	3:44:00	6.61	P	-6.23	6.23	2475.57
	9:49:00	0.69	B	5.92	5.92	2235.34
	15:56:00	7.01	P	-6.32	6.32	2547.62
	22:18:00	0.5	B	6.51	6.51	2703.10
03-08-2007	4:23:00	6.57	P	-6.07	6.07	2350.05
	10:32:00	0.82	B	5.75	5.75	2108.80
	16:37:00	6.68	P	-5.86	5.86	2190.26
	22:56:00	0.75	B	5.93	5.93	2242.90
04-08-2007	5:05:00	6.43	P	-5.68	5.68	2057.77
	11:17:00	1.09	B	5.34	5.34	1818.79
	17:21:00	6.23	P	-5.14	5.14	1685.10
	23:38:00	1.13	B	5.1	5.1	1658.98
05-08-2007	5:53:00	6.2	P	-5.07	5.07	1639.52
	12:10:00	1.47	B	4.73	4.73	1426.99
	18:15:00	5.7	P	-4.23	4.23	1141.25
06-08-2007	0:29:00	1.59	B	4.11	4.11	1077.42
	6:54:00	5.92	P	-4.33	4.33	1195.85
	13:21:00	1.87	B	4.05	4.05	1046.19
	19:30:00	5.2	P	-3.33	3.33	707.27
07-08-2007	1:40:00	2.04	B	3.16	3.16	636.90
	8:17:00	5.72	P	-3.68	3.68	863.76
	15:03:00	2.06	B	3.66	3.66	854.40
	21:17:00	4.99	P	-2.93	2.93	547.56
08-08-2007	3:23:00	2.24	B	2.75	2.75	482.35
	9:55:00	5.81	P	-3.57	3.57	812.90
	16:49:00	1.81	B	4	4	1020.52
	23:01:00	5.25	P	-3.44	3.44	754.77
09-08-2007	4:59:00	2.01	B	3.24	3.24	669.56
	11:18:00	6.19	P	-4.18	4.18	1114.43
	17:59:00	1.34	B	4.85	4.85	1500.32
	0:08:00	5.73	P	-4.39	4.39	1229.22
10-08-2007	6:03:00	1.57	B	4.16	4.16	1103.79
	12:17:00	6.65	P	-5.08	5.08	1645.99
	18:49:00	0.9	B	5.75	5.75	2108.80
11-08-2007	0:55:00	6.17	P	-5.27	5.27	1771.42
	6:51:00	1.17	B	5	5	1594.56
	13:02:00	7.02	P	-5.85	5.85	2182.79
	19:29:00	0.6	B	6.42	6.42	2628.87
12-08-2007	1:33:00	6.48	P	-5.88	5.88	2205.23
	7:31:00	0.89	B	5.59	5.59	1993.07
	13:40:00	7.22	P	-6.33	6.33	2555.68
	20:04:00	0.46	B	6.76	6.76	2914.69
13-08-2007	2:07:00	6.63	P	-6.17	6.17	2428.12
	8:07:00	0.78	B	5.85	5.85	2182.79
	14:13:00	7.24	P	-6.46	6.46	2661.73
	20:35:00	0.48	B	6.76	6.76	2914.69
14-08-2007	2:37:00	6.63	P	-6.15	6.15	2412.40
	8:38:00	0.82	B	5.81	5.81	2153.04
	14:43:00	7.1	P	-6.28	6.28	2515.47
	21:03:00	0.62	B	6.48	6.48	2678.24

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-08-2007	3:05:00	6.53	P	-5.91	5.91	2227.79
	9:08:00	0.97	B	5.56	5.56	1971.74
	15:10:00	6.84	P	-5.87	5.87	2197.74
	21:29:00	0.85	B	5.99	5.99	2288.51
16-08-2007	3:32:00	6.35	P	-5.5	5.5	1929.41
	9:36:00	1.2	B	5.15	5.15	1691.66
	15:37:00	6.51	P	-5.31	5.31	1798.41
	21:54:00	1.14	B	5.37	5.37	1839.28

Tabla A-3.7.2

max dif	6.82	m
min dif	2.17	m
Energía	2387209.7	MWh/año
Potencia	478.41	MW
Factor de Planta	56.96%	

Tabla A-3.7.3

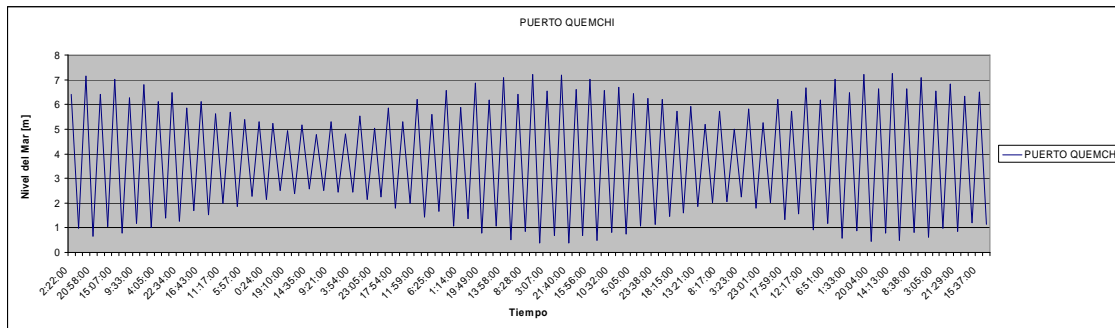


Figura A-3.7.1

### 3.8 Canal Dalcahue

Ubicación	Lat S	42°23'
	Lon W	73°40'
Área	108864924	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.8.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:34:00	6.05	P			
	8:33:00	1.44	B	4.61	4.61	3224.66
	14:43:00	6.8	P	-5.36	5.36	4359.24
	21:10:00	1.12	B	5.68	5.68	4895.29
16-07-2007	3:11:00	6.05	P	-4.93	4.93	3687.87
	9:10:00	1.49	B	4.56	4.56	3155.09
	15:19:00	6.67	P	-5.18	5.18	4071.37
	21:44:00	1.25	B	5.42	5.42	4457.38
17-07-2007	3:45:00	5.93	P	-4.68	4.68	3323.33
	9:45:00	1.64	B	4.29	4.29	2792.52
	15:51:00	6.44	P	-4.8	4.8	3495.94
	22:15:00	1.46	B	4.98	4.98	3763.05
18-07-2007	4:17:00	5.75	P	-4.29	4.29	2792.52
	10:18:00	1.87	B	3.88	3.88	2284.26
	16:22:00	6.12	P	-4.25	4.25	2740.69
	22:46:00	1.72	B	4.4	4.4	2937.56
19-07-2007	4:50:00	5.52	P	-3.8	3.8	2191.03
	10:52:00	2.15	B	3.37	3.37	1723.22
	16:55:00	5.75	P	-3.6	3.6	1966.47
	23:17:00	2	B	3.75	3.75	2133.75
20-07-2007	5:26:00	5.29	P	-3.29	3.29	1642.38
	11:29:00	2.44	B	2.85	2.85	1232.46
	17:31:00	5.35	P	-2.91	2.91	1284.89
	23:52:00	2.31	B	3.04	3.04	1402.26
21-07-2007	6:09:00	5.06	P	-2.75	2.75	1147.48
	12:16:00	2.74	B	2.32	2.32	816.69
	18:17:00	4.94	P	-2.2	2.2	734.39
22-07-2007	0:36:00	2.61	B	2.33	2.33	823.75
	7:06:00	4.89	P	-2.28	2.28	788.77
	13:19:00	2.97	B	1.92	1.92	559.35
	19:22:00	4.6	P	-1.63	1.63	403.14
23-07-2007	1:35:00	2.86	B	1.74	1.74	459.39
	8:19:00	4.83	P	-1.97	1.97	588.86
	14:47:00	3.05	B	1.78	1.78	480.75
	20:49:00	4.42	P	-1.37	1.37	284.79
24-07-2007	2:50:00	2.98	B	1.44	1.44	314.63
	9:33:00	4.94	P	-1.96	1.96	582.90
	16:16:00	2.9	B	2.04	2.04	631.45
	22:13:00	4.47	P	-1.57	1.57	374.01
25-07-2007	4:06:00	2.92	B	1.55	1.55	364.54
	10:36:00	5.19	P	-2.27	2.27	781.87
	17:20:00	2.61	B	2.58	2.58	1010.00
	23:17:00	4.68	P	-2.07	2.07	650.16
26-07-2007	5:06:00	2.72	B	1.96	1.96	582.90
	11:27:00	5.51	P	-2.79	2.79	1181.11
	18:06:00	2.26	B	3.25	3.25	1602.69
	0:05:00	4.95	P	-2.69	2.69	1097.96
27-07-2007	5:54:00	2.45	B	2.5	2.5	948.33
	12:11:00	5.86	P	-3.41	3.41	1764.37
	18:46:00	1.9	B	3.96	3.96	2379.42

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
28-07-2007	0:47:00	5.25	P	-3.35	3.35	1702.83
	6:37:00	2.14	B	3.11	3.11	1467.58
	12:52:00	6.21	P	-4.07	4.07	2513.45
	19:24:00	1.55	B	4.66	4.66	3294.98
29-07-2007	1:26:00	5.55	P	-4	4	2427.74
	7:18:00	1.82	B	3.73	3.73	2111.05
	13:31:00	6.51	P	-4.69	4.69	3337.55
	20:01:00	1.23	B	5.28	5.28	4230.09
30-07-2007	2:04:00	5.83	P	-4.6	4.6	3210.68
	7:59:00	1.53	B	4.3	4.3	2805.55
	14:10:00	6.75	P	-5.22	5.22	4134.50
	20:38:00	0.99	B	5.76	5.76	5034.15
31-07-2007	2:41:00	6.05	P	-5.06	5.06	3884.92
	8:40:00	1.3	B	4.75	4.75	3423.49
	14:50:00	6.87	P	-5.57	5.57	4707.52
	21:15:00	0.85	B	6.02	6.02	5498.88
01-08-2007	3:19:00	6.2	P	-5.35	5.35	4342.99
	9:20:00	1.16	B	5.04	5.04	3854.27
	15:28:00	6.85	P	-5.69	5.69	4912.54
	21:52:00	0.84	B	6.01	6.01	5480.63
02-08-2007	3:56:00	6.27	P	-5.43	5.43	4473.85
	10:01:00	1.15	B	5.12	5.12	3977.60
	16:08:00	6.67	P	-5.52	5.52	4623.38
	22:30:00	0.96	B	5.71	5.71	4947.13
03-08-2007	4:35:00	6.23	P	-5.27	5.27	4214.08
	10:44:00	1.28	B	4.95	4.95	3717.85
	16:49:00	6.34	P	-5.06	5.06	3884.92
	23:08:00	1.21	B	5.13	5.13	3993.16
04-08-2007	5:17:00	6.09	P	-4.88	4.88	3613.44
	11:29:00	1.55	B	4.54	4.54	3127.47
	17:33:00	5.89	P	-4.34	4.34	2857.99
	23:50:00	1.59	B	4.3	4.3	2805.55
05-08-2007	6:05:00	5.86	P	-4.27	4.27	2766.54
	12:22:00	1.93	B	3.93	3.93	2343.51
	18:27:00	5.36	P	-3.43	3.43	1785.13
06-08-2007	0:41:00	2.05	B	3.31	3.31	1662.41
	7:06:00	5.58	P	-3.53	3.53	1890.74
	13:33:00	2.33	B	3.25	3.25	1602.69
	19:42:00	4.86	P	-2.53	2.53	971.23
07-08-2007	1:52:00	2.5	B	2.36	2.36	845.09
	8:29:00	5.38	P	-2.88	2.88	1258.54
	15:15:00	2.52	B	2.86	2.86	1241.12
	21:29:00	4.65	P	-2.13	2.13	688.40

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
08-08-2007	3:35:00	2.7	B	1.95	1.95	576.97
	10:07:00	5.47	P	-2.77	2.77	1164.24
	17:01:00	2.27	B	3.2	3.2	1553.75
	23:13:00	4.91	P	-2.64	2.64	1057.52
09-08-2007	5:11:00	2.47	B	2.44	2.44	903.36
	11:30:00	5.85	P	-3.38	3.38	1733.46
	18:11:00	1.8	B	4.05	4.05	2488.81
	0:20:00	5.39	P	-3.59	3.59	1955.56
10-08-2007	6:15:00	2.03	B	3.36	3.36	1713.01
	12:29:00	6.31	P	-4.28	4.28	2779.52
	19:01:00	1.36	B	4.95	4.95	3717.85
11-08-2007	1:07:00	5.83	P	-4.47	4.47	3031.77
	7:03:00	1.63	B	4.2	4.2	2676.58
	13:14:00	6.68	P	-5.05	5.05	3869.58
	19:41:00	1.06	B	5.62	5.62	4792.41
12-08-2007	1:45:00	6.14	P	-5.08	5.08	3915.70
	7:43:00	1.35	B	4.79	4.79	3481.39
	13:52:00	6.88	P	-5.53	5.53	4640.15
	20:16:00	0.92	B	5.96	5.96	5389.82
13-08-2007	2:19:00	6.29	P	-5.37	5.37	4375.52
	8:19:00	1.24	B	5.05	5.05	3869.58
	14:25:00	6.9	P	-5.66	5.66	4860.87
	20:47:00	0.94	B	5.96	5.96	5389.82
14-08-2007	2:49:00	6.29	P	-5.35	5.35	4342.99
	8:50:00	1.28	B	5.01	5.01	3808.53
	14:55:00	6.76	P	-5.48	5.48	4556.62
	21:15:00	1.08	B	5.68	5.68	4895.29
15-08-2007	3:17:00	6.19	P	-5.11	5.11	3962.08
	9:20:00	1.43	B	4.76	4.76	3437.92
	15:22:00	6.5	P	-5.07	5.07	3900.29
	21:41:00	1.31	B	5.19	5.19	4087.11
16-08-2007	3:44:00	6.01	P	-4.7	4.7	3351.79
	9:48:00	1.66	B	4.35	4.35	2871.18
	15:49:00	6.17	P	-4.51	4.51	3086.27
	22:06:00	1.6	B	4.57	4.57	3168.94

Tabla A-3.8.2

<b>max dif</b>	<b>6.02</b>	<b>m</b>
<b>min dif</b>	<b>1.37</b>	<b>m</b>
<b>Energía</b>	<b>4055812.9</b>	<b>MWh/año</b>
<b>Potencia</b>	<b>886.76</b>	<b>MW</b>
<b>Factor de Planta</b>	<b>52.21%</b>	

Tabla A-3.8.3

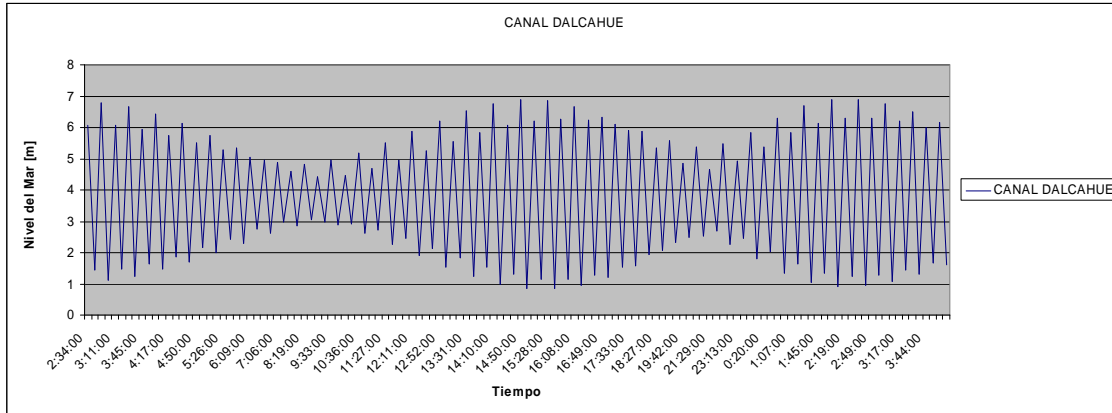


Figura A-3.8.1

### 3.9 Puerto Yelcho

Ubicación      Lat S      43°01'  
                          Lon W      72°46'  
 Área            14160053.2      m<sup>2</sup>  
 $\gamma$               10035.2      Kg/(m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)  
 Tabla A-3.9.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:26:00	6.05	P			
	8:25:00	1.44	B	4.61	4.61	419.43
	14:35:00	6.8	P	-5.36	5.36	567.01
	21:02:00	1.12	B	5.68	5.68	636.73
16-07-2007	3:03:00	6.05	P	-4.93	4.93	479.68
	9:02:00	1.49	B	4.56	4.56	410.38
	15:11:00	6.67	P	-5.18	5.18	529.56
	21:36:00	1.25	B	5.42	5.42	579.77
17-07-2007	3:37:00	5.93	P	-4.68	4.68	432.27
	9:37:00	1.64	B	4.29	4.29	363.22
	15:43:00	6.44	P	-4.8	4.8	454.72
	22:07:00	1.46	B	4.98	4.98	489.46
18-07-2007	4:09:00	5.75	P	-4.29	4.29	363.22
	10:10:00	1.87	B	3.88	3.88	297.11
	16:14:00	6.12	P	-4.25	4.25	356.48
	22:38:00	1.72	B	4.4	4.4	382.09
19-07-2007	4:42:00	5.52	P	-3.8	3.8	284.99
	10:44:00	2.15	B	3.37	3.37	224.14
	16:47:00	5.75	P	-3.6	3.6	255.78
	23:09:00	2	B	3.75	3.75	277.54

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
20-07-2007	5:18:00	5.29	P	-3.29	3.29	213.62
	11:21:00	2.44	B	2.85	2.85	160.31
	17:23:00	5.35	P	-2.91	2.91	167.13
	23:44:00	2.31	B	3.04	3.04	182.39
21-07-2007	6:01:00	5.06	P	-2.75	2.75	149.25
	12:08:00	2.74	B	2.32	2.32	106.23
	18:09:00	4.94	P	-2.2	2.2	95.52
22-07-2007	0:28:00	2.61	B	2.33	2.33	107.14
	6:58:00	4.89	P	-2.28	2.28	102.60
	13:11:00	2.97	B	1.92	1.92	72.75
	19:14:00	4.6	P	-1.63	1.63	52.44
23-07-2007	1:27:00	2.86	B	1.74	1.74	59.75
	8:11:00	4.83	P	-1.97	1.97	76.59
	14:39:00	3.05	B	1.78	1.78	62.53
	20:41:00	4.42	P	-1.37	1.37	37.04
24-07-2007	2:42:00	2.98	B	1.44	1.44	40.92
	9:25:00	4.94	P	-1.96	1.96	75.82
	16:08:00	2.9	B	2.04	2.04	82.13
	22:05:00	4.47	P	-1.57	1.57	48.65
25-07-2007	3:58:00	2.92	B	1.55	1.55	47.42
	10:28:00	5.19	P	-2.27	2.27	101.70
	17:12:00	2.61	B	2.58	2.58	131.37
	23:09:00	4.68	P	-2.07	2.07	84.57
26-07-2007	4:58:00	2.72	B	1.96	1.96	75.82
	11:19:00	5.51	P	-2.79	2.79	153.63
	17:58:00	2.26	B	3.25	3.25	208.46
	23:57:00	4.95	P	-2.69	2.69	142.81
27-07-2007	5:46:00	2.45	B	2.5	2.5	123.35
	12:03:00	5.86	P	-3.41	3.41	229.49
	18:38:00	1.9	B	3.96	3.96	309.49
28-07-2007	0:39:00	5.25	P	-3.35	3.35	221.49
	6:29:00	2.14	B	3.11	3.11	190.89
	12:44:00	6.21	P	-4.07	4.07	326.92
	19:16:00	1.55	B	4.66	4.66	428.58
29-07-2007	1:18:00	5.55	P	-4	4	315.78
	7:10:00	1.82	B	3.73	3.73	274.58
	13:23:00	6.51	P	-4.69	4.69	434.11
	19:53:00	1.23	B	5.28	5.28	550.21
30-07-2007	1:56:00	5.83	P	-4.6	4.6	417.61
	7:51:00	1.53	B	4.3	4.3	364.92
	14:02:00	6.75	P	-5.22	5.22	537.77
	20:30:00	0.99	B	5.76	5.76	654.79
31-07-2007	2:33:00	6.05	P	-5.06	5.06	505.31
	8:32:00	1.3	B	4.75	4.75	445.29
	14:42:00	6.87	P	-5.57	5.57	612.31
	21:07:00	0.85	B	6.02	6.02	715.24
01-08-2007	3:11:00	6.2	P	-5.35	5.35	564.89
	9:12:00	1.16	B	5.04	5.04	501.33
	15:20:00	6.85	P	-5.69	5.69	638.97
	21:44:00	0.84	B	6.01	6.01	712.87



Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
02-08-2007	3:48:00	6.27	P	-5.43	5.43	581.91
	9:53:00	1.15	B	5.12	5.12	517.37
	16:00:00	6.67	P	-5.52	5.52	601.36
	22:22:00	0.96	B	5.71	5.71	643.47
03-08-2007	4:27:00	6.23	P	-5.27	5.27	548.13
	10:36:00	1.28	B	4.95	4.95	483.58
	16:41:00	6.34	P	-5.06	5.06	505.31
	23:00:00	1.21	B	5.13	5.13	519.39
04-08-2007	5:09:00	6.09	P	-4.88	4.88	470.00
	11:21:00	1.55	B	4.54	4.54	406.79
	17:25:00	5.89	P	-4.34	4.34	371.74
	23:42:00	1.59	B	4.3	4.3	364.92
05-08-2007	5:57:00	5.86	P	-4.27	4.27	359.84
	12:14:00	1.93	B	3.93	3.93	304.82
	18:19:00	5.36	P	-3.43	3.43	232.19
06-08-2007	0:33:00	2.05	B	3.31	3.31	216.23
	6:58:00	5.58	P	-3.53	3.53	245.93
	13:25:00	2.33	B	3.25	3.25	208.46
	19:34:00	4.86	P	-2.53	2.53	126.33
07-08-2007	1:44:00	2.5	B	2.36	2.36	109.92
	8:21:00	5.38	P	-2.88	2.88	163.70
	15:07:00	2.52	B	2.86	2.86	161.43
	21:21:00	4.65	P	-2.13	2.13	89.54
08-08-2007	3:27:00	2.7	B	1.95	1.95	75.05
	9:59:00	5.47	P	-2.77	2.77	151.43
	16:53:00	2.27	B	3.2	3.2	202.10
	23:05:00	4.91	P	-2.64	2.64	137.55
09-08-2007	5:03:00	2.47	B	2.44	2.44	117.50
	11:22:00	5.85	P	-3.38	3.38	225.47
	18:03:00	1.8	B	4.05	4.05	323.72
	0:12:00	5.39	P	-3.59	3.59	254.36
10-08-2007	6:07:00	2.03	B	3.36	3.36	222.81
	12:21:00	6.31	P	-4.28	4.28	361.53
	18:53:00	1.36	B	4.95	4.95	483.58
11-08-2007	0:59:00	5.83	P	-4.47	4.47	394.34
	6:55:00	1.63	B	4.2	4.2	348.14
	13:06:00	6.68	P	-5.05	5.05	503.32
	19:33:00	1.06	B	5.62	5.62	623.35
12-08-2007	1:37:00	6.14	P	-5.08	5.08	509.31
	7:35:00	1.35	B	4.79	4.79	452.82
	13:44:00	6.88	P	-5.53	5.53	603.54
	20:08:00	0.92	B	5.96	5.96	701.05
13-08-2007	2:11:00	6.29	P	-5.37	5.37	569.12
	8:11:00	1.24	B	5.05	5.05	503.32
	14:17:00	6.9	P	-5.66	5.66	632.25
	20:39:00	0.94	B	5.96	5.96	701.05
14-08-2007	2:41:00	6.29	P	-5.35	5.35	564.89
	8:42:00	1.28	B	5.01	5.01	495.37
	14:47:00	6.76	P	-5.48	5.48	592.68
	21:07:00	1.08	B	5.68	5.68	636.73

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-08-2007	3:09:00	6.19	P	-5.11	5.11	515.35
	9:12:00	1.43	B	4.76	4.76	447.17
	15:14:00	6.5	P	-5.07	5.07	507.31
	21:33:00	1.31	B	5.19	5.19	531.61
16-08-2007	3:36:00	6.01	P	-4.7	4.7	435.97
	9:40:00	1.66	B	4.35	4.35	373.45
	15:41:00	6.17	P	-4.51	4.51	401.43
	21:58:00	1.6	B	4.57	4.57	412.18

Tabla A-3.9.2

max dif	6.02	m
min dif	1.37	m
Energía	527539.307	MWh/año
Potencia	115.34	MW
Factor de Planta	52.21%	

Tabla A-3.9.3

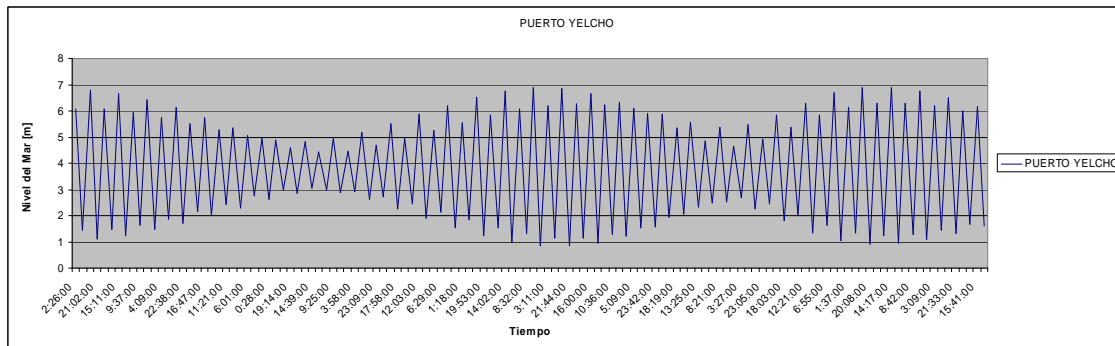


Figura A-3.9.1

### 3.10 Puerto Quellón

Ubicación	Lat S	43°07'
	Lon W	73°37'
Área	30489168.2	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.10.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	1:11:00	4.83	P			
	7:10:00	0.43	B	4.4	4.4	822.71
	13:20:00	5.58	P	-5.15	5.15	1127.08
	19:47:00	0.11	B	5.47	5.47	1271.49
16-07-2007	1:48:00	4.83	P	-4.72	4.72	946.72
	7:47:00	0.48	B	4.35	4.35	804.11
	13:56:00	5.45	P	-4.97	4.97	1049.67
	20:21:00	0.24	B	5.21	5.21	1153.49
17-07-2007	2:22:00	4.71	P	-4.47	4.47	849.09
	8:22:00	0.63	B	4.08	4.08	707.39
	14:28:00	5.22	P	-4.59	4.59	895.29
	20:52:00	0.45	B	4.77	4.77	966.89
18-07-2007	2:54:00	4.53	P	-4.08	4.08	707.39
	8:55:00	0.86	B	3.67	3.67	572.36
	14:59:00	4.9	P	-4.04	4.04	693.59
	21:23:00	0.71	B	4.19	4.19	746.05
19-07-2007	3:27:00	4.3	P	-3.59	3.59	547.68
	9:29:00	1.14	B	3.16	3.16	424.34
	15:32:00	4.53	P	-3.39	3.39	488.36
	21:54:00	0.99	B	3.54	3.54	532.53
20-07-2007	4:03:00	4.07	P	-3.08	3.08	403.13
	10:06:00	1.43	B	2.64	2.64	296.17
	16:08:00	4.13	P	-2.7	2.7	309.79
	22:29:00	1.3	B	2.83	2.83	340.34
21-07-2007	4:46:00	3.84	P	-2.54	2.54	274.16
	10:53:00	1.73	B	2.11	2.11	189.19
	16:54:00	3.72	P	-1.99	1.99	168.28
	23:13:00	1.6	B	2.12	2.12	190.99
22-07-2007	5:43:00	3.67	P	-2.07	2.07	182.09
	11:56:00	1.96	B	1.71	1.71	124.26
	17:59:00	3.38	P	-1.42	1.42	85.69
23-07-2007	0:12:00	1.85	B	1.53	1.53	99.48
	6:56:00	3.61	P	-1.76	1.76	131.63
	13:24:00	2.04	B	1.57	1.57	104.75
	19:26:00	3.2	P	-1.16	1.16	57.18
24-07-2007	1:27:00	1.97	B	1.23	1.23	64.29
	8:10:00	3.72	P	-1.75	1.75	130.14
	14:53:00	1.89	B	1.83	1.83	142.31
	20:50:00	3.25	P	-1.36	1.36	78.60
25-07-2007	2:43:00	1.91	B	1.34	1.34	76.30
	9:13:00	3.97	P	-2.06	2.06	180.33
	15:57:00	1.6	B	2.37	2.37	238.69
	21:54:00	3.46	P	-1.86	1.86	147.02
26-07-2007	3:43:00	1.71	B	1.75	1.75	130.14
	10:04:00	4.29	P	-2.58	2.58	282.86
	16:43:00	1.25	B	3.04	3.04	392.72
	22:42:00	3.73	P	-2.48	2.48	261.36
27-07-2007	4:31:00	1.44	B	2.29	2.29	222.85
	10:48:00	4.64	P	-3.2	3.2	435.15
	17:23:00	0.89	B	3.75	3.75	597.59
	23:24:00	4.03	P	-3.14	3.14	418.98

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
28-07-2007	5:14:00	1.13	B	2.9	2.9	357.38
	11:29:00	4.99	P	-3.86	3.86	633.16
	18:01:00	0.54	B	4.45	4.45	841.51
29-07-2007	0:03:00	4.33	P	-3.79	3.79	610.40
	5:55:00	0.81	B	3.52	3.52	526.53
	12:08:00	5.29	P	-4.48	4.48	852.89
	18:38:00	0.22	B	5.07	5.07	1092.33
30-07-2007	0:41:00	4.61	P	-4.39	4.39	818.97
	6:36:00	0.52	B	4.09	4.09	710.86
	12:47:00	5.53	P	-5.01	5.01	1066.63
	19:15:00	-0.02	B	5.55	5.55	1308.96
31-07-2007	1:18:00	4.83	P	-4.85	4.85	999.59
	7:17:00	0.29	B	4.54	4.54	875.89
	13:27:00	5.65	P	-5.36	5.36	1220.87
	19:52:00	-0.16	B	5.81	5.81	1434.47
01-08-2007	1:56:00	4.98	P	-5.14	5.14	1122.70
	7:57:00	0.15	B	4.83	4.83	991.36
	14:05:00	5.63	P	-5.48	5.48	1276.15
	20:29:00	-0.17	B	5.8	5.8	1429.54
02-08-2007	2:33:00	5.05	P	-5.22	5.22	1157.92
	8:38:00	0.14	B	4.91	4.91	1024.48
	14:45:00	5.45	P	-5.31	5.31	1198.20
	21:07:00	-0.05	B	5.5	5.5	1285.48
03-08-2007	3:12:00	5.01	P	-5.06	5.06	1088.03
	9:21:00	0.27	B	4.74	4.74	954.76
	15:26:00	5.12	P	-4.85	4.85	999.59
	21:45:00	0.2	B	4.92	4.92	1028.65
04-08-2007	3:54:00	4.87	P	-4.67	4.67	926.77
	10:06:00	0.54	B	4.33	4.33	796.74
	16:10:00	4.67	P	-4.13	4.13	724.84
	22:27:00	0.58	B	4.09	4.09	710.86
05-08-2007	4:42:00	4.64	P	-4.06	4.06	700.47
	10:59:00	0.92	B	3.72	3.72	588.06
	17:04:00	4.14	P	-3.22	3.22	440.61
	23:18:00	1.04	B	3.1	3.1	408.38
06-08-2007	5:43:00	4.36	P	-3.32	3.32	468.40
	12:10:00	1.32	B	3.04	3.04	392.72
	18:19:00	3.64	P	-2.32	2.32	228.73
07-08-2007	0:29:00	1.49	B	2.15	2.15	196.43
	7:06:00	4.16	P	-2.67	2.67	302.94
	13:52:00	1.51	B	2.65	2.65	298.42
	20:06:00	3.43	P	-1.92	1.92	156.65
08-08-2007	2:12:00	1.69	B	1.74	1.74	128.66
	8:44:00	4.25	P	-2.56	2.56	278.50
	15:38:00	1.26	B	2.99	2.99	379.91
	21:50:00	3.69	P	-2.43	2.43	250.93

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
09-08-2007	3:48:00	1.46	B	2.23	2.23	211.32
	10:07:00	4.63	P	-3.17	3.17	427.03
	16:48:00	0.79	B	3.84	3.84	626.62
	22:57:00	4.17	P	-3.38	3.38	485.48
10-08-2007	4:52:00	1.02	B	3.15	3.15	421.66
	11:06:00	5.09	P	-4.07	4.07	703.93
	17:38:00	0.35	B	4.74	4.74	954.76
	23:44:00	4.61	P	-4.26	4.26	771.18
11-08-2007	5:40:00	0.62	B	3.99	3.99	676.53
	11:51:00	5.46	P	-4.84	4.84	995.47
	18:18:00	0.05	B	5.41	5.41	1243.75
12-08-2007	0:22:00	4.92	P	-4.87	4.87	1007.85
	6:20:00	0.34	B	4.58	4.58	891.39
	12:29:00	5.66	P	-5.32	5.32	1202.71
	18:53:00	-0.09	B	5.75	5.75	1405.00
13-08-2007	0:56:00	5.07	P	-5.16	5.16	1131.46
	6:56:00	0.23	B	4.84	4.84	995.47
	13:02:00	5.68	P	-5.45	5.45	1262.21
	19:24:00	-0.07	B	5.75	5.75	1405.00
04-08-2007	1:26:00	5.07	P	-5.14	5.14	1122.70
	7:27:00	0.27	B	4.8	4.8	979.09
	13:32:00	5.54	P	-5.27	5.27	1180.21
	19:52:00	0.07	B	5.47	5.47	1271.49
15-08-2007	1:54:00	4.97	P	-4.9	4.9	1020.31
	7:57:00	0.42	B	4.55	4.55	879.76
	13:59:00	5.28	P	-4.86	4.86	1003.72
	20:18:00	0.3	B	4.98	4.98	1053.90
16-08-2007	2:21:00	4.79	P	-4.49	4.49	856.71
	8:25:00	0.65	B	4.14	4.14	728.35
	14:26:00	4.95	P	-4.3	4.3	785.73
	20:43:00	0.59	B	4.36	4.36	807.82

Tabla A-3.10.2

max dif	5.81	m
min dif	1.16	m
Energía	1030292.03	MWh/año
Potencia	231.32	MW
Factor de Planta	50.84%	

Tabla A-3.10.3

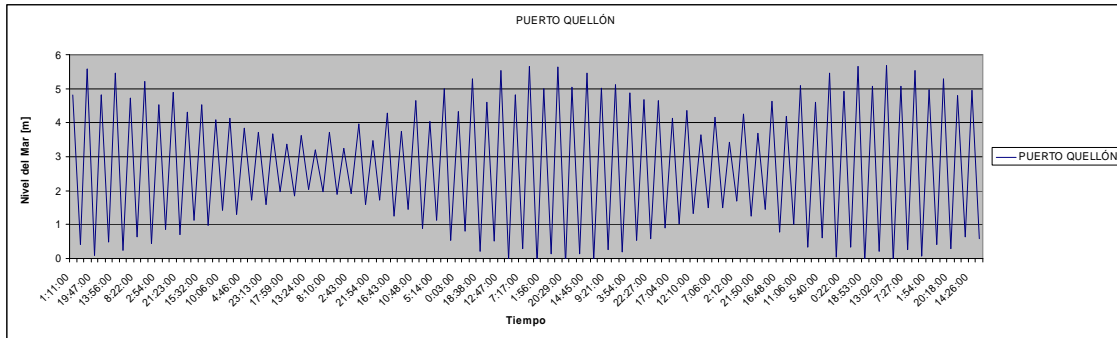


Figura A-3.10.1

### 3.11 Puerto Montt

Ubicación	Lat S	41°29'
	Lon W	72°58'
Área	2325440.01	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.11.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	2:07:00	6.05	P			
	8:06:00	1.44	B	4.61	4.61	68.88
	14:16:00	6.8	P	-5.36	5.36	93.12
	20:43:00	1.12	B	5.68	5.68	104.57
16-07-2007	2:44:00	6.05	P	-4.93	4.93	78.78
	8:43:00	1.49	B	4.56	4.56	67.40
	14:52:00	6.67	P	-5.18	5.18	86.97
	21:17:00	1.25	B	5.42	5.42	95.21
17-07-2007	3:18:00	5.93	P	-4.68	4.68	70.99
	9:18:00	1.64	B	4.29	4.29	59.65
	15:24:00	6.44	P	-4.8	4.8	74.68
	21:48:00	1.46	B	4.98	4.98	80.38
18-07-2007	3:50:00	5.75	P	-4.29	4.29	59.65
	9:51:00	1.87	B	3.88	3.88	48.79
	15:55:00	6.12	P	-4.25	4.25	58.54
	22:19:00	1.72	B	4.4	4.4	62.75
19-07-2007	4:23:00	5.52	P	-3.8	3.8	46.80
	10:25:00	2.15	B	3.37	3.37	36.81
	16:28:00	5.75	P	-3.6	3.6	42.01
	22:50:00	2	B	3.75	3.75	45.58

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
20-07-2007	4:59:00	5.29	P	-3.29	3.29	35.08
	11:02:00	2.44	B	2.85	2.85	26.33
	17:04:00	5.35	P	-2.91	2.91	27.45
	23:25:00	2.31	B	3.04	3.04	29.95
21-07-2007	5:42:00	5.06	P	-2.75	2.75	24.51
	11:49:00	2.74	B	2.32	2.32	17.45
	17:50:00	4.94	P	-2.2	2.2	15.69
22-07-2007	0:09:00	2.61	B	2.33	2.33	17.60
	6:39:00	4.89	P	-2.28	2.28	16.85
	12:52:00	2.97	B	1.92	1.92	11.95
	18:55:00	4.6	P	-1.63	1.63	8.61
23-07-2007	1:08:00	2.86	B	1.74	1.74	9.81
	7:52:00	4.83	P	-1.97	1.97	12.58
	14:20:00	3.05	B	1.78	1.78	10.27
	20:22:00	4.42	P	-1.37	1.37	6.08
24-07-2007	2:23:00	2.98	B	1.44	1.44	6.72
	9:06:00	4.94	P	-1.96	1.96	12.45
	15:49:00	2.9	B	2.04	2.04	13.49
	21:46:00	4.47	P	-1.57	1.57	7.99
25-07-2007	3:39:00	2.92	B	1.55	1.55	7.79
	10:09:00	5.19	P	-2.27	2.27	16.70
	16:53:00	2.61	B	2.58	2.58	21.57
	22:50:00	4.68	P	-2.07	2.07	13.89
26-07-2007	4:39:00	2.72	B	1.96	1.96	12.45
	11:00:00	5.51	P	-2.79	2.79	25.23
	17:39:00	2.26	B	3.25	3.25	34.23
	23:38:00	4.95	P	-2.69	2.69	23.45
27-07-2007	5:27:00	2.45	B	2.5	2.5	20.26
	11:44:00	5.86	P	-3.41	3.41	37.69
	18:19:00	1.9	B	3.96	3.96	50.83
28-07-2007	0:20:00	5.25	P	-3.35	3.35	36.37
	6:10:00	2.14	B	3.11	3.11	31.35
	12:25:00	6.21	P	-4.07	4.07	53.69
	18:57:00	1.55	B	4.66	4.66	70.38
29-07-2007	0:59:00	5.55	P	-4	4	51.86
	6:51:00	1.82	B	3.73	3.73	45.09
	13:04:00	6.51	P	-4.69	4.69	71.29
	19:34:00	1.23	B	5.28	5.28	90.36
30-07-2007	1:37:00	5.83	P	-4.6	4.6	68.58
	7:32:00	1.53	B	4.3	4.3	59.93
	13:43:00	6.75	P	-5.22	5.22	88.32
	20:11:00	0.99	B	5.76	5.76	107.53
31-07-2007	2:14:00	6.05	P	-5.06	5.06	82.99
	8:13:00	1.3	B	4.75	4.75	73.13
	14:23:00	6.87	P	-5.57	5.57	100.56
	20:48:00	0.85	B	6.02	6.02	117.46
01-08-2007	2:52:00	6.2	P	-5.35	5.35	92.77
	8:53:00	1.16	B	5.04	5.04	82.33
	15:01:00	6.85	P	-5.69	5.69	104.94
	21:25:00	0.84	B	6.01	6.01	117.07

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
02-08-2007	3:29:00	6.27	P	-5.43	5.43	95.56
	9:34:00	1.15	B	5.12	5.12	84.96
	15:41:00	6.67	P	-5.52	5.52	98.76
	22:03:00	0.96	B	5.71	5.71	105.67
03-08-2007	4:08:00	6.23	P	-5.27	5.27	90.02
	10:17:00	1.28	B	4.95	4.95	79.42
	16:22:00	6.34	P	-5.06	5.06	82.99
	22:41:00	1.21	B	5.13	5.13	85.30
04-08-2007	4:50:00	6.09	P	-4.88	4.88	77.19
	11:02:00	1.55	B	4.54	4.54	66.81
	17:06:00	5.89	P	-4.34	4.34	61.05
	23:23:00	1.59	B	4.3	4.3	59.93
05-08-2007	5:38:00	5.86	P	-4.27	4.27	59.10
	11:55:00	1.93	B	3.93	3.93	50.06
	18:00:00	5.36	P	-3.43	3.43	38.13
06-08-2007	0:14:00	2.05	B	3.31	3.31	35.51
	6:39:00	5.58	P	-3.53	3.53	40.39
	13:06:00	2.33	B	3.25	3.25	34.23
	19:15:00	4.86	P	-2.53	2.53	20.75
07-08-2007	1:25:00	2.5	B	2.36	2.36	18.05
	8:02:00	5.38	P	-2.88	2.88	26.88
	14:48:00	2.52	B	2.86	2.86	26.51
	21:02:00	4.65	P	-2.13	2.13	14.70
08-08-2007	3:08:00	2.7	B	1.95	1.95	12.32
	9:40:00	5.47	P	-2.77	2.77	24.87
	16:34:00	2.27	B	3.2	3.2	33.19
	22:46:00	4.91	P	-2.64	2.64	22.59
09-08-2007	4:44:00	2.47	B	2.44	2.44	19.30
	11:03:00	5.85	P	-3.38	3.38	37.03
	17:44:00	1.8	B	4.05	4.05	53.16
	23:53:00	5.39	P	-3.59	3.59	41.77
10-08-2007	5:48:00	2.03	B	3.36	3.36	36.59
	12:02:00	6.31	P	-4.28	4.28	59.37
	18:34:00	1.36	B	4.95	4.95	79.42
11-08-2007	0:40:00	5.83	P	-4.47	4.47	64.76
	6:36:00	1.63	B	4.2	4.2	57.17
	12:47:00	6.68	P	-5.05	5.05	82.66
	19:14:00	1.06	B	5.62	5.62	102.37
12-08-2007	1:18:00	6.14	P	-5.08	5.08	83.64
	7:16:00	1.35	B	4.79	4.79	74.37
	13:25:00	6.88	P	-5.53	5.53	99.12
	19:49:00	0.92	B	5.96	5.96	115.13
13-08-2007	1:52:00	6.29	P	-5.37	5.37	93.46
	7:52:00	1.24	B	5.05	5.05	82.66
	13:58:00	6.9	P	-5.66	5.66	103.83
	20:20:00	0.94	B	5.96	5.96	115.13



Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
14-08-2007	2:22:00	6.29	P	-5.35	5.35	92.77
	8:23:00	1.28	B	5.01	5.01	81.35
	14:28:00	6.76	P	-5.48	5.48	97.33
	20:48:00	1.08	B	5.68	5.68	104.57
15-08-2007	2:50:00	6.19	P	-5.11	5.11	84.63
	8:53:00	1.43	B	4.76	4.76	73.44
	14:55:00	6.5	P	-5.07	5.07	83.31
	21:14:00	1.31	B	5.19	5.19	87.30
16-08-2007	3:17:00	6.01	P	-4.7	4.7	71.60
	9:21:00	1.66	B	4.35	4.35	61.33
	15:22:00	6.17	P	-4.51	4.51	65.93
	21:39:00	1.6	B	4.57	4.57	67.69

Tabla A-3.11.2

max dif	6.02	m
min dif	1.37	m
Energía	86,635.34	MWh/año
Potencia	18.94	MW
Factor de Planta	52.21%	

Tabla A-3.11.3

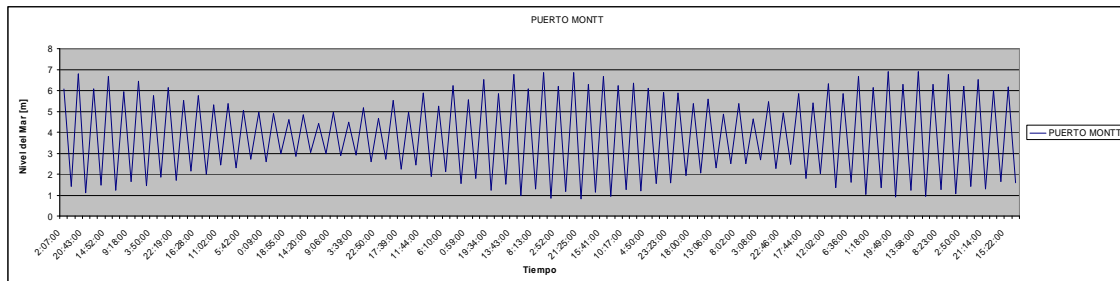


Figura A-3.11.1

### 3.12 Castro

Ubicación	Lat S	42°29'
	Lon W	73°46'
Área	38086476.6	m <sup>2</sup>
$\gamma$	10035.2	Kg/(m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )

Tabla A-3.12.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
<b>15-07-2007</b>	2:04:00	5.33	<b>P</b>			
	8:03:00	1.14	<b>B</b>	-4.19	4.19	931.95
	14:13:00	6.08	<b>P</b>	4.94	4.94	1295.44
	20:40:00	0.82	<b>B</b>	-5.26	5.26	1468.71
<b>16-07-2007</b>	2:41:00	5.33	<b>P</b>	4.51	4.51	1079.74
	8:40:00	1.19	<b>B</b>	-4.14	4.14	909.84
	14:49:00	5.95	<b>P</b>	4.76	4.76	1202.76
	21:14:00	0.95	<b>B</b>	-5	5	1327.10
<b>17-07-2007</b>	3:15:00	5.21	<b>P</b>	4.26	4.26	963.35
	9:15:00	1.34	<b>B</b>	-3.87	3.87	795.04
	15:21:00	5.72	<b>P</b>	4.38	4.38	1018.39
	21:45:00	1.16	<b>B</b>	-4.56	4.56	1103.81
<b>18-01-2007</b>	3:47:00	5.03	<b>P</b>	3.87	3.87	795.04
	9:48:00	1.57	<b>B</b>	-3.46	3.46	635.50
	15:52:00	5.4	<b>P</b>	3.83	3.83	778.69
	22:16:00	1.42	<b>B</b>	-3.98	3.98	840.87
<b>19-07-2007</b>	4:20:00	4.8	<b>P</b>	3.38	3.38	606.45
	10:22:00	1.85	<b>B</b>	-2.95	2.95	461.96
	16:25:00	5.03	<b>P</b>	3.18	3.18	536.81
	22:47:00	1.7	<b>B</b>	-3.33	3.33	588.64
<b>20-07-2007</b>	4:56:00	4.57	<b>P</b>	2.87	2.87	437.25
	10:59:00	2.14	<b>B</b>	-2.43	2.43	313.46
	17:01:00	4.63	<b>P</b>	2.49	2.49	329.13
	23:22:00	1.59	<b>B</b>	-3.04	3.04	490.58
<b>21-07-2007</b>	5:39:00	4.76	<b>B</b>	3.17	3.17	533.44
	11:46:00	2.02	<b>P</b>	-2.74	2.74	398.53
	17:47:00	4.64	<b>B</b>	2.62	2.62	364.39
	0:06:00	1.89	<b>P</b>	-2.75	2.75	401.45
<b>22-07-2007</b>	6:36:00	4.59	<b>B</b>	2.7	2.7	386.98
	12:49:00	2.25	<b>P</b>	-2.34	2.34	290.67
	18:52:00	4.3	<b>B</b>	2.05	2.05	223.09
	1:05:00	2.14	<b>P</b>	-2.16	2.16	247.67
<b>23-07-2007</b>	7:49:00	4.53	<b>B</b>	2.39	2.39	303.22
	14:17:00	2.33	<b>P</b>	-2.2	2.2	256.93
	20:19:00	4.12	<b>B</b>	1.79	1.79	170.09
	2:20:00	2.26	<b>P</b>	-1.86	1.86	183.65
<b>24-07-2007</b>	9:03:00	4.64	<b>B</b>	2.38	2.38	300.69
	15:46:00	2.18	<b>P</b>	-2.46	2.46	321.24
	21:43:00	4.17	<b>B</b>	1.99	1.99	210.22
	3:36:00	2.2	<b>P</b>	-1.97	1.97	206.01
<b>25-07-2007</b>	10:06:00	4.89	<b>B</b>	2.69	2.69	384.12
	16:50:00	1.89	<b>P</b>	-3	3	477.76
	22:47:00	4.38	<b>B</b>	2.49	2.49	329.13
	4:36:00	2	<b>P</b>	-2.38	2.38	300.69
<b>26-07-2007</b>	10:57:00	5.21	<b>B</b>	3.21	3.21	546.98
	17:36:00	1.54	<b>P</b>	-3.67	3.67	714.98
	23:35:00	4.23	<b>B</b>	2.69	2.69	384.12

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
<b>27-07-2007</b>	5:24:00	2.15	P	-2.08	2.08	229.66
	11:41:00	5.14	P	2.99	2.99	474.58
	18:16:00	1.6	B	-3.54	3.54	665.23
<b>28-07-2007</b>	0:17:00	4.53	P	2.93	2.93	455.72
	6:07:00	1.84	B	-2.69	2.69	384.12
	12:22:00	5.49	P	3.65	3.65	707.21
	18:54:00	1.25	B	-4.24	4.24	954.32
<b>29-07-2007</b>	0:56:00	4.83	P	3.58	3.58	680.35
	6:48:00	1.52	B	-3.31	3.31	581.59
	13:01:00	5.79	P	4.27	4.27	967.88
	19:31:00	0.93	B	-4.86	4.86	1253.82
<b>30-07-2007</b>	1:34:00	5.11	P	4.18	4.18	927.51
	7:29:00	1.23	B	-3.88	3.88	799.15
	13:40:00	6.03	P	4.8	4.8	1223.06
	20:08:00	0.69	B	-5.34	5.34	1513.72
<b>31-07-2007</b>	2:11:00	5.33	P	4.64	4.64	1142.88
	8:10:00	1	B	-4.33	4.33	995.27
	14:20:00	6.15	P	5.15	5.15	1407.92
	20:45:00	0.55	B	-5.6	5.6	1664.72
<b>01-08-2007</b>	2:49:00	5.48	P	4.93	4.93	1290.20
	8:50:00	0.86	B	-4.62	4.62	1133.05
	14:58:00	6.13	P	5.27	5.27	1474.30
	21:22:00	0.12	B	-6.01	6.01	1917.40
<b>02-08-2007</b>	3:26:00	5.97	P	5.85	5.85	1816.67
	9:31:00	0.43	B	-5.54	5.54	1629.24
	15:38:00	6.37	P	5.94	5.94	1873.00
	22:00:00	0.24	B	-6.13	6.13	1994.74
<b>03-08-2007</b>	4:05:00	5.93	P	5.69	5.69	1718.66
	10:14:00	0.56	B	-5.37	5.37	1530.78
	16:19:00	6.04	P	5.48	5.48	1594.14
	22:38:00	0.49	B	-5.55	5.55	1635.12
<b>04-08-2007</b>	4:47:00	5.79	P	5.3	5.3	1491.13
	10:59:00	0.83	B	-4.96	4.96	1305.95
	17:03:00	5.59	P	4.76	4.76	1202.76
	23:20:00	0.87	B	-4.72	4.72	1182.63
<b>05-08-2007</b>	5:35:00	5.56	P	4.69	4.69	1167.64
	11:52:00	1.21	B	-4.35	4.35	1004.48
	17:57:00	5.06	B	3.85	3.85	786.84
<b>06-08-2007</b>	0:11:00	1.33	P	-3.73	3.73	738.55
	6:36:00	5.28	B	3.95	3.95	828.24
	13:03:00	1.61	P	-3.67	3.67	714.98
	19:12:00	4.56	B	2.95	2.95	461.96
<b>07-08-2007</b>	1:22:00	1.78	P	-2.78	2.78	410.26
	7:59:00	5.08	B	3.3	3.3	578.09
	14:45:00	1.8	P	-3.28	3.28	571.10
	20:59:00	3.93	B	2.13	2.13	240.84
<b>08-08-2007</b>	3:05:00	2.4	P	-1.53	1.53	124.26
	9:37:00	4.75	B	2.35	2.35	293.16
	16:31:00	1.97	P	-2.78	2.78	410.26
	22:43:00	4.19	B	2.22	2.22	261.62

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
<b>09-08-2007</b>	4:41:00	2.17	<b>P</b>	-2.02	2.02	216.60
	11:00:00	5.13	<b>B</b>	2.96	2.96	465.10
	17:41:00	1.5	<b>B</b>	-3.63	3.63	699.48
	23:50:00	4.67	<b>P</b>	3.17	3.17	533.44
<b>10-08-2007</b>	5:45:00	1.73	<b>B</b>	-2.94	2.94	458.84
	11:59:00	5.59	<b>B</b>	3.86	3.86	790.93
	18:31:00	1.06	<b>P</b>	-4.53	4.53	1089.33
<b>11-08-2007</b>	0:37:00	5.11	<b>B</b>	4.05	4.05	870.71
	6:33:00	1.33	<b>P</b>	-3.78	3.78	758.49
	12:44:00	5.96	<b>B</b>	4.63	4.63	1137.96
	19:11:00	0.76	<b>P</b>	-5.2	5.2	1435.39
<b>12-08-2007</b>	1:15:00	5.42	<b>B</b>	4.66	4.66	1152.75
	7:13:00	1.05	<b>P</b>	-4.37	4.37	1013.74
	13:22:00	6.16	<b>B</b>	5.11	5.11	1386.14
	19:46:00	0.62	<b>P</b>	-5.54	5.54	1629.24
<b>13-08-2007</b>	1:49:00	5.57	<b>B</b>	4.95	4.95	1300.69
	7:49:00	0.94	<b>P</b>	-4.63	4.63	1137.96
	13:55:00	6.18	<b>B</b>	5.24	5.24	1457.56
	20:17:00	0.22	<b>P</b>	-5.96	5.96	1885.63
<b>14-08-2007</b>	2:19:00	5.99	<b>B</b>	5.77	5.77	1767.32
	8:20:00	0.56	<b>P</b>	-5.43	5.43	1565.18
	14:25:00	6.46	<b>B</b>	5.9	5.9	1847.86
	20:45:00	0.36	<b>P</b>	-6.1	6.1	1975.26
<b>15-08-2007</b>	2:47:00	5.89	<b>B</b>	5.53	5.53	1623.36
	8:50:00	0.71	<b>P</b>	-5.18	5.18	1424.37
	14:52:00	6.2	<b>B</b>	5.49	5.49	1599.96
	21:11:00	0.59	<b>P</b>	-5.61	5.61	1670.67
<b>16-08-2007</b>	3:14:00	5.71	<b>B</b>	5.12	5.12	1391.57
	9:18:00	0.94	<b>P</b>	-4.77	4.77	1207.82
	15:19:00	5.87	<b>B</b>	4.93	4.93	1290.20
	21:36:00	0.88	<b>P</b>	-4.99	4.99	1321.80

Tabla A-3.12.2

<b>max dif</b>	<b>5.94</b>	<b>m</b>
<b>min dif</b>	<b>1.53</b>	<b>m</b>
<b>Energía</b>	<b>1,384,351.88</b>	<b>MWh/año</b>
<b>Potencia</b>	<b>302.08</b>	<b>MW</b>
<b>Factor de Planta</b>	<b>52.31%</b>	

Tabla A-3.12.3

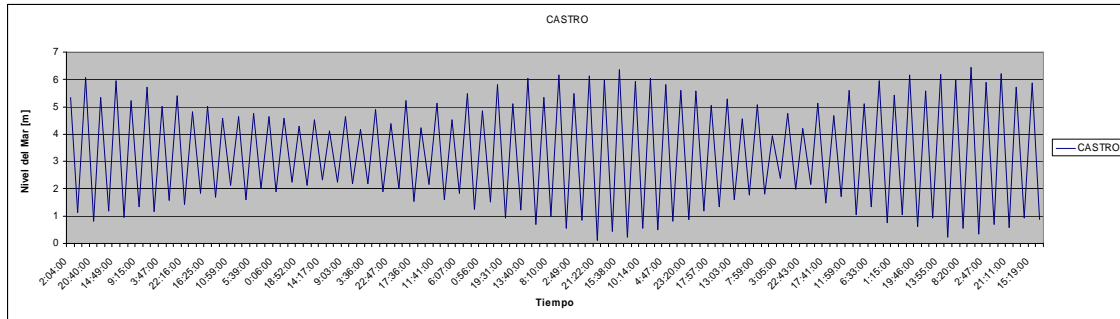


Figura A-3.12.1

### 3.13 Estrecho de Magallanes

Ubicación      Lat S      52°28'  
                          Lon W      69°32'  
 Área            5672163894      m<sup>2</sup>  
 γ                 10035.2      Kg/(m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)

Tabla A-3.13.1

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]	Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-07-2007	4:13:00	0.52	B		
	9:33:00	8.29	P	7.77	477292.21
	16:39:00	1.97	B	-6.32	315774.07
	21:19:00	8.44	P	6.47	330941.22
16-07-2007	4:57:00	0.87	B	-7.57	453037.41
	10:06:00	8.39	P	7.52	447072.53
	17:18:00	2.07	B	-6.32	315774.07
	21:56:00	8.55	P	6.48	331965.02
17-07-2007	5:37:00	1.16	B	-7.39	431748.84
	10:44:00	8.55	P	7.39	431748.84
	17:53:00	2.11	B	-6.44	327879.33
	22:40:00	8.5	P	6.39	322807.80
18-07-2007	6:18:00	1.42	B	-7.08	396286.08
	11:30:00	8.54	P	7.12	400776.54
	18:32:00	2.19	B	-6.35	318779.04
	23:31:00	8.16	P	5.97	281767.55
19-07-2007	7:02:00	1.78	B	-6.38	321798.24
	12:22:00	8.24	P	6.46	329919.01
	19:17:00	2.45	B	-5.79	265032.68
20-07-2007	0:30:00	7.56	P	5.11	206435.37
	7:49:00	2.32	B	-5.24	217072.54
	13:16:00	7.7	P	5.38	228826.78
	20:06:00	2.86	B	-4.84	185196.61

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
21-07-2007	1:38:00	6.93	P	4.07	4.07	130957.73
	8:30:00	2.96	B	-3.97	3.97	124601.51
	14:05:00	7.12	P	4.16	4.16	136813.50
	20:51:00	3.24	B	-3.88	3.88	119016.11
22-07-2007	2:44:00	6.52	P	3.28	3.28	85053.07
	8:58:00	3.48	B	-3.04	3.04	73061.65
	14:46:00	6.73	P	3.25	3.25	83504.34
	21:25:00	3.38	B	-3.35	3.35	88722.12
23-07-2007	3:34:00	6.42	P	3.04	3.04	73061.65
	9:24:00	3.7	B	-2.72	2.72	58489.80
	15:24:00	6.64	P	2.94	2.94	68334.02
	22:03:00	3.2	B	-3.44	3.44	93553.32
24-07-2007	4:19:00	6.62	P	3.42	3.42	92468.65
	10:03:00	3.66	B	-2.96	2.96	69266.90
	16:12:00	6.77	P	3.11	3.11	76465.07
	22:56:00	2.8	B	-3.97	3.97	124601.51
25-07-2007	5:08:00	6.98	P	4.18	4.18	138132.18
	10:57:00	3.53	B	-3.45	3.45	94098.02
	17:13:00	6.97	P	3.44	3.44	93553.32
	23:55:00	2.37	B	-4.6	4.6	167285.37
26-07-2007	6:01:00	7.31	P	4.94	4.94	192928.42
	12:01:00	3.42	B	-3.89	3.89	119630.39
	18:15:00	7.15	P	3.73	3.73	109991.71
27-07-2007	0:52:00	2.05	B	-5.1	5.1	205628.19
	6:53:00	7.48	P	5.43	5.43	233099.83
	13:07:00	3.38	B	-4.1	4.1	132895.42
	19:04:00	7.25	P	3.87	3.87	118403.42
28-07-2007	1:43:00	1.92	B	-5.33	5.33	224593.26
	7:37:00	7.51	P	5.59	5.59	247039.23
	14:03:00	3.35	B	-4.16	4.16	136813.50
	19:33:00	7.34	P	3.99	3.99	125860.11
29-07-2007	2:25:00	1.88	B	-5.46	5.46	235682.64
	8:06:00	7.58	P	5.7	5.7	256857.36
	14:47:00	3.23	B	-4.35	4.35	149596.29
	19:51:00	7.68	P	4.45	4.45	156553.34
30-07-2007	3:00:00	1.74	B	-5.94	5.94	278942.83
	8:28:00	7.92	P	6.18	6.18	301939.03
	15:23:00	2.85	B	-5.07	5.07	203216.15
	20:24:00	8.28	P	5.43	5.43	233099.83
31-07-2007	3:39:00	1.4	B	-6.88	6.88	374213.27
	9:07:00	8.48	P	7.08	7.08	396286.08
	16:07:00	2.26	B	-6.22	6.22	305860.28
	21:10:00	8.84	P	6.58	6.58	342289.91
01-08-2007	4:32:00	1	B	-7.84	7.84	485930.81
	9:58:00	8.98	P	7.98	7.98	503440.43
	17:01:00	1.66	B	-7.32	7.32	423608.31
	22:06:00	9.1	P	7.44	7.44	437610.95

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
02-08-2007	5:33:00	0.75	B	-8.35	8.35	551207.68
	10:56:00	9.2	P	8.45	8.45	564489.31
	17:59:00	1.29	B	-7.91	7.91	494646.88
	23:08:00	8.95	P	7.66	7.66	463873.80
03-08-2007	6:33:00	0.82	B	-8.13	8.13	522544.64
	11:54:00	9.05	P	8.23	8.23	535478.43
	18:59:00	1.28	B	-7.77	7.77	477292.21
04-08-2007	0:13:00	8.48	P	7.2	7.2	409833.35
	7:31:00	1.25	B	-7.23	7.23	413255.75
	12:49:00	8.59	P	7.34	7.34	425926.27
	20:00:00	1.54	B	-7.05	7.05	392934.84
05-08-2007	1:22:00	7.9	P	6.36	6.36	319783.86
	8:28:00	1.91	B	-5.99	5.99	283658.60
	13:40:00	8.03	P	6.12	6.12	296104.60
	21:02:00	1.85	B	-6.18	6.18	301939.03
06-08-2007	2:31:00	7.46	P	5.61	5.61	248810.11
	9:23:00	2.55	B	-4.91	4.91	190592.27
	14:28:00	7.61	P	5.06	5.06	202415.30
	22:04:00	1.98	B	-5.63	5.63	250587.32
07-08-2007	3:35:00	7.3	P	5.32	5.32	223751.30
	10:22:00	2.93	B	-4.37	4.37	150975.05
	15:20:00	7.44	P	4.51	4.51	160803.46
	23:10:00	1.77	B	-5.67	5.67	254160.72
08-08-2007	4:37:00	7.42	P	5.65	5.65	252370.86
	11:28:00	2.95	B	-4.47	4.47	157963.72
	16:24:00	7.49	P	4.54	4.54	162949.87
09-08-2007	0:13:00	1.3	B	-6.19	6.19	302916.97
	5:42:00	7.7	P	6.4	6.4	323818.95
	12:37:00	2.68	B	-5.02	5.02	199227.71
	17:42:00	7.71	P	5.03	5.03	200022.24
10-08-2007	1:12:00	0.79	B	-6.92	6.92	378577.24
	6:47:00	8	P	7.21	7.21	410972.57
	13:41:00	2.32	B	-5.68	5.68	255058.02
	18:55:00	7.97	P	5.65	5.65	252370.86
11-08-2007	2:08:00	0.5	B	-7.47	7.47	441147.18
	7:47:00	8.18	P	7.68	7.68	466299.28
	14:40:00	2.07	B	-6.11	6.11	295137.73
	19:52:00	8.08	P	6.01	6.01	285555.97
12-08-2007	3:01:00	0.56	B	-7.52	7.52	447072.53
	8:38:00	8.18	P	7.62	7.62	459041.82
	15:34:00	2.02	B	-6.16	6.16	299987.90
	20:32:00	8.03	P	6.01	6.01	285555.97
13-08-2007	3:52:00	0.91	B	-7.12	7.12	400776.54
	9:13:00	8.11	P	7.2	7.2	409833.35
	16:21:00	2.11	B	-6	6	284606.50
	21:02:00	7.98	P	5.87	5.87	272407.15
14-08-2007	4:36:00	1.37	B	-6.61	6.61	345418.21
	9:40:00	8.13	P	6.76	6.76	361273.16
	17:00:00	2.22	B	-5.91	5.91	276132.34
	21:35:00	8.06	P	5.84	5.84	269629.87

Continuación de tabla anterior

Fecha	Hora	Nivel del Mar [m]		Amplitud [m]	Amplitud Absoluta [m]	Energía [MWh]
15-08-2007	5:16:00	1.74	B	-6.32	6.32	315774.07
	10:13:00	8.29	P	6.55	6.55	339175.84
	17:35:00	2.22	B	-6.07	6.07	291286.05
	22:16:00	8.14	P	5.92	5.92	277067.59
16-08-2007	5:53:00	1.96	B	-6.18	6.18	301939.03
	10:55:00	8.37	P	6.41	6.41	324831.67
	18:11:00	2.16	B	-6.21	6.21	304877.59
	23:05:00	8.04	P	5.88	5.88	273336.08

Tabla A-3.13.2

max dif	8.45	m
min dif	2.72	m
Energía	423,845,517.96	MWh/año
Potencia	100,454.81	MW
Factor de Planta	48.17%	

Tabla A-3.13.3

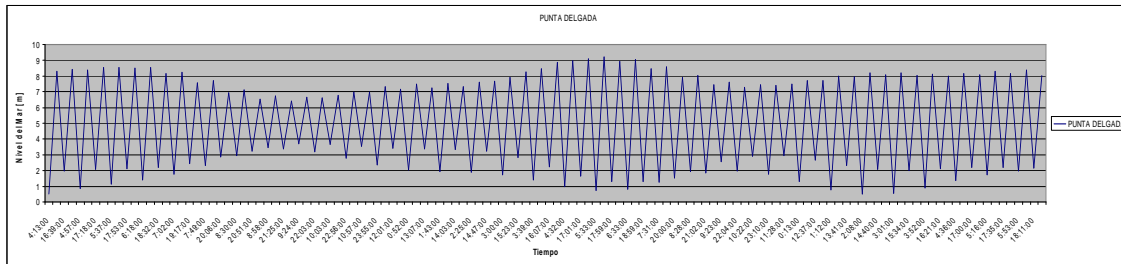


Figura A-3.13.1