Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica-eléctrica

ENERGÍA MAREOMOTRIZ, PRESENTE Y FUTURO EN GUATEMALA

Robin Manuel Stuardo Luján Barrientos
Asesorado por Ing. Marvin Marino Hernández Fernández

Guatemala, Agosto de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ENERGÍA MAREOMOTRIZ,

PRESENTE Y FUTURO EN GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROBIN MANUEL STUARDO LUJÁN BARRIENTOS
ASESORADO POR ING. MARVIN MARINO HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Eliza Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Francisco Gressi López
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....IV
GLOSARIO.....VI
RESUMEN.....XI
OBJETIVOS.....XIII
INTRODUCCIÓN.....XV

1 ENERGÍA MAREOMOTRIZ.....1
1.1 FUENTES Y FORMAS de la energía MAREOMOTRIZ.....18
1.2 FUNCIONAMIENTO.....19
1.3 TIPOS DE MOVIMIENTOS EN EL MAR.....21
1.4 Las Corrientes Marinas.....21
1.5 Las Ondas y Las Olas.....22
1.5.1 Antecedentes.....25
1.5.2 La tecnología.....25
1.5.3 Estado actual.....26
1.5.4 Potencial futuro.....30
1.5.5 Costos.....31
1.5.6 Beneficios.....32
1.6 Las Mareas.....32
1.6.1 La tecnología.....39
1.6.2 Estado actual.....40
1.6.3 Futuro potencial.....41
1.6.4 Costos.....43
1.6.5 Aspectos ambientales.....43
1.6.6 Beneficios.....45
2 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS MAREAS.....47

2.1 Aprovechamiento de la energía de las ondas y las olas 47
2.2 Energía de las olas 47
2.3 Energía térmica oceánica 60
2.4 Conversión de Energía térmica oceánica (CETO) 63
2.4.1 La Tecnología 64
2.4.2 Potencial Futuro 66
2.4.3 Costos 67
2.4.4 Aspectos ambientales 68
2.4.5 Beneficios 69
2.5 PROYECTOS 69
2.5.1 Escalante 70
2.5.2 Molino de Victoria: (en Noja) 70
2.5.3 Molino de Jado: (en el barrio de Ancillo, en Argoña) 70
2.5.4 Molino de Santa Olaya (Marisma de Joyel) 70
2.6 CENTRALES MAREOMOTRICES 71
2.6.1 Proyecto Kislogubskaya, de Rusia 71
2.7 Ventajas y desventajas de la energía mareomotriz 72
2.7.1 Ventajas 72
2.7.2 Desventajas 72
3 CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ 73
3.1 Futuro de la energía mareomotriz 73
3.2 Instalaciones de la energía mareomotriz 74
3.2.1 Turbina tipo bulbo 76
3.2.2 Turbina Straflo 77
3.2.3 Turbina tubular 78
3.2.4 Otras instalaciones 78
3.3 Avances 79
3.4 Aprovechamiento 79
3.5 Ejemplos de energía mareomotriz 81

4 VIABILIDAD DEL USO DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ EN GUATEMALA....85
4.1 Marco legal e institucional de energía mareomotriz en Guatemala.....85
4.1.1 Antecedentes 85
4.1.2 Proceso de cambio.....85
4.1.3 El nuevo marco legal.....86
4.1.4 Principales bases del modelo adoptado.....86
4.1.5 El marco regulatorio 87
4.2 Análisis de las mareas en Guatemala 88
4.2.1 Mareas para la Costa del Atlántico de 2,004.....88
4.2.2 Análisis de mareas para la Costa del Pacífico 100
4.2.3 ANÁLISIS 113
4.3 Inventario de las playas de Guatemala 114
4.3.1 Playas del Atlántico 114
4.3.2 Playas del Pacífico 119
4.4 Estudio de energía en los litorales guatemaltecos 122
4.5 Análisis de costo del montaje de una planta 124
4.6 ANALISIS DE VIABILIDAD DE LA APLICACIÓN DE OTRAS TECNOLOGÍAS EN LOS MARES GUATEMALTECOS. 127
4.6.1 ENERGIA TERMICA OCEÁNICA (CETO) 128

CONCLUSIONES.....117
RECOMENDACIONES.....119
BIBLIOGRAFÍA.....121
BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA.....123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Termograma de las aguas de los océanos 18
Figura 2. Ciclo mareomotriz 21
Figura 3. Buque Kaimei: barco equipado con columnas de agua oscilantes, que producen 2 MW 28
Figura 4. Mareas de la Bahía de Fundy 33
Figura 5. Movimiento de las Mareas 33
Figura 6. Marea viva o equinoccial 34
Figura 7. Marea muerta o de cuadratura 35
Figura 8. El Pato Salter. La ola presiona sobre su parte baja obligándole a levantarse, lo que origina un movimiento de semirotación 50
Figura 9. Balsa Cockerell: tres flotadores entre los cuáles se instalan bombas de pistón que extraen la energía 50
Figura 10. Rectificador Russell: tanque de dos niveles entre los que fluye el agua a través de una turbina 51
Figura 11. Boya Masuda: cámara flotante semisumergida con una columna oscilante de agua 52
Figura 12. Convertidor de Belfast 52
Figura 13. Bolsa de Lancaster 53
Figura 14. Dique para la conversión de energía 54
Figura 15. Al retirarse el agua de la cuenca genera electricidad 59
Figura 16. Vista aérea de la central mareomotriz “La Rance” 60
Figura 17. Central Mareomotriz de la Rance en Francia 62
Figura 18. Lugares en los cuales se puede aprovechar la energía de las mareas 75
Figura 19. Turbina tipo bulbo 77
Figura 20. Turbina Straflo 77
Figura 21. Turbina tubular 78
Figura 22 . Playa Cabo Tres Puntas 118

Figura 23. Playa Siete Altares.....118
Figura 24. Playa de San Francisco del Mar o El Remolino.....119
Figura 25. Playas de Monterico 121
Figura 26. Playas del Puerto de San José.....121
Figura 27. Playas de Iztapa 122
Figura 28. Máxima radiación solar sobre la tierra. 129
Figura 29. Gráfica Temperatura/Profundidad.....131

TABLAS

Tabla I. Amplitudes de las mareas..... 36
Tabla II. Energía Específica por Diferencia de Niveles 56

GLOSARIO

Abra	Ensenada o bahia en una costa elevada. Puerto de montaña muy amplio y despejado.
Álabe	Cada una de las paletas curvas de la turbina que reciben el impulso del fluido.
Alisios	Dícese de los vientos regulares que soplan constantemente sobre casi la tercera parte de la superficie del globo, desde las altas presiones subtropicales hasta las bajas presiones ecuatoriales, en el hemisferio norte los vientos soplan de NE a SO y en el hemisferio sur de SE a NO.
Amonia	Sal amoníaca, cloruro amoniaco, disuelta en agua.
Biocenosis	Conjunto de organismos de especies diversas, vegetales o animales, que viven y se reproducen en un determinado biotopo.
Biodescomposición	Destrucción de un producto que, una vez desechado, es destruido por las bacterias u otros agentes biológicos.
Cardúmenes	Bancos de peces.
Combustible	Que puede arder. Que arde con facilidad. Material que se emplea para producir energía en forma de calor mediante reacciones nucleares.
Cresta	Cima de una ola coronada de espuma.
Cuenca	Territorio, cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.

Dársena Mar. Parte mas resguardada de un puerto.

Deleznable Que se rompe fácilmente resbaladizo.

Densidad Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el S.I. es el kilogramo por metro cúbico (Kg. / m^3).

Dique Espacio situado al abrigo de un muro, en un lugar resguardado, y en el cual entran los buques para su limpieza, carena o reparación en seco, una vez que el agua ha sido extraída.

Electricidad Se compone de la raíz *electr*, prefijo derivado del griego *electrón* que significa ámbar y entra en la composición de numerosas palabras para indicar la presencia de electricidad o de propiedades eléctricas. Es una de las formas posibles de energía, cuya existencia se manifiesta por numerosos y muy variados fenómenos. Por ser muy amplia su materia se ha dividido en varias disciplinas, siendo: electricidad estática, electricidad cinética, electrónica y corrientes alternas. Se puede decir además, que la electricidad es la acción que producen los electrones al trasladarse de un punto a otro por falta o exceso de los mismos en un material.

Energía Potencia activa de un organismo. Capacidad para obrar o producir un efecto

Energía Capacidad de los cuerpos para efectuar un trabajo.

Energía cinética	La que posee un cuerpo por razón de su movimiento.
Energía eléctrica	Tiene la posibilidad de ser transformada, fácilmente, en cualquier otra forma de energía con un rendimiento satisfactorio, además, su transporte es económico por líneas aéreas. Su único inconveniente es el no presentar un medio cómodo para almacenarla. Sus unidades son: Kilovatio hora = KWh y Megavatio hora = MWh
Energía potencial	Capacidad de un cuerpo para realizar trabajo en razón de su posición en un campo de fuerzas.
Energía Renovable	Energía cuyo consumo no agota las fuentes naturales que lo producen.
Ensenada	Recodo, seno que suelen formar las costas del mar.
Equinoccio	Época en que, por hallarse el Sol sobre el Ecuador, los días son iguales a las noches en toda la Tierra, lo cual sucede anualmente del 20 al 21 de marzo y del 22 al 23 de septiembre.
Erosión	Proceso natural por el cual las corrientes de agua o el viento arrastran parte del suelo de unos puntos a otros. Es un proceso muy útil porque permite que se desplacen materiales de unos suelos a otros, los cuales recuperan fertilidad con estos aportes.
Escollera	Obra hecha con piedras echadas al fondo del agua, para formar un dique de defensa contra el oleaje, para servir de cimiento a un muelle o para resguardar el pie de otra obra.

Fósil	Dícese del resto orgánico o trazas de la actividad orgánica sacado de la tierra.
Generador	En las máquinas, parte que produce la fuerza o energía, como en las de vapor, la caldera, en la electricidad, una dinamo.
Hidráulico	Que se mueve por medio del agua o de otro fluido. Dicho de la energía: producida por el movimiento del agua.
Hidroelectricidad	Energía eléctrica obtenida por fuerza hidráulica.
Hidrografía	Parte de la geografía física que trata de la descripción de las aguas del globo terrestre. Conjunto de las aguas de un país o región.
Kaímei	Generador de energía extraída de las olas, flotante en la forma de una barcaza.
Litoral	Perteneciente o relativo a la orilla o costa del mar. Costa de un mar, país o territorio. Orilla o franja de tierra al lado de los ríos.
Marea	Movimiento oscilatorio del nivel del mar debido a la atracción de la Luna y el Sol sobre las partículas líquidas de los océanos.
Monzones	Nombre que se le da a unos vientos que soplan sobre todo en el asía meridional, alternativamente hacia el mar y hacia la tierra durante varios meses.
Ola	Onda formada por el viento en la superficie del mar o de un lago.

Onda	Perturbación que se propaga en un medio desde un punto a otros, sin que en dicho medio como conjunto se produzca ningún desplazamiento permanente.
Patógeno	Que origina y desarrolla una enfermedad.
Presión	Magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie. Su unidad en el Sistema Internacional es el pascal.
Receptáculo	Cavidad en que se contiene o puede contenerse cualquier sustancia. Acogida, asilo, refugio.
Renovable	Que puede renovarse.
Ría	Penetración que forma el mar en la costa, debido al sumergimiento de la parte litoral de una cuenca fluvial de laderas más o menos abruptas. Ensenada amplia en la que vierten al mar aguas profundas.
Tecnología	Estudio de los medios, de las técnicas y de los procesos empleados en las diferentes ramas de la industria.
Topografía	Conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial.
Turbina	Rueda hidráulica con paletas curvas colocadas en su periferia, que recibe el agua por el centro y la despide en dirección tangente a la circunferencia, con lo cual aprovecha la mayor parte posible de la fuerza motriz.
Vástago	Varilla o parte más delgada de algunos mecanismos.

RESUMEN

Guatemala es un país carente de muchas necesidades básicas, algunas están, pero a un costo muy elevado para la población, es por eso que el uso de nuevas tecnologías pueden ser la llave que lleve al desarrollo al país.

La energía mareomotriz es una forma de obtención de energía con un costo de materia prima nulo, esto es debido a que se extrae toda la potencia del mar, lo que significa que la fuente de energía es, completamente, gratis renovable e inagotable.

El primero y el segundo capítulo de este trabajo de investigación están destinados a poner al tanto al apreciable lector, de cómo funciona la energía mareomotriz, dónde se obtiene la energía mareomotriz y cuáles son sus principales exponentes a nivel mundial de esta fuente de energía, sumergiéndolo, cuidadosamente, en el mundo de la energía a partir de los océanos mencionando las ventajas y desventajas de obtener energía de esta manera.

En el tercer capítulo, se hace mención de las principales características de la energía mareomotriz, aquí hacemos un desglosamiento técnico de las centrales, instalaciones y avances en este campo, citando ejemplos de donde, ha logrado con éxito sobrepasar el escepticismo de algunos incrédulos, encontrándose a la vanguardia de producción de electricidad.

El último capítulo de este trabajo, hace referencia a todo lo, anteriormente, señalado, enlazándolo con la realidad nacional, se realiza un análisis de todas las playas guatemaltecas obteniendo pros y contras del uso de este tipo de energía en Guatemala, exponiendo razones concretas del por que de las conclusiones que son el término de este trabajo.

OBJETIVOS

- **General**

Efectuar un estudio de la energía mareomotriz, tomando en cuenta un análisis desde su misma esencia hasta las posibilidades de su aplicación como una fuente de energía utilizable en Guatemala.

- **Específicos**

ÿ Conocer afondo las posibilidades de obtener energía a partir del mar.

ÿ Comprender cómo funcionan las energía provenientes de las olas y su posible aplicación en los litorales guatemaltecos.

ÿ Comprender el proceso de conversión de energía térmica oceánica y el funcionamiento de centrales dedicadas al procesamiento de la misma.

ÿ Contemplar al posibilidad de utilizar los recursos de los litorales guatemaltecos como una fuente renovable, de bajo costo, libre de contaminación y rentable para satisfacer la creciente demanda de energía en Guatemala.

ÿ Realizar un estudio de factibilidad acerca de lo rentable que sería la instalación de una planta de energía mareomotriz en Guatemala.

INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de la población que nuestro país necesite encontrar nuevas fuentes de energía las cuales puedan cubrir la creciente demanda de las masas poblacionales.

Sin embargo, el bajo crecimiento económico de nuestro país hace necesario la búsqueda de nuevas tecnologías que puedan aportar un recurso maximizado y, a la vez, un bajo costo de la materia prima utilizada para la producción de la electricidad, es allí donde los recursos con los que cuenta nuestro país deben ser explotados.

Geográficamente hablando, Guatemala se encuentra recostada a lo ancho de dos océanos, pocos países en el mundo cuentan con esta suerte, lo cual nos hace colindar desde las fuertes corriente oceánicas generadas en el Océano pacífico hasta los intensos cambios de mareas, una inagotable fuente de energía y de vida en los profundo de los mares.

La energía que el mar produce puede llegar a explotarse a niveles inimaginables, tan inimaginables como la fuerza que se encuentra escondida en el interior del mismo océano, erupciones volcánicas a nivel acuático, llenan el agua de un calor que puede ser aprovechado de una manera creativa y productiva para el hombre.

Esta tesis se encuentra encaminada hacia mostrar las formas que se pueden obtener energía de los mares y su posible aplicación en Guatemala, tomando en cuenta factores propios de nuestra geografía.

1 ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Forma de energía en la cual el movimiento de las aguas del mar, producen una fuerza que se transforma en electricidad en las centrales mareomotrices. Se aprovecha la energía liberada por el agua de mar en sus movimientos de ascenso y descenso de las mareas (flujo y reflujo). Ésta es una de las nuevas formas de producir energía eléctrica.

Con un promedio de 4 kilómetros de profundidad, mares y océanos cubren las tres cuartas partes de la superficie de nuestro planeta y constituyen un enorme depósito de energía siempre en movimiento. En la superficie los vientos provocan las olas que pueden alcanzar hasta 12 metros de altura, 20 metros debajo de la superficie, las diferencias de temperatura (que pueden variar de -2º C a 25º C) engendran corrientes; por último, tanto en la superficie como en el fondo, la conjugación de las atracciones solar y lunar, provoca una diferencia de alturas conocida como las mareas.

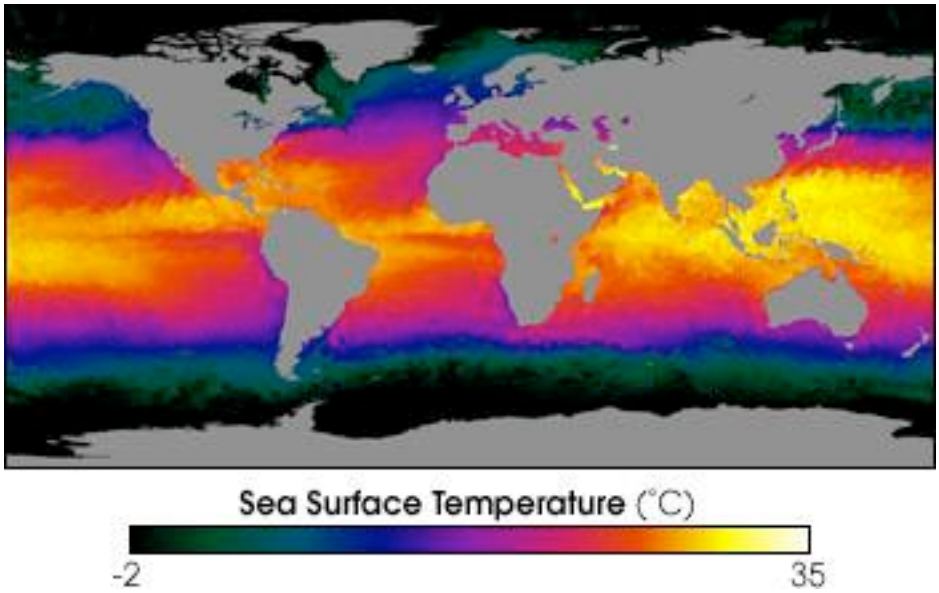
Los mares y los océanos son inmensos colectores solares, de los cuales se puede extraer energía de orígenes diversos.

- la radiación solar incidente sobre los océanos, en determinadas condiciones atmosféricas, da lugar a los gradientes térmicos oceánicos, diferencia de temperaturas a bajas latitudes y profundidades menores de 1000 metros;

- La interacción de los vientos y las aguas son responsables del oleaje y de las corrientes marinas.

- La influencia gravitacional de los cuerpos celestes sobre las masas oceánicas provoca mareas.

Figura 1. **Termograma de las aguas de los océanos**



1.1 FUENTES Y FORMAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

La explotación de la energía potencial correspondiente a la sobre elevación del nivel del mar aparece en teoría como muy simple: se construye un dique cerrando una bahía, estuario o golfo aislándolo del mar exterior, se colocan en él los equipos adecuados (turbinas, generadores, esclusas) y luego, aprovechando el desnivel que se producirá como consecuencia de la marea, se genera energía entre el embalse así formado y el mar exterior.

Esta energía es, sin embargo, limitada; la potencia disipada por las mareas del globo terrestre es del orden de 3 TW, de los cuales sólo un tercio se pierde en mareas litorales. Además, para efectividad la explotación, la amplitud de marea debe ser superior a los 4 metros, y el sitio geográfico adecuado, lo que elimina prácticamente el 80% de la energía teóricamente disponible, dejando aprovechables unos 350 TW-hr por año (Bonefille, 1976).

Uno de los mayores inconvenientes en la utilización aparece precisamente debido a las características inherentes al fenómeno de las mareas. En efecto, como el nivel del mar varía (con un período del orden de 12 horas. 30 min. en las zonas apuntadas), a menos que se tomen las precauciones necesarias, la caída disponible (y la potencia asociada) varían de la misma forma, y por lo tanto se anulan dos veces por día. Además, la marea sigue el ritmo de la luna y no del sol, de manera que hay un retardo diario de 30 min., en las horas en que dicha energía está disponible. Los esquemas teóricos diseñados para salvar esta dificultad resultan antieconómicos y actualmente el problema solo se puede resolver con regulación externa o interconexión.

Como contrapartida, un análisis del promedio de amplitudes demuestra que, a los fines prácticos que se persiguen, el mismo puede considerarse constante a lo largo del año e incluso con el transcurso de los mismos (investigadores franceses y rusos señalan diferencias de 4 al 5% en 18 años); desapareciendo el riesgo de los períodos de sequía, característicos de las centrales hidroeléctricas.

1.2 FUNCIONAMIENTO

El sistema consiste en aprisionar el agua en el momento de la alta marea y liberarla, obligándola a pasar por las turbinas durante la bajamar. Cuando la marea sube, el nivel del mar es superior al del agua del interior de la ría. Abriendo las compuertas, el agua pasa de un lado a otro del dique, y sus movimientos hacen que también se muevan las turbinas de unos generadores de corrientes situados junto a los conductos por los que circula el agua. Cuando por el contrario, la marea baja, el nivel de la mar es inferior al de la ría, porque el movimiento del agua es en sentido contrario que el anterior, pero también se aprovecha para producir electricidad.

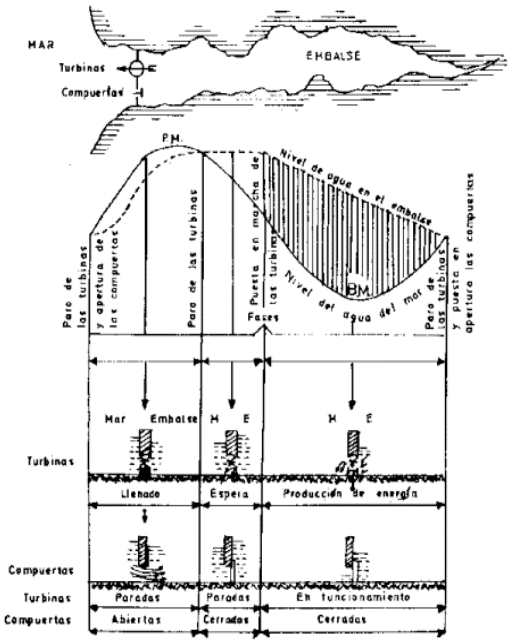
La energía gravitatoria terrestre y lunar, la energía solar y la eólica dan lugar, respectivamente, a tres manifestaciones de la energía del mar: mareas, gradientes térmicos y olas. De ella se podrá extraer energía mediante los dispositivos adecuados.

La energía de las mareas o mareomotriz se aprovecha embalsando agua del mar en ensenadas naturales y haciéndola pasar a través de turbinas hidráulicas. La leve diferencia de temperaturas llega entre la superficie y las profundidades del mar (gradiente térmico), constituye una fuente de energía llamada mareomotérmica.

La energía de las olas es producida por los vientos y resulta muy irregular. Ello ha llevado a la construcción de múltiples tipos de máquinas para hacer posible su aprovechamiento.

La técnica utilizada consiste en encauzar el agua de la marea en una cuenca, y en su camino accionar las turbinas de una central eléctrica. Cuando las aguas se retiran, también generan electricidad. Se considera que los lugares más viables para aprovechar esta energía son unos 40, que rendirían unos: 350,000 GW/h anuales. Para obtener esta cantidad de energía sería necesario quemar unos 220 millones de barriles de petróleo/año.

Figura 2. **Ciclo mareomotriz**



1.3 TIPOS DE MOVIMIENTOS EN EL MAR

Debido a las acciones conjuntas del Sol y la Luna se producen tres tipos de alteraciones en la superficie del mar, las cuales son:

a) Las corrientes marinas.
b) Las ondas y las olas.
c) Las mareas.

1.4 LAS CORRIENTES MARINAS

Las corrientes marinas son grandes masas de agua que, como consecuencia de su calentamiento por la acción directa y exclusiva del Sol, se desplazan horizontalmente; son, pues, verdaderos ríos salados que recorren la superficie de los océanos.

En su formación influye también la salinidad de las aguas. La anchura y profundidad de las corrientes marinas son, a veces considerables, ésta última alcanza en algunos casos centenares de metros. El sentido en el que avanzan

es diferente en los hemisferios, boreal y austral. Algunas corrientes pasan de uno a otro hemisferio, otras se originan, avanzan, se mueven y se diluyen o mueren en el mismo hemisferio en el que nacen.

Las trayectorias de tales corrientes son constantes, y ésta circunstancia es la que aprovechó el hombre durante la larga época de la navegación a vela; fue la primera y única utilización de la fuerza de las corrientes marinas. El conocimiento de las corrientes marinas, de su amplitud, sentido, velocidad, etc., tiene una importancia considerable para los navegantes. Una de sus acciones es desviar de su ruta a los buques que penetran en ellas; favorecen o entorpecen la navegación según el sentido en que se la recorra. La gran corriente caliente del Golfo, la cual se dirige desde el Golfo de México a las costas occidentales de Europa, no solo dulcifica el clima de éstas por sus temperaturas, sino que facilita además la travesía del Atlántico a los buques que se dirigen de Oeste a Este.

Ningún otro efecto favorable ha podido obtener el hombre de la enorme energía cinética de las corrientes marinas. Pero los resultados y ventajas de otro orden (climáticas, antropogeográficas, económicas, etc.) son incalculables.

1.5 LAS ONDAS Y LAS OLAS

Los vientos imprimen a las capas superficiales del mar movimientos ondulatorios de dos clases: las ondas y las olas. Las primeras se pueden observar en el mar, incluso en ausencia del viento; son masas de agua que avanzan y se propagan en la superficie en forma de ondulaciones cilíndricas. Es bastante raro ver una onda marina aislada; generalmente se suceden varias y aparecen en la superficie ondulaciones paralelas y separadas por intervalos regulares. Cuando una barca sube sobre la cresta de la onda

perpendicularmente a ella, la proa se eleva, y cuando desciende sobre el lomo, la proa se hunde en el agua. Es el característico cabeceo.

Los elementos de una onda son: su longitud, esto es, la distancia entre dos crestas consecutivas; la amplitud o distancia vertical entre una cresta y un valle; el período, esto es el tiempo que se separa el paso de dos crestas consecutivas por delante en un punto fijo; y la velocidad.

El movimiento de las ondas en el mar se puede comparar con el de un campo de trigo bajo la acción del viento. Las espigas se inclinan en el sentido del viento, se enderezan y se vuelven a inclinar; de modo análogo, por la acción de la onda, una vena fluida y vertical, se contrae y se engruesa en la superficie del agua debido al movimiento de la onda es allí donde se forma el valle, que es la figura descrita entre el inicio de la onda y la cresta o elevación máxima de la misma. Parece, pues, que oscila a un lado y otro en un punto fijo, amortiguándose rápidamente este movimiento oscilatorio que se profundiza en el mar.

Las olas del mar son un derivado terciario de la energía solar. El calentamiento de la superficie terrestre genera viento, y el viento genera las olas. Únicamente el 0.01% del flujo de la energía solar se transforma en energía de las olas. Una de las propiedades características de las olas es su capacidad de desplazarse a grandes distancias sin apenas pérdida de energía. Por ello, la energía generada en cualquier parte del océano acaba en el borde continental. De este modo la energía de las olas se concentra en las costas, que totalizan 336000 km de longitud. La densidad de energía de las olas es, en un orden de magnitud mayor que la de la energía solar. Las distribuciones geográficas y temporales de los recursos energéticos de las olas están controladas por los sistemas de viento que las generan (tormentas, alisios, monzones).

La energía que desarrollan las ondas es enorme y proporcional a las masas de aguas que oscilan y a la amplitud de oscilación. Esta energía se descompone en dos partes, las cuales, prácticamente, son iguales: una energía potencial, la cual provoca la deformación de la superficie del mar, y una energía cinética o de movimiento, debida al desplazamiento de las partículas; en suma, de la masa de agua.

Si la profundidad es pequeña, la energía cinética es transportada con una velocidad que depende de determinadas características de la onda. Se ha calculado que una onda de 7,50 metros de altura sobre el nivel de las aguas tranquilas y de 150 metros de longitud de onda, propagándose con una velocidad de 15 metros por segundo, desarrolla una potencia de 700 caballos de vapor por metro lineal de cresta; según esto, una onda de las mismas características que tuviese 1 Km de ancho desarrollaría la considerable potencia de 700,000 caballos de vapor. Esto explica los desastrosos efectos que producen las tempestades marinas.

Las ondas marinas se forman únicamente en puntos determinados de nuestro planeta y desde ellos se propagan radialmente. Por su importancia mencionaremos uno: el área de las islas Azores, situadas casi frente al Estrecho de Gibraltar y a unos 1800 km al Oeste de él, centro de un área ciclónica casi permanente. Las grandes ondas marinas que se forman en las islas mencionadas, recrecidas por el empuje de los fuertes vientos aumentan considerablemente su altura, masa y velocidad del avance. Ello explica los efectos que producen cuando se abaten contra las costas de Portugal, España, Francia, Inglaterra e Irlanda.

Sencilla es la técnica utilizada para captar la energía desarrollada por las ondas marinas en sus oscilaciones verticales. Basta para ello disponer de

varios flotadores provistos de un vástago que se desliza a lo largo de unas guías y cuyos movimientos verticales se transmiten mediante el vástago a generadores eléctricos. La realización práctica de este tipo de máquina es, sin embargo, muy difícil, pues, a la larga, estas máquinas acaban por ser destruidas por el exceso de la potencia que deben captar.

1.5.1 Antecedentes

1.5.2 La tecnología

La energía de olas puede generarse ya sea a partir de un aparato flotante en la superficie del océano o de una planta de energía fija al suelo marino. Una planta fija puede tener su base en tierra o localizarse alejada de la costa en mar adentro. De los numerosos dispositivos inventados y probados en los últimos años, la mayoría se encuentra en alguna de las tres categorías principales:

a) Seguidores de superficie.
b) Dispositivos activados a presión .
c) Aparatos de concentración.

1.5.2.1 Los seguidores de superficie

Utilizan la conexión mecánica entre un dispositivo que flota en la superficie del océano y un pivote fijo para convertir en electricidad los movimientos ascendentes y descendentes de la ola. Un ejemplo de un seguidor de superficie es el aparato conocido como el Pato de Salter, desarrollado por Stephen Salter de la Universidad de Edimburgo en Escocia. La Comunidad Europea está estudiando la viabilidad de este pato, que sube y baja rápidamente en la superficie del océano para extraer la energía de las olas. El Pato de Salter ha demostrado una eficiencia de absorción de más del 80%.

1.5.2.2 Los aparatos activados a presión

Estos se valen del nivel cambiante del agua para producir una presión variable. Un ejemplo de este tipo de mecanismo es uno que utiliza cambios de presión para impulsar airé a través de una aeroturbina, la cual entonces se enciende para producir electricidad. Una columna de agua oscilante (CAO) es un aparato de energía de olas activado a presión. Funciona a partir de la subida y bajada de las olas. Cuando el nivel de agua baja, él aire se succiona hacia dentro de la turbina desde la atmósfera. La turbina gira en la misma dirección, sin importar de donde provenga el aire, por lo que puede trabajar mientras el agua sube y baja en la columna de agua. Las CAO se han construido por menos de 1,900 dólares por kilowatt, y el aparato ha generado energía por 4 a 6 centavos de dólar por kilowatt/hora: tasas que resultan competitivas con otras fuentes de energía actuales.

1.5.2.3 Los aparatos de concentración

Estos utilizan barreras físicas para redirigir las olas, concentrando su energía hacia un punto particular y potenciando su energía. Más específicamente: las olas se dirigen hacia un canal estrecho e inclinado que impulsa el agua hacia arriba hasta una altura suficiente para que pueda derramarse dentro de una cisterna de desagüe . Aunque los aparatos de concentración son los mas sencillos de la tecnología de la energía de olas, se cree que tienen un excelente potencial para producir grandes cantidades de energía.

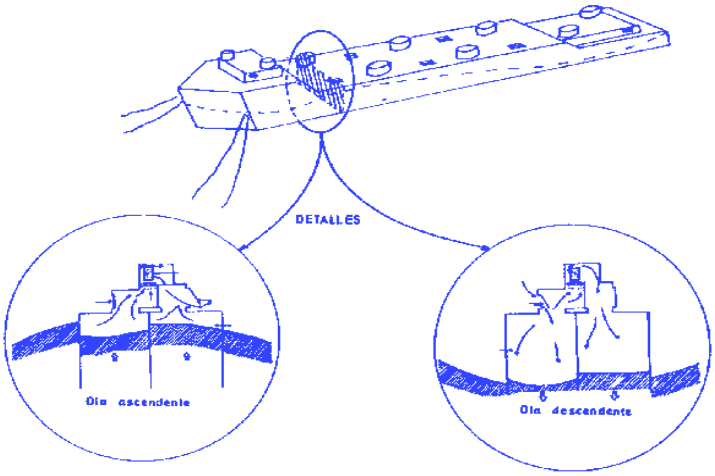
1.5.3 Estado actual

Ha sido durante los últimos diez o veinte años que la energía de olas se ha considerado de una manera seria, cómo fuente potencial de energía eléctrica o hidráulica. A pesar de esta breve historia, los desarrollos tecnológicos en el campo han sido impresionantes. Noruega presentó las

primeras plantas de energía de olas en 1986. Una de estas plantas es un dispositivo de concentración, una reserva de 5,500 m^2 que está abierta al mar en un canal cónico, mientras que la otra es un aparato activado a presión, una CAO. Si bien son diseños prototipo, los fabricantes de la CAO ofrecen su sistema para que se venda comercialmente. El éxito de estas plantas ha provocado pedidos de otras similares de otros países: Portugal e Indonesia, por ejemplo, han concluido los contratos para comprar aparatos de energía de olas. Japón también ha estado usando los aparatos de energía de olas durante varios años, aunque a menor escala. Cientos de pequeña boyas de navegación con capacidades generadoras de aproximadamente 0.5 a tres kilowatts se están usando en los mares que rodean a este país. Otros países también utilizan pequeñas cantidades de estas boyas. Aunque hay relativamente pocos modelos de energía de olas en funcionamiento en el mundo, son varios los países que están trabajando en el desarrollo de su tecnología, tales como: Japón, Escocia, Noruega, Gran Bretaña e India.

Japón ha sido el lugar de varios proyectos internacionales de investigación en el campo de la energía de olas. Un generador de energía de olas de 40 kilowatts, fijo en lecho marino se instaló en 1983 cerca de un pueblo llamado Sanze. Estudios anteriores han probado también un generador de energía de olas flotante en la forma de una barcaza, llamado Kamei. Ambos proyectos permitieron a los investigadores obtener valiosa información acerca del funcionamiento de estos tipos de plantas generadoras de energía de olas.

Figura 3. **Buque Kaimei: barco equipado con columnas de agua oscilantes, que producen 2 MW**



Kaímei fue construido en 1,976 por el Centro de Tecnología y Ciencia Marina de Japón, y la Agencia Internacional de Energía lo adoptó como un proyecto internacional. Su primera etapa de pruebas comenzó a finales de la década de los 70; después de varios años de inactividad, Kaimei inició nuevamente su trabajo en 1985. El tiempo transcurrido desde la construcción de Kaimei hasta el final de su segundo periodo de pruebas fue de casi 10 años, tiempo que sirvió para obtener importante información sobre el carácter de las olas y del dispositivo mismo. Las pruebas iniciales del Kaimei demostraron la factibilidad de la generación de la energía de olas a gran escala y produjeron una exitosa transmisión a pequeña escala de la energía generada para instalaciones con base en tierra. También demostró que un sistema del tipo flotante de energía de olas puede tener una larga vida: el casquillo, las amarras, el cable de energía a la playa, las turbinas y los generadores todos pasaron el periodo de prueba en buenas condiciones, con problemas menores. Las pruebas de la energía de olas a bordo del Kaimei han llevado a los investigadores que han participado en el proyecto a decir que la energía de olas

podría, teóricamente, generar el equivalente de hasta 50% de las necesidades energéticas de Japón.

El generador de energía Sanze, fijo a la playa, se instaló después de que se terminaron las pruebas del Kaimei. Este generador era un aparato de columna de agua oscilante, y el desempeño de este sistema se encontró superior al de la barcaza del Kaimei. Durante un periodo de una semana, el sistema generó un promedio de energía eléctrica de entre los 30 a los 40 kilowatts en los primeros dos días, de 10 a 15 kilowatts en los siguientes dos días, de 3 a 5 kilowatts en los antepenúltimos dos días, y un kilowatt o menos en el ultimo día.

La Comunidad Europea, después de muchos años de negarse a otorgar fondos a la investigación de la energía de olas, repentinamente cambió de opinión en 1991 y comenzó a conceder dinero a los estudios de factibilidad dentro de los países miembros de la organización. Los investigadores durante mucho tiempo han pensado que Europa ofrece un gran potencial para la producción de energía de olas. Las encuestas han mostrado que hay un potencial de 110 gigawatts (equivalente a un 85% de la actual demanda de electricidad en la CE) de energía de olas disponibles a lo largo de las costas europeas. Países como Irlanda, Escocia y Portugal podrían recibir, teóricamente, toda su electricidad a partir de la energía de olas. Hasta ahora, los pequeños generadores para boyas y faros están comercialmente disponibles, como lo está también el aparato noruego oscilante.
Otros dispositivos todavía se encuentran en fase de investigación y demostración.

1.5.4 Potencial futuro

El potencial de la energía de olas es grande, particularmente en los países que se encuentran dentro de las latitudes correctas y al final de las largas abras. Los estudios han demostrado que la energía de olas finalmente podrá contribuir, de manera notable, al suministro de energía de muchos de estos países. Se espera que los generadores de olas a pequeña escala, con capacidades de 100 watts a un kilowatt se produzcan cada vez más durante los próximos años. Asimismo, los convertidores de energía de olas con base en la playa pueden usarse de manera práctica en el futuro cercano. Los aparatos de columna de agua oscilante parecen ser los más avanzados desde el punto de vista técnico, así como en cuanto a su costo v funcionamiento.

Uno de los aspectos que hay que tomar en cuenta en los sistemas de energía de olas es la necesidad de que las instalaciones resistan tremendas tormentas, aún cuando éstas puedan ser raras. Por ejemplo, aunque la ola promedio puede ser de unos 60 cms de largo en la costa del Atlántico medio, en Estados Unidos, una planta que se construya allí deberá resistir una ola de tormenta de 7.20 m aun cuando se espera que esa tormenta sea muy rara.

Dada la irregularidad de las olas, no se espera que esta fuente de energía se aplique a una generación de energía para servicios públicos; efectivamente tiene aplicaciones para suministros remotos de energía y en áreas costeras específicas. El tema de la irregularidad puede manejarse, al igual que con otras fuentes de energía renovable, con la inclusión de algún medio de almacenamiento de energía. Asimismo, los aparatos para esparcir la energía de olas sobre trechos más largos del océano tienen más probabilidades de atrapar más energía diversa, por lo que un lugar puede producir mientras que otro está inactivo debido a mares tranquilos.

Aunque la generación de electricidad ha sido el principal interés de la investigación de energía de olas a la fecha, se han sugerido otros usos, con un poco de investigación realizada en estas direcciones. Entre los posibles usos alternativos se incluye el empleo de la energía de olas para crear hidrógeno y amonio a partir del agua de mar, refinar el aluminio, y convertir la energía de olas en fuerza hidroeléctrica para transmitir hacia la costa.

1.5.5 Costos

Los cálculos del costo de la energía proveniente de los proyectos de energía de olas varían mucho. El creador del molino de mar, un aparato similar a los molinos de viento, el cual gira debajo del agua, calcula que su aparato producirá electricidad por una cantidad tan pequeña como 0.015 a 0.03 centavos de dólar. La teoría detrás de este aparato es que funcionaría de manera similar a los verdaderos molinos de viento, pero la fuerza en las corrientes es, típicamente, diez veces más concentrada que la del viento. Otros calculan que el costo de la energía de olas es de tres veces el estimado.

Dado que todavía hay relativamente pocas aplicaciones comerciales, se necesitará más tiempo para obtener una valoración precisa de los costos involucrados. Otro factor que dificulta los cálculos es que las condiciones específicas de la ola en cada lugar potencial serán diferentes y, por lo tanto, afectarán los costos. La columna de agua oscilante usada en Noruega ha generado electricidad por 4 a 6 centavos de dólar por kilowatt/hora; si esto es un indicio, la perspectiva de la competitividad en términos de costo de al menos esta tecnología específica, es buena. Como con muchas de las fuentes de energía renovable basada en agua también los costos para las tecnologías de energía de olas son muy altos al inicio, con la construcción e instalación de los aparatos; también hay que considerar los costos de mantenimiento, pero la fuente de energía durante toda la vida del sistema es... gratis.

1.5.6 Beneficios

A diferencia de la energía generada por los combustibles fósiles, la energía de olas no produce emisiones ni subproductos nocivos; y dado que son fuente de las olas de océanos son una fuerte de energía renovable constante, lograr atrapar su fuerza elimina el peligro de agotar los preciosos recursos naturales de la Tierra. La energía de olas es potencialmente más valiosa que la energía eólica como fuente de energía: las olas no vienen y van en ráfagas; se desarrollan de manera gradual, sobre grandes distancias y largos periodos de tiempo y permanecen mucho tiempo después de que el viento que las ha creado se ha ido. Si bien varias de las tecnologías actualmente disponibles para atrapar la energía inherente en las olas todavía necesitan ser desarrolladas, sí son prometedoras y pueden llegar a formar parte de los futuros suministros de energía.

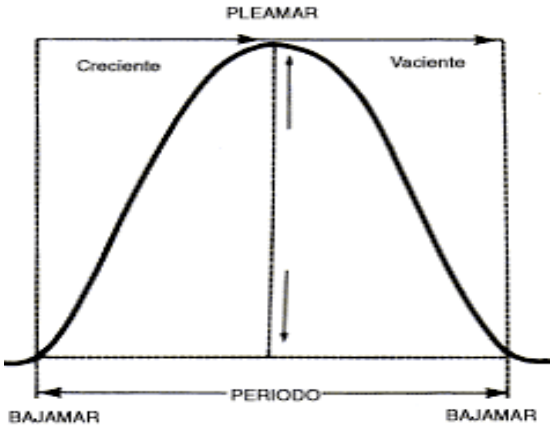
1.6 LAS MAREAS

Las mareas son oscilaciones periódicas del nivel del mar. Es difícil darse cuenta de este fenómeno lejos de las costas, pero cerca de éstas se materializan, se hacen patentes por los vastos espacios que periódicamente el mar deja al descubierto y cubre de nuevo.

Figura 4. **Mareas de la Bahía de Fundy**

Este movimiento de ascenso y descenso de las aguas del mar se produce por las acciones atractivas del Sol y de la Luna. La subida de las aguas se denomina flujo, y el descenso reflujo, éste más breve en tiempo que el primero. Los momentos de máxima elevación del flujo se denomina pleamar y el de máximo reflujo bajamar.

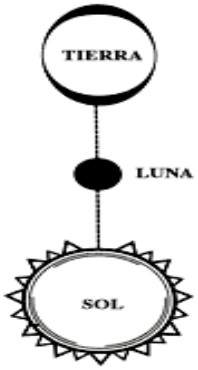
Figura 5. **Movimiento de las Mareas**



Las mareas que se producen durante el período de cada mes lunar, en el que el Sol, la Luna y la Tierra se encuentran en línea recta, tienen mayor

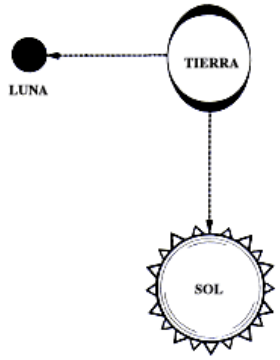
diferencia de nivel entre la marea más alta de la pleamar y la marca mínima de la bajamar, debido a que los efectos de la gravedad del Sol y la Luna se suman y son más fuertes. Estas mareas se denominan *mareas vivas de primavera o equinocciales.*

Figura 6. **Marea viva o equinoccial**



Los efectos opuestos ocurren cuando el Sol y la Luna están colocados formando un ángulo recto en relación con la Tierra, lo cual anula parcialmente la acción de la gravedad, resultando mareas más débiles que presentan poca diferencia entre los niveles más alto y más bajo de la marea. Éstas se denominan *mareas muertas o de cuadratura.*

Figura 7. **Marea muerta o de cuadratura**



Cada mes lunar consta de dos series de mareas equinocciales que alteran con dos series de mareas muertas, y entre ellas existen algunos días de transición que presentan *mareas intermedias.*

Cuando se miden los niveles de las mareas, se toma en cuenta que el océano está sometido a diversas fuerzas, como las influencias gravitatorias de los astros, los vientos predominantes, la densidad variable de las masas de agua, etcétera. Además se tiene que considerar que el nivel del mar es diferente en los distintos océanos: Es más alto en la Costa del Océano Pacífico que en la del Atlántico, diferencia que puede deberse a la menor densidad del agua del Pacífico, e influye en la intensidad de las mareas.

La amplitud de mareas no es la misma en todos los lugares; nula en algunos mares interiores, como en el Mar Negro, entre Rusia y Turquía; de escaso valor en el Mediterráneo, en el que solo alcanza entre 20 y 40 cm., y es igual débil en el océano Pacífico. Por el contrario, alcanza valores notables en determinadas zonas del océano Atlántico, en el cual se registran las mareas

mayores. Esta característica de las mareas presenta una serie de problemas para los diferentes tipos de puertos, ya que hace muy difícil el manejo de los barcos.

Así en la costa meridional Atlántica de la República Argentina, en la provincia de Santa Cruz, alcanza la amplitud de 11 metros, de tal modo que en Puerto Gallegos los buques quedan en seco durante la baja marea.

Pero aún la supera la marea en determinados lugares, tales como en las bahías de Fundy y Frobisher, en Canadá (13,6 metros), y en algunos rincones de las costas europeas de la Gran Bretaña, en el estuario del Servern (13,6 metros), y de Francia en las bahías de Mont-Saint-Michel (12,7 metros) y el Estuario de Rance (13 metros).

Tabla I. **Amplitudes de las mareas**

Amplitudes en metros	Costa
8.0	Puerto Peñasco, Sonora, México
9.0 – 10.0	Liverpool y Bristol, Inglaterra
12.5	Braunaga, India
14.0	Bahía Collier, Australia
15.0	Bahía Mont-Saint-Michel, Francia
18.0	Río Gallegos, Argentina
19.5	Bahía Fundy, Canadá

La energía estimada que se disipa por las mareas es del orden de 22000 TWh. De esta energía se considera recuperable una cantidad que ronda los 200

TWh. El obstáculo principal para la explotación de esta fuente es el económico. Los costes de inversión tienden a ser altos con respecto al rendimiento, debido a las bajas y variadas cargas hidráulicas disponibles. Estas bajas cargas exigen la utilización de grandes equipos para manejar las enormes cantidades de agua puestas en movimiento. Por ello, esta fuente de energía es sólo aprovechable en caso de mareas altas y en lugares en los que el cierre no suponga construcciones demasiado costosas.

La limitación para la construcción de estas centrales, no solamente se centra en el mayor coste de la energía producida, si no, en el impacto ambiental que generan. La mayor central mareomotriz se encuentra en el estuario del Rance (Francia). Los primeros molinos de marea aparecieron en Francia, en las costas bretonas, a partir del siglo XII. El molino se instalaba en el centro de un dique que cerraba una ensenada. Se creaba así un embalse que se llenaba durante el flujo a través de unas compuertas, y que se vaciaba en el reflujo, durante el cual, la salida del agua accionaba la rueda de paletas. La energía sólo se obtenía una vez por marea. Si se ha tardado tanto tiempo en pasar de los sistemas rudimentarios a los que hoy en día conocemos, es porque, la construcción de una central mareomotriz plantea problemas importantes, requiriendo sistemas tecnológicos avanzados.

También Gran Bretaña proyectó construir una central mareomotriz, en el estuario de del río Severn, pero este proyecto obtuvo un gran rechazo social por el impacto al ecosistema.

Belidor, profesor en la escuela de Artillería de La Fère (Francia), fue el primero que estudió el problema del aprovechamiento de la energía cinética de las mareas, y previó un sistema que permitía un funcionamiento continuo de dicha energía, empleando para ello dos cuencas o receptáculos conjugados.

La utilización de las mareas como fuente de energía se remonta varios siglos atrás. Los ribereños de los ríos costeros ya habían observado corrientes que hacían girar las ruedas de sus molinos, que eran construidos a lo largo de las orillas de algunos ríos del oeste de Francia y otros países en los cuales las mareas vivas son de cierta intensidad. Aún pueden verse algunos de estos molinos en las costas normandas y bretonas francesas. Los progresos de la técnica provocaron el abandono de máquinas tan sencillas de rendimiento, hoy escaso.

Las ideas de Belidor fueron recogidas por otros ingenieros franceses que proyectaron una central mareomotriz en el estuario de Avranches, al norte y a 25 km de Brest basándose en construir un fuerte dique que cerrase el estuario y utilizar la energía de caída de la marea media, calculando las turbinas para aprovechar una caída comprendida entre 0.5 y 5.6 metros. Los estudios para este proyecto estaban listos a fines de 1923, pero el proyecto fue abandonado.

Otros proyectos se estudiaron en los Estados Unidos para aprovechar la energía de las mareas en las bahías de Fundy y otras menores que se abren en ella, en las cuales las mareas ofrecen desniveles de hasta 16.6 metros. En la Cobscook se construyo una mareomotriz de rendimiento medio, lo cual duró durante pocos años, pues su rendimiento resultaba mas caro que las centrales termoeléctricas continentales.

Las teorías expuestas por Belidor en su Tratado de Arquitectura hidráulica (1927) quedaron en el aire; pero la idea de aprovechar la enorme energía de las mareas no fue jamás abandonada del todo; solo cuando la técnica avanzó lo suficiente, surgió un grupo de ingenieros que acometió el proyecto de resolver definitivamente el problema.

La primera tentativa seria para el aprovechamiento de la energía de las mareas se realiza actualmente en Francia, precisamente en el estuario de Rance, en las costas de Bretaña. Solo abarca 2,000 km^2, pero reúne magnificas condiciones para el fin que se busca; el nivel entre las mareas alta y baja alcanza un máximo de 13.5 metros, una de las mayores del mundo. El volumen de agua que entrara en la instalación por segundo se calcula en 20,000 m^3 , cantidad muy superior a la que arroja al mar por segundo. Su costo será de miles de millones de francos; pero se calcula que rendirá anualmente mas de 800 millones de kWh. Un poderoso dique artificial cierra la entrada del estuario; una esclusa mantiene la comunicación de éste con el mar y asegura la navegación en su interior.

Todos los elementos de la estación mareomotriz (generadores eléctricos, máquinas auxiliares, las turbinas, los talleres de reparación, salas y habitaciones para el personal director y obreros), todo está contenido, encerrado entre los muros del poderoso dique que cierra la entrada del estuario; una ancha pista de cemento que corre a lo largo de todo él.

1.6.1 La tecnología

Hay dos diseños principales para la generación de energía de mareas: la generación en reflujo y en dos direcciones. Un tercer diseño, la generación en creciente, todavía no se considera práctico. La generación en reflujo (marea menguante o descendente) permite que el agua, fluya a través de canales hacia una presa (un dique artificial) cuando la marea sube. Todos los pasajes se cierran poco después de la marea alta para atrapar el agua que quede retenida detrás de una presa hasta que la marea ha bajado lo suficiente para permitir una diferencia conveniente en el nivel de agua capturada y la del océano.

En este punto el agua se libera y conforme fluye a través de las turbinas, genera electricidad. Cuando los niveles de agua en cualquiera de los lados de la presa se acercan mucho, el sistema se cierra hasta que llega el momento para empezar a capturar el agua nuevamente, punto en el cual el proceso vuelve a comenzar. Este es el método más común de generación de la energía de mareas. La generación en dos direcciones produce energía de la misma forma que la generación en reflujo, pero también puede generar energía mientras la marea fluye en el otro sentido. Esto presenta la ventaja de ofrecer un periodo más largo de generación de energía, sin embargo, sus desventajas: son principalmente un elevado gasto inicial, la producción de un poco menos de energía que la del tipo de reflujo, y las alteraciones a los puertos y la navegación la hacen relativamente menos atractiva. La tecnología de energía de mareas está probada; los mecanismos que se emplean son parte de una tecnología bien establecida y los lugares de prueba de todo el mundo han demostrado la eficacia del concepto. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, se requiere de poca investigación y desarrollo en este campo. Sólo resta aplicar la tecnología en los sitios apropiados en todo el mundo.

1.6.2 Estado actual

Aunque esta fuente de energía es todavía relativamente poco común, puede sorprender a muchos el saber que realmente existen varias plantas de energía de mareas en operación en todo el planeta. La planta más grande de energía de mareas (con una capacidad de 240 megawatts) está en el estuario de La Rance, al norte de Francia. Esta estación de energía ha estado en operación desde 1968, con un índice global de disponibilidad del 93%. Otra instalación importante de pruebas para la energía de mareas es el Proyecto de Energía de Mareas Annapolis de 20 megawatts, en Annapolis real, en Nueva Escocia (en la bahía de Fundy) operó en su primer año (1984) con un 99% de disponibilidad.

Ambos sitios han proporcionado valiosísima información a los investigadores y han demostrado la viabilidad de esta fuente de energía. La planta de La Rance es la única en operación hoy en día sobre una base comercial, pero varios países están desarrollando la energía de mareas a través de una serie de estudios de factibilidad que resultan prometedores. La antigua Unión Soviética construyó una pequeña planta de demostración de 400 kilowatts en Kislogubskaya en 1967.

La ex Unión Soviética, Canadá, Francia, Estados Unidos (Hawai) y China son pioneros de la mayor parte del desarrollo actual de la energía de mareas. Los estudios que se han realizado hasta la fecha han demostrado que las plantas de mareas deben ubicarse en áreas dentro de un rango de mareas de más de 5 m antes de que se pueda producir la energía (con la tecnología actual). Estos sitios también deben ofrecer una gran amplitud (la diferencia entre las mareas altas y bajas) y la posibilidad de crear grandes reservas para almacenar una gran cantidad de agua productora de energía.

1.6.3 Futuro potencial

El potencial de la energía de mareas es importante. La Agencia Internacional de Energía ha calculado que los diversos proyectos en el mundo podrían producir, en teoría, 635,000 gigawatts hora de energía. Ciertas áreas del mundo se han identificado para ofrecer el mayor potencial de producción de energía de mareas. Algunas de ellas son: Bahía de Fundy en Canadá y Estados Unidos; Cook Inlet, en Aláska; Chauseí en la bahía del Monte St. Michel, en Francia; el Golfo de Mazen en la ex Unión Soviética; el Estuario Severn River, en Inglaterra, el Walcott Inlet en Australia; San José, Argentina; y Bahía Asan, en Corea del Sur. En la Bahía de Fundy, por ejemplo, es común que las mareas varíen entré 10 a 12 m y las mareas extremas pueden alcanzar hasta más de 15 m. Se ha dicho que el flujo total de cada marea en la bahía de

Fundy podría generar 400 millones de kilowatts hora de energía, aproximadamente la misma producción de 250 plantas nucleares grandes. En varios de los sitios antes mencionados ya se han desarrollado estudios de factibilidad. El estuario Severn River de hecho ha sido el sitio en donde se ha realizado uno de los más importantes estudios de factibilidad de la energía de mareas en los últimos años. Si los planes actuales continúan, el Proyecto Severn Barrage sería el sistema de energía de mareas más grande del mundo, aproximadamente 10 millas de largo y con una capacidad de producción de energía de 7,200 megawatts.

Si bien la mayoría de los investigadores han considerado los estuarios como los lugares objetivo para las presas de mareas, algunos creen que serian preferibles los esquemas de "costa abierta"; pueden localizarse en grandes áreas de agua costera superficial, tal vez a unos 6 a 8 km de distancia de la playa. Quienes proponen las instalaciones de costa abierta creen que tendrán menos impacto ambiental, un costo menor, e incluso que pueden usarse como base de plantas eólicas mar adentro.

El futuro de la generación de energía de mareas depende mucho de la disponibilidad de los fondos para su desarrollo. Aunque la tecnología ya se ha probado, requiere de una significativa cantidad de fondos, en general de montos que sólo pueden estar disponibles en fuentes gubernamentales, que puedan financiar los costos iniciales de construcción de estas estaciones energéticas. Los estudios de factibilidad realizados en Rusia, China y otros lugares pueden animar a los inversionistas, conforme más y más estaciones demuestren funcionar de manera eficiente y confiable.

1.6.4 Costos

Como ya se observó, los costos relacionados con el desarrollo de proyectos de energía de mareas son muy altos al principio; la dificultad para lograr la inversión qué se requiere para este desarrollo ha sido una de las principales razones del relativo avance de esta fuente de energía. Sin embargo, cuando se observa la vida del proyecto, los costos relacionados con la energía de mareas pueden resultar muy atractivos. Es importante recordar que con esta clase de fuente de energía no hay costos por combustible. El Grupo Severn Tidai Power, qué estudió la factibilidad inicial de la Presa Severn, calculó sus costos iniciales de construcción en 8,250 millones de dólares, pero se espera que la planta pueda producir energía a un costo de 0.045 centavos de dólar por kilowatt hora (en comparación con los 0.06 centavos de dólar por kilowatt hora del carbón).

1.6.5 Aspectos ambientales

Los estudios de factibilidad para el Proyecto Presa Severn han prestado particular atención a los efectos potenciales ambientales de una estación de energía de mareas. Estos efectos colaterales (buenos y malos) pueden mencionarse para las estaciones de energía de marea en general.

Los sistemas de energía de marea ofrecen la misma clase de beneficios ambientales que los sistemas de energía eólica y solar: evitan la contaminación proveniente de quemar combustibles fósiles; son renovables, porque los océanos son una constante fuente de energía; y, por lo tanto, no agotan ninguno de nuestros preciosos recursos naturales.

Entre las preocupaciones respecto a las plantas de energía de mareas está el poner en peligro a las especies de aves y peces, los cambios en los ecosistemas y la acumulación de contaminantes. Todas estas preocupaciones

son claramente específicas al lugar y deben estudiarse con más detalle, caso por caso. Sin embargo, debe observarse que la colocación de una barrera puede afectar una gran área del océano y la playa. Estudios computarizados han demostrado los posibles efectos de una barrera en la Bahía de Fundy, por ejemplo, y han predicho que todo el Golfo de Maine resultaría afectado.

Con respecto a las aves, la construcción de una presa, la cual cambiará los niveles de agua en ambos lados, alterará naturalmente el ecosistema local. Las fuertes corrientes de mareas tienden a elevar y redepositar los sedimentos del fondo, un fenómeno que puede detenerse mediante una gran barrera. Si ciertas especies de plantas y animales no pueden sobrevivir en el nuevo ambiente, las aves y los peces que se alimentan en él, también perecerán. Con los cardúmenes existe una preocupación específica y es que no podrán emigrar hacia los ríos en donde haya una barrera. La acumulación de contaminantes es otro motivo de preocupación. Los ríos con presas tendrán una "afluencia" menos frecuentemente, lo que conduce a la formación de contaminantes. La disminución resultante del suministro de oxígeno podría representar peligro para los habitantes del río.

También se han mencionado las interrupciones a la navegación. Estos aspectos serán abordados cuando se estudie el posible desarrollo de las estaciones de energía de mareas. Las personas que toman las decisiones respectivas tendrán que sopesar los beneficios que ofrece esta tecnología junto con cualesquier cambios potenciales a los ecosistemas, causados por la imposición de grandes presas sobre una base, sitio por sitio. La tecnología y la investigación están en su lugar, y ya se han estudiado varios proyectos importantes. Si el problema de los altos costos iniciales puede resolverse, parece que la energía de mareas puede formar parte de nuestra futura base de energía.

Los diversos tipos de fuentes de energía renovables basados en el manejo del agua que han sido abordados en este capítulo ofrecen una amplia gama de opciones para los planeadores de la energía futura. Si bien no están exentos de los factores ambientales, generalmente se acepta que ofrecen menos alteraciones que sus contrapartes convencionales. El financiamiento sigue siendo un aspecto importante en muchos casos al igual que la investigación y su desarrollo continuo. Estas tecnologías se encuentran en diversas fases de evolución, pero como un todo, todas son prometedoras como futuras fuentes de energía.

1.6.6 Beneficios

En contraposición a algunas fuentes de energía alternativas, las mareas son una constante y la energía de mareas puede proporcionarse de manera continua. (Esto no significa que puede alinearse con las necesidades críticas diarias de los servicios públicos, sin embargo, debido a que las mareas cambian ligeramente cada día como parte de su ciclo.)

Así que una vez que se han realizado los costos iniciales, la energía es gratuita y continua se espera que las estaciones de marea tengan una larga vida (de hasta 120 años); la cantidad de energía producida también es enorme, en Inglaterra, la Unidad de Apoyo a la Tecnología Energética calculó en 1988 que el potencial de la energía de mareas en ese país solamente podría ser de hasta 50 Terawatt hora por año (tan sólo el 20% menos de la demanda de electricidad en ese tiempo).

El uso de la energía de mareas de las aguas que rodean a un país permite un cierto grado de autosuficiencia energética, lo cual es siempre una ventaja en lugares donde los precios de los combustibles fósiles y su disponibilidad no son estables. Los beneficios ambientales del uso de le

energía de mareas sobre los métodos más convencionales, también son importantes.

2 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS MAREAS

2.1 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE LAS ONDAS Y LAS OLAS

Ya se ha dicho que los vientos imprimen a las capas superficiales del mar movimientos ondulatorios de dos clases: las ondas y las olas.

2.2 ENERGÍA DE LAS OLAS

El ingeniero Cattaneo de Veltri ideó un dispositivo, que instaló al pie del promontorio rocoso en el cual se asienta la cuidad de Mónaco con el fin de proveer de agua marina al Museo Oceanográfico de dicha ciudad. Consiste en un pozo de cierto diámetro que comunica por su parte inferior con el mar. A lo largo de este pozo se mueve un pesado flotador guiado por unas barras de hierro empotradas en la pared de aquél flotador que desciende por el empuje vertical del agua del mar y conforme con las oscilaciones de la superficie de éste. Mediante palancas articuladas, el flotador transmitía su empuje a los vástagos de los émbolos de dos bombas hidráulicas aspirantes-impelentes que elevaban el agua hasta el Museo Oceanográfico. Esta máquina, que funcionó una docena de años, acabó por ser destruida por las olas a pesar de su robustez y construcción sencilla. Su rendimiento era reducido y constituyo mas bien una curiosidad que un dispositivo realmente útil.

Las olas se forman en cualquier punto del mar por la acción del viento. En un día de calma, por la mañana, la superficie del mar está absolutamente tranquila. Pero cuando comienza a soplar una brisa suave se forman en la superficie tranquila de las aguas pequeñas elevaciones, olas minúsculas: el mar

se "riza". A medida que aumenta la velocidad del viento, las olas crecen en altura y en masa mas rápidamente que la longitud, en profundidad, de la ola. Finalmente, cuando el viento sopla con violencia, las olas alcanzan tamaño gigantesco y por el impulso de aquél corren sobre la superficie marina a gran velocidad y descargan toda su potencia sobre los obstáculos que encuentran en su camino. Los efectos de estos choques son enormes y la cantidad de energía disipada en ellos es considerable.

Los efectos de tan tremendos choques se hacen visibles en puertos y escolleras; se citan casos en que bloques artificiales de cemento de más de dos o tres toneladas de peso han sido levantados de su asiento y lanzados a varios metros de distancia.

Se han proyectado numerosos aparatos y dispositivos para aprovechar la energía del oleaje, pero ninguno hasta hoy ha dado resultados prácticos. La energía de las olas es salvaje, difícil de domesticar. En 1929 se llevó a la practica el primer proyecto para utilizar la fuerza horizontal de las olas, empleándose para ello el rotor de Savonius, rueda formada por dos semicilindros asimétricos montados sobre un mismo chasis. El aparato funcionó por varios meses en Mónaco. La acción corrosiva del agua del mar lo inutilizó. Éstas y otras técnicas se han aplicado a la utilización de la energía horizontal o de traslación de las ondas. La inconstancia de éstas limita, por una parte, su empleo.

El fracaso de los intentos reseñados y muchos otros llevados a cabo, parece querer demostrar que es vana la esperanza de aprovechar la energía de las ondas y las olas. Pero el hombre no se ha resignado a contemplar como se pierde tanta energía cinética, continua, eterna, que le ofrece la Naturaleza gratuitamente; en vista del fracaso de la utilización de la energía de las ondas y

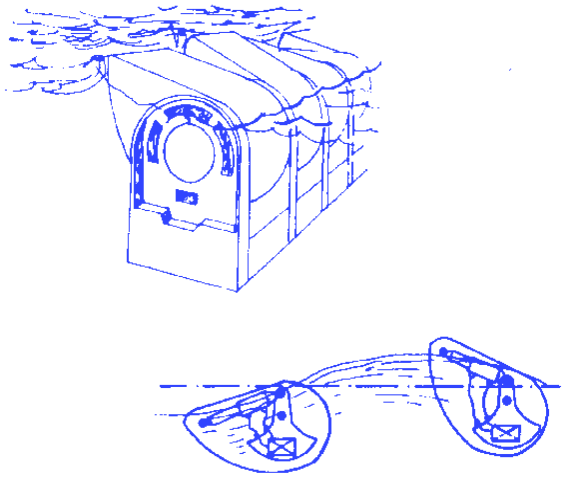
las olas, los técnicos orientaron sus esfuerzos a utilizar la que se deriva de la variación del nivel del mar, esto es, la de las mareas y la del calor de las aguas marinas.

De los sistemas propuestos, para fijar la energía de las olas, se puede hacer una clasificación, los que se fijan en la plataforma continental y los flotantes, que se instalan en el mar.

Uno de los primeros fue el convertidor noruego Kvaerner, cuyo primer prototipo se construyó en Bergen en 1985. Consiste en un tubo hueco de hormigón, de diez metros de largo, dispuesto verticalmente en el hueco de un acantilado. Las olas penetran por la parte inferior del cilindro y desplazan hacia arriba la columna de aire, lo que impulsa una turbina instalada en el extremo superior del tubo. Esta central tiene una potencia de 500 KW y abastece a una aldea de 50 casas.

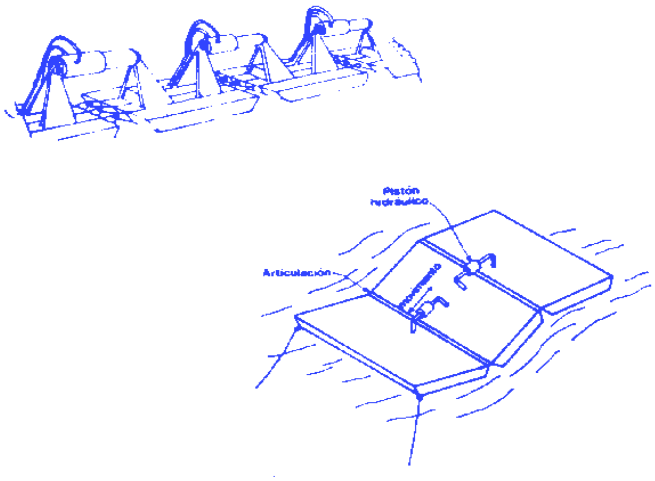
El pato de Salter, que consiste en un flotador alargado cuya sección tiene forma de pato. La parte más estrecha del flotador se enfrenta a la ola con el fin de absorber su movimiento lo mejor posible. Los flotadores giran bajo la acción de las olas alrededor de un eje cuyo movimiento de rotación acciona una bomba de aceite que se encarga de mover una turbina. La dificultad que presenta este sistema es la generación de electricidad con los lentos movimientos que se producen.

Figura 8. **El Pato Salter. La ola presiona sobre su parte baja obligándole a levantarse, lo que origina un movimiento de semirotación**



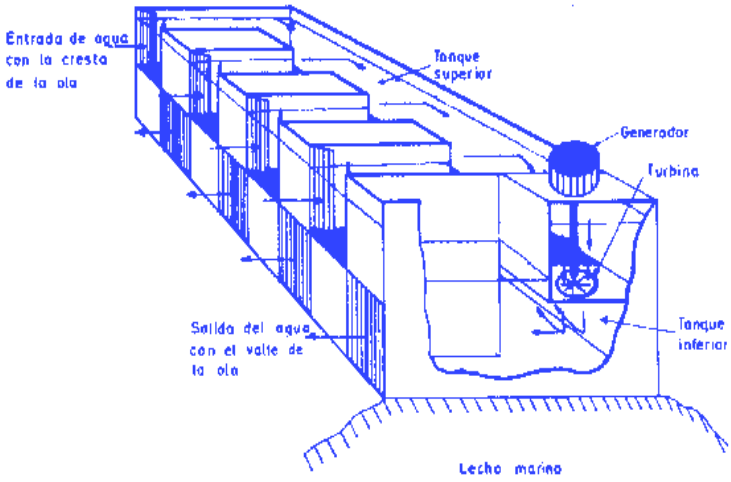
La Balsa de Cockerell, que consta de un conjunto de plataformas articuladas que reciben el impacto de las crestas de las olas. Las balsas ascienden y descienden impulsando un fluido hasta un motor que mueve un generador por medio de un sistema hidráulico instalado en cada articulación.

Figura 9. **Balsa Cockerell: tres flotadores entre los cuáles se instalan bombas de pistón que extraen la energía**



El Rectificador de Russell, formado por módulos que se instalan en el fondo del mar, paralelos al avance de las olas. Cada módulo consta de dos cajas rectangulares, una encima de la otra. El agua pasa de la superior a la inferior a través de una turbina.

Figura 10. **Rectificador Russell: tanque de dos niveles entre los que fluye el agua a través de una turbina**



La Boya de Masuda, consiste en un dispositivo flotante donde el movimiento de las olas se aprovecha, por medio de la presion que ejercen en la parte baja del mismo, la cual mueve un generador de electricidad. El Convertidor de Belfast, muy similar a la boya Masuda, pero mucho más avanzado. Y por ultimo podemos mencionar la Bolsa de Lancaster que es una estructura con bolsas flexibles llenas de aire que se hace pasar por una turbina accionada por medio de las olas que chocan contra ella.

Figura 11. **Boya Masuda: cámara flotante semisumergida con una columna oscilante de agua**

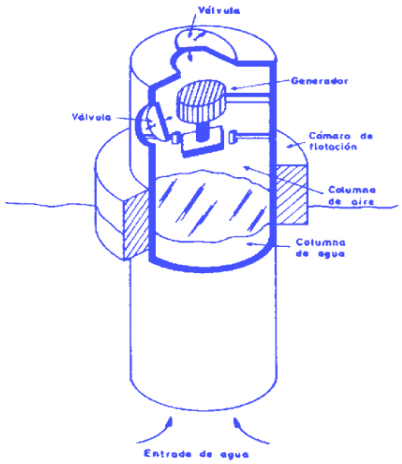


Figura 12. **Convertidor de Belfast**

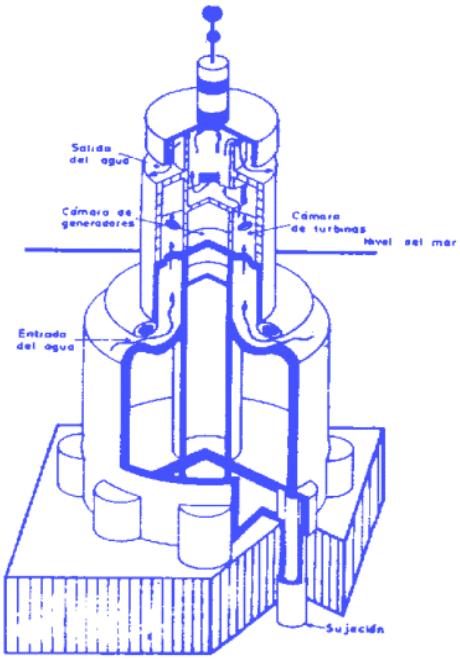
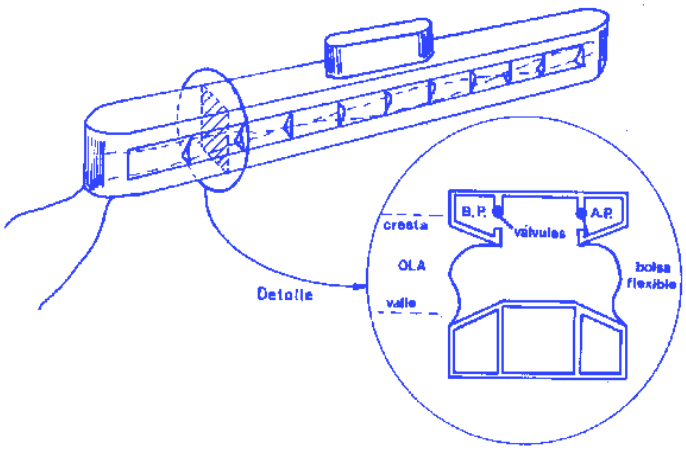


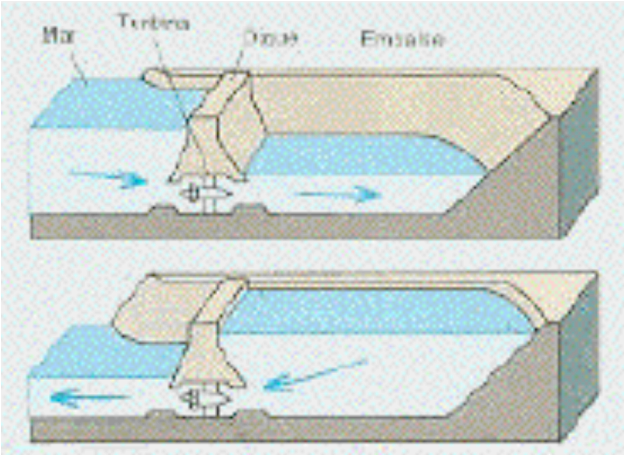
Figura 13. **Bolsa de Lancaster**



Existen diferentes tipos de instalaciones para convertir energía de las generalmente en energía eléctrica.

El principio de conversión de energía consiste en el uso de una diferencia de niveles de agua oceánica a ambos lados de un dique que encierra un área oceánica. La diferencia de niveles causa una diferencia de presiones de agua dentro y fuera del dique, y bajo esta diferencia de presiones los chorros de agua que pasan a través del dique hacen rotar sistemas hidroturbinas-generadores produciendo de este modo energía eléctrica. El uso de dicho principio tradicional de producción de energía eléctrica tiene una desventaja cardinal: la energía eléctrica se genera no constantemente, sino cíclicamente conforme a los ciclos de mareas. Esto significa que hay una secuencia de periodos alternantes de ausencia y generación de energía eléctrica con un período igual al período de mareas oceánicas (aproximadamente 6 horas), que en la práctica causa serias incomodidades al usar la energía eléctrica obtenida por medio de dicho principio.

Figura 14. **Dique para la conversión de energía**



En el presente capítulo analizaremos un nuevo principio de transformación de energía mareomotriz en energía eléctrica que todavía no ha sido realizado en la práctica ingenieril para generar energía eléctrica continuamente en cualquier escala. La idea principal consiste en una múltiple (digamos, doble) conversión de energía: primeramente la energía cíclica de mareas se convierte en la energía potencial de agua oceánica acumulada en un depósito ubicado en una altura con respecto al nivel del océano, y después la energía potencial de agua oceánica se convierte continuamente en la energía eléctrica. La primera fase (cíclica) de conversión de la energía mareomotriz la transforma en energía potencial de agua oceánica se realiza por medio de plantas especiales mareomotrices de bombeo vertical, la segunda fase (continua) de conversión de la energía potencial en la energía eléctrica se realiza por medio de una estación hidroeléctrica estándar. El agua oceánica pasada por las turbinas de la central se dirige al océano.

Consideremos una planta mareomotriz de bombeo vertical e indiquemos la capacidad teórica de este tipo de planta con respecto al área del océano ocupado por esta planta. La planta consta de un flotador con el peso específico igual a 0.5 del peso específico de agua oceánica que puede desplazarse

verticalmente a lo largo de barras verticales fijadas en el fondo del océano. El flotador puede fijarse en sus posiciones verticales extremas a las barras así acumulando la energía potencial del agua que se mueve cíclicamente al cambiar el nivel del océano durante el proceso de mareas. Cuando el nivel del océano alcance su valor extremo opuesto, un sistema de control libera el flotador que empieza a moverse verticalmente bajo la acción de la fuerza de gravedad o bajo el Principio de Arquímedes. El flotador está unido con un émbolo de un cilindro fijado en el fondo del océano. El cilindro a través de un juego de válvulas y un sistema de tuberías se une con el depósito de agua oceánica ubicado en una altura de decenas de metros con respecto al nivel del océano. Al liberarse, el flotador empuja el émbolo el cual bombea el agua oceánica desde el cilindro al depósito de agua.

Desde el depósito el agua salada se baja continuamente hacia la central hidroeléctrica que produce energía eléctrica. El caudal continuo de salida de agua oceánica desde el depósito es de tal magnitud que en el depósito siempre se encuentra una cantidad de agua oceánica lo que asegura la producción continua de energía eléctrica.

La pregunta principal es sobre la capacidad teórica de un área estándar (digamos, 1 m^2) de la superficie oceánica, con una cierta magnitud de diferencia de niveles extremos de mareas, para producir continuamente potencia utilizando el principio de transformación de energía por medio de la planta de bombeo vertical descrita. Los estudios del problema nos dan los resultados siguientes.

Si designamos con ***d*** la diferencia de niveles extremos del océano (en metros) y teniendo en cuenta que mientras el flotador esté sumergiendo o emergiendo la fuerza de presión que el émbolo efectúa sobre el agua oceánica

que está bombeando se cambia linealmente con respecto a la magnitud de desplazamiento vertical, se puede mostrar que la energía específica de 1 m^2 de superficie oceánica es igual aproximadamente a:

$$4900*d*d \text{ Joule/m}^2$$

Por un ciclo mareomotriz. Al aceptar que el período de mareas es igual a 6 horas, podemos evaluar la potencia específica continua de 1 m^2 de superficie oceánica que es igual aproximadamente a:

$$P = 0.227*d*d \text{ W/m}^2 .$$

En la tabla presentamos algunos valores de la potencia teórica específica (en W/m^2) en dependencia de la diferencia de niveles del océano (en metros).

Tabla II. **Energía Específica por Diferencia de Niveles**

2.2.1.1 Diferencia de niveles	2.2.1.2 Energía Específica
2	**0.908**
3	**2.043**
4	**3.632**
5	**5.675**
6	**8.172**

La tabla 2 muestra que para una diferencia de niveles del océano igual a **4** metros (lo que tenemos en la costa pacífica de Panamá) un área oceánica igual a **100 m x 100 m = 10,000 m^2** puede generar teóricamente **36.6 KW** de energía eléctrica continuamente.

El potencial energético que es posible lograr a través de las plantas mareomotrices, podría tener una gran utilidad en proyectos aplicados al funcionamiento del Canal de Panamá; a través de los cuales se podría lograr no sólo el aprovechamiento de la energía generada, si no también el ahorro consecuente del agua que se utiliza durante la operación del Canal y con la cual también se abastece parte de la Ciudad de Panamá.

La influencia de la luna, en forma de mareas, aporta alrededor del 1% de la energía total del planeta. Esta energía es generada a partir de la fuerza de las olas del mar y de los cambios de las mareas. En el mundo existen varias decenas de lugares muy idóneos para que este método alcance una producción excepcional.

El movimiento de las olas también se puede utilizar para generar electricidad. Mareas, fuerza de las olas, gradientes térmicos y salinos, vientos oceánicos, y corrientes marinas ofrecen un potencial energético enorme. Existe una maquina experimental para almacenar la energía de las olas llamada “pato” las olas hacen, que el “pico” de cada “pato” se habrá y se cierre. La energía es utilizada para producir electricidad en pequeños generadores que se hayan en los patos.

La formula más habitual de aprovecharla consiste en separar un estuario del mar mediante un dique y aprovechar la diferencia de nivel que se produce con las mareas.

Las mareas de los océanos constituyen una fuente gratuita, limpia e inagotable de energía. Solamente Francia y la ex Unión Soviética tienen experiencia práctica en centrales eléctricas accionadas por mareas.

Es un recurso hidráulico que tiene analogía con la hidroelectricidad. La energía mareomotriz podría aportar unos 635.000 Gigavatios hora (GWh), anuales, equivalentes a unos 1.045.000.000 barriles de petróleo ó 392.000.000 toneladas de carbón al año. A partir del año 1973, cuando el mundo tomó conciencia de la finitud de los combustibles convencionales no renovables, se intensificaron los estudios de todos los tipos disponibles de energías renovables no convencionales: solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, etc.

La energía mareomotriz es una de las catorce fuentes nuevas y renovables que estudian los organismos especializados de las Naciones Unidas. Esta energía está disponible en cualquier clima y época del año.

Las mareas pueden apreciarse como variación del nivel del mar, con un período de aproximadamente 12 horas y 30 minutos, con una diferencia de nivel variable que, conforme a la topografía costera puede ser, entre bajamar y pleamar, de hasta 15 metros. Esta característica se da en un centenar de lugares.

La técnica utilizada consiste en encauzar el agua de la marea en una cuenca, y en su camino accionar las turbinas de una central eléctrica. Cuando las aguas se retiran, también generan electricidad. Se considera que los lugares más viables para aprovechar esta energía son unos 40, que rendirían unos: 350,000 GWh anuales. En el verano de 1966 se puso en marcha la primera planta de energía mareomotriz

Figura 15. **Al retirarse el agua de la cuenca genera electricidad**

situada en el río Rance, en el noroeste de Francia, que estuvo funcionando casi dos décadas. Consistía en una presa de 720 metros de largo, que creaba una cuenca de 22 kilómetros cuadrados. Tenía una esclusa para la navegación y una central con 24 turbinas de bulbo y seis aliviaderos, y generaba 240,000 kW. Desde el punto de vista técnico-económico funcionaba muy satisfactoriamente, y proporcionó muchos datos y experiencias para proyectos del futuro. Sus gastos anuales de explotación en 1975 fueron comparables a los de plantas hidroeléctricas convencionales de la época, no perjudicaban al medio ambiente y proporcionaba grandes beneficios socioeconómicos en la región. Se benefició la navegación del río y se duplicó el número de embarcaciones que pasan por la esclusa, y en el coronamiento de esta estructura se construyó una carretera.

Figura 16. **Vista aérea de la central mareomotriz "La Rance"**

2.3 ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA

La explotación de las diferencias de temperatura de los océanos ha sido propuesta multitud de veces, desde que d'Arsoval lo insinuara en el año 1881, pero el mas conocido pionero de esta técnica fue el científico francés Georgi Claudi, que invirtió toda su fortuna, obtenida por la invención del tubo de neón, en una central de conversión térmica.

La conversión de energía térmica oceánica es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varia entre 20 y 24º C. Para el aprovechamiento es suficiente una diferencia de 20º C.

Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental. Puede tener ventajas secundarias, tales como alimentos y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Las posibilidades de esta técnica se han potenciado debido a la transferencia de tecnología asociada a las explotaciones petrolíferas fuera de costa. El desarrollo tecnológico de instalación de plataformas profundas, la utilización de materiales compuestos y nuevas técnicas de unión harán posible el diseño de una plataforma, pero el máximo inconveniente es el económico.

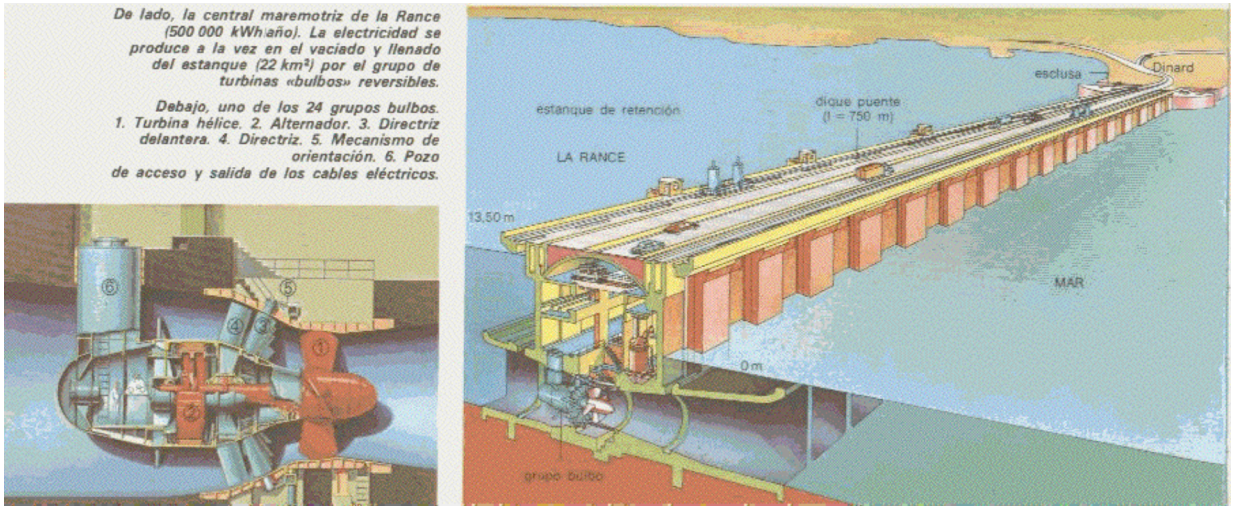
Las posibilidades de futuro de la energía mareomotriz no son de consideración como fuentes eléctricas, por su baja rentabilidad y por la grave agresión que supondría para el medio ambiente. En Galicia, las estaciones de este tipo solo serian posible en la ría de Arousa (Pontevedra), y su construcción supondría la destrucción de gran parte de los recursos marisqueros de esta ría.

En algunas regiones costeras se dan unas mareas especialmente altas y bajas. En estos lugares se ha propuesto construir grandes represas costeras que permitirían generar energía eléctrica con grandes volúmenes de agua aunque con pequeñas diferencias de altura. Es como la energía hidráulica, pero su origen de atracción gravitacional del Sol y principalmente de la Luna, en vez del ciclo hidrológico.

La mayor central mareomotriz se encuentra en el estuario de Rance (Francia). Los primeros molinos de mareas aparecieron en Francia. Estos se instalaban en el centro de un dique que cerraba una ensenada. Así se creaba un embalse que se llenaba durante el reflujo por medio de unas compuertas; durante el reflujo, el agua salía y se accionaba la rueda de las paletas. La energía solo se obtenía una vez por marea. Si se ha tardado tanto tiempo en pasar de los sistemas rudimentarios a los que hoy en día conocemos, es porque la construcción de una central mareomotriz plantea problemas importantes, requiriendo sistemas tecnológicos avanzados.

El embalse creado por las obras que represan el Rance tiene un volumen de 184,000,000 m^3 entre los niveles de pleamar y bajamar. Se extiende por una veintena de kilómetros, que se alarga hasta la orilla del Rance, situada junto a la parte mas profunda del río.

Figura 17. **Central Mareomotriz de la Rance en Francia**



La innovación está constituida por la instalación de grupos del tipo "bulbo", que permiten aprovechar la corriente en ambos sentidos, de flujo y de reflujo, de esta forma se utiliza al máximo las posibilidades que ofrecen las mareas.

Cada grupo esta formado por una turbina, cuya rueda motriz tiene cuatro palas orientables y va acoplada directamente a un alternador. Funcionan ambos dentro de un cráter metálico en forma de ojiva. La central mareomotriz, con un conjunto de 24 grupos bulbo tiene una aportación de 220 megavatios, además del aporte de energía eléctrica, representa un importante centro de desarrollo e investigación, y que gracias a ella se deben avances tecnológicos en la

construcción de estructuras de hormigón dentro del mar, estudios de resistencia de los metales a la corrosión marina y evolución de los grupos bulbo.

Pero el impulso, en el aprovechamiento de esta fuente de energía, se consiguió con la turbina "Strafflo", en experimentación desde 1984 en la bahía de Fundy, en Canadá (donde se dan las mayores mareas del mundo) ahí existe una central de 18 MW La innovación de este sistema radica en que el generador eléctrico circunda los alabes de la turbina, en lugar de ir instalado a continuación del eje de la misma. De este modo se consigue un aumento de rendimiento, ya que el generador no se interpone en el flujo del agua.

También Gran Bretaña proyecto construir una central mareomotriz, en el estuario del río Severn, habiendo estudiado dos posibles ubicaciones, la que parecía más favorable /denominada Cardiff-Weston), suponía construir un dique de 16,3 kilómetros para emplazar 192 turbo grupos, con una producción prevista de 14.4 TWh/año, pero este proyectó obtuvo un rechazo social por el impacto al ecosistema.

2.4 CONVERSIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA (CETO)

El físico francés Arsene d'Arsonval fue el primero en proponer que la electricidad podía generarse por las diferencias de temperatura de los océanos. Sin embargo, no fue sino hasta casi cincuenta años después, que uno de los alumnos de d'Arsonval, Georges Claúde, realmente intentó poner en práctica el concepto de la CETO construyendo una pequeña planta cerca de la costa de Cuba.

La conversión de energía térmica oceánica tiene que ver con la explotación de las diferencias de temperatura entre el agua templada de la superficie y las capas profundas más frías. Particularmente en las latitudes

tropicales la diferencia de temperaturas en la superficie y la de las aguas profundas de unos 100 metros, puede variar en 20°C. Esta diferencia de temperatura puede utilizarse para generar electricidad al vaporizar y condensar de manera alternada un fluido de trabajo.

La fuente de energía potencial representada por la tecnología CETO es importante. La relativa regularidad de las temperaturas oceánicas significa que los sistemas CETO pueden brindar niveles constantes de energía, lo que los hace aptos para un uso de carga fundamental (el nivel mínimo de energía continua) para los servicios públicos. También tienen potencial para lugares lejanos a nivel de la costa que tienen pocas o ninguna otra opción de energía.

Debido a la necesidad de variación de temperatura, los sistemas CETO sólo se aplican en ciertas partes del mundo. Cuando se toman en cuenta las variaciones anuales de temperatura, el recurso térmico CETO útil está principalmente entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio, con los lugares más atractivos en el Pacífico, en donde la mayor parte del tiempo se cuenta con una temperatura media de 24°C. La ubicación real de una instalación varía según las características locales. Por ejemplo, el sistema puede estar flotando, con base en la tierra o fijo a alguna especie de torre.

2.4.1 La Tecnología

Hay dos tipos de sistemas para convertir en energía las diferencias de temperatura de los océanos: el sistema de ciclo cerrado y el abierto. El sistema desarrollado por d´Arsonval se basaba en un concepto de ciclo cerrado, pero el que Claude intentó cincuenta años después tomó esa idea y la desarrolló más, convirtiéndola, finalmente, en un sistema de ciclo abierto.

Los dos sistemas son relativamente similares: CETO funciona como un motor de calor que utiliza el agua templada, lo mismo que un motor utiliza el trabajo; el vapor entonces enciende una turbina. El agua de mar fría bombeada desde los niveles más bajos del océano, condensa vapor al encender la turbina. El proceso de condensación proporciona el impulso necesario para que el flujo corra, el cual puede ser agua de mar templada o cualquier otro líquido como amonia.

En el último caso, el vapor condensado se bombea de vuelta al evaporador, formando un ciclo cerrado. En el primer caso, el vapor condensado se descarga. Cada sistema tiene ventajas y desventajas. Las opiniones se dividen respecto a cuál es el mejor sistema. Mientras algunos creen que los sistemas de ciclo cerrado ofrecen lo mejor para una aplicación comercial a corto plazo, otros opinan que las plantas de ciclo abierto serán las más eficaces en términos de costo a la larga, en particular si se consideran los subproductos , como la acuacultura y el agua fresca, relacionados con esta tecnología.

Las plantas de ciclo cerrado usan turbinas más pequeñas que las grandes de baja presión empleadas en el sistemas de ciclo abierto. Problemas tales como el costo, la corrosión, eficiencia y la biodescomposición (cuando la materia marina queda atrapada en el sistema) de los intercambiadores de calor todavía tienen que resolverse.

El sistema de ciclo abierto es más fácil de construir porque no tiene que soportar una presión tan alta. A su favor también está el potencial de ventajosos subproductos como la acuacultura y el agua desalada. Los principales desventajas de este sistema, por otra parte son que sus componentes deben mantenerse bajo un elevado vacío y que requiere de una turbina más grande (porque el vapor es mucho menos denso que el de un fluido

de trabajo en un sistema típico de ciclo cerrado). Los sistemas híbridos también existen; utilizan un condensador y una turbina más pequeños que en un sistema de ciclo abierto y pueden producir agua desalada como en un dicho ciclo.

Existen muchos componentes en un sistema CETO, de los cuales su mayoría constituyen una tecnología bien desarrollada y algunos otros están en proceso de investigación. Los principales que se están estudiando son las pipas de agua fría y los intercambiadores de calor. Los aspectos que se investigan son la resistencia a la corrosión y la accesibilidad de estas pipas, que también provoca problemas de mantenimiento. Para vencer los problemas estructurales reales relacionados con las pipas se están llevando a cabo experimentos con diversos materiales, como el concreto, acero, aluminio, polietileno y otros plásticos.

Los intercambiadores de calor (el evaporador y el condensador) se consideran los componentes más costosos de un sistema CETO de ciclo cerrado. Los problemas que se están investigando con estos componentes incluyen biodescomposición, la corrosión y la durabilidad. Al igual que con las pipas de agua fría, se están considerando diversos materiales, incluyendo combinaciones de titanio y aluminio, aleaciones de cobre y níquel y diversos plásticos.

2.4.2 Potencial Futuro

La CETO tiene un papel en el futuro suministro de energía a mucha áreas, particularmente los países que se encuentran en islas y las zonas costeras tropicales. Es de particular interés para Estados Unidos el que se ha establecido que entre 1990 y el año 2000, la CETO podría suministrar una importante capacidad generadora para Hawai, Puerto Rico, las Islas Vírgenes, Guám, Micronesia y Samoa Americana. Los países en islas que deben pagar

costos muy altos por combustible, o que tienen fuentes limitadas de energía, son los mercados ideales para la CETO. Además de las aplicaciones remotas y pequeñas, CETO también es ideal para la generación de energía de carga fundamental, un beneficio que la separa de muchas otras fuentes renovables.

Una de las ventajas de la CETO de ciclo abierto que hace más probable su éxito futuro es su capacidad para originar subproductos que pueden ser extremadamente redituables en su propio derecho. Estas actividades mejoran notablemente la eficacia general en costos, al tiempo que ofrecen sus propios beneficios sociales y económicos.

2.4.3 Costos

Los altos costos iniciales de la CETO están obstaculizando su desarrollo. El equipo inicial, especialmente el evaporador, el condensador y la pipa de agua fría, comprenden aproximadamente el 70% del costo total del sistema CETO. Los costos de mantenimiento también pueden ser más altos que los de las plantas convencionales activadas con combustibles, pero a la larga esta fuente de energía puede ser bastante costeable por varias razones.

Primero, los costos de combustible de CETO no existen, así que, dependiendo de la vida de una planta CETO, los costos a largo plazo se reducen considerablemente. Esta tecnología es particularmente apropiada para países pequeños que generalmente pagan elevados costos de combustible para generar electricidad, como ya se mencionó anteriormente. En tales instancias se espera que el sistema CETO ofrezca una fuente costeable generadora de energía.

La capacidad para atraer fondos es un problema constante para las instalaciones de una planta CETO. La combinación de una lenta recuperación

de la inversión y el hecho de que las instalaciones CETO todavía se encuentran en fase de experimentación, sin plantas comerciales en existencia, hace difícil obtener el financiamiento. Es posible que se necesite del gobierno o de un financiamiento cooperativo internacional para vencer este obstáculo. Se ha calculado que si los inversionistas pudieran estar seguros que una planta CETO se operará durante treinta años sin reparaciones generales importantes, podrían aceptar la oportunidad de construir este tipo de plantas en la actualidad. Pero la falta de una historia observable de la tecnología CETO para ese periodo de tiempo, hace dudar a los inversionistas.

2.4.4 Aspectos ambientales

Existen varios aspectos ambientales de la CETO que deben tomarse en cuenta, y los cuales tienen que ver principalmente con la liberación ya sea de químicos o de agua residual de vuelta al océano circundante.

En los sistemas de ciclo cerrado existe el peligro de que el fluido de trabajo escape hacia el mar circundante si el sistema está flotando, o dentro de la tierra, si tiene su base allí. Es evidente que se pueden tomar precauciones para reducir ese riesgo. Además, dado que los intercambiadores de calor se limpian con una clorinación intermitente, se pueden emitir quejas por el cloro que se libera en el ambiente circundante. Sin embargo, es posible recoger el cloro sin liberarlo.

Esta descarga de agua templada o fría en el agua circundante con una temperatura diferente también representa una preocupación. La tecnología actual permite a los desarrolladores liberar agua a una temperatura apropiada, así que no necesariamente es un problema si se maneja con propiedad. Sin embargo, algunos expertos han expresado su preocupación porque interferir con el agua profunda de los océanos puede tener efectos ambientales

imprevistos. Finalmente, el efecto de un sistema CETO en los cardúmenes circundantes es tema de especulación. Algunos huevecillos y larvas pueden quedar atrapados en el sistema, lo cual puede afectar la distribución local de estas especies; asimismo, los cambios en la salinidad y temperaturas locales pueden afectar el ecosistema local. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía los estudios demuestran que estos efectos son limitados.

2.4.5 Beneficios

Las desventajas ambientales analizadas previamente se consideran relativamente menores y parecen poder controlarse. Más importante es el hecho de que la CETO es una fuente renovable que no contamina ni origina gases de invernadero. Los beneficios adicionales son tanto económicos como políticos.

La CETO ofrece el potencial de subproductos económicamente valiosos, así como un cierto grado de autosuficiencia para los países que desarrollen esta enorme energía. Por último, el suministro constante de energía CETO le brinda una ventaja sobre las fuentes de energía renovable que son ligeramente menos regulares en su producción de energía. Al igual que con otras fuentes de energía renovable, la CETO tendrá que vencer obstáculos de financiamiento para poder lograr una aplicación más amplia. La tecnología está ahí para que esta fuente de energía se desarrolle y se espera que juegue un importante papel en nuestro futuro suministro de energía.

2.5 PROYECTOS

En la Actualidad existen cuatro proyectos aprobados para restaurar este patrimonio marítimo y que hacen referencia a los molinos de Cerroja, en Escalante; Santa Olaya, en Isla Victoria, en Noja; y Jado, en Argoños.

2.5.1 Escalante

El molino de Cerroja, en Escalante es el primero que se esta recuperando, con una inversión de 24 millones de pesetas en su primera fase, capital procedente del Ministerio de Medio Ambiente. Totalmente en ruinas, su restauración se esta realizando tomando como modelos fotografías antiguas de principios de siglo y se espera finalizar para finales del mes de diciembre. Se tiene como objetivo de esta restauración, ofrecer una alternativa al turismo de playa, atraer visitantes el resto del año por medio de un turismo agro ecológico y dinamizar económicamente la zona.

2.5.2 Molino de Victoria: (en Noja)

Este molino también se intentara reconstruir con el propósito de situar un Aula de Observación de la Naturaleza que permitirá a los investigadores desarrollar estudios sobre la zona. Este edificio se levanto sobre el muro que cierra el embalse y su fachada orientada hacia el sur ha desaparecido.

2.5.3 Molino de Jado: (en el barrio de Ancillo, en Argoña)

El proyecto de restauración de este molino cuenta con un presupuesto de 39,9 millones de pesetas, y con el que el alcalde, Joaquín Fernández San Emetrio, pretende que contribuya a un mejor conocimiento del entorno natural y de las tradiciones de Siete Villas. Esta iniciativa ayudara al enriquecimiento del patrimonio monumental y natural del municipio y permitirá organizar múltiples actividades, exposiciones, aula de observación de aves y divulgación del entorno.

2.5.4 Molino de Santa Olaya (Marisma de Joyel)

La rehabilitación de este molino cuenta con una subvención de 50 millones de pesetas del Ministerio de Medio Ambiente, proyecto que formara

parte de una iniciativa más importante que la de la reconstrucción del molino de Escalante, denominada el "Ecoparque de Trasmiera", que consiste en fomentar el turismo por medio del conocimiento y el aprovechamiento del patrimonio cultural y medioambiental.

2.6 CENTRALES MAREOMOTRICES

En algunas regiones costeras se dan unas mareas especialmente altas y bajas. En estos lugares se ha propuesto construir grandes represas costeras que permitirían generar energía eléctrica con grandes volúmenes de agua aunque con pequeñas diferencias de altura. Es como la energía hidráulica, pero su origen de atracción gravitacional del Sol y principalmente de la Luna, en vez del ciclo hidrológico.

2.6.1 Proyecto Kislogubskaya, de Rusia

Esta central experimental, ubicada en el mar de Barentz, con una capacidad de 400KW, fue la segunda de esta clase en el mundo. Se empleó un método similar al empleado en Rance: cada módulo de la casa de máquinas, incluidos los turbogeneradores, se fabricaron en tierra y se llevaron flotando hasta el lugar elegido y se hundieron en el lecho previamente elegido y preparado. Se puso en marcha en 1968 y envío electricidad a la red nacional.

El único problema es el elevado costo inicial por KW de capacidad instalada, pero se deberá tener en cuenta que no requiere combustible, no contamina la atmósfera y su vida útil se calcula de un siglo.

2.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

2.7.1 Ventajas

- Es auto renovable.
- No contamina el medio ambiente ni sus alrededores.
- No produce contaminación acústica.
- En el caso de inversión de materia prima, los costos son mínimos.
- No concentra población.
- Maneja disponibilidad de generar energía en cualquier clima y época del año.

2.7.2 Desventajas

- Cambia la imagen y la apariencia del paisaje costero conllevando impactos visuales y estructural sobre el paisaje costero
- Localización puntual.
- Se necesita espacio, para generar esta energía depende de la amplitud de mareas.
- Traslado de energía muy costoso.
- Efecto negativo sobre la flora y la fauna.
- Sólo se puede producir cierta cantidad de energía, las condiciones limitantes ya no lo permiten.

3 CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

3.1 FUTURO DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Las posibilidades de futuro de la energía mareomotriz no son de consideración como fuentes eléctricas, por su baja rentabilidad y por la grave agresión que supondría para el medio ambiente.

La explotación de la energía potencial correspondiente a la sobre elevación del nivel del mar aparece en teoría como muy simple: Se construye un dique cerrando una bahía, estuario o golfo aislándolo del mar exterior, se colocan en él los equipos adecuados (turbinas, generadores, esclusas) y luego, aprovechando el desnivel que se producirá como consecuencia de la marea, se genera energía entre el embalse así formado y el mar exterior.

Los avances actuales de la técnica, el acelerado crecimiento de la demanda energética mundial, y el siempre latente incremento en el precio de los combustibles son factores primordiales que disminuyen cada vez más la brecha entre los costos de generación mareomotriz y los de las fuentes convencionales de energía. Así lo entienden países como Canadá e Inglaterra, donde se incorpora la misma a los planes energéticos como solución a mediano plazo en el proceso de sustitución de plantas termales.

En resumen, la cantidad global de energía de las mareas es suficientemente elevada como para incitar a amplios programas para el desarrollo de las técnicas necesarias para la puesta a punto de grandes esquemas mareomotrices. Si bien la economía de estas centrales no es muy competitiva en la actualidad con otros métodos de producción energética, la situación futura podría ser diferente.

El hecho de que el período de vida de las centrales mareomotrices puede ser de más de 75 años, y que el costo de combustible es nulo, hace que no se deba tomar ninguna postura previa en contra de esta fuente de energía, intentando superar los obstáculos actualmente existentes para la total explotación del potencial mareomotriz mundial.

3.2 INSTALACIONES DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Existen diferentes tipos de instalaciones para convertir energía mareomotriz generalmente en energía eléctrica. Los lugares adecuados para instalar centrales mareomotrices son escasos ya que para que funcionen eficazmente, deben estar situadas en la desembocadura de un río donde las mareas sean muy amplias (5 m por lo menos). Además, hay que construir un dique de cierre y disponer de una red eléctrica en las cercanías que supla la intermitencia de la producción dependiente del horario de las mareas.

Independientemente del entorno geográfico escogido para el emplazamiento final de la central de estas características, es obvio que cualquier intervención humana en los sistemas naturales, con actuaciones de creación de infraestructura e instalaciones diversas provocan un impacto ambiental de magnitud variable que obliga, como mínimo, a su estudio, diagnosis y valoración previa. Así, antes de proceder a la instalación definitiva de la central, se tendrán que estudiar las *características ecológicas y biológicas* del lugar elegido para poder valorar la idoneidad del emplazamiento.

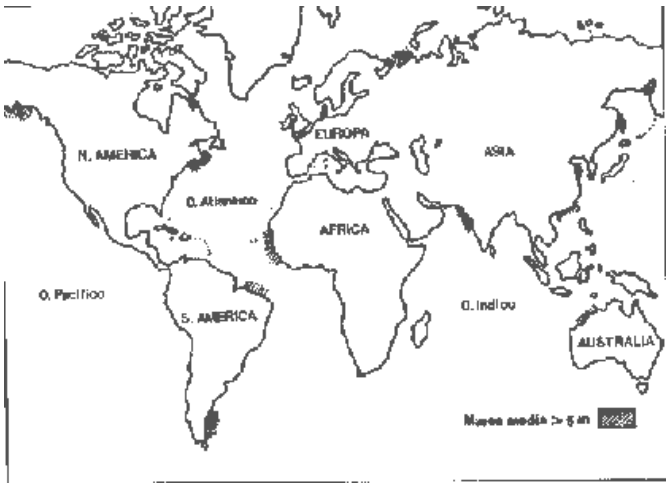
En lo referente al medio biótico, se catalogarán las especies de fauna y flora: Inventario taxonómico de grupos y especies, haciendo especial hincapié en la singularidad de cada una de ellas, su grado de sensibilidad a la perturbaciones ambientales, presencia de endemismos y especies protegidas,

tipos de comunidades y biocenosis (planctónicas y bentónicas), diversidad específica, abundancia absoluta, grado de madurez del ecosistema, frecuentación de especies pelágicas y de cetáceos, etc.

Respecto al medio abiótico, se deberá estudiar todo lo referente al medio fisicoquímico que soporta el conjunto de sistemas: Hidrografía y calidad de las aguas naturaleza del sustrato (duro, semiduro o blando), granulometría de sedimentos, perturbaciones antropogenias próximas (vertidos de aguas residuales, operaciones de dragado, ruido y contaminación de fondo inicial), etc.

El lugar seleccionado para montar una central mareomotriz debe contar con fuertes mareas para que la amplitud sea grande, con un gran depósito de agua, de forma que las mareas se presenten en áreas restringidas para que la obra a realizar tenga las menores dimensiones, con el fin de que el costo sea bajo. Con todo, se ha cifrado el potencial aprovechable de esta fuente energética en unos 15,000 MW

Figura 18. **Lugares en los cuales se puede aprovechar la energía de las mareas**



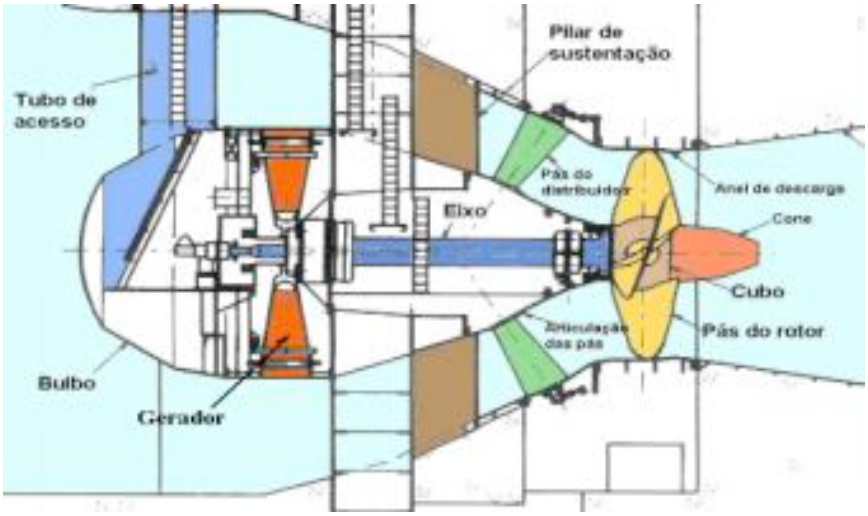
Por otro lado, como los saltos hidráulicos en las posibles centrales mareomotrices siempre serán inferiores a los 15 m, es necesario utilizar turbinas especiales. La más aceptada y específicamente diseñada para este fin es la de bulbo axial que actualmente se está construyendo con rotores de 7.5 m de diámetro y potencias de hasta 60 MW También es aplicable la turbina hidráulica Kaplan modificada (tipo "tubo") y algún otro diseño como el denominado de "rotor anular".

Todos los elementos de la estación mareomotriz -generadores eléctricos, máquinas auxiliares, las turbinas, los talleres de reparación, salas y habitaciones para el personal director y obreros-, todo está contenido, encerrado entre los muros del poderoso dique que cierra la entrada del estuario. Una ancha pista de cemento que corre a lo largo de todo él.

3.2.1 Turbina tipo bulbo

La turbina admite flujos en ambos sentidos. Cada una tiene 4 alabes orientables y está acoplada a un alternador constituyendo un grupo bulbo. Tiene un difícil acceso en instalación.

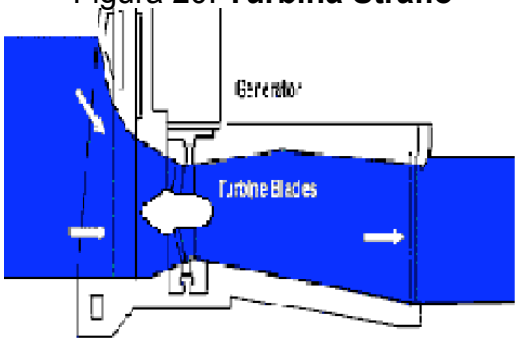
Figura 19. **Turbina tipo bulbo**



3.2.2 Turbina Straflo

El generador circunda los alabes de la turbina, consiguiéndose mayor rendimiento. El acceso es más sencillo y no pueden bombear agua al estuario.

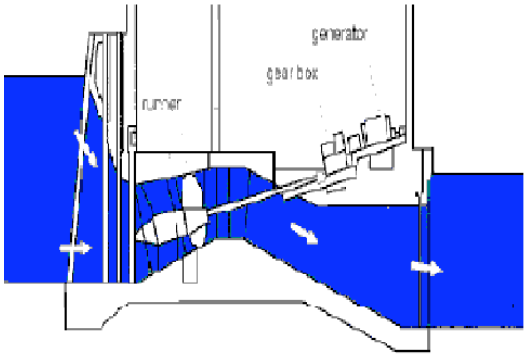
Figura 20. **Turbina Straflo**



3.2.3 Turbina tubular

La turbina está conectada al generador a través de un largo eje, lo cual permite al generador alojarse en lo alto del dique.

Figura 21. **Turbina tubular**



3.2.4 Otras instalaciones

En nuestros días se cuenta con centrales mareomotrices con un sólo embalse en las costas del Canal de la Mancha, en la Bahía de Fundy (Canadá), y en el golfo de San José, Argentina. En las centrales construidas en Gran Bretaña, Australia y la India se redujo el costo de la instalación entre 25 y 30 % al utilizar estructuras flotantes, que son remolcadas hasta el lugar de destino.

Debido a que la energía producida por este tipo de planta es discontinua a causa del período de las mareas y la cantidad generada es variable, dependiendo de la altura alcanzada, un problema siempre difícil de resolver es la distribución de la carga con estas irregularidades y la interconexión con el sistema electro energético.

3.3 AVANCES

Dentro de los movimientos de las masas de agua, el más directamente utilizable es el de las mareas. Se estima que en total, la energía de las mareas podría abastecer aproximadamente a la mitad de las necesidades mundiales, aunque las perspectivas prácticas son de menor utilización, ya que esta energía estaría muy dispersa a lo largo de las costas de todo el mundo y en la mayor parte de éstas, su altura es de uno o dos metros, no siendo un desnivel suficiente para generar energía en gran escala. Por lo tanto, las posibilidades de instalar centrales mareomotrices se reducen a unos treinta lugares en el mundo.

Dentro de los avances que actualmente se han ideado, se han desarrollado numerosos e ingeniosos sistemas para aprovechar la energía de las mareas tales como:

- Levantamiento de uno o de varios pesos
- Compresión del aire
- Movimiento de ruedas con paletas por medio de la fuerza de la marea
- Llenado de depósitos durante la subida de la marea
- Funcionamiento de turbinas con la diferencia de nivel sobre la marea

3.4 APROVECHAMIENTO

Con un promedio de 4 km de profundidad, mares y océanos cubren las tres cuartas partes de la superficie de nuestro planeta. Constituyen un enorme depósito de energía siempre en movimiento. En la superficie, los vientos provocan las olas que pueden alcanzar hasta 12 m de altura, 20 m debajo de la superficie; las diferencias de temperatura, que pueden variar de -2º C a 25º C, engendran corrientes. También, tanto en la superficie como en el fondo, hay fuerzas fruto de la conjugación de las atracciones solar y lunar. El mar tiene una

energía potencial elevadísima y son muy pocas las aplicaciones prácticas para aprovechar estas energías.

Si la profundidad es pequeña, la energía cinética es transportada con una velocidad que depende de determinadas características de la onda. Se ha calculado que una onda de 7,50 metros de altura sobre el nivel de las aguas tranquilas y de 150 metros de longitud de onda, propagándose con una velocidad de 15 metros por segundo, desarrolla una potencia de 700 caballos de vapor por metro lineal de cresta; según esto, una onda de las mismas características que tuviese 1 km de ancho desarrollaría la considerable potencia de 700.000 caballos de vapor. Esto explica los desastrosos efectos que producen las tempestades marinas.

La forma más simple de aprovechar este tipo de energía, consiste en aprisionar en un reservorio la masa de agua aportada por el flujo (pleamar) y hacerla trabajar durante el reflujo (bajamar), vaciando en esta forma el reservorio hacia el mar con el descenso del agua, a través de un mecanismo hidráulico, que bien puede ser una rueda o una turbina especialmente diseñada para agua salada.

Hay que fomentar el uso de la energía mareomotriz, dentro del uso de todas las energías limpias o alternativas, como la solar y la eólica. El aprovechamiento del agua como recurso energético natural, implica tener en cuenta factores como la influencia de los astros que producen alteraciones en el mar, y también la presencia de vientos, tormentas y agresiones marinas, entre ellas la corrosión. La inversión para estas instalaciones es elevada, pero también lo es el nivel de ahorro económico y medioambiental que conllevan.

3.5 EJEMPLOS DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ

En China, 8 centrales, con una capacidad total de 6,210 KW, explotan la energía mareomotriz. Canadá cuenta con otra de estas instalaciones, de 20 MW Rusia, el Reino Unido, Australia, Corea y Argentina son otros países con proyectos en marcha. Estas plantas de energía mareomotriz desarrollan su máxima eficiencia cuando la diferencia entre las mareas alta y baja es grande, como en el estuario de Rance, donde es de 8.5 m. Las mareas altas mayores del mundo se producen en la Bahía de Fundy en Canadá, donde hay una diferencia de unos 18 m.

- Central de la Bahía de Kislaya

Está Situada en el Mar de Barents (URSS). Fue puesta en servicio en 1968 y su potencia es pequeña (2 grupos de 4 MW).

- Central mareomotriz en Escocia

Recientemente (Enero del 2001) se ha construido en la isla escocesa de Islay, la primera central de energía mareomotriz del mundo. La empresa Wavegen, experta mundial en este tipo de energía, y la Queen´s University Belfast (QUB) han desarrollado el proyecto LIMPET (Land Installed Marine Powered Energy Transformer) para producir energía eléctrica usando como fuerza motriz el empuje de las olas marinas. La máquina construida e instalada tiene una potencia nominal de 500 KW, capaz de proveer de electricidad a 400 hogares. El proyecto cuenta con el apoyo de la Comisión Europea. Tras el acuerdo con la principal compañía distribuidora de electricidad en Escocia, la planta estará operativa, según fuentes de las compañías propietarias al menos, durante los próximos 15 años.

- Central mareomotriz en Francia

La primera tentativa seria para el aprovechamiento de la energía de las mareas se realiza actualmente en Francia, precisamente en el estuario de Rance, en las costas de Bretaña, el cual reúne magnificas condiciones para el fin que se busca. Funciona desde 1967 con un dique de 600 m, tiene 24 turbinas bulbo de 10 MW cada una y 6 compuertas.

El nivel entre las mareas alta y baja alcanza un máximo de 13.5 m, una de las mayores del mundo. El volumen de agua que entra en la instalación por segundo se calcula en 20,000 m^3, produciéndose un volumen útil de más de 170 millones de m^3. Además, su depósito puede contener 184 millones de m^3 de agua. Su costo es de miles de millones de francos.

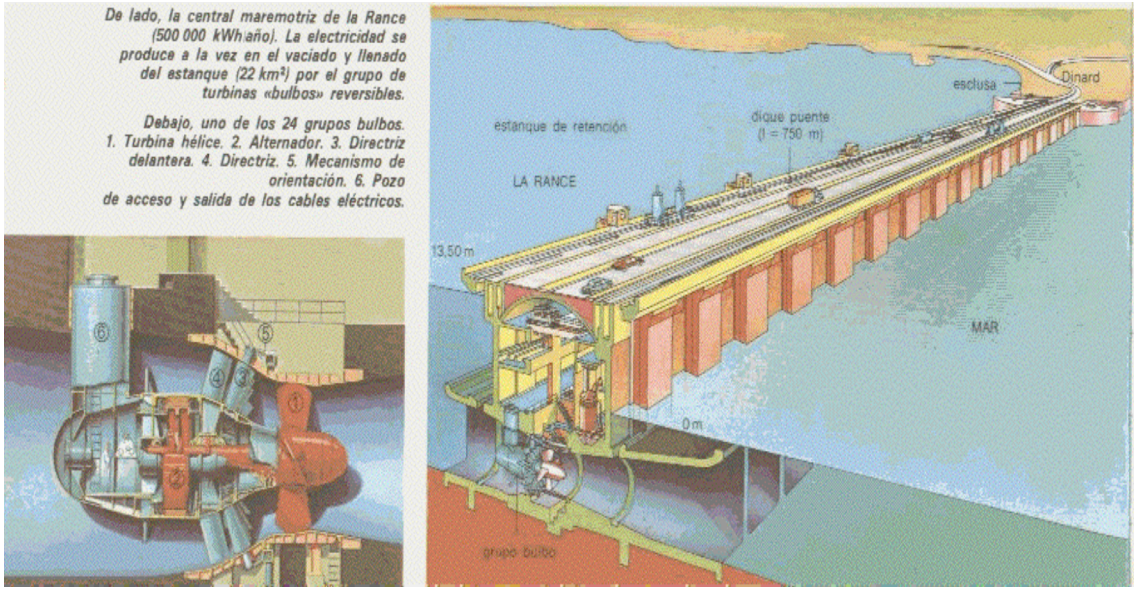
El proyecto de esta central mareomotriz se llevó a cabo construyendo un dique que cierra la entrada del estuario y, a través de una esclusa, permite la comunicación de este con el mar, asegurando además la navegación por su interior. Entre los muros de este dique artificial se encuentran las turbinas y los generadores eléctricos, las salas de máquinas auxiliares y los locales del personal encargado del funcionamiento de la planta. En su parte superior existe una vía que quienes la recorren sin tener previo conocimiento de la obra no imaginan la actividad que se desarrolla bajo sus pies.

Veinticuatro generadores eléctricos accionados por la misma cantidad de turbinas hidráulicas, llamadas reversibles o de doble efecto, giran en ambos sentidos a 5,700 rpm y logran una potencia máxima de 240 MW, convirtiendo la energía de 20,000 m_/s de agua salada en el momento de máxima altura. Estas turbinas, además, funcionan como bombas, cuyo objetivo es aumentar el nivel

del agua en los sentidos río-mar y mar-río, para incrementar la efectividad de la instalación.

Cada máquina está ubicada en el interior de una cámara que se comunica con un tubo de acero, que permite cargar y descargar el mar al embalse y viceversa, y mediante otro tubo se permite el acceso del personal de mantenimiento. Se estima que el costo de la instalación es 2.5 veces el de las centrales hidroeléctricas de ríos.

Figura 22. **Central mareomotriz "La Rance"**



En resumen, las instalaciones constan de cuatro partes principales: La represa, la central generadora de energía, las esclusas para la navegación y una serie de canales con válvulas reguladoras para acelerar el llenado y el vaciado del depósito, a través de un dique con 6 compuertas que une a las dos orillas que se encuentran a 600 m de distancia. Cada una de las 24 máquinas

generadoras de energía que quedaron instaladas en 1967 en el Rance, puede producir 10,000 KW. Por lo tanto, la producción máxima de potencia es de 240,000 KW. y en el año puede llegar a generar alrededor de 670 millones de KWh.

4 VIABILIDAD DEL USO DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ EN GUATEMALA

4.1 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ EN GUATEMALA

4.1.1 Antecedentes

En 1993 el INDE cubría la mayor parte de la generación del país con un 71% y la distribución de energía al consumidor final, en casi todo el territorio. La Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., entonces propiedad mayoritaria del Estado, era la otra generadora y distribuidora importante, con el 80% del consumo total del mercado. La EEGSA compraba el 67% de la energía que requería directamente al INDE y el restante 23% a otros generadores privados, que operaban en un mercado monopólico. Las empresas distribuidoras estaban obligadas a comprar al INDE y los generadores no podían competir entre sí, y vendían solamente al INDE y a la EEGSA. La red de transmisión estaba parcialmente abierta y limitaba las transacciones que pudieran hacerse en el mercado.

4.1.2 Proceso de cambio

El proceso se inicia en 1993, con la suscripción de los denominados contratos a término de venta de energía, entre generadores privados, el INDE y la EEGSA. Sin embargo, ésta situación no promovía la competencia y solamente trataba de superar la deficiencia existente en el suministro de energía que vivía el país. Faltaba entonces el marco legal que estableciera las normas y el mercado de competencia, que incentivara la participación de otros

agentes con la debida certeza jurídica. En el año 1996 se aprueba la nueva legislación del mercado eléctrico en Guatemala.

4.1.3 El nuevo marco legal

- Ley General de Electricidad. Decreto 93-96 del Congreso de la Republica del 13 de noviembre de 1996.
- Reglamento de la Ley General de Electricidad. Acuerdo Gubernativo 256-97 del 21de marzo de 1997.
- Constitución de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. 28 de mayo de 1997
- Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista. Acuerdo Gubernativo 299-98 del 28 de mayo de 1998.
- Constitución del Administrador del Mercado Mayorista. 23 de julio de 1998.

4.1.4 Principales bases del modelo adoptado

- Es libre la generación de electricidad
- Es libre el transporte de electricidad
- Son libres los precios del servicio de electricidad, exceptuándose los servicios de transporte y de distribución de energía, que están sujetos a autorización.
- El Ministerio de Energía y Minas es el responsable de determinar las políticas públicas del sector eléctrico.
- Separación de funciones de la actividad eléctrica, Generación, Transporte y Distribución.
- Definición del modelo a utilizar para la determinación de los precios de distribución.
- Normalización de las autorizaciones para la generación, transporte y distribución final.

- Creación de la Comisión Nacional de Electricidad y de sus funciones reguladoras.
- Creación del Administrador del Mercado Mayorista, que agrupa a Generadores, Transportistas, Comercializadores, Distribuidores y Grandes Usuarios de electricidad.
- El INDE mantiene su condición de empresa eléctrica estatal, y participa como tal en el mercado de electricidad, sujeto al marco legal definido.

4.1.5 El marco regulatorio

Está establecido en la Ley General de Electricidad y su aplicación está a cargo de la Comisión Nacional de Electricidad, cuyas funciones son las siguientes:

- Cumplir y hacer cumplir la ley y sus reglamentos, en materia de su competencia, e imponer las sanciones a los infractores.
- Velar por el cumplimiento de las obligaciones de los adjudicatarios y concesionarios, proteger los derechos de los usuarios y prevenir conductas atentatorias contra la libre competencia, así como prácticas abusivas o discriminatorias.
- Definir las tarifas de transmisión y distribución sujetas a regulación, de acuerdo a la ley, así como la metodología para el cálculo de las mismas.
- Dirimir las controversias que surjan entre los agentes del subsector eléctrico, actuando como árbitro entre las partes cuando éstas no hayan llegado a un acuerdo.
- Emitir las normas técnicas relativas al subsector eléctrico y fiscalizar su cumplimiento en congruencia con prácticas internacionalmente aceptadas.
- Emitir las disposiciones y normativas para garantizar el libre acceso y uso de las líneas de transmisión y redes de distribución de acuerdo a lo dispuesto en la Ley y su Reglamento.

4.2 ANÁLISIS DE LAS MAREAS EN GUATEMALA

4.2.1 Mareas para la Costa del Atlántico de 2,004

- Puerto Barrios
- Santo Tomás de Castilla
- Livingston

H = Hora

M = Minuto

A = Alta

B = Baja

ENERO						
DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
				1	2	3

				A 04 26 0.3	A 05 41 0.3	A 06 37 0.3
				B 09 03 0.1	B 09 49 0.2	B 10 34 0.2
				A 15 49 0.4	A 16 34 0.4	A 17 19 0.5
				B 22 43 0.0	B 23 34 0.0	
4	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
B 0 20 0.0	B 01 0 -0.1	B 01 39 -0.1	B 02 15 -0.1	B 02 51 -0.1	B 03 25 -0.1	B 04 0 -0.1
A 07 19 0.3	A 07 54 0.3	A 08 27 0.3	A 09 0 0.3	A 09 34 0.3	A 10 09 0.3	A 10 44 0.3
B 11 16 0.2	B 11 55 0.1	B 12 32 0.1	B 13 09 0.1	B 13 46 0.1	B 14 25 0.1	B 15 08 0.1
A 18 02 0.5	A 18 44 0.5	A 19 24 0.5	A 20 03 0.5	A 20 42 0.5	A 21 20 0.5	A 22 01 0.5
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
B 04 34 -0.1	B 05 08 0.0	B 05 44 0.0	A 0 37 0.3	A 01 56 0.3	A 03 35 0.2	A 05 13 0.2
A 11 19 0.3	A 11 54 0.3	A 12 30 0.3	B 06 23 0.0	B 07 07 0.1	B 07 57 0.1	B 08 55 0.1
B 15 58 0.1	B 16 56 0.1	B 18 04 0.1	A 13 09 0.4	A 13 55 0.4	A 14 49 0.5	A 15 52 0.5
A 22 45 0.5	A 23 35 0.4		B 19 23 0.0	B 20 44 0.0	B 22 0 -0.1	B 23 07 -0.1
18	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
A 06 27 0.2	B 0 07 -0.2	B 01 01 -0.2	B 01 50 -0.2	B 02 36 -0.2	B 03 18 -0.1	B 03 58 -0.1
B 09 56 0.1	A 07 21 0.2	A 08 06 0.3	A 08 46 0.3	A 09 24 0.3	A 10 0 0.3	A 10 35 0.3
A 16 58 0.5	B 10 56 0.1	B 11 54 0.1	B 12 50 0.1	B 13 43 0.0	B 14 37 0.0	B 15 32 0.0
	A 18 02 0.6	A 19 01 0.6	A 19 55 0.6	A 20 46 0.6	A 21 34 0.5	A 22 21 0.5
25	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
B 04 35 -0.1	B 05 11 0.0	B 05 46 0.0	A 0 53 0.3	A 02 03 0.2	A 03 41 0.2	A 05 22 0.2
A 11 10 0.3	A 11 44 0.4	A 12 19 0.4	B 06 22 0.1	B 07 02 0.1	B 07 49 0.1	B 08 47 0.1
B 16 29 0.0	B 17 29 0.0	B 18 35 0.0	A 12 57 0.4	A 13 41 0.4	A 14 35 0.4	A 15 37 0.4
A 23 08 0.4	A 23 57 0.3		B 19 45 0.0	B 20 59 0.0	B 22 08 0.0	B 23 09 0.0

FEBRERO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
1	2	3	4	5	6	7

A 06 24 0.2	B 0 01 0.0	B 00 45 -0.1	B 01 23 -0.1	B 01 57 -0.1	B 02 28 -0.1	B 02 57 -0.1
B 09 48 0.1	A 07 04 0.2	A 07 36 0.2	A 08 06 0.2	A 08 37 0.3	A 09 07 0.3	A 09 36 0.3
A 16 42 0.4	B 10 43 0.1	B 11 31 0.1	B 12 15 0.1	B 12 56 0.1	B 13 37 0.0	B 14 20 0.0
	A 17 39 0.4	A 18 28 0.5	A 19 12 0.5	A 19 53 0.5	A 20 32 0.5	A 21 13 0.5
8	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
B 03 26 -0.1	B 03 56 -0.1	B 04 26 0.0	B 04 58 0.0	A 00 33 0.3	A 01 52 0.2	A 03 39 0.2
A 10 06 0.3	A 10 35 0.3	A 11 05 0.4	A 11 38 0.4	B 05 34 0.1	B 06 14 0.1	B 07 07 0.1
B 15 06 0.0	B 15 56 0.0	B 16 51 0.0	B 17 54 -0.1	A 12 17 0.4	A 13 06 0.4	A 14 11 0.5
A 21 55 0.5	A 22 41 0.4	A 23 32 0.3		B 19 06 -0.1	B 20 26 -0.1	B 21 48 -0.1
15	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**
A 05 21 0.2	A 06 26 0.2	B 0 02 -0.1	B 00 53 -0.1	B 01 36 -0.1	B 02 13 -0.1	B 02 48 -0.1
B 08 19 0.1	B 09 38 0.1	A 07 11 0.2	A 07 49 0.2	A 08 23 0.3	A 08 54 0.3	A 09 24 0.3
A 15 32 0.5	A 16 54 0.5	B 10 50 0.1	B 11 54 0.1	B 12 51 0.0	B 13 44 0.0	B 14 34 0.0
B 23 01 -0.1		A 18 04 0.5	A 19 03 0.5	A 19 55 0.5	A 20 41 0.5	A 21 25 0.5
22	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
B 03 20 -0.1	B 03 51 0.0	B 04 21 0.0	B 04 49 0.1	A 0 19 0.3	A 01 16 0.2	A 02 42 0.2
A 09 53 0.4	A 10 20 0.4	A 10 48 0.4	A 11 18 0.4	B 05 17 0.1	B 05 46 0.1	B 06 23 0.1
B 15 23 -0.1	B 16 12 -0.1	B 17 02 0.0	B 17 56 0.0	A 11 53 0.4	A 12 35 0.4	A 13 31 0.4
A 22 07 0.4	A 22 49 0.4	A 23 31 0.3		B 18 57 0.0	B 20 08 0.0	B 21 27 0.0
29						
A 04 54 0.2						
B 07 32 0.2						
A 14 44 0.4						
B 22 39 0.0						

MARZO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
	1	2	3	4	5	6

	A 06 04 0.2	A 06 38 0.2	B 0 19 0.0	B 00 54 -0.1	B 01 23 -0.1	B 01 51 -0.1
	B 09 03 0.2	B 10 16 0.1	A 07 06 0.2	A 07 33 0.3	A 08 0 0.3	A 08 27 0.3
	A 16 06 0.4	A 17 15 0.4	B 11 12 0.1	B 12 0 0.1	B 12 45 0.0	B 13 29 0.0
	B 23 35 0.0		A 18 09 0.4	A 18 56 0.5	A 19 39 0.5	A 20 21 0.5
7	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
B 02 18 -0.1	B 02 46 0.0	B 03 15 0.0	B 03 46 0.0	B 04 18 0.1	A 00 35 0.2	A 01 57 0.2
A 08 54 0.4	A 09 21 0.4	A 09 50 0.4	A 10 21 0.5	A 10 57 0.5	B 04 54 0.1	B 05 37 0.1
B 14 14 -0.1	B 15 0 -0.1	B 15 50 -0.1	B 16 43 -0.1	B 17 43 -0.1	A 11 41 0.5	A 12 37 0.5
A 21 05 0.5	A 21 50 0.4	A 22 39 0.4	A 23 32 0.3		B 18 53 -0.1	B 20 14 -0.1
14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
A 03 45 0.2	A 05 15 0.2	A 06 08 0.2	A 06 46 0.3	B 00 30 -0.1	B 01 06 -0.1	B 01 38 0.0
B 06 38 0.1	B 08 09 0.2	B 09 41 0.1	B 10 57 0.1	A 07 20 0.3	A 07 49 0.3	A 08 17 0.4
A 13 53 0.5	A 15 30 0.5	A 16 58 0.5	A 18 07 0.5	B 11 59 0.0	B 12 53 0.0	B 13 41 0.0
B 21 39 -0.1	B 22 51 -0.1	B 23 47 -0.1		A 19 02 0.5	A 19 50 0.5	A 20 33 0.4
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
B 02 09 0.0	B 02 37 0.0	B 03 05 0.0	B 03 32 0.1	B 03 58 0.1	B 04 23 0.1	A 00 45 0.2
A 08 42 0.4	A 09 07 0.4	A 09 32 0.5	A 09 59 0.5	A 10 29 0.5	A 11 04 0.4	B 04 48 0.2
B 14 27 -0.1	B 15 09 -0.1	B 15 52 -0.1	B 16 34 -0.1	B 17 20 0.0	B 18 14 0.0	A 11 48 0.4
A 21 14 0.4	A 21 52 0.4	A 22 31 0.3	A 23 10 0.3	A 23 53 0.3		B 19 21 0.0
28	**29**	**30**	**31**			
A 01 59 0.2	A 03 58 0.2	A 05 18 0.2	A 05 53 0.2			
B 05 19 0.2	B 06 22 0.2	B 08 22 0.2	B 09 51 0.2			
A 12 43 0.4	A 13 57 0.4	A 15 24 0.4	A 16 41 0.4			
B 20 41 0.0	B 21 57 0.0	B 22 53 0.0	B 23 34 0.0			

ABRIL

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
				1	2	3

				A 06 21 0.3	B 0 06 0.0	B 0 35 0.0
				B 10 54 0.1	A 06 47 0.3	A 07 13 0.4
				A 17 42 0.4	B 11 46 0.1	B 12 33 0.0
					A 18 34 0.4	A 19 23 0.5
4	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
B 01 04 0.0	B 02 33 0.0	B 03 03 0.0	B 03 35 0.1	B 04 09 0.1	A 00 34 0.3	A 01 38 0.3
A 08 40 0.4	A 09 08 0.5	A 09 37 0.5	A 10 10 0.6	A 10 47 0.6	B 04 46 0.1	B 05 27 0.1
B 14 18 -0.1	B 15 04 -0.1	B 15 51 -0.1	B 16 41 -0.2	B 17 35 -0.2	A 11 30 0.6	A 12 22 0.5
A 21 11 0.4	A 21 58 0.4	A 22 47 0.4	A 23 38 0.3		B 18 35 -0.1	B 19 44 -0.1
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
A 02 59 0.2	A 04 31 0.2	A 05 43 0.3	A 06 32 0.3	B 0 12 0.0	B 00 51 0.0	B 01 25 0.0
B 06 20 0.2	B 07 38 0.2	B 09 20 0.2	B 10 52 0.1	A 07 09 0.3	A 07 41 0.4	A 08 09 0.4
A 13 26 0.5	A 14 51 0.5	A 16 29 0.5	A 17 55 0.4	B 12 04 0.1	B 13 01 0.0	B 13 50 0.0
B 21 03 -0.1	B 22 20 0.0	B 23 24 0.0		A 19 01 0.4	A 19 56 0.4	A 20 42 0.4
18	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
B 01 55 0.0	B 02 25 0.1	B 02 54 0.1	B 03 21 0.1	B 03 49 0.1	B 04 15 0.1	A 00 35 0.3
A 08 35 0.5	A 08 59 0.5	A 09 24 0.5	A 09 50 0.5	A 10 20 0.5	A 10 53 0.5	B 04 42 0.2
B 14 33 -0.1	B 15 14 -0.1	B 15 52 -0.1	B 16 31 -0.1	B 17 10 -0.1	B 17 53 0.0	A 11 31 0.5
A 21 24 0.4	A 22 02 0.4	A 22 39 0.3	A 23 15 0.3	A 23 53 0.3		B 18 43 0.0
25	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	
A 01 26 0.2	A 02 34 0.2	A 03 58 0.2	A 05 07 0.3	A 05 49 0.3	A 06 21 0.3	
B 05 12 0.2	B 05 50 0.2	B 07 01 0.2	B 08 54 0.2	B 10 26 0.2	B 11 33 0.1	
A 12 16 0.5	A 13 10 0.4	A 14 17 0.4	A 15 39 0.4	A 17 01 0.4	A 18 12 0.4	
B 19 43 0.0	B 20 53 0.0	B 21 59 0.0	B 22 51 0.0	B 23 31 0.0		

MAYO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
						1

						B 0 06 0.0
						A 06 51 0.4
						B 12 28 0.0
						A 19 13 0.4
2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
B 0 40 0.1	B 01 13 0.1	B 01 47 0.1	B 02 22 0.1	B 03 0 0.1	B 03 40 0.1	A 00 32 0.3
A 07 20 0.5	A 07 51 0.5	A 08 24 0.6	A 09 01 0.6	A 09 42 0.6	A 10 28 0.6	B 04 24 0.1
B 13 17 0.0	B 14 05 -0.1	B 14 53 -0.2	B 15 42 -0.2	B 16 33 -0.2	B 17 28 -0.2	A 11 19 0.6
A 20 09 0.4	A 21 02 0.4	A 21 53 0.4	A 22 44 0.4	A 23 36 0.3		B 18 28 -0.1
9	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
A 01 33 0.3	A 02 42 0.3	A 03 54 0.3	A 04 55 0.3	A 05 43 0.4	A 06 22 0.4	B 00 02 0.1
B 05 15 0.2	B 06 22 0.2	B 07 51 0.2	B 09 30 0.2	B 10 55 0.1	B 12 01 0.1	A 06 55 0.5
A 12 16 0.6	A 13 24 0.5	A 14 46 0.5	A 16 18 0.4	A 17 41 0.4	A 18 50 0.4	B 12 55 0.0
B 19 33 -0.1	B 20 41 0.0	B 21 45 0.0	B 22 39 0.0	B 23 24 0.1		A 19 46 0.4
16	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
B 0 37 0.1	B 01 10 0.1	B 01 41 0.1	B 02 12 0.1	B 02 43 0.1	B 03 13 0.2	B 03 43 0.2
A 07 25 0.5	A 07 52 0.5	A 08 20 0.5	A 08 49 0.5	A 09 20 0.5	A 09 54 0.5	A 10 31 0.5
B 13 40 0.0	B 14 21 -0.1	B 14 59 -0.1	B 15 36 -0.1	B 16 13 -0.1	B 16 52 -0.1	B 17 35 0.0
A 20 33 0.3	A 21 14 0.3	A 21 51 0.3	A 22 27 0.3	A 23 02 0.3	A 23 40 0.3	
23	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
A 0 22 0.3	A 01 11 0.3	A 02 06 0.3	A 03 03 0.3	A 03 55 0.3	A 04 37 0.3	A 05 15 0.4
B 04 15 0.2	B 04 53 0.2	B 05 43 0.2	B 06 57 0.2	B 08 32 0.2	B 10 00 0.1	B 11 10 0.1
A 11 11 0.5	A 11 55 0.5	A 12 45 0.5	A 13 45 0.4	A 14 59 0.4	A 16 23 0.4	A 17 45 0.4
B 18 21 0.0	B 19 10 0.0	B 20 03 0.0	B 20 54 0.0	B 21 40 0.1	B 22 23 0.1	B 23 04 0.1
30	**31**					
A 05 51 0.5	A 06 28 0.5					

JUNIO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
		1	**2**	**3**	**4**	**5**

		B 0 24 0.1	B 01 05 0.1	B 01 48 0.1	B 02 33 0.1	B 03 21 0.1
		A 07 08 0.6	A 07 52 0.6	A 08 38 0.7	A 09 28 0.7	A 10 20 0.7
		B 13 52 -0.1	B 14 43 -0.2	B 15 34 -0.2	B 16 26 -0.2	B 17 20 -0.1
		A 20 56 0.3	A 21 48 0.3	A 22 38 0.3	A 23 28 0.3	
6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
A 0 19 0.3	A 01 12 0.3	A 02 08 0.3	A 03 03 0.3	A 03 57 0.4	A 04 45 0.4	A 05 27 0.4
B 04 14 0.1	B 05 14 0.1	B 06 27 0.1	B 07 54 0.1	B 09 23 0.1	B 10 43 0.1	B 11 47 0.0
A 11 15 0.6	A 12 14 0.6	A 13 18 0.5	A 14 30 0.4	A 15 54 0.4	A 17 20 0.3	A 18 35 0.3
B 18 15 -0.1	B 19 11 -0.1	B 20 05 0.0	B 20 56 0.0	B 21 44 0.1	B 22 28 0.1	B 23 09 0.1
13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
A 06 05 0.5	A 06 41 0.5	B 0 27 0.2	B 01 03 0.2	B 01 39 0.2	B 02 13 0.2	B 02 47 0.2
B 12 40 0.0	B 13 25 0.0	A 07 15 0.5	A 07 50 0.5	A 08 26 0.5	A 09 03 0.5	A 09 41 0.5
A 19 35 0.3	A 20 23 0.3	B 14 06 -0.1	B 14 45 -0.1	B 15 23 -0.1	B 16 0 -0.1	B 16 38 -0.1
B 23 49 0.1		A 21 03 0.3	A 21 39 0.3	A 22 12 0.3	A 22 47 0.3	A 23 24 0.3
20	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**
B 03 23 0.2	A 0 03 0.3	A 0 44 0.3	A 01 26 0.3	A 02 07 0.3	A 02 47 0.4	A 03 27 0.4
A 10 19 0.5	B 04 01 0.2	B 04 46 0.2	B 05 41 0.2	B 06 50 0.2	B 08 11 0.1	B 09 33 0.1
B 17 16 0.0	A 10 58 0.5	A 11 40 0.5	A 12 27 0.5	A 13 22 0.4	A 14 31 0.4	A 15 56 0.3
	B 17 55 0.0	B 18 33 0.0	B 19 11 0.0	B 19 51 0.0	B 20 33 0.1	B 21 17 0.1
27	**28**	**29**	**30**			
A 04 10 0.5	A 04 56 0.5	A 05 46 0.6	A 06 40 0.6			
B 10 46 0.0	B 11 50 0.0	B 12 48 -0.1	B 13 43 -0.1			
A 17 28 0.3	A 18 50 0.3	A 19 56 0.3	A 20 51 0.3			
B 22 04 0.1	B 22 53 0.2	B 23 43 0.2				

JULIO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO

H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts
												1			**2**			**3**		
												B	0	34	0.1	B	01	26	0.1	B	02	19	0.1
												A	07	35	0.7	A	08	30	0.7	A	09	24	0.7
												B	14	36	-0.2	B	15	27	-0.2	B	16	16	-0.1
												A	21	40	0.3	A	22	25	0.3	A	23	09	0.3
4			**5**			**6**			**7**			**8**			**9**			**10**		
B	03	13	0.1	B	04	11	0.1	A	0	36	0.3	A	01	20	0.4	A	02	05	0.4	A	02	51	0.4	A	03	37	0.4
A	10	18	0.7	A	11	11	0.6	B	05	14	0.1	B	06	23	0.1	B	07	41	0.1	B	09	00	0.1	B	10	16	0.1
B	17	04	-0.1	B	17	50	-0.1	A	12	05	0.5	A	13	02	0.5	A	14	05	0.4	A	15	22	0.3	A	16	52	0.3
A	23	53	0.3					B	18	35	0.0	B	19	18	0.0	B	20	0	0.1	B	20	44	0.1	B	21	29	0.2
11			**12**			**13**			**14**			**15**			**16**			**17**		
A	04	25	0.5	A	05	13	0.5	A	06	01	0.5	A	06	48	0.5	B	0	35	0.2	B	01	15	0.2	B	01	54	0.2
B	11	22	0.0	B	12	19	0.0	B	13	08	0.0	B	13	52	0.0	A	07	32	0.5	A	08	13	0.6	A	08	52	0.6
A	18	18	0.3	A	19	23	0.3	A	20	11	0.3	A	20	48	0.3	B	14	32	0.0	B	15	09	0.0	B	15	44	0.0
B	22	17	0.2	B	23	05	0.2	B	23	51	0.2					A	21	20	0.3	A	21	52	0.3	A	22	24	0.3
18			**19**			**20**			**21**			**22**			**23**			**24**		
B	02	33	0.2	B	03	13	0.1	B	03	55	0.1	A	0	04	0.4	A	0	36	0.4	A	01	09	0.4	A	01	45	0.4
A	09	31	0.6	A	10	08	0.6	A	10	47	0.5	B	04	42	0.1	B	05	36	0.1	B	06	38	0.1	B	07	50	0.1
B	16	17	0.0	B	16	49	0.0	B	17	19	0.0	A	11	28	0.5	A	12	14	0.5	A	13	08	0.4	A	14	15	0.3
A	22	57	0.3	A	23	31	0.3					B	17	50	0.0	B	18	21	0.1	B	18	55	0.1	B	19	34	0.1
25			**26**			**27**			**28**			**29**			**30**			**31**		
A	02	26	0.5	A	03	15	0.5	A	04	15	0.6	A	05	22	0.6	A	06	29	0.6	B	00	20	0.2	B	01	18	0.1
B	09	08	0.1	B	10	26	0.0	B	11	37	0.0	B	12	40	-0.1	B	13	36	-0.1	A	07	32	0.7	A	08	29	0.7
A	15	43	0.3	A	17	25	0.3	A	18	51	0.3	A	19	53	0.3	A	20	41	0.3	B	14	27	-0.1	B	15	14	-0.1
B	20	18	0.2	B	21	13	0.2	B	22	14	0.2	B	23	18	0.2					A	21	23	0.3	A	22	01	0.3

AGOSTO

DOMINGO			LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES			SÁBADO		
H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts

1	2	3	4	5	6	7
B 02 15 0.1	B 03 12 0.1	B 04 09 0.1	B 05 07 0.1	A 0 26 0.5	A 01 03 0.5	A 01 42 0.5
A 09 23 0.7	A 10 13 0.6	A 11 02 0.6	A 11 51 0.5	B 06 08 0.1	B 07 13 0.1	B 08 24 0.1
B 15 56 -0.1	B 16 36 0.0	B 17 13 0.0	B 17 49 0.1	A 12 41 0.4	A 13 37 0.4	A 14 44 0.3
A 22 38 0.4	A 23 15 0.4	A 23 51 0.4		B 18 25 0.1	B 19 01 0.1	B 19 40 0.2

8	9	10	11	12	13	14
A 02 27 0.5	A 03 20 0.5	A 04 24 0.5	A 05 30 0.5	A 06 28 0.5	B 00 16 0.2	B 01 01 0.2
B 09 38 0.1	B 10 51 0.1	B 11 55 0.1	B 12 50 0.1	B 13 35 0.0	A 07 17 0.6	A 08 0 0.6
A 16 15 0.3	A 17 59 0.3	A 19 09 0.3	A 19 52 0.3	A 20 24 0.3	B 14 14 0.0	B 14 46 0.0
B 20 26 0.2	B 21 24 0.2	B 22 27 0.2	B 23 25 0.2		A 20 53 0.3	A 21 21 0.4

15	16	17	18	19	20	21
B 01 43 0.2	B 02 24 0.2	B 03 05 0.1	B 03 48 0.1	B 04 35 0.1	B 05 26 0.1	A 00 14 0.5
A 08 40 0.6	A 09 18 0.6	A 09 57 0.6	A 10 37 0.6	A 11 20 0.5	A 12 07 0.5	B 06 24 0.1
B 15 16 0.0	B 15 43 0.0	B 16 10 0.0	B 16 37 0.1	B 17 04 0.1	B 17 34 0.1	A 13 02 0.4
A 21 50 0.4	A 22 18 0.4	A 22 47 0.4	A 23 15 0.5	A 23 44 0.5		B 18 06 0.2

22	23	24	25	26	27	28
A 0 51 0.5	A 01 37 0.6	A 02 38 0.6	A 03 54 0.6	A 05 18 0.6	A 06 32 0.7	B 00 21 0.2
B 07 31 0.1	B 08 49 0.1	B 10 12 0.1	B 11 29 0.0	B 12 34 0.0	B 13 26 0.0	A 07 34 0.7
A 14 11 0.4	A 15 45 0.3	A 17 34 0.3	A 18 51 0.3	A 19 41 0.3	A 20 20 0.4	B 14 10 0.0
B 18 43 0.2	B 19 30 0.2	B 20 36 0.3	B 21 56 0.2	B 23 13 0.2		A 20 56 0.4

29	30	31
B 01 21 0.1	B 02 17 0.1	B 03 10 0.1
A 08 29 0.7	A 09 19 0.7	A 10 05 0.6
B 14 48 0.0	B 15 24 0.0	B 15 57 0.1
A 21 29 0.4	A 22 0 0.5	A 22 31 0.5

SEPTIEMBRE

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts

			1	**2**	**3**	**4**
			B 04 02 0.1	B 04 52 0.1	B 05 44 0.1	A 0 03 0.6
			A 10 50 0.6	A 11 34 0.5	A 12 19 0.5	B 06 39 0.1
			B 16 29 -0.4	B 17 0 -0.4	B 17 31 0.2	A 13 07 0.4
			A 23 01 0.5	A 23 31 0.6		B 18 02 0.2
5	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
A 0 40 0.6	A 01 24 0.5	A 02 22 0.5	A 03 38 0.5	A 04 59 0.5	A 06 06 0.6	B 0 01 0.3
B 07 41 0.1	B 08 54 0.1	B 10 14 0.2	B 11 27 0.1	B 12 24 0.1	B 13 07 0.1	A 06 58 0.6
A 14 05 0.4	A 15 29 0.3	A 17 33 0.3	A 18 45 0.3	A 19 21 0.4	A 19 48 0.4	B 13 41 0.1
B 18 35 0.3	B 19 17 0.3	B 20 26 0.3	B 21 55 0.3	B 23 06 0.3		A 20 14 0.4
12	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
B 0 49 0.2	B 01 32 0.2	B 02 13 0.1	B 02 55 0.1	B 03 39 0.1	B 04 24 0.1	B 05 14 0.0
A 07 42 0.6	A 08 23 0.6	A 09 04 0.6	A 09 45 0.6	A 10 28 0.6	A 11 14 0.5	A 12 04 0.5
B 14 09 0.1	B 14 34 0.1	B 14 59 0.1	B 15 25 0.1	B 15 52 0.1	B 16 21 0.2	B 16 52 0.2
A 20 40 0.4	A 21 06 0.5	A 21 32 0.5	A 21 59 0.6	A 22 26 0.6	A 22 56 0.6	A 23 30 0.6
19	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
B 06 11 0.1	A 00 12 0.6	A 01 07 0.6	A 02 19 0.6	A 03 51 0.6	A 05 22 0.6	A 06 35 0.6
A 13 01 0.4	B 07 17 0.1	B 08 37 0.1	B 10 03 0.1	B 11 19 0.1	B 12 17 0.1	B 13 02 0.1
B 17 26 0.2	A 14 14 0.4	A 15 54 0.3	A 17 32 0.3	A 18 33 0.4	A 19 15 0.4	A 19 50 0.5
	B 18 06 0.3	B 19 01 0.3	B 20 26 0.3	B 22 02 0.3	B 23 22 0.2	
26	**27**	**28**	**29**	**30**		
B 0 29 0.2	B 01 26 0.1	B 02 16 0.1	B 03 04 0.1	B 03 49 0.1		
A 07 35 0.7	A 08 26 0.6	A 09 12 0.6	A 09 56 0.6	A 10 37 0.5		
B 13 39 0.1	B 14 13 0.1	B 14 44 0.1	B 15 15 0.2	B 15 44 0.2		
A 20 21 0.5	A 20 51 0.5	A 21 18 0.6	A 21 46 0.6	A 22 13 0.6		

OCTUBRE

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO

H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts
															1			**2**		
															B	04	33	0.1	B	05	18	0.1
															A	11	17	0.5	A	11	57	0.5
															B	16	13	0.2	B	16	42	0.3
															A	22	41	0.6	A	23	14	0.6
3			**4**			**5**			**6**			**7**			**8**			**9**		
B	06	05	0.1	B	07	01	0.1	A	0	37	0.6	A	01	36	0.6	A	02	53	0.5	A	04	19	0.5	A	05	32	0.6
A	12	40	0.4	A	13	32	0.4	B	08	10	0.2	B	09	32	0.2	B	10	47	0.2	B	11	42	0.2	B	12	21	0.2
B	17	10	0.3	B	17	39	0.3	A	14	45	0.4	A	16	38	0.3	A	17	57	0.4	A	18	33	0.4	A	19	0	0.4
A	23	51	0.6					B	18	15	0.3	B	19	28	0.3	B	21	23	0.3	B	22	46	0.3	B	23	45	0.3
10			**11**			**12**			**13**			**14**			**15**			**16**		
A	06	30	0.6	B	00	34	0.2	B	01	18	0.2	B	02	0	0.1	B	02	42	0.1	B	03	27	0.0	B	04	14	0.0
B	12	52	0.2	A	07	19	0.6	A	08	05	0.6	A	08	50	0.6	A	09	35	0.6	A	10	22	0.5	A	11	10	0.5
A	19	26	0.5	B	13	19	0.2	B	13	45	0.2	B	14	12	0.2	B	14	40	0.2	B	15	11	0.2	B	15	43	0.2
				A	19	51	0.5	A	20	17	0.6	A	20	44	0.6	A	21	13	0.7	A	21	45	0.7	A	22	21	0.7
17			**18**			**19**			**20**			**21**			**22**			**23**		
B	05	05	0.0	B	06	02	0.0	B	07	09	0.1	A	0	55	0.7	A	02	16	0.6	A	03	52	0.6	A	05	21	0.6
A	12	03	0.4	A	13	03	0.4	A	14	16	0.4	B	08	26	0.1	B	09	46	0.1	B	10	52	0.1	B	11	43	0.1
B	16	18	0.2	B	16	58	0.3	B	17	47	0.3	A	15	44	0.4	A	17	02	0.4	A	17	57	0.4	A	18	37	0.5
A	23	03	0.7	A	23	53	0.7					B	18	58	0.3	B	20	38	0.3	B	22	15	0.3	B	23	33	0.2
24			**25**			**26**			**27**			**28**			**29**			**30**		
A	06	32	0.6	B	00	34	0.2	B	01	26	0.1	B	02	11	0.1	B	02	54	0.0	B	03	34	0.0	B	04	13	0.0
B	12	24	0.2	A	07	31	0.6	A	08	21	0.6	A	09	06	0.5	A	09	46	0.5	A	10	24	0.5	A	11	01	0.5
A	19	12	0.5	B	12	59	0.2	B	13	32	0.2	B	14	03	0.2	B	14	33	0.2	B	15	03	0.2	B	15	33	0.2
				A	19	43	0.6	A	20	11	0.6	A	20	38	0.6	A	21	05	0.7	A	21	33	0.7	A	22	04	0.6

NOVIEMBRE

DOMINGO			LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES			SÁBADO		
H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
	B 04 39 0.1	B 05 29 0.1	B 06 30 0.2	A 0 01 0.5	A 01 09 0.5	A 02 29 0.5
	A 11 19 0.4	A 12 07 0.4	A 13 10 0.4	B 07 41 0.2	B 08 47 0.2	B 09 38 0.2
	B 15 31 0.3	B 16 03 0.3	B 16 44 0.3	A 14 29 0.4	A 15 40 0.4	A 16 26 0.4
	A 22 19 0.6	A 23 05 0.6		B 17 56 0.3	B 19 48 0.3	B 21 18 0.3
7	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
A 03 48 0.5	A 04 57 0.5	A 05 56 0.5	B 0 0 0.1	B 0 44 0.0	B 01 29 0.0	B 02 16 -0.1
B 10 18 0.2	B 10 51 0.2	B 11 22 0.2	A 06 50 0.5	A 07 40 0.5	A 08 29 0.5	A 09 17 0.5
A 16 59 0.4	A 17 29 0.5	A 17 58 0.6	B 11 53 0.2	B 12 25 0.2	B 13 0 0.2	B 13 36 0.2
B 22 22 0.2	B 23 14 0.2		A 18 28 0.6	A 19 01 0.7	A 19 37 0.7	A 20 17 0.7
14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
B 03 05 -0.1	B 03 58 -0.1	B 04 55 0.0	B 05 58 0.0	B 07 05 0.1	A 01 12 0.6	A 02 43 0.5
A 10 07 0.4	A 10 59 0.4	A 11 56 0.4	A 13 0 0.3	A 14 09 0.4	B 08 10 0.1	B 09 07 0.1
B 14 15 0.2	B 14 57 0.2	B 15 46 0.2	B 16 48 0.2	B 18 10 0.2	A 15 13 0.4	A 16 07 0.4
A 21 02 0.7	A 21 52 0.7	A 22 48 0.7	A 23 54 0.6		B 19 49 0.2	B 21 20 0.2
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
A 04 11 0.5	A 05 25 0.5	A 06 26 0.4	B 0 19 0.0	B 01 02 0.0	B 01 42 0.0	B 02 20 0.0
B 09 55 0.1	B 10 37 0.2	B 11 15 0.2	A 07 17 0.4	A 08 0 0.4	A 08 38 0.4	A 09 13 0.4
A 16 51 0.5	A 17 28 0.5	A 18 02 0.6	B 11 50 0.2	B 12 24 0.2	B 12 58 0.2	B 13 31 0.2
B 22 33 0.1	B 23 31 0.1		A 18 33 0.6	A 19 04 0.6	A 19 35 0.6	A 20 08 0.6
28	**29**	**30**				
B 02 58 0.0	B 03 38 0.0	B 04 19 0.0				
A 09 47 0.4	A 10 22 0.4	A 11 0 0.3				
B 14 03 0.2	B 14 35 0.2	B 15 08 0.2				
A 20 43 0.6	A 21 20 0.6	A 22 01 0.6				

DICIEMBRE

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO

H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts	H	M	Mts
									1			**2**			**3**			**4**		
									B	05	04	0.1	B	05	52	0.1	B	06	42	0.1	A	0	31	0.5
									A	11	44	0.3	A	12	34	0.3	A	13	28	0.3	B	07	32	0.1
									B	15	46	0.2	B	16	34	0.2	B	17	42	0.2	A	14	20	0.4
									A	22	44	0.5	A	23	33	0.5					B	19	13	0.2
5			**6**			**7**			**8**			**9**			**10**			**11**		
A	01	41	0.4	A	03	03	0.4	A	04	25	0.4	A	05	38	0.4	A	06	39	0.4	B	0	30	-0.1	B	01	19	-0.1
B	08	18	0.1	B	09	01	0.1	B	09	42	0.2	B	10	22	0.2	B	11	02	0.2	A	07	34	0.4	A	08	23	0.4
A	15	06	0.4	A	15	47	0.4	A	16	25	0.5	A	17	04	0.5	A	17	45	0.6	B	11	44	0.2	B	12	26	0.2
B	20	41	0.2	B	21	51	0.1	B	22	49	0.1	B	23	40	0.0					A	18	28	0.6	A	19	15	0.7
12			**13**			**14**			**15**			**16**			**17**			**18**		
B	02	08	-0.1	B	02	59	-0.1	B	03	50	-0.1	B	04	43	-0.1	B	05	36	0.0	B	06	29	0.0	A	01	0	0.5
A	09	11	0.3	A	09	58	0.3	A	10	45	0.3	A	11	34	0.3	A	12	26	0.3	A	13	19	0.4	B	07	21	0.1
B	13	11	0.2	B	13	58	0.1	B	14	49	0.1	B	15	47	0.1	B	16	54	0.1	B	18	15	0.1	A	14	13	0.4
A	20	05	0.7	A	20	56	0.7	A	21	51	0.7	A	22	48	0.6	A	23	50	0.5					B	19	44	0.1
19			**20**			**21**			**22**			**23**			**24**			**25**		
A	02	23	0.4	A	03	54	0.3	A	05	16	0.3	A	06	22	0.3	B	0	08	0.0	B	0	51	-0.1	B	01	31	-0.1
B	08	11	0.1	B	08	59	0.1	B	09	45	0.2	B	10	30	0.2	A	07	13	0.3	A	07	54	0.3	A	08	29	0.3
A	15	06	0.4	A	15	55	0.5	A	16	41	0.5	A	17	22	0.5	B	11	13	0.2	B	11	53	0.2	B	12	32	0.2
B	21	09	0.1	B	22	21	0.0	B	23	19	0.0					A	18	02	0.5	A	18	40	0.5	A	19	18	0.5
26			**27**			**28**			**29**			**30**			**31**					
B	02	09	-0.1	B	02	47	-0.1	B	03	23	0.0	B	04	0	0.0	B	04	35	0.0	B	05	10	0.0				
A	09	0	0.3	A	09	31	0.3	A	10	03	0.3	A	10	38	0.3	A	11	14	0.3	A	11	52	0.3				
B	13	08	0.1	B	13	44	0.1	B	14	20	0.1	B	14	57	0.1	B	15	39	0.1	B	16	29	0.1				
A	19	55	0.5	A	20	33	0.5	A	21	11	0.5	A	21	49	0.5	A	22	29	0.5	A	23	13	0.4				

4.2.2 Análisis de mareas para la Costa del Pacífico

- Puerto de San José
- Champerico

ENERO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
				1	**2**	**3**
				B 03 48 0.4	B 04 49 0.4	B 05 48 0.4
				A 09 34 1.4	A 10 31 1.3	A 11 30 1.3
				B 15 53 0.4	B 16 52 0.5	B 17 52 0.5
				A 22 09 1.6	A 23 02 1.5	A 23 54 1.6
4	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
B 06 42 0.4	A 00 44 1.6	A 01 32 1.6	A 02 17 1.7	A 02 59 1.7	A 03 40 1.7	A 04 20 1.7
A 12 29 1.3	B 07 29 0.3	B 08 12 0.2	B 08 52 0.2	B 09 29 0.1	B 10 05 0.1	B 10 41 0.1
B 18 47 0.5	A 13 23 1.4	A 14 12 1.4	A 14 55 1.5	A 15 36 1.6	A 16 14 1.6	A 16 52 1.6
0 0 0 0.0	B 19 36 0.4	B 20 21 0.4	B 21 02 0.3	B 21 42 0.3	B 22 21 0.2	B 23 0 0.2
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
A 04 59 1.7	A 05 39 1.7	B 00 23 0.2	B 01 09 0.2	B 02 00 0.2	B 02 55 0.2	B 03 57 0.2
B 11 18 0.1	B 11 56 0.1	A 06 20 1.6	A 07 04 1.6	A 07 52 1.6	A 08 46 1.5	A 09 48 1.5
A 17 30 1.7	A 18 08 1.7	B 12 36 0.1	B 13 20 0.1	B 14 09 0.2	B 15 05 0.2	B 16 08 0.2
B 23 41 0.2		A 18 50 1.7	A 19 34 1.7	A 20 25 1.7	A 21 21 1.7	A 22 24 1.7
18	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
B 05 04 0.2	B 06 10 0.1	A 00 37 1.8	A 01 41 1.9	A 02 39 1.9	A 03 32 1.9	A 04 21 1.9
A 10 56 1.5	A 12 09 1.5	B 07 13 0.1	B 08 10 0.0	B 09 03 -0.1	B 09 52 -0.2	B 10 38 -0.2
B 17 17 0.2	B 18 27 0.2	A 13 20 1.6	A 14 23 1.7	A 15 18 1.8	A 16 09 1.9	A 16 55 1.9
A 23 30 1.8		B 19 32 0.2	B 20 31 0.1	B 21 25 0.0	B 22 16 0.0	B 23 04 0.0
25	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
A 05 07 1.9	A 05 50 1.8	B 00 35 0.1	B 01 20 0.2	B 02 06 0.3	B 02 55 0.4	B 03 50 0.4
B 11 22 -0.1	B 12 05 0.0	A 06 31 1.7	A 07 12 1.6	A 07 54 1.5	A 08 40 1.4	A 09 32 1.3

FEBRERO

DOMINGO				LUNES				MARTES				MIERCOLES				JUEVES				VIERNES				SÁBADO			
	H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts
	1				2				3				4				5				6				7		
B	04	52	0.5	B	05	56	0.4	A	00	02	1.5	A	01	00	1.5	A	01	52	1.6	A	02	38	1.7	A	03	20	1.7
A	10	34	1.3	A	11	43	1.3	B	06	54	0.4	B	07	43	0.3	B	08	26	0.2	B	09	05	0.1	B	09	42	0.1
B	16	57	0.5	B	18	05	0.5	A	12	51	1.3	A	13	47	1.4	A	14	33	1.5	A	15	14	1.6	A	15	53	1.7
A	23	02	1.5					B	19	05	0.5	B	19	56	0.4	B	20	41	0.3	B	21	22	0.2	B	22	02	0.1
	8				9				10				11				12				13				14		
A	04	01	1.8	A	04	39	1.8	A	05	19	1.7	B	00	04	0.0	B	00	48	0.0	B	01	37	0.1	B	02	31	0.1
B	10	18	0.0	B	10	55	0.0	B	11	34	0.0	A	05	59	1.7	A	06	42	1.6	A	07	29	1.6	A	08	22	1.5
A	16	30	1.8	A	17	07	1.8	A	17	45	1.8	B	12	14	0.0	B	12	58	0.0	B	13	46	0.1	B	14	41	0.2
B	22	42	0.1	B	23	22	0.0					A	18	26	1.8	A	19	10	1.8	A	20	0	1.8	A	20	57	1.7
	15				16				17				18				19				20				21		
B	03	32	0.2	B	04	40	0.2	B	05	51	0.2	A	00	26	1.7	A	01	32	1.7	A	02	29	1.8	A	03	19	1.8
A	09	26	1.4	A	10	40	1.4	A	12	01	1.5	B	06	58	0.1	B	07	57	0.1	B	08	48	0.0	B	09	34	-0.1
B	15	45	0.3	B	16	59	0.3	B	18	15	0.3	A	13	15	1.6	A	14	16	1.7	A	15	06	1.8	A	15	52	1.9
A	22	02	1.7	A	23	14	1.7					B	19	24	0.2	B	20	23	0.1	B	21	14	0.0	B	22	01	0.0
	22				23				24				25				26				27				28		
A	04	03	1.8	A	04	43	1.8	A	05	21	1.7	B	0	05	0.0	B	0	44	0.1	B	01	24	0.2	B	02	08	0.3
B	10	17	-0.1	B	10	57	-0.1	B	11	36	0.0	A	05	58	1.6	A	06	34	1.6	A	07	12	1.5	A	07	55	1.4
A	16	33	1.9	A	17	11	1.9	A	17	47	1.8	B	12	13	0.1	B	12	50	0.2	B	13	29	0.3	B	14	11	0.4
B	22	44	-0.1	B	23	25	0.0					A	18	22	1.8	A	18	59	1.7	A	19	38	1.6	A	20	22	1.5
	29																										
B	02	56	0.4																								
A	08	45	1.3																								
B	15	02	0.5																								
A	21	14	1.5																								

MARZO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
	B 03 54 0.5	B 05 02 0.5	B 06 09 0.4	A 00 25 1.5	A 01 21 1.6	A 02 10 1.6
	A 09 46 1.2	A 10 59 1.2	A 12 13 1.3	B 07 06 0.3	B 07 52 0.2	B 08 33 0.1
	B 16 05 0.5	B 17 21 0.6	B 18 31 0.5	A 13 13 1.4	A 14 01 1.5	A 14 43 1.6
	A 22 14 1.4	A 23 21 1.4		B 19 28 0.4	B 20 15 0.3	B 20 58 0.1
7	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
A 02 54 1.7	A 03 36 1.8	A 04 16 1.8	A 04 57 1.8	A 05 39 1.7	B 00 29 -0.1	B 01 17 0.0
B 09 13 0.0	B 09 51 -0.1	B 10 30 -0.1	B 11 11 -0.1	B 11 53 -0.1	A 06 23 1.7	A 07 13 1.6
A 15 23 1.8	A 16 02 1.9	A 16 41 1.9	A 17 21 2.0	A 18 04 1.9	B 12 38 0.0	B 13 28 0.1
B 21 39 0.0	B 22 19 -0.1	B 23 01 -0.1	B 23 44 -0.1		A 18 50 1.9	A 19 41 1.8
14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
B 02 10 0.1	B 03 11 0.2	B 04 21 0.2	B 05 35 0.2	A 00 18 1.6	A 01 21 1.6	A 02 14 1.7
A 08 09 1.5	A 09 16 1.4	A 10 36 1.4	A 11 57 1.5	B 06 43 0.2	B 07 41 0.1	B 08 29 0.0
B 14 25 0.2	B 15 32 0.3	B 16 50 0.3	B 18 09 0.3	A 13 06 1.6	A 14 01 1.7	A 14 47 1.8
A 20 40 1.7	A 21 48 1.6	A 23 04 1.6	0 0 0 0.0	B 19 16 0.2	B 20 11 0.1	B 20 58 0.0
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
A 03 00 1.7	A 03 40 1.7	A 04 17 1.7	A 04 51 1.7	A 05 25 1.6	B 00 11 0.1	B 00 48 0.2
B 09 12 0.0	B 09 52 0.0	B 10 29 0.0	B 11 05 0.0	B 11 40 0.1	A 06 00 1.6	A 06 38 1.5
A 15 28 1.8	A 16 04 1.9	A 16 38 1.9	A 17 11 1.8	A 17 45 1.8	B 12 16 0.2	B 12 53 0.3
B 21 41 0.0	B 22 20 0.0	B 22 58 0.0	B 23 34 0.0		A 18 20 1.7	A 18 58 1.6
28	**29**	**30**	**31**			
B 01 28 0.3	B 02 13 0.4	B 03 07 0.4	B 04 10 0.5			
A 07 21 1.4	A 08 10 1.3	A 09 10 1.3	A 10 19 1.3			
B 13 34 0.4	B 14 23 0.5	B 15 25 0.5	B 16 39 0.5			
A 19 42 1.5	A 20 34 1.4	A 21 34 1.4	A 22 40 1.4			

ABRIL

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
				1	**2**	**3**
				B 05 17 0.4	B 06 18 0.3	A 0 44 1.5
				A 11 29 1.3	A 12 29 1.5	B 07 10 0.2
				B 17 52 0.5	B 18 52 0.4	A 13 20 1.6
				A 23 45 1.4		B 19 43 0.2
4	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
A 01 35 1.6	A 03 23 1.7	A 04 07 1.8	A 04 52 1.8	A 05 36 1.8	B 00 24 -0.2	B 01 11 -0.1
B 08 56 0.1	B 09 40 0.0	B 10 22 -0.1	B 11 05 -0.1	B 11 49 -0.1	A 06 22 1.8	A 07 11 1.7
A 15 06 1.7	A 15 49 1.9	A 16 31 2.0	A 17 14 2.0	A 17 58 2.0	B 12 34 -0.1	B 13 23 0.0
B 21 28 0.1	B 22 12 -0.1	B 22 55 -0.2	B 23 39 -0.2		A 18 44 2.0	A 19 34 1.9
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
B 02 00 0.0	B 02 54 0.1	B 03 55 0.2	B 05 04 0.2	B 06 17 0.3	A 01 01 1.5	A 02 02 1.6
A 08 04 1.6	A 09 05 1.5	A 10 14 1.5	A 11 31 1.5	A 12 44 1.5	B 07 23 0.2	B 08 17 0.2
B 14 15 0.1	B 15 15 0.2	B 16 25 0.3	B 17 44 0.4	B 19 0 0.3	A 13 45 1.6	A 14 36 1.7
A 20 29 1.8	A 21 30 1.6	A 22 38 1.6	A 23 52 1.5		B 20 02 0.2	B 20 53 0.2
18	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
A 02 52 1.6	A 03 35 1.6	A 04 13 1.6	A 04 48 1.6	A 05 23 1.6	B 00 05 0.1	B 00 41 0.1
B 09 04 0.1	B 09 45 0.1	B 10 24 0.1	B 11 0 0.1	B 11 36 0.1	A 05 57 1.6	A 06 34 1.5
A 15 20 1.8	A 15 58 1.8	A 16 32 1.8	A 17 05 1.8	A 17 38 1.8	B 12 11 0.2	B 12 47 0.2
B 21 37 0.1	B 22 16 0.0	B 22 54 0.0	B 23 30 0.0		A 18 12 1.7	A 18 48 1.7
25	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	
B 01 18 0.2	B 01 57 0.2	B 02 40 0.3	B 03 29 0.4	B 04 25 0.4	B 05 27 0.4	
A 07 13 1.5	A 07 56 1.4	A 08 46 1.4	A 09 41 1.3	A 10 43 1.4	A 11 44 1.4	
B 13 25 0.3	B 14 07 0.4	B 14 55 0.5	B 15 54 0.5	B 17 01 0.5	B 18 10 0.4	
A 19 28 1.6	A 20 12 1.5	A 21 03 1.5	A 21 59 1.4	A 23 0 1.4		

MAYO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
						1
						A 0 02 1.5
						B 06 29 0.3
						A 12 43 1.6
						B 19 13 0.3
2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
A 01 02 1.5	A 01 57 1.6	A 02 49 1.7	A 03 39 1.7	A 04 28 1.8	A 05 18 1.8	B 00 05 -0.2
B 07 25 0.2	B 08 17 0.1	B 09 06 0.0	B 09 54 -0.1	B 10 42 -0.1	B 11 30 -0.1	A 06 09 1.8
A 13 36 1.7	A 14 27 1.8	A 15 15 2.0	A 16 02 2.0	A 16 50 2.1	A 17 39 2.1	B 12 19 -0.1
B 20 07 0.2	B 20 57 0.0	B 21 45 -0.1	B 22 31 -0.2	B 23 18 -0.2		A 18 29 2.0
9	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
B 0 54 -0.2	B 01 45 0.0	B 02 40 0.1	B 03 39 0.2	B 04 43 0.2	B 05 51 0.3	A 00 33 1.5
A 07 02 1.7	A 07 59 1.7	A 09 0 1.6	A 10 06 1.6	A 11 13 1.6	A 12 17 1.6	B 06 53 0.3
B 13 11 0.0	B 14 06 0.2	B 15 08 0.2	B 16 16 0.3	B 17 29 0.4	B 18 39 0.3	A 13 14 1.6
A 19 22 1.9	A 20 18 1.8	A 21 18 1.7	A 22 23 1.6	A 23 29 1.5		B 19 38 0.3
16	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
A 01 31 1.5	A 02 22 1.5	A 03 06 1.5	A 03 45 1.6	A 04 22 1.6	A 04 59 1.6	A 05 36 1.6
B 07 47 0.3	B 08 34 0.2	B 09 15 0.2	B 09 55 0.2	B 10 32 0.2	B 11 09 0.2	B 11 46 0.3
A 14 03 1.7	A 14 46 1.7	A 15 24 1.8	A 15 59 1.8	A 16 34 1.8	A 17 10 1.8	A 17 46 1.7
B 20 27 0.2	B 21 10 0.2	B 21 50 0.1	B 22 28 0.1	B 23 04 0.1	B 23 39 0.1	
23	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
B 0 16 0.2	B 0 52 0.2	B 01 31 0.2	B 02 12 0.3	B 02 57 0.3	B 03 47 0.3	B 04 43 0.3
A 06 15 1.5	A 06 55 1.5	A 07 38 1.5	A 08 24 1.5	A 09 14 1.5	A 10 07 1.5	A 11 03 1.6
B 12 24 0.3	B 13 03 0.4	B 13 46 0.4	B 14 33 0.4	B 15 26 0.5	B 16 26 0.4	B 17 30 0.4
A 18 25 1.7	A 19 05 1.6	A 19 48 1.6	A 20 35 1.5	A 21 27 1.5	A 22 22 1.5	A 23 20 1.5
30	**31**					
B 05 43 0.3	A 0 20 1.5					
A 11 59 1.7	B 06 43 0.2					

JUNIO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
		A 01 19 1.6	A 02 17 1.6	A 03 13 1.7	A 04 09 1.8	A 05 04 1.8
		B 07 41 0.2	B 08 36 0.1	B 09 29 0.0	B 10 22 -0.1	B 11 14 -0.1
		A 13 51 1.9	A 14 45 2.0	A 15 38 2.0	A 16 31 2.1	A 17 23 2.1
		B 20 27 0.0	B 21 19 -0.1	B 22 09 -0.2	B 22 59 -0.2	B 23 49 -0.2
6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
A 05 58 1.8	B 0 39 -0.1	B 01 30 - 0.1	B 02 22 0.1	B 03 17 0.2	B 04 14 0.2	B 05 15 0.3
B 12 06 0.0	A 06 54 1.8	A 07 49 1.8	A 08 46 1.7	A 09 44 1.7	A 10 42 1.6	A 11 39 1.6
A 18 16 2.0	B 13 0 0.1	B 13 55 0.1	B 14 54 0.2	B 15 56 0.3	B 17 01 0.4	B 18 06 0.4
	A 19 10 1.9	A 20 04 1.8	A 20 59 1.7	A 21 56 1.6	A 22 54 1.5	A 23 53 1.5
13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
B 06 14 0.4	A 0 51 1.4	A 01 44 1.4	A 02 33 1.4	A 03 18 1.5	A 03 59 1.5	A 04 40 1.5
A 12 33 1.6	B 07 10 0.4	B 08 0 0.4	B 08 45 0.4	B 09 27 0.3	B 10 08 0.3	B 10 47 0.3
B 19 04 0.4	A 13 23 1.6	A 14 08 1.7	A 14 50 1.7	A 15 29 1.7	A 16 08 1.7	A 16 47 1.8
	B 19 56 0.3	B 20 42 0.3	B 21 23 0.2	B 22 03 0.2	B 22 40 0.2	B 23 17 0.2
20	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**
A 05 20 1.6	A 05 59 1.6	B 0 30 0.2	B 01 06 0.2	B 01 46 0.2	B 02 27 0.2	B 03 14 0.3
B 11 25 0.3	B 12 04 0.3	A 06 38 1.6	A 07 18 1.6	A 08 0 1.6	A 08 44 1.6	A 09 33 1.6
A 17 26 1.7	A 18 05 1.7	B 12 44 0.3	B 13 26 0.3	B 14 10 0.4	B 15 0 0.4	B 15 54 0.4
B 23 53 0.2		A 18 45 1.7	A 19 25 1.6	A 20 09 1.6	A 20 55 1.6	A 21 46 1.5
27	**28**	**29**	**30**			
B 04 06 0.3	B 05 04 0.3	B 06 07 0.2	A 0 46 1.6			
A 10 25 1.7	A 11 22 1.7	A 12 21 1.8	B 07 10 0.2			
B 16 54 0.3	B 17 57 0.3	B 19 0 0.2	A 13 21 1.9			
A 22 42 1.5	A 23 43 1.5	0 0 0 0.0	B 20 0 0.1			

JULIO

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
				1	2	3
				A 01 52 1.6	A 02 55 1.7	A 03 55 1.8
				B 08 12 0.1	B 09 11 0.1	B 10 07 0.0
				A 14 22 2.0	A 15 20 2.0	A 16 16 2.0
				B 20 57 0.0	B 21 51 -0.1	B 22 42 -0.1
4	5	6	7	8	9	10
A 04 53 1.8	A 05 47 1.9	B 0 22 -0.1	B 01 10 -0.1	B 01 59 0.0	B 02 47 0.2	B 03 38 0.3
B 11 01 0.0	B 11 54 0.0	A 06 39 1.9	A 07 30 1.9	A 08 21 1.8	A 09 11 1.8	A 10 01 1.7
A 17 10 2.0	A 18 02 2.0	B 12 46 0.0	B 13 38 0.1	B 14 30 0.2	B 15 25 0.3	B 16 22 0.4
B 23 33 -0.2		A 18 53 1.9	A 19 42 1.8	A 20 31 1.7	A 21 21 1.6	A 22 11 1.5
11	12	13	14	15	16	17
B 04 31 0.4	B 05 29 0.4	A 0 02 1.4	A 01 03 1.3	A 02 01 1.4	A 02 53 1.4	A 03 40 1.5
A 10 52 1.6	A 11 45 1.6	B 06 28 0.5	B 07 25 0.5	B 08 17 0.5	B 09 04 0.4	B 09 47 0.4
B 17 22 0.4	B 18 22 0.5	A 12 37 1.6	A 13 29 1.6	A 14 18 1.6	A 15 03 1.7	A 15 46 1.7
A 23 05 1.4		B 19 20 0.4	B 20 12 0.4	B 20 58 0.3	B 21 39 0.3	B 22 18 0.2
18	19	20	21	22	23	24
A 04 22 1.6	A 05 01 1.6	A 05 39 1.6	B 0 06 0.2	B 0 41 0.2	B 01 19 0.2	B 02 0 0.2
B 10 28 0.3	B 11 07 0.3	B 11 45 0.2	A 06 16 1.7	A 06 53 1.7	A 07 32 1.7	A 08 14 1.7
A 16 27 1.8	A 17 07 1.8	A 17 45 1.8	B 12 24 0.2	B 13 04 0.2	B 13 47 0.2	B 14 33 0.2
B 22 54 0.2	B 23 30 0.2		A 18 23 1.7	A 19 02 1.7	A 19 42 1.6	A 20 26 1.6
25	26	27	28	29	30	31
B 02 44 0.2	B 03 35 0.2	B 04 34 0.3	B 05 39 0.3	A 0 24 1.5	A 01 37 1.6	A 02 45 1.7
A 09 0 1.7	A 09 53 1.7	A 10 51 1.8	A 11 55 1.8	B 06 49 0.2	B 07 56 0.2	B 08 59 0.1
B 15 25 0.3	B 16 23 0.3	B 17 27 0.3	B 18 33 0.2	A 13 02 1.8	A 14 07 1.9	A 15 08 2.0
A 21 15 1.6	A 22 11 1.5	A 23 14 1.5		B 19 39 0.2	B 20 39 0.1	B 21 35 0.0

AGOSTO

DOMINGO				LUNES				MARTES				MIERCOLES				JUEVES				VIERNES				SÁBADO			
	H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts		H	M	Mts
	1				2				3				4				5				6				7		
A	03	46	1.8	A	04	40	1.9	A	05	30	1.9	B	0	01	-0.1	B	0	46	0.0	B	01	30	0.0	B	02	13	0.2
B	09	56	0.0	B	10	49	0.0	B	11	39	0.0	A	06	17	2.0	A	07	03	1.9	A	07	46	1.9	A	08	30	1.8
A	16	04	2.0	A	16	56	2.0	A	17	44	2.0	B	12	27	0.0	B	13	14	0.1	B	14	0	0.2	B	14	47	0.3
B	22	27	-0.1	B	23	15	-0.1					A	18	30	1.9	A	19	14	1.8	A	19	56	1.7	A	20	39	1.6
	8				9				10				11				12				13				14		
B	02	58	0.3	B	03	45	0.4	B	04	40	0.5	B	05	42	0.5	A	0	21	1.3	A	01	30	1.3	A	02	28	1.4
A	09	14	1.7	A	10	01	1.6	A	10	53	1.5	A	11	51	1.5	B	06	49	0.5	B	07	50	0.5	B	08	41	0.5
B	15	36	0.4	B	16	31	0.5	B	17	32	0.5	B	18	38	0.5	A	12	51	1.5	A	13	47	1.6	A	14	38	1.6
A	21	25	1.5	A	22	15	1.4	A	23	14	1.3	0	0	0	0.0	B	19	39	0.5	B	20	30	0.4	B	21	13	0.3
	15				16				17				18				19				20				21		
A	03	15	1.5	A	03	57	1.6	A	04	35	1.7	A	05	11	1.7	A	05	48	1.8	B	00	15	0.1	B	00	53	0.1
B	09	26	0.4	B	10	06	0.3	B	10	45	0.2	B	11	23	0.2	B	12	01	0.1	A	06	24	1.8	A	07	03	1.8
A	15	23	1.7	A	16	05	1.7	A	16	44	1.8	A	17	21	1.8	A	17	59	1.8	B	12	41	0.1	B	13	23	0.1
B	21	52	0.2	B	22	28	0.2	B	23	03	0.1	B	23	39	0.1					A	18	37	1.8	A	19	17	1.7
	22				23				24				25				26				27				28		
B	01	34	0.1	B	02	20	0.2	B	03	11	0.2	B	04	12	0.3	B	05	22	0.3	A	00	15	1.5	A	01	31	1.6
A	07	45	1.8	A	08	33	1.8	A	09	27	1.7	A	10	29	1.7	A	11	39	1.7	B	06	37	0.3	B	07	48	0.2
B	14	09	0.2	B	14	59	0.2	B	15	56	0.2	B	17	02	0.3	B	18	13	0.3	A	12	51	1.7	A	13	59	1.8
A	20	0	1.6	A	20	50	1.6	A	21	49	1.5	A	22	58	1.5					B	19	23	0.2	B	20	25	0.1
	29				30				31																		
A	02	37	1.7	A	03	33	1.8	A	04	23	1.9																
B	08	50	0.1	B	09	45	0.0	B	10	34	0.0																
A	14	59	1.9	A	15	51	1.9	A	16	38	2.0																
B	21	20	0.0	B	22	09	0.0	B	22	54	-0.1																

SEPTIEMBRE

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
			1	**2**	**3**	**4**
			A 05 07 2.0	A 05 49 1.9	B 0 18 0.0	B 0 58 0.1
			B 11 19 -0.1	B 12 03 0.0	A 06 29 1.9	A 07 08 1.8
			A 17 22 1.9	A 18 03 1.9	B 12 44 0.0	B 13 26 0.1
			B 23 37 -0.1		A 18 42 1.8	A 19 20 1.7
5	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
B 01 37 0.2	B 02 18 0.3	B 03 02 0.4	B 03 53 0.5	B 04 58 0.6	B 06 12 0.6	A 0 54 1.3
A 07 46 1.7	A 08 27 1.6	A 09 13 1.6	A 10 06 1.5	A 11 06 1.4	A 12 12 1.5	B 07 21 0.5
B 14 08 0.2	B 14 52 0.3	B 15 41 0.5	B 16 39 0.5	B 17 48 0.5	B 18 57 0.5	A 13 14 1.5
A 19 59 1.6	A 20 42 1.5	A 21 31 1.3	A 22 31 1.3	A 23 42 1.3		B 19 54 0.4
12	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
A 01 54 1.4	A 02 42 1.5	A 03 23 1.6	A 04 02 1.8	A 04 39 1.8	A 05 17 1.9	A 05 56 1.9
B 08 15 0.4	B 08 59 0.3	B 09 40 0.2	B 10 19 0.1	B 10 57 0.0	B 11 37 0.0	B 12 18 0.0
A 14 08 1.6	A 14 55 1.7	A 15 37 1.7	A 16 16 1.8	A 16 55 1.8	A 17 34 1.8	A 18 13 1.8
B 20 40 0.3	B 21 19 0.2	B 21 56 0.2	B 22 33 0.1	B 23 10 0.0	B 23 49 0.0	
19	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
B 0 29 0.0	B 01 13 0.1	B 02 0 0.1	B 02 54 0.2	B 03 59 0.3	B 05 14 0.3	A 0 13 1.5
A 06 37 1.9	A 07 22 1.9	A 08 12 1.8	A 09 10 1.7	A 10 16 1.6	A 11 30 1.6	B 06 32 0.3
B 13 01 0.0	B 13 47 0.1	B 14 38 0.2	B 15 36 0.2	B 16 43 0.3	B 17 57 0.3	A 12 44 1.6
A 18 56 1.7	A 19 42 1.6	A 20 35 1.6	A 21 39 1.5	A 22 53 1.5		B 19 08 0.3
26	**27**	**28**	**29**	**30**		
A 01 25 1.6	A 02 25 1.7	A 03 15 1.8	A 04 0 1.9	A 04 40 1.9		
B 07 42 0.2	B 08 40 0.1	B 09 30 0.0	B 10 15 0.0	B 10 57 -0.1		
A 13 50 1.7	A 14 46 1.8	A 15 34 1.8	A 16 17 1.8	A 16 57 1.8		
B 20 09 0.2	B 21 02 0.1	B 21 48 0.0	B 22 30 0.0	B 23 10 0.0		

OCTUBRE

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
					1	2
					A 05 18 1.9	A 05 54 1.9
					B 11 36 0.0	B 12 15 0.0
					A 17 34 1.8	A 18 10 1.7
					B 23 48 0.0	
3	4	5	6	7	8	9
B 0 26 0.1	B 01 04 0.2	B 01 42 0.3	B 02 25 0.4	B 03 15 0.5	B 04 17 0.6	B 05 31 0.6
A 06 29 1.8	A 07 06 1.7	A 07 46 1.6	A 08 31 1.5	A 09 24 1.5	A 10 25 1.4	A 11 31 1.4
B 12 53 0.1	B 13 31 0.2	B 14 12 0.3	B 14 57 0.4	B 15 51 0.5	B 16 54 0.5	B 18 04 0.5
A 18 46 1.6	A 19 24 1.5	A 20 06 1.4	A 20 56 1.4	A 21 56 1.3	A 23 03 1.3	
10	11	12	13	14	15	16
A 0 11 1.4	A 01 10 1.5	A 02 0 1.6	A 02 44 1.7	A 03 25 1.8	A 04 06 1.9	A 04 48 2.0
B 06 42 0.5	B 07 39 0.4	B 08 26 0.3	B 09 09 0.1	B 09 50 0.0	B 10 31 -0.1	B 11 13 -0.1
A 12 34 1.5	A 13 30 1.5	A 14 19 1.6	A 15 04 1.7	A 15 46 1.8	A 16 28 1.8	A 17 10 1.8
B 19 05 0.5	B 19 56 0.4	B 20 39 0.2	B 21 21 0.1	B 22 01 0.0	B 22 42 0.0	B 23 25 0.0
17	18	19	20	21	22	23
A 05 30 2.0	B 00 09 0.0	B 0 56 0.0	B 01 47 0.1	B 02 45 0.2	B 03 51 0.3	B 05 07 0.3
B 11 56 -0.1	A 06 16 2.0	A 07 04 1.9	A 07 58 1.8	A 08 58 1.7	A 10 06 1.6	A 11 19 1.6
A 17 54 1.8	B 12 41 -0.1	B 13 29 - 0.0	B 14 21 0.1	B 15 20 0.2	B 16 26 0.3	B 17 39 0.3
	A 18 40 1.7	A 19 32 1.7	A 20 29 1.6	A 21 36 1.6	A 22 50 1.5	
24	25	26	27	28	29	30
A 0 03 1.6	A 01 09 1.6	A 02 04 1.7	A 02 51 1.8	A 03 33 1.9	A 04 11 1.9	A 04 47 1.9
B 06 24 0.3	B 07 30 0.2	B 08 24 0.1	B 09 12 0.1	B 09 53 0.0	B 10 33 0.0	B 11 10 0.0
A 12 31 1.6	A 13 34 1.6	A 14 27 1.7	A 15 14 1.7	A 15 55 1.7	A 16 32 1.7	A 17 08 1.7
B 18 49 0.3	B 19 48 0.2	B 20 39 0.2	B 21 24 0.1	B 22 05 0.1	B 22 44 0.1	B 23 21 0.1

NOVIEMBRE

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
	A 04 57 1.8	A 05 34 1.7	B 0 14 0.3	B 0 56 0.4	B 01 44 0.5	B 02 41 0.5
	B 11 23 0.1	B 12 01 0.2	A 06 13 1.6	A 06 58 1.5	A 07 49 1.5	A 08 45 1.4
	A 17 19 1.6	A 17 58 1.5	B 12 40 0.3	B 13 22 0.4	B 14 10 0.4	B 15 05 0.5
	B 23 35 0.3		A 18 41 1.5	A 19 29 1.4	A 20 24 1.4	A 21 23 1.4
7	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
B 03 46 0.5	B 04 54 0.5	B 05 55 0.4	A 0 14 1.6	A 01 02 1.8	A 01 50 1.9	A 02 36 2.0
A 09 46 1.4	A 10 47 1.4	A 11 45 1.5	B 06 48 0.2	B 07 36 0.1	B 08 21 0.0	B 09 06 -0.1
B 16 06 0.5	B 17 08 0.4	B 18 05 0.4	A 12 38 1.6	A 13 28 1.6	A 14 16 1.7	A 15 04 1.8
A 22 24 1.4	A 23 21 1.5		B 18 56 0.2	B 19 45 0.2	B 20 31 0.0	B 21 18 0.0
14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
A 03 23 2.0	A 04 10 2.0	A 05 0 2.0	A 05 52 1.9	B 0 38 0.1	B 01 36 0.2	B 02 42 0.3
B 09 52 -0.2	B 10 38 -0.2	B 11 25 - 0.2	B 12 14 -0.1	A 06 47 1.8	A 07 47 1.7	A 08 51 1.6
A 15 51 1.8	A 16 40 1.8	A 17 31 1.8	A 18 26 1.7	B 13 07 0.0	B 14 04 0.2	B 15 06 0.2
B 22 05 -0.1	B 22 53 0.0	B 23 44 0.0		A 19 25 1.7	A 20 28 1.6	A 21 34 1.6
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
B 03 53 0.3	B 05 05 0.3	B 06 09 0.2	A 0 36 1.7	A 01 23 1.7	A 02 05 1.8	A 02 43 1.8
A 09 59 1.5	A 11 06 1.5	A 12 08 1.5	B 07 03 0.2	B 07 49 0.2	B 08 31 0.1	B 09 10 0.1
B 16 14 0.3	B 17 20 0.3	B 18 21 0.3	A 13 03 1.5	A 13 51 1.6	A 14 32 1.6	A 15 11 1.6
A 22 40 1.6	A 23 42 1.7		B 19 12 0.3	B 19 58 0.2	B 20 40 0.2	B 21 19 0.2
28	**29**	**30**				
A 03 19 1.8	A 03 55 1.8	A 04 32 1.7				
B 09 47 0.1	B 10 23 0.1	B 11 0 0.1				
A 15 47 1.6	A 16 24 1.6	A 17 01 1.6				
B 21 58 0.2	B 22 35 0.2	B 23 13 0.3				

DICIEMBRE

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts	H M Mts
			1	**2**	**3**	**4**
			A 05 10 1.7	A 05 49 1.6	B 0 34 0.4	B 01 18 0.4
			B 11 36 0.2	B 12 13 0.2	A 06 32 1.6	A 07 18 1.5
			A 17 40 1.6	A 18 21 1.5	B 12 53 0.3	B 13 35 0.3
			B 23 52 0.3		A 19 04 1.5	A 19 52 1.5
5	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
B 02 08 0.4	B 03 05 0.4	B 04 06 0.4	B 05 08 0.3	B 06 07 0.2	A 0 23 1.8	A 01 17 1.9
A 08 07 1.4	A 09 01 1.4	A 09 59 1.4	A 10 58 1.4	A 11 57 1.5	B 07 02 0.1	B 07 54 0.0
B 14 23 0.4	B 15 16 0.4	B 16 15 0.4	B 17 16 0.3	B 18 15 0.2	A 12 54 1.6	A 13 50 1.7
A 20 42 1.5	A 21 36 1.5	A 22 32 1.6	A 23 28 1.7		B 19 12 0.2	B 20 06 0.1
12	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
A 02 11 2.0	A 03 03 2.0	A 03 56 2.0	A 04 48 2.0	A 05 41 1.9	B 0 28 0.0	B 01 24 0.1
B 08 44 -0.1	B 09 33 -0.2	B 10 22 - 0.2	B 11 10 -0.2	B 12 0 -0.1	A 06 34 1.8	A 07 29 1.7
A 14 44 1.7	A 15 38 1.8	A 16 31 1.9	A 17 24 1.9	A 18 17 1.8	B 12 50 0.0	B 13 43 0.1
B 20 58 0.0	B 21 50 -0.1	B 22 42 - 0.1	B 23 34 0.0		A 19 12 1.8	A 20 08 1.7
19	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
B 02 23 0.2	B 03 27 0.3	B 04 33 0.3	B 05 37 0.3	B 06 34 0.3	A 0 50 1.6	A 01 36 1.6
A 08 27 1.6	A 09 27 1.5	A 10 29 1.4	A 11 33 1.4	A 12 33 1.4	B 07 24 0.2	B 08 08 0.2
B 14 40 0.2	B 15 40 0.3	B 16 43 0.4	B 17 45 0.4	B 18 42 0.4	A 13 26 1.4	A 14 13 1.5
A 21 06 1.7	A 22 05 1.6	A 23 04 1.6	A 23 59 1.6		B 19 32 0.4	B 20 18 0.3
26	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	
A 02 18 1.7	A 02 57 1.7	A 03 35 1.7	A 04 13 1.7	A 04 51 1.7	A 05 29 1.6	
B 08 49 0.2	B 09 27 0.1	B 10 04 0.1	B 10 39 0.1	B 11 14 0.1	B 11 49 0.2	
A 14 54 1.5	A 15 33 1.6	A 16 10 1.6	A 16 47 1.6	A 17 23 1.6	A 17 59 1.6	
B 21 0 0.3	B 21 39 0.3	B 22 18 0.3	B 22 55 0.3	B 23 33 0.3		

4.2.3 ANÁLISIS

Basándonos en las tablas anteriormente presentadas podemos notar que las mareas más altas en la costa del Atlántico (Puerto Barrios, Santo Tomás de Castilla y Livingston) se presentarán los días 3,4 y 5 de Junio, 1, 2, 3, 30 y 31 de Julio, 27 y 28 de Agosto, 26 de Septiembre, 28 y 29 de Octubre, 14,15 y 16 de Noviembre y por último 12, 13 y 14 de Diciembre para terminar el año, sin embargo esta marea alta es de apenas 70 cms. sobre el nivel usual del mar, lo cual no es suficiente para poder ser aprovechada como una fuente de energía mareomotriz debido a la poca profundidad con que cuenta y las grandes distancias temporales en que estas mareas se dan, las mareas mas bajas que se registran para la costa del océano Atlántico son de 40 cms. abajo del nivel de mar.

Analizando los datos anteriormente presentados podemos descartar completamente la costa del Atlántico ya que esta no presenta las características necesarias para poder ubicar una planta de energía mareomotriz.

Si ahora realizamos una recopilación de los datos recolectados para la costa del Pacífico Sur podemos notar que la marea más alta registrada es de 2.1 mt. y está se presentara los días 6 y 7 de Mayo, la marea más baja registrada es de 20 cm. abajo del nivel del mar, está costa presenta una marea mucho mayor que la de la costa del Atlántico, sin embargo como en el caso anterior está todavía no cumple con los requerimientos necesarios como para ser tomada como una posible oportunidad de utilizar la energía mareomotriz que se produce en esos litorales, ya que sus condiciones no son óptimas para la implementación de una planta.

Las playas de Sipacate, son las únicas en Guatemala que proveen los vientos necesarios para la generación de olas de gran magnitud, pero debido a su explotación turística la implementación de una planta allí no es viable.

4.3 INVENTARIO DE LAS PLAYAS DE GUATEMALA

4.3.1 Playas del Atlántico

No	Playa	Descripción	Potencialidades y Restricciones
1	**San Juan**	Playa angosta, de arenas finas uniformes, color amarillo grisáceo, con una extensión de 45 Km	De acceso sólo por mar actualmente. Soporta un uso de baja intensidad. Posee un alto valor estético.
2	**Cocolí**	Consta de tres ensenadas, separadas por pequeños acantilados o salientes. Sus playas son angostas aunque bien delimitadas por un talud de aproximadamente 3 m de altura. Su extensión es de 1.3 Km.	Es accesible solamente por lancha. Soporta un uso de baja densidad, es de gran valor estético.
3	**San Martín**	Es una playa angosta y muy pequeña de .3 Km., aproximadamente. Es de arenas finas color amarillo grisáceo.	Es accesible solamente por lancha, su capacidad es muy reducida.
4	**7 Altares**	Es la caída del río del mismo nombre a siete alturas diferentes, formando posas naturales antes de desembocar en el mar.	Accesible por mar o a través de un sendero peatonal proveniente de Livingston. Requiere de un plan de manejo ecológico.

5	**El Quehueche**	Se encuentra situada en las cercanías de la desembocadura del río del mismo nombre. Es una playa angosta cuya extensión es de 2 Km Sus playas contienen arenas de grano fino amarillo grisáceo.	Es accesible por medio de la carretera que parte de Santo Tomás de Castilla. Las condiciones del terreno son aptas para la urbanización ya que las mismas oscilan entre 2 y 15% de pendiente.
6	**Yohoa**	Este tramo de playa va desde Punta de Herrerías hasta Punta Santa María, con una extensión de 9 Km Es una playa angosta de 2 a 3 m de ancho. Posee arenas de grano fino de color amarillo grisáceo.	Es accesible por mar y por tierra, por una carretera de terrecería que va del complejo portuario de Santo Tomás de Castilla hasta punta de Herrerías.
7	**Punta de Palma**	Va de Punta Santa María hasta Ensenada San Carlos, con una extensión de 5.5 Km Presenta zonas de ancho mediano, como el área de la playa municipal. Sus playas contienen arenas de grano fino amarrillo grisáceo.	Es accesible por medio de la carretera que parte de Santo Tomás de Castilla y cuenta con un muelle para atracar embarcaciones. Las condiciones del terreno son aptas para la urbanización ya que las mismas oscilan entre 2 y 15% de pendientes.
8	**La Graciosa**	Formación de pequeños bancos de arena a lo largo del Cayo del mismo nombre, el cual tiene una extensión de 1.6 Km Contienen arenas de grano fino color gris olivo suave.	Tiene acceso solamente por agua. Su potencial es muy limitado. Actualmente el sitio ya está saturado por casas de descanso de particulares.
9	**Cambalache**	Pequeña playa de 1 Km Localizada en Estero Bernabé, es una playa angosta aunque en	Presenta limitaciones: Por su extensión, por su accesibilidad sólo por mar, por poseer terrenos con poco

		algunas áreas presenta un ancho mediano de aproximadamente 20 m. Contiene arenas de grano fino a medio, color anaranjado grisáceo.	potencial para el desarrollo de infraestructura, ya que los suelos continentales presentan problemas de drenaje.
10	**Palo Blanco, La Máquina y Playa sin nombre o Manglar.**	Forman una serie de siete playas de las cuales Manglar es la de mayor extensión. En conjunto, tienen una extensión total de 10 Km.	Ofrecen potencialidades y limitaciones similares a las de Punta de Cabo.
11	**Punta de Manabique**	Tiene una extensión de aproximadamente 2 Km desde Estero Lagarto a la Torre del Faro. Presenta playas de ancho medio, que llegan hasta los 45 m en algunas áreas, aunque el banco de arena está parcialmente cubierto por vegetación baja. La arena es de grano fino a medio, color café amarillento pálido.	La playa está habituada por pescadores. Los suelos poseen malas condiciones de drenaje por tener escasa pendiente, el suelo firme lo constituye el médano formado por el banco de arena. Es accesible sólo por mar.
12	**Cabo Tres Puntas**	Tiene una extensión de 10 Km Es ancha en toda su longitud, contiene arenas finas de color gris olivo suave. Por estar situada hacia el Golfo de Honduras está sometida a fuerte oleaje y ventisca, aunque el oleaje no llega a ser tan violento como en la Costa Sur. Está dentro de un paisaje de terraza actual de llanura Aluvial, con bosques tropicales húmedos.	Es una playa de gran potencial por sus dimensiones, calidad de las arenas, limpieza de las mismas y transparencia del agua. Ofrece sin embargo limitaciones por su difícil acceso, sólo por mar, y condiciones poco propicias para la construcción por estar situada sobre suelos con dificultad de drenaje.

13	**San Francisco del Mar o El Remolino**	Playa ancha cuya extensión es de 6 Km Contiene arenas de grano fino de color que varía entre amarillento grisáceo, gris olivo suave y gris oscuro. Esta playa tiene un paisaje singular que combina distintos ecosistemas de gran biodiversidad: Estero, delta, laguna, meandros, ríos y canales navegables.	De gran potencial por sus cualidades y por su acceso a trajes del Canal de los Ingleses. Sujeto a fuerte oleaje y ventiscas. Los Ríos Piteros y San Francisco del Mar arrastran agua de color café negruzco y sedimentos orgánicos que afectan la transparencia del agua y ensucian parte de la playa.
14	**Estero Guineo a Río Piteros**	Tiene 4 Km de extensión. Viene a ser la continuación de la playa anterior.	Es accesible a través del Canal de los Ingleses. Constituye también un sitio de gran potencial. Aunque posee las mismas limitaciones que San Francisco del Mar.
15	**Estero Motaguilla a Estero del Viejo Motagua**	Tiene 2 Km de extensión.	Es accesible sólo por mar o recorriendo la playa de Estero Guineo a Río Piteros a pie. Es un sitio de gran potencial, aunque tiene las mismas limitaciones que las playas que dan al Golfo de Honduras.
16	**Estero del Viejo Motagua a Estero sin nombre**	Tiene 5.5 Km de playas con arenas de grano fino de color gris suave. Están enmarcadas en un paisaje conformado por meandros fósiles del viejo Motagua, estero y bosque tropical húmedo y muy húmedo de gran diversidad biológica.	De acceso sólo por mar, posee un playón en la barra de hasta 100 m de ancho con arenas de gran calidad. No presenta aptitud para el desarrollo de urbanizaciones.

17	**Barra del Motagua a Estero sin nombre**	Tiene 5.5 Km de playas, situadas en el delta del Motagua, que configura un paisaje de humedad.	Es de muy poco potencial dado el alto grado de contaminación del Río Motagua que deposita sus sedimentos sobre este sector.

Figura 22 **. Playa Cabo Tres Puntas**

Figura 23. **Playa Siete Altares**

Figura 24. **Playa de San Francisco del Mar o El Remolino**

4.3.2 Playas del Pacífico

No	Playa	Descripción	Potencialidades y Restricciones
1	**Monterico**	Tiene una superficie de 2,800 ha de las cuales 500 ha son estuarinas y 266 ha marinas. La altura va de 0 a 6 m sobre el nivel del mar. Posee 4.5 Km de playa.	Es de fácil acceso ya que se localiza en el departamento de Santa Rosa, entre el Canal de Chiquimulilla y el mar.
2	**Puerto de San José**	Región en donde las playas están bien desarrolladas turísticamente. Tiene 20 Km de longitud en total.	Tienen buen acceso superficial entre la capital y el Puerto de San José.
3	**Iztapa**	Situado al este de San José. El paisaje del canal presenta variedad geográfica: Playa, canal ensanchado y dos islas pequeñas. El color del agua presenta un matiz café.	No hay problema para navegar todo el año. La playa está ocupada casi en su totalidad por facilidades como hoteles, restaurantes, casas vacacionales, bungaloes, etc.

4	**Puerto Viejo**	Existe una granja de criadero de cocodrilos e iguanas, que cuenta con autorización de CONAP para la reproducción de estos especimenes con fines comerciales.	Aunque actualmente no representa un atractivo turístico, se tiene intención de que en el futuro lo sea.
5	**Sipacate**	Tiene actualmente la playa principal en esta área.	Está bien asfaltado entre Guatemala y Siquinalá pero en mal estado entre Siquinalá y Sipacate.
6	**La Empalzada**	Tiene 5 Km de longitud hacia el oeste y aproximadamente 20 m de ancho.	Está a 4 Km oeste de Sipacate.
7	**Playa Virgen**	Se encuentra al Este del Paredón en Escuintla.	Hay suficiente espacio libre en la playa para desarrollar. Su composición geográfica es muy atractiva desde el punto de vista del paisaje natural. Hay infinita potencia del desarrollo turístico.
8	**Tecojate**	Está conformado por playas anchas planas de arenas color negro grisáceo. Cuenta con una pendiente suave, lo cual produce un oleaje lento que permite la práctica del surfing.	Toda la carretera está bien asfaltada. Aunque la playa tiene una extensión casi ilimitada sólo se considera el área accesible a través de la laguneta y por carretera de 1 Km de pedestria.
9	**Las Lisas**	La playa parece tener una inclinación muy suave comparada con las de los otros lugares como Sipacate.	Toda la carretera desde la capital hasta Santa Rosa está asfaltada en buenas condiciones.

Figura 25. **Playas de Monterico**

Figura 26. **Playas del Puerto de San José**

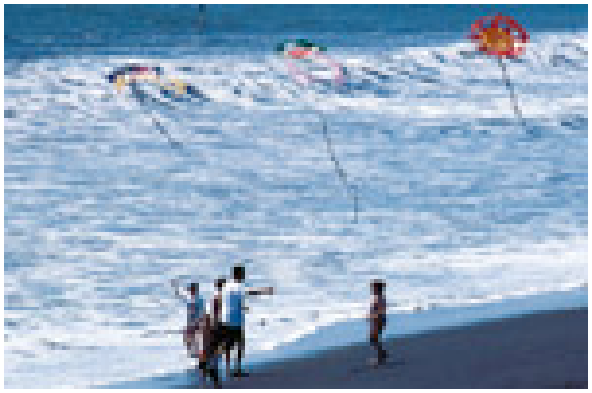
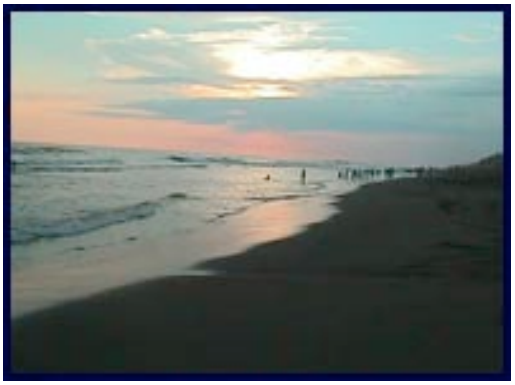


Figura 27. **Playas de Iztapa**



4.4 ESTUDIO DE ENERGÍA EN LOS LITORALES GUATEMALTECOS

El nivel de utilización de las energías renovables para la producción de energía eléctrica en nuestro país es escaso, tal como puede notarse en las siguientes informaciones:

El potencial hidroeléctrico es cercano a los 5,000 MW; actualmente se aprovechan solamente 563 MW, es decir, el 11 %; en el área geotérmica, de un potencial de 1,000 MW, se explotan 29 MW, es decir el 3.0%; el aprovechamiento de la energía solar y eólica, en conjunto apenas alcanza 0.1 MW En relación a los recursos biomásicos, existen centrales generadoras con una capacidad de 164 MW, propiedad de ingenios azucareros, que utilizan el bagazo de caña en tiempo de zafra, en el resto del tiempo consumen fuel oil.

Para instalar una Central Mareomotriz en nuestro país, es necesario hacer un estudio de los recursos con los cuales contamos. Lo primero que tenemos que tomar en cuenta, es el lugar adecuado para su construcción y operación, el costo que la misma implicaría, la seguridad, maquinaria

necesaria y todas las demás características que una central mareomotriz debe reunir, incluido el impacto ambiental, mencionadas anteriormente.

Bajo pre-proyectos realizados en Guatemala, se dice que en las playas del océano pacífico no es factible instalar una de estas centrales, ya que estas playas son de carácter turístico.

Lo que nos queda, es evaluar los recursos con los que contamos en las playas del Atlántico. Los puertos ubicados en esta costa son:

- Puerto Barrios
- Santo Tomás de Castilla
- Livingston

En base al análisis de las mareas en Guatemala podemos afirmar que las mareas en esta costa son irregulares, esto quiere decir que en ciertas horas las mareas se vuelven altas (de 8 a.m. a 4 p.m.) y en otras bajas (5 p.m. a 7 a.m.)

También se sabe que para poder aprovechar este tipo de energía debemos de tener ciertos parámetros para que estas centrales trabajen al 100%, dentro de lo parámetros tenemos:

- Aprisionar en un reservorio la masa de agua aportada por el flujo y hacerla trabajar durante el reflujo.
- La influencia de los astros que producen alteraciones en el mar.
- La presencia de vientos, tormentas y agresiones marinas.

En el caso de Guatemala, donde las mareas son irregulares se podría efectuar un sistema que regule las mareas, esto quiere decir que las mantenga en su mayoría constantes, antes de llegar a la central; y esto se llevaría a cabo

a través de un motor con una hélice abatible, que se abata 180 grados para hacer turbulencia, funcionando como pataleta grande, y de esta manera no tener problemas con los cambios de mareas, las que en determinados casos son el pilar de ciertos procesos.

En resumen, para poder producir este tipo de energía debemos de cumplir con todas las especificaciones entre las cuales encontramos la norma IEEE 818 y 714 para extracción de energía del mar, y protección para el ecosistema marino en la operación de bombas sumergidas en el océano respectivamente y reglamentos escritos que estipule la ley, los impactos que esta pueda tener y sobre todo que sea de utilidad hacia toda la población, para que se pueda incorporar una central de energía mareomotriz en Guatemala.

4.5 ANÁLISIS DE COSTO DEL MONTAJE DE UNA PLANTA

Las posibilidades del montaje de una planta mareomotriz se han potenciado debido a la transferencia de tecnología asociada a las explotaciones petrolíferas fuera de costa. El desarrollo tecnológico de instalación de plataformas profundas, la utilización de materiales compuestos y nuevas técnicas de unión harán posible el diseño de una plataforma, sin embargo, el máximo inconveniente es el económico.

Para hacer un estimado del costo de construcción de una planta mareomotriz se deben tomar en cuenta varios aspectos, los cuales explicaremos a continuación.

- Ubicación geográfica de la planta

Comprende el análisis de los parámetros fundamentales que optimizan su ubicación, así como la investigación del terreno, el cual debe reunir ciertas condiciones mínimas, como:

- Mareas de gran amplitud.
- Dársenas con aberturas relativamente estrechas.
- Marejada u oleaje no muy fuerte.
- Poco riesgo de enarenamiento.
- No alteración de la ecología del lugar debido al cambio de nivel de la marea.

- Ingeniería de proceso

Comprende el análisis de la tecnología existente y disponible en el país y en el extranjero, causas y consecuencias de su elección, estudio de los ciclos productivos, elección de las maquinarias y de las instalaciones de producción, automatización de los procesos productivos, cabe recalcar que en nuestro país se cuenta con la capacidad humana y técnica para la realización de una empresa de tal magnitud.

- Infraestructura

Selección y diseño de las instalaciones. Análisis de la superficie destinada al área productiva, servicios auxiliares, administración y almacenes, etc. Fundación, estructura portante, techos, paredes, pesos, aberturas, etc. Iluminación natural y climatización, Guatemala cuenta con la capacidad técnica para poder realizar la infraestructura necesaria para la implementación de una central, también con el recurso humano para concretar la obra.

- Ingeniería de proyecto de la planta

Análisis de la distribución de las áreas de producción y de servicio, posibilidades de expansión, disposición más conveniente de la maquinaria, de los operadores, de la materia prima, de los transportes internos, de las instalaciones, etc. Métodos para proyectar y evaluar las posibles soluciones de distribución.

- Instalaciones generales de la planta

Determinación de los insumos necesarios en cada instalación en función del tiempo. Comprende el diseño, proyecto y montaje de las siguientes instalaciones:

- Instalación y distribución de fluidos ("piping").
- Montaje y protección de cañerías.
- Aprovisionamiento y distribución de agua sanitaria y de proceso.
- Instalación de protección contra incendios.
- Producción y distribución de aire comprimido.
- Instalaciones de servomedios gaseosos (oxígeno, acetileno, gas natural, CO_2, etc.).
- Almacenamiento y distribución de combustibles.
- Instalaciones térmicas.
- Instalaciones de acondicionamiento de aire.

- Energía eléctrica

Planificación de la energía necesaria en el tiempo. Diseño, proyecto y montaje de las instalaciones de fuerza mareomotriz y corrección del factor de potencia. Diseño, proyecto y montaje de las instalaciones de iluminación.

- Contaminación

Evaluación de la contaminación atmosférica posible, instalaciones de aspiración y depuración. Depuración de los afluentes del proceso productivo: Sólidos, líquidos y gaseosos. Aislamiento y reducción del ruido en el campo industrial.

Tomando en cuenta todos los aspectos anteriores, se ha podido determinar el posible costo de la instalación de una planta mareomotriz de 30 MW que funciona a partir de fuel oil, en un millón de dólares por MW Entonces, eso significa que el costo de una unidad de 30 MW asciende a 30 millones de dólares por megavatio.

En conclusión, el costo de una unidad de 30 MW asciende aproximadamente a 90 millones de dólares y es el mismo que el de una planta que produce 10 MW a partir de la energía de las olas del mar. Es decir, hoy el costo de una instalación marina de este tipo es tres veces más costosa. El costo de una central mareomotriz es inicialmente grande, pero su infinita vida útil y otros factores, la convierten en una respuesta atractiva para aquellos países que la puedan aprovechar.

4.6 ANALISIS DE VIABILIDAD DE LA APLICACIÓN DE OTRAS TECNOLOGÍAS EN LOS MARES GUATEMALTECOS.

Anteriormente a lo largo del segundo capitulo hecho hecho referencia a otras posibles tecnologías que pueden tener aplicación en los litorales guatemaltecos, el propósito de esta sección es dar a conocer la viabilidad de la

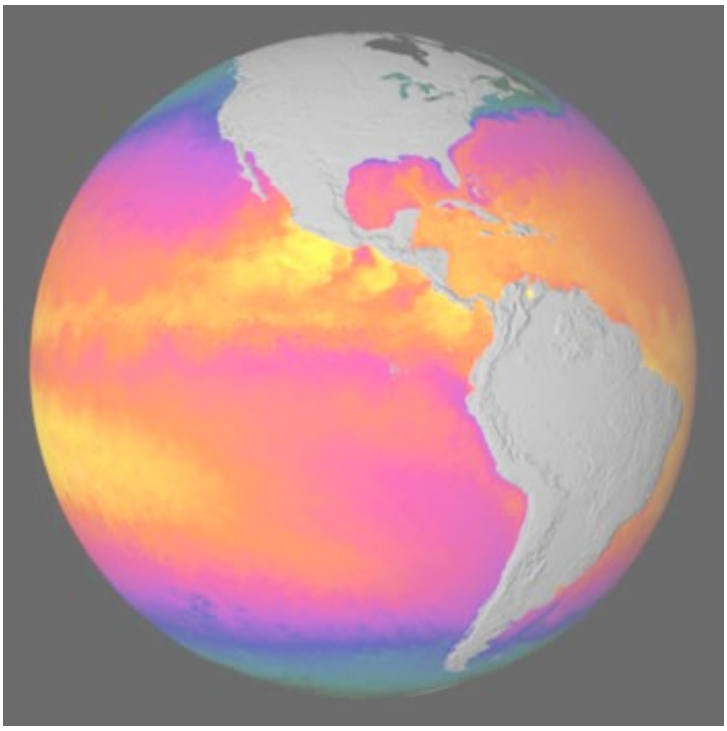
imlementacion de las mismas, sin embargo la complejidad de cada tecnología debera ser analizada mas profundamente, ya que conceptos, equipos y fundamentos de estos se encuentran fuera del alcance de este trabajo de investigación.

4.6.1 ENERGIA TERMICA OCEÁNICA (CETO)

La energia termica oceánica al ser analizada con mas detalle presenta unas características únicas en nuestra posición geografica a lo largo el globo terráqueo, como hemos mencionado este tipo de energía se produce al contarse con un cambio de temperatura considerable entre una diferencia de profundidades.

La linea media del globo terráqueo (conocida como el Ecuador), es la parte que mas directamente recibe la energia producida por el Sol, es así, por esa razon el trópico se encuentra a la mitad del planeta, mientras que los extremos mas alejados del Ecuador son los mas escasos de radiación ultravioleta, convirtiéndose en los lugares mas frios del planeta (Polo Norte y Polo Sur). Los paises ubicados en el trópico del planeta son los mas beneficiados al tratar de obtener energía por medio del cambio de la temperatura a psrtir de la radiación solar.

Figura 28**. Máxima radiación solar sobre la tierra.**



Una de las principales ventajas con las que cuenta nuestro pais es el contar con una radiación de luz solar considerable lo cual permie que nuestros mares concentren una de las floras y faunas mas grandes y ricas de todo el planeta.

La variación de la temperatura en nuestros mares, es un tema hasta poco totalmente desconocido, esto es por lo vanguardista de la investigación de energia renovables y no contaminantes.

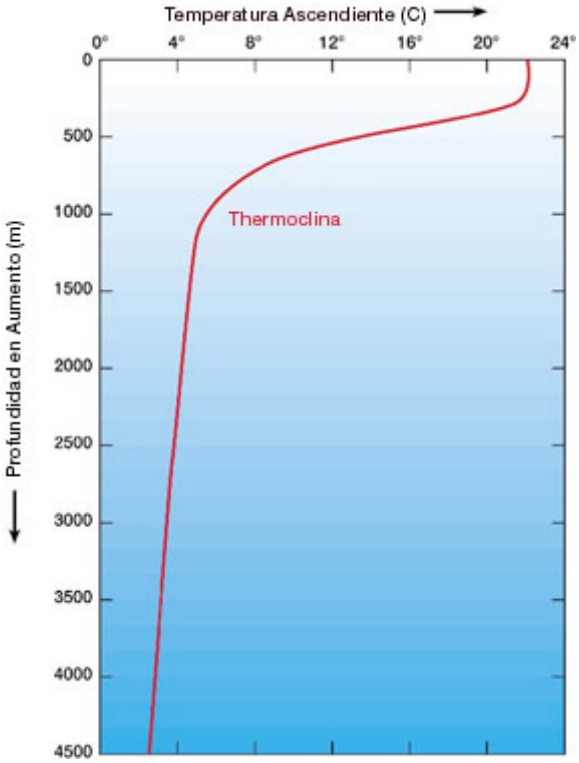
La energía térmica oceánica tiene un promisorio futuro en nuestro pais, las condiciones ideales, ademas de los factores naturales proveen a Guatemala del campo perfecto para realizar una extracción d energia de este tipo. Pocos lugares alrededor del globo terráqueo reunen las características

apropiadas para pensar en la implementacoin de una planta de energia termoceanica.

La temperatura del agua cambia abruptamente al atravesar la frontera de los 500 metros de profundidad eso es debido a que la radiación solar en ese punto es minima, este punto donde la temperatura desciende rapidamente comúnmente llamado termoclina, es tambien donde inicia la separación del agua dulce con el agua salada, esto es debido al cambio de densidades el agua, el agua salada presenta una densidad menor al agua dulce, por eso esta tiende a tener la capa superficial de los océanos, a pesar de que el el fondo, a una profundidad considerable el agua dulce se encuentra.

Este constante flujo que existe del agua que tiende a “flotar” hacia la superfice produce corrientes verticales que serian aprovechadas para generar movimiento de turbinas,siendo otro beneficio que se puede obtener de la extracción d este tipo de energia, sin embargo cabe recalcar que los costos iniciales de inversión tienden ha ser demasiados altos, y su rentabilidad así como infraestructura estaran designados a partir de la capacidad con la que se desee construir la central.

Figura 29. **Gráfica Temperatura/Profundidad**



Este tipo de energía se esta acreditando y ganando nuevos adeptos cada dia esto es debido a lo relativamente sencillo que resulta el generar electricidad, como el caso de la energía mareomotriz, debera pasar por un proceso en el qe se dearrolle la tecnología con una rentabilidad suficiente como para pensar en la implementacion de unaplantaen el mar, la energía CETO, todavía se encuentra en su fase experimentación, encausada a aumentar su rentabilidad a corto plazo ya que con la tecnología actual la curva de recuperacio de la inversión seria larga y pronunciada lo cual resultaria en ganancias a muy largo plazo, lo cual no vuelve el proyecto atractivo para cualquier inversionista.

CONCLUSIONES

- Para poder ampliar el uso de la energía de las mareas es necesario el empleo de tecnologías rentables a las que puedan tener acceso los países con relativamente bajos niveles de mareas.

- El futuro de la energía mareomotriz en Guatemala a partir de la energía cinética generada de la diferencia de alturas de las mareas, con la tecnología actual es nulo, esto es que para que se produzca un aprovechamiento de la misma la diferencia de alturas entre estas mareas debe de ser mínimo de 5 metros, lo cual, basados en el análisis realizado en el capítulo cuatro no se da en las playas guatemaltecas.

- La Energía Térmica Oceánica, en Guatemala reúne todas las características para ser viable, debido a las razones expuestas en el quinto capitulo, deberá analizarse mas a profundidad los detalles para llevar a cabo este proyecto, tomando en cuenta que promisor futuro de la energía CETO en nuestro país.

- La obtención de energía a partir de los seguidores de superficie, ejemplo: Pato Salter, en nuestro país requerirían, una basta superficie para que la absorción de estos instrumentos fueran de una importancia significativa, lo cual acarrearía problemas dentro de los residentes de la región.

- Actualmente, las formas de producción de energía mareomotriz en nuestro medio, presentan un costo económico muy alto, comparado con su rentabilidad, y siendo la energía mareomotriz una fuente inagotable es importante buscar y experimentar nuevas y posibles alternativas para nuestra nación.

RECOMENDACIONES

- Fomentar el uso de la energía mareomotriz, dando a conocer la tecnología y los principales campos donde pueda tener un impacto positivo, basándose en sitios idóneos para la implementación de una planta de energía, la realización de trabajos de investigación como este pueden ser una fuente invaluable de recursos informativos.

- Considerar que la inversión de capital en la construcción de una central mareomotriz es alta, al comienzo de su funcionamiento, pero, luego, con el paso de los años los mismos serán recuperados paulatinamente, por eso es importante cerciorarse de la factibilidad de la construcción de una central de este tipo.

- Investigar nuevas formas de producción de energía mareomotriz y analizar la factibilidad de aplicarlas en nuestro medio, de forma que nos permita obtener una alta rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

ÿ – INDE –
Instituto Nacional De Electrificación
7ª. Avenida 2-29 zona 9, Ciudad de Guatemala

ÿ – INSIVUMEH –
Instituto Nacional De Sismología, Vulcanología, Meteorología E Hidrología
7ª. Avenida 14-57 Zona 13, Ciudad de Guatemala

ÿ – INGUAT –
Instituto Guatemalteco de Turismo
7ª. Avenida 1-17 Zona 4, Ciudad de Guatemala

ÿ – MEM –
Ministerio de Energía y Minas
Diagonal 17, 29-78, Zona 11, Ciudad de Guatemala

ÿ Enciclopedia Microsoft Encarta
© 1993-2003
Microsoft Corporation

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

- http://www.inde.gob.gt
- http://www.insivumeh.gob.gt
- http://www.inguat.gob.gt
- http://www.mem.gob.gt
- http://www.monografias.com/trabajos6/enma/enma.shtml
- http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia00/HTML/articul1.htm
- http://www.celestopea.com/Convertidores.htm
- http://www.ambientum.com/revista/2001_27/2001_27_ENERGIA/MRMTRMARMOT1.htm