

24-223817



UNIVERSIDAD ANAHUAC DEL SUR

ESCUELA DE INGENIERIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**“ PRODUCCION DE ELECTRICIDAD POR MEDIO
DE LA ENERGIA DE LAS OLAS ”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A

MARIA NOEMI CASTRO HEREDIA

DIRECTOR DE TESIS; ING. JUAN VICENTE LEDUC RUBIO

MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO II

TEORIA DE LAS OLAS

CAPITULO III

**PANORAMA DE MECANISMOS DE
CONVERSION DE ENERGIA**

CAPITULO IV

**TRANSMISION EN C.D. Y
CONTROL REMOTO**

CAPITULO V

CONCLUSIONES GENERALES

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

El término energía se ha vuelto muy importante en la actualidad, se menciona con regularidad en los medios de comunicación; se habla de su producción, su consumo y su problemática, la cual constituye una constante preocupación para pueblos y gobiernos.

La energía se presenta en diversas formas: química, mecánica, térmica, nuclear, etc..La energía está por doquier y en gran abundancia, el problema radica en tener los conocimientos y la tecnología para su recolección, procesamiento y distribución.

Hasta hace algunos años, el aprovechamiento de combustibles fósiles tradicionales, no había constituido ningún problema y se creía un recurso productor de energía seguro. Sin embargo a raíz del creciente incremento poblacional e industrial, así como los conflictos entre los países productores y los consumidores de estos recursos, la demanda de energía ha aumentado considerablemente y esto hace de su producción y aprovechamiento un punto crítico, que juega un papel muy importante en la economía mundial, lo que hace pensar en un futuro incierto con respecto a las fuentes de energía actuales.

Ante éste tipo de perspectivas, sólo se puede pensar en utilizar otro tipo de fuente de energía para producir la electricidad necesaria para satisfacer las demandas que se tendrán a corto plazo.

Como en la actualidad se goza aún del consumo energético del petróleo, muchas propuestas para aprovechar la energía del mar han sido acogidas con poco interés, pero aún así, se han llevado a cabo numerosos experimentos para su aprovechamiento.

Aún cuando hasta ahora se le ha dado la importancia que tiene a éste tipo de energía, el descubrimiento de ésta no es nuevo y se remonta a muchos años atrás; el mismo Leonardo D'Vinci ya había vislumbrado la posibilidad de obtener energía del movimiento de las olas.

Aunque no se han desarrollado experimentos de explotación comercial no cesan los esfuerzos por diseñar dispositivos que tengan grandes eficiencias y aprovechen al máximo la energía de las olas.

El presente trabajo es el resultado de una investigación llevada a cabo en diversas fuentes de información existentes actualmente, y el cual pretende dar una panorámica de todos los intentos por obtener utilidad de la energía de -movimiento- de las olas, mismo que como

podremos ver en los diversos puntos de éste, existen lugares en diversas partes del mundo donde las olas son idóneas para este tipo de aprovechamiento; de manera que durante el mismo se enunciarán los lugares de la tierra factibles de instalar plantas de producción de energía, así como la forma o formas que se utilizaron para su definición.

A lo largo del trabajo se enunciarán los primeros experimentos llevados a cabo en diversos países y épocas, así como el método utilizado y los resultados de los mismos; cabe hacer notar que actualmente se encuentran archivados en Gran Bretaña, alrededor de 340 patentes que en diversas épocas han sido llevadas a cabo para el aprovechamiento de la energía de las olas.

Ya que el consumo de energía eléctrica adquiere mayor demanda, por lo que cada día se requiere mayor número de redes y mayor eficiencia en éstas, y ya que los sistemas tradicionales de transmisión de energía eléctrica en C.A. presentan muchos problemas y limitaciones, también presentan grandes costos y cada vez requieren de éste servicio, lugares más lejanos y aislados del sistema nacional de distribución, lo que influye para que el costo aumente y la interconexión se vuelva más complicada.

Para disminuir éste problema se propone la utilización de un sistema de transmisión de energía eléctrica en C.D., lo que facilita la interconexión con los subsistemas de lugares remotos y el sistema nacional de distribución y hace más eficiente ésta transmisión.

Como se plantea la posibilidad de utilizar un proyecto novedoso para la producción de energía eléctrica y utilizar una nueva técnica para la transmisión de ésta energía, también se requiere un sistema de control que se encuentre al nivel de éstas nuevas tecnologías; que sea muy eficiente y que se encuentre dentro de los límites de costo.

Para resolver este problema se plantea el uso de un control que aproveche las ventajas que ofrece la fibra óptica para la transmisión de datos, que además tiene un menor costo en función de su eficiencia.

En el capítulo primero se tiene una breve descripción de la teoría básica de las olas, donde se presentan los tipos de olas, características principales, contenido de energía, etc.

El segundo capítulo nos da un panorama general de los mecanismos que se han desarrollado desde tiempos remotos para el aprovechamiento de la energía contenida en las olas, así como una descripción del dispositivo conocido como péndulo y se propone su aplicación en México.

El capítulo tres es una propuesta para implementar el dispositivo tipo péndulo y aliviar el problema de la transmisión de la energía eléctrica mediante la transmisión en C.D. y utilizando un control remoto de fibra óptica.

3

En el último capítulo se integran las conclusiones generales del trabajo y se enlistan algunas recomendaciones, así mismo se discute la viabilidad de un proyecto de esta naturaleza.

TEORIA DE OLAS

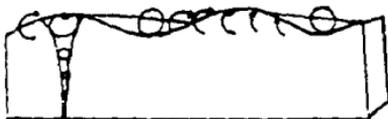
Teoría de las olas

Las olas se manifiestan en el movimiento irregular y caótico de ascenso y descenso de la superficie del mar. Se puede decir que éste movimiento es el resultado de la propagación de olas de muy diversas características generadas en lugares distintos y que se propagan en direcciones distintas.

Una manera de clasificar las olas es por las fuerzas de perturbación que las produce. Tenemos a) las provocadas por el viento, se forman cuando el viento empuja grandes masas de agua y contienen gran cantidad de energía, b) las provocadas por cuerpos en movimiento (embarcaciones), que contienen menor energía con respecto a las producidas por el viento, c) las de origen sísmico, como los tsunamis, que son grandes olas que tienen su origen es el movimiento sísmico cuyo epicentro está en el mar, y d) las provocadas por la fuerza diferencial gravitacional y la rotacional de la tierra alrededor del centro de masa tierra luna (mareas) esta clasificación se basa fundamentalmente en la observación, destacando las de origen eólico como las principales para efectos de ésta tesis.

Debajo de cada ola que pasa, todas las partículas del agua, describen rutas u órbitas circulares, que van disminuyendo su diámetro dependiendo de la profundidad debajo de la superficie. Debido a las menores circunferencias de las rutas u órbitas circulares mas profundas, la velocidad de las partículas será menor en la profundidad.

Movimiento del agua



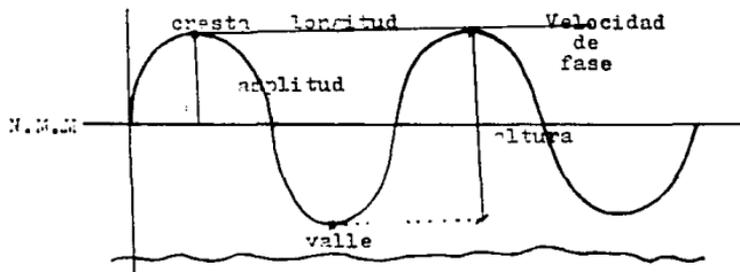
Una importante clasificación depende de la profundidad del agua. Físicamente este es un reconocimiento del hecho de que el movimiento de las partículas de agua varía con la profundidad. Si el fondo está a suficiente profundidad esto no interfiere con el movimiento de la ola. La clasificación está basada en la relación de la longitud de onda L y la profundidad del agua H . Si su longitud de onda es pequeña en relación con la profundidad se tienen olas cortas, esto es

($L/h \ll 0$). Si por el contrario, se tiene una longitud de onda larga para la profundidad del agua, se habla de olas largas ($L/h \gg 0$, mareas).

Dependiendo de la profundidad a la cual se coloque el dispositivo, la trayectoria de las partículas lo afectará en menor o mayor medida.

El movimiento de las olas, depende de muchos factores como son la región de estudio, el clima, los vientos, etc., por estas razones el movimiento no es igual a todas horas ni en todos los lugares; para facilitar el estudio de las olas, su movimiento, su comportamiento y posibles consecuencias sobre los dispositivos se ha hecho una semejanza de el movimiento de las olas con una función senoidal, es decir una ola puede ser descrita por una función seno o coseno, considerando sus parámetros en una forma ideal; ya que en la realidad las olas no tienen exactamente este comportamiento, pero el definirlos de esta manera hace que su estudio sea más sencillo.

Los parámetros con que se describen las olas son los siguientes:

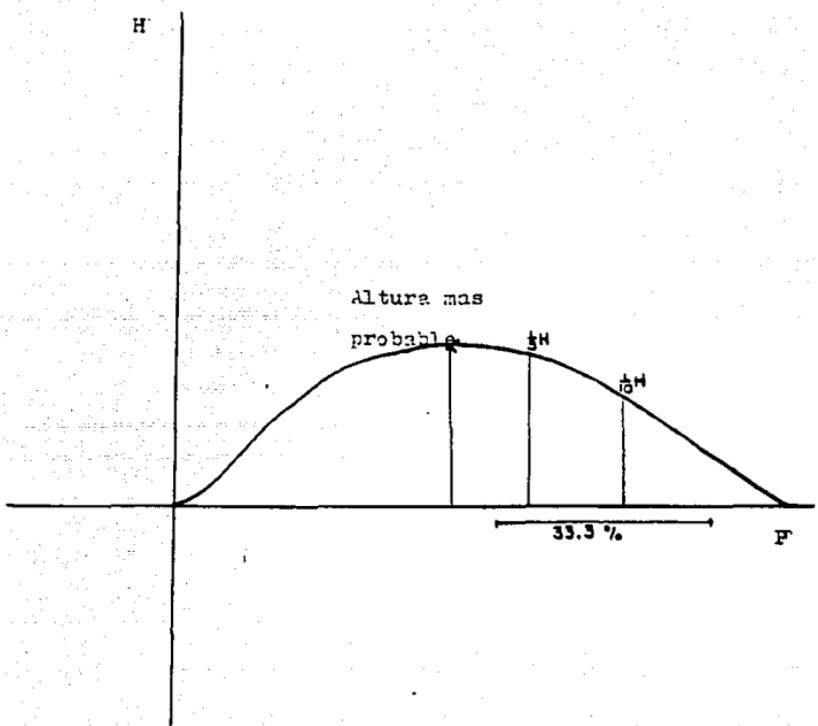


Donde la longitud $-L-$ está definida como la distancia horizontal entre dos crestas consecutivas.

La altura $-H-$ es la distancia vertical desde el punto extremo de una cresta y el punto extremo del valle.

La amplitud es la distancia vertical desde el punto extremo de una cresta o un valle y el nivel medio del mar.

Periodo es el tiempo empleado para que por un punto de referencia fijo, pasen dos crestas consecutivas.



Los factores más importantes para la obtención de una mayor energía de las olas son la altura y la longitud.

La energía total de una ola esta dada por:

$$E = E_c + E_p = \frac{1}{8} \rho g L H^2 \lambda$$

- donde: E_c = energía cinética
- E_p = energía potencial
- ρ = masa específica
- g = gravedad
- L = longitud de la ola
- H = altura de la ola
- λ = ancho de la ola

como: ρ, g, λ son constantes, se tiene como conclusión que los factores que determinan la energía de una ola son la altura y la longitud de la ola.

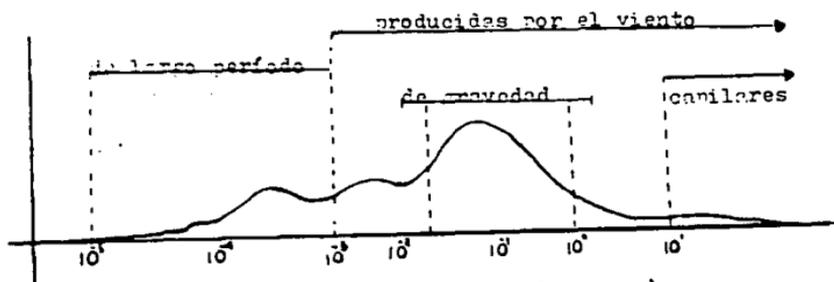
La energía cinética es aquella que se tiene en la ola en función del movimiento de sus partículas.

La energía potencial se tiene en función de las alturas que llegan a alcanzar las olas.

La masa específica es una característica propia del agua de mar.

La fuerza de gravedad es un valor constante equivalente a $9.81m/s^2$.

Dependiendo de la cantidad de energía y la frecuencia de las olas, se puede tener la siguiente clasificación



Espectro de energía (escala arbitraria)

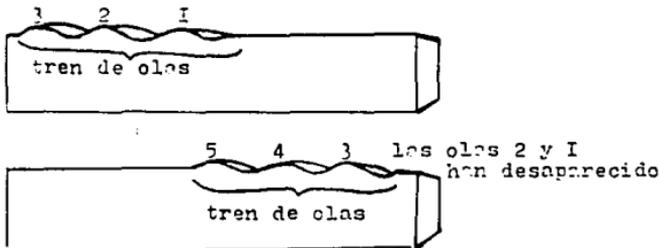
Si se tiene la distancia horizontal entre crestas sucesivas -L- entonces la velocidad de fase de una ola está dada por:

$$C = \frac{L}{p} \quad \text{velocidad} = \frac{\text{longitud}}{\text{período}}$$

Esta velocidad es mayor que la velocidad de grupo que se menciona a continuación.

Las olas tienden a permanecer en paquetes o grupos, a menos que la perturbación generadora sea continua. Estos grupos de olas son llamados trenes de olas, los cuales se mueven con una velocidad conocida como velocidad de grupo.

Sin embargo, al moverse las olas sobre el agua, se observa que la primera del tren se mueve más rápido que el tren propiamente dicho y por consiguiente desaparece en el frente; al hacerlo la segunda ocupa su lugar y desaparecerá subsiguientemente cuando se adelante al frente del tren; durante este periodo, a medida que cada ola desaparece, una nueva se forma en su final de modo que el total de olas del tren permanecerá constante.



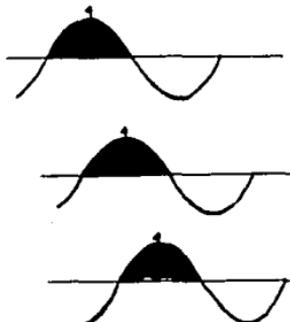
Cuando una ola es producida por el viento, ya sea de una tormenta o el viento normal, la altura y el periodo de las olas depende directamente de la velocidad y duración del viento.

Como la altura de las olas es un factor determinante para obtener una mayor energía, se han realizado estudios para determinar en forma estadística la altura que pueden tener las olas en un lugar determinado y la probabilidad de que esta altura se repita.

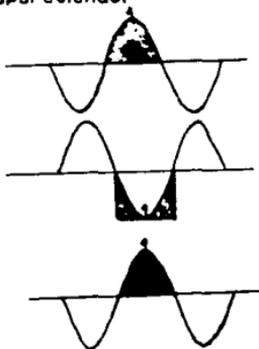
Dependiendo del tipo de problema que se quiera resolver, es la banda del tipo de olas que se debe estudiar.

Otro tipo de clasificación puede dividir a las olas en olas libres que se generan por la aplicación de una fuerza instantánea la cual es retirada rápidamente, con lo cual la ola es libre de desarrollarse; las olas hechas por el lanzamiento de una piedra dentro del agua en calma, son un claro ejemplo de olas libres. En las olas forzadas la fuerza perturbadora es aplicada continuamente y toma características de una función forzada; la marea es una ola forzada, ya que está en función de los periodos del sol y la luna.

Las olas pueden ser progresivas, cuando se mueven relativamente con el medio.



Y estacionarias, siempre esta oscilando relativamente en un lugar, formandose y desapareciendo.



NOTA.- los conceptos desarrollados en este capítulo son solo los necesarios para los propósitos de esta tesis.

PANORAMA DE MECANISMOS DE
CONVERSION DE ENERGIA

NOMBRE	PRINCIPIO	FECHA	FORMA DE OPERACION
TURBINA DE GIRARDS	E. POTENCIAL	1799	DIRECTO A LAS BOMBAS, MOLINOS, DEL MOVIMIENTO ACCIONA UN BRAZO DE PALANCA.
PATØ DE SALTER	E. POTENCIAL		DEL MOVIMIENTO DE LAS ØLAS ACCIONA EL DIS-POSITIVO, QUE ACTIVA UNA BOMBA Y ESTA UN MOTOR
CIRCULAR CLAM	E. POTENCIAL	1975	ØLAS BØLSAS DE AIRE SE DEFORMAN POR EL MOVIMIENTO DE LAS ØLAS - ACCIONANDØ UNA TURBINA
TIPØ PENDULØ	E. POTENCIAL	1979	DEL PENDULØ ACCIONADØ - ØPOR LAS ØLAS, MUEVE UNØ CILINDRO HIDRAULICO Y ØESTE UN MOTOR
SISTEMA HIDRAULICO	E. CINETICA		UN FLØTADØR-BOMBA LLE-ØVA AGUA A UN DEPOSITØ ØLEVADØ, APRØVECHANDØ ØLA DIFERENCIA DE ALTU-ØRA
NØRUEGA	E. CINETICA	1986	ØFORMA UN LAGO ARTIFI-ØCIAL, APRØVECHA LA DI-ØFERENCIA DE ALTURA
ISLA MAURITIUS	E. CINETICA	1953	ØFORMA UNA LAGUNA ARTI-ØFICIAL, FIJANDØ TURBI-ØNAS Y APRØVECHANDØ LA ØDIFERENCIA DE ALTURA
RECTIFICADØR DE RUSSELL	E. CINETICA	APRØX. 1953	ØFORMA DOS RECIPIENTES ØA DIFERENTE ALTURA, - ØAPRØVECHANDØ ESTA ØDIFERENCIA DE ALTURA
LA RANCE	E. CINETICA	1967	ØDIFERENCIA DE ALTURA ØENTRE LA PLEAMAR Y LA ØBAJAMAR
TURBINA STRAFLØ	E. CINETICA	1984	ØCREA UN RECEPTØR, DI-ØRIGE EL FLUJØ DE AGUA ØDIRECTAMENTE HACIA LA ØTURBINA

NOMBRE	PRINCIPIO	FECHA	FORMA DE OPERACION
BARCO DE COCKERELL	E.GRAVITACIONAL (DE PISTONES)	1976	PISTONES ACCIONADOS POR EL MOVIMIENTO DE LAS OJAS, ACCIONANDOS UN MOTOR Y ESTE UN GENERADOR
COLUMNA OSCILANTE	E.GRAVITACIONAL (DE PISTONES)	APRØX. 1979	PISTONES ACCIONADOS POR EL MOVIMIENTO DE LAS OJAS, DESPLAZAN UNA COLUMNA DE AIRE QUE IMPULSA LA TURBINA
TURBINA WELLS	E.GRAVITACIONAL (DE PISTONES)	1985	UNA COLUMNA DE AIRE ACCIONA UNA TURBINA WELLS Y ESTA UN GENE- RADOR
CUERPO HUECO	E.GRAVITACIONAL (DE PISTONES)	1985	EL MOVIMIENTO DE LAS OJAS COMPRIME UNA CO- LUMNA DE AIRE QUE IM- PULSA UNA TURBINA
OTEC	E. TERMICA	APRØX. 1960	UTILIZA LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN LAS DIFERENTES PROFUNDIDA- DES DEL MAR

Los dispositivos para el aprovechamiento de la energía de las olas se remonta a mucho tiempo atrás, utilizando desde los principios más simples hasta los más sofisticados.

De la producción de energía eléctrica por medio del movimiento de las olas, se encuentran rastros realizados en 1799. En París se creó un dispositivo para aprovechar ésta: la idea fue construida a nivel gigante, con una palanca apoyada en la playa, con el cuerpo del dispositivo -barco de línea, lo llamaron los inventores-, flotando en el mar. A medida que el cuerpo flotaba o se hundía a menor o mayor altura de acuerdo a la magnitud de las olas, el nivel subía o bajaba y producía energía que podía ser aplicada a las bombas, alabes o directamente a los molinos.

Una manera de agrupar y diferenciar los experimentos realizados en las diversas épocas es por el principio físico que utilizan para transformar la energía de las olas en energía eléctrica.

Estos principios físicos son en base a : energía potencial, cinética, gravitacional o de pistones, térmica.

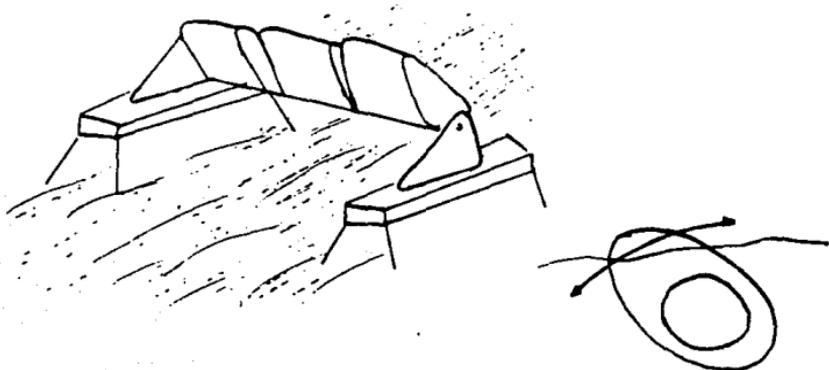
Los dispositivos que utilizan la transformación de "energía potencial" para la producción de electricidad consisten principalmente en un brazo de palanca -o de torsión- que aprovecha el movimiento alternativo de las olas, transformandolo en energía y aplicandola directamente a los dispositivos o accionando una turbina.

Turbina de Girarda: es el experimento de este tipo más antiguo que se realizó -1799- integrado por un brazo de palanca la cual tiene una boya en uno de sus extremos, que ejecuta movimientos ascendentes y descendentes provocado por el ritmo de las olas, mismo que es transmitido por medio del brazo de palanca al elemento que lo utiliza, ya sea un molino, una bomba o una sierra.



El experimento más reciente que aplica este principio es el llamado "Pato de Salter"; consiste en un flotador alargado en forma de cono, la parte más ancha se coloca haciendo frente a las olas y en la parte más estrecha se alojan cuatro giroscopios. El ritmo del oleaje produce un balanceo en los giroscopios, éste movimiento provoca una torsión que acciona una bomba de aceite que impulsa una turbina.

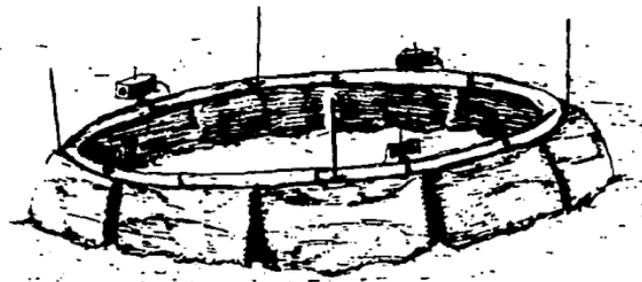
La energía obtenida se puede almacenar provisionalmente, aumentando la velocidad de los giroscopios cuando existe mayor oleaje y utilizarla después como generador eléctrico cuando el oleaje es débil.



Otro ejemplo del aprovechamiento de la energía de las olas, aplicando el principio de energía potencial es el realizado en Inglaterra y que está teniendo gran importancia, el llamado "circular Clam", que utiliza una estructura o espina circular, en forma de anillo, el cual soporta 12 bolsas de aire idénticas, en el exterior, cada bolsa está conectada a un conducto de aire que recorre todo el camino alrededor de la espina y de las turbinas de aire, localizadas en la entrada de cada bolsa.

El costo de la energía generada por este método es de aproximadamente 2.5 a 4.5 p/kwh, para electricidad generada a tierra, la cual es muy competitiva con electricidad generada con otras fuentes.

Este sistema es particularmente recomendable para islas y comunidades costeras.



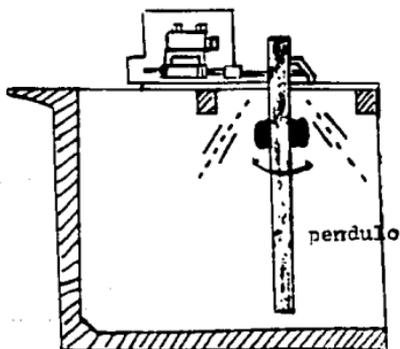
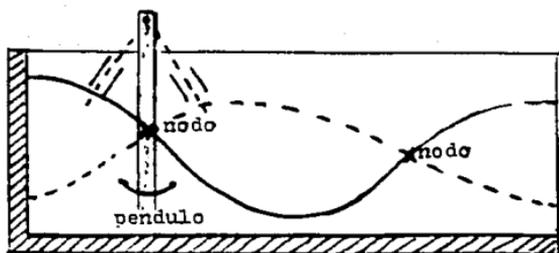
Un experimento diferente realizado por Japón - país que le está dando mucha importancia a éste recurso ilimitado de energía- es el "convertidor de energía de las olas tipo péndulo" que consiste en una compuerta con una cámara abierta de cara a la costa, un péndulo activado por el movimiento de las olas, que mueve un generador a través de una transmisión hidráulica simple.

El principio consiste en la utilización de un péndulo con una longitud e inclinación determinada para abrir una cámara de agua.

Las olas entran una tras otra dentro de la cámara, chocando con la pared opuesta hasta que se logra un efecto de olas estacionarias, donde sólo se tiene puntos, en que el agua sube y baja y otros donde sólo se tiene movimiento horizontal, estos últimos son llamados nodos, y es el punto donde se coloca el péndulo, ya que es en este lugar es donde se tiene mayor movimiento y por consecuencia mayor energía; el movimiento del agua deben ser sincronizado con el del péndulo. Éste movimiento del péndulo mueve un cilindro que produce presión hidráulica a motores hidráulicos, los que hacen actuar un convertidor de energía.

El mantenimiento de éste dispositivo es sumamente fácil, en virtud de que todas sus partes mecánicas están fuera del agua -excepto la parte final del péndulo-, su principio es simple.

El costo de electricidad producida con éste sistema es sumamente bajo (aproximadamente 27 yen/ kWh, esto es 1.30 centavos de dólar) y además tiene una excelente eficiencia en la absorción de la energía de las olas.



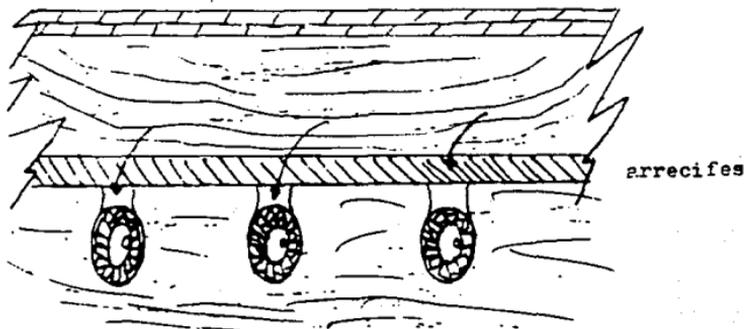
Existen dispositivos que utilizan la fuerza que produce el movimiento aprovechando el principio de energía cinética.

El pionero en este siglo de aprovechamiento de la energía cinética fue Walton Bott el cual aprovechó las olas que rompen en la playa de la isla Mauritius para la generación de la electricidad, cuyo plan se basó en la barrera coralífera que rodea la isla, formando una roca firme que ahorraría el costo de hacer una base para el dispositivo.

Walton Bott realizó su proyecto "isla Mauritius" por medio de la construcción de una pared, que junto con la barrera de arrecifes, crearía una laguna donde el agua sería atrapada a un nivel de 2 a 3 m arriba del nivel del mar.

Las turbinas y generadores fueron fijadas a las paredes y su funcionamiento era por medio del flujo del mar.

El experimento hecho por Bott demostró la importancia de la altura de las olas, ya que una ola de 1.5 m de altura con 15 m de longitud produce 4.33 kw, mientras que una ola con la misma longitud pero con el doble de altura es capaz de producir 17.9 kw. este es un factor que determinó la altura de la pared; una pared más alta produce un receptor profundo; una pared más baja, será un receptor más pequeño y por lo tanto se tendría menor energía cinética.

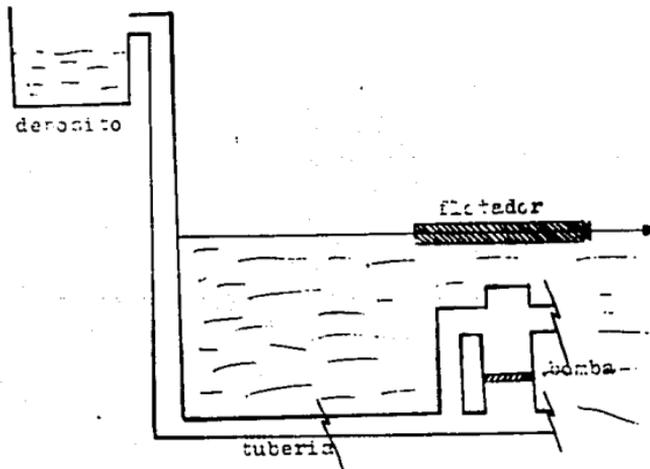


El "sistema hidradlico de energia de las olas", realizado por los E.U., consiste básicamente en un flotador, una bomba hidradlica de doble acción, tubería de transporte, válvulas, estructuras de soporte, tanque elevado, turbina hidradlica y generador.

El flotador-bomba, accionado por el movimiento de las olas, bombea y transporta agua a un depósito elevado, para la generación de energía en una planta hidroeléctrica.

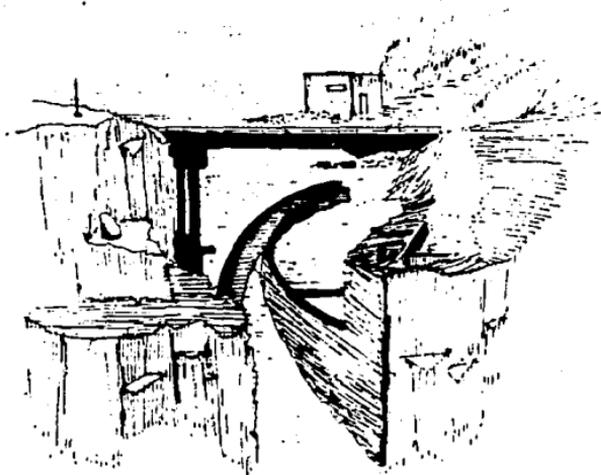
El tamaño del flotador y el diámetro de la bomba, así como la elevación del tanque son factores importantes para la optimización del sistema.

Otra forma de incrementar la eficiencia del sistema, es el diseño de una compuerta que puede ser adaptada como soporte de la estructura, para amplificarse el bombeo, con lo cual el flujo del agua es mayor y el aumento de energía considerable.



En 1966 se instaló en Noruega un sistema consistente en un embalse -lago artificial- a unos tres metros sobre el nivel del mar, un canal de cemento y una turbina.

Las olas entran por una abertura y su propia fuerza las hace ascender por el canal en suave pendiente hasta el embalse, lo que asegura un suministro constante de agua. Al tener el embalse o lago artificial a una altura mayor, se produce un salto de agua que acciona una turbina, produciendo electricidad.



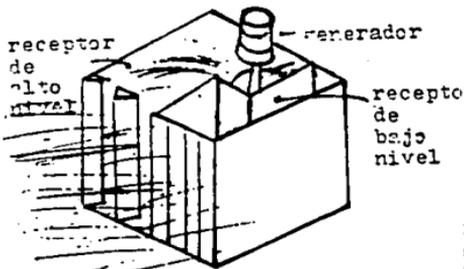
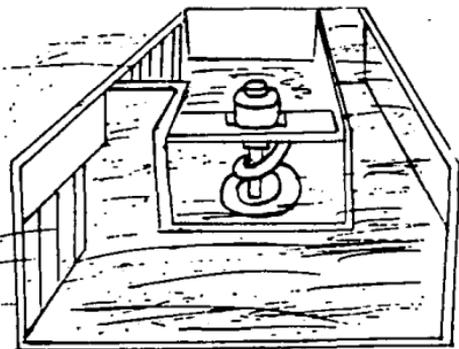
Rectificador de Russell -HRS-, crea dos receptores uno de alto y otro de bajo nivel, divididos por un bloque.

20

El agua entra al receptor de alto nivel y al no encontrar salida, fluye a través del receptor de bajo nivel, impulsando un generador y produciendo electricidad.

Este es un sistema ideal para países con mareas bajas, este modelo, funcionando a plena escala, es capaz de producir 10 mw.

Tanto el modelo de Bott como el de Russell crean lagos en el mar, lo que permite llevar a cabo el proceso de electrolisis a las grandes cantidades de agua, para separarla en sus componentes principales -oxígeno e hidrógeno- para la obtención de otros subproductos, como metanol, baquelita, etc.; este sistema, de formación de lagos artificiales, permite también la creación de granjas piscícolas y de santuarios de especies en extinción, así como producción de agua potable.



Un sistema de producción de electricidad por medio de fuentes alternativas es el ubicado en La Rance, Francia, que utiliza la diferencia de altura entre la pleamar - elevación máxima que alcanzan las aguas- y la bajamar - mínima elevación de las aguas del mar-; ocasionadas por la fuerza gravitacional del sol y la luna principalmente.

Para mayor aprovechamiento de ésta diferencia de alturas, se tiene una planta de doble acción, ésto es de flujo y reflujó, con lo cual se aprovecha todo el ciclo de mareas.

Se construye una cortina para cerrar el acceso a una bahía o estuario y crear un vaso aislado del mar que sea llenado y vaciado por la marea; de modo que el agua pase por un sistema de turbinas de doble acción.

Se tienen tres fases en éste ciclo:

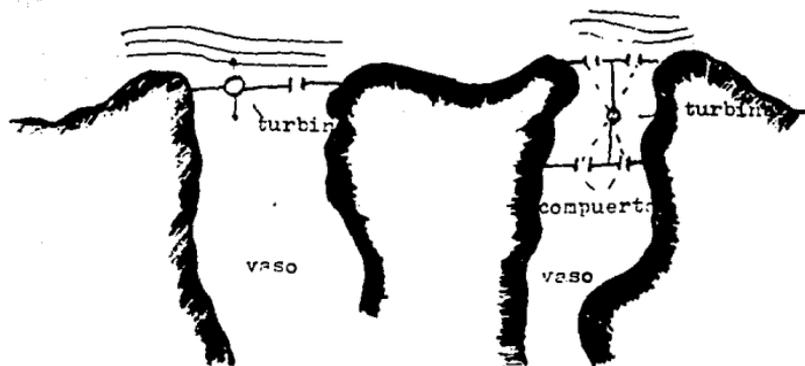
Una fase de llenado, las turbinas son paradas y las compuertas abiertas. Durante el ascenso de la marea, el agua entra al vaso a través de las compuertas.

Una fase de espera, las turbinas son paradas y las compuertas cerradas, la marea baja, el nivel del vaso no cambia, se espera el mejor momento para comenzar la generación de energía.

Una fase de producción, las turbinas se ponen en marcha y las compuertas están cerradas; la turbinas producen la energía en función de la altura de la caída formada por la diferencia de niveles entre el mar y el vaso.

La producción de energía por el ciclo de doble efecto, se lleva a cabo durante el llenado y el vaciado; la caída durante la fase de producción de energía es tanto del mar hacia el vaso y viceversa.

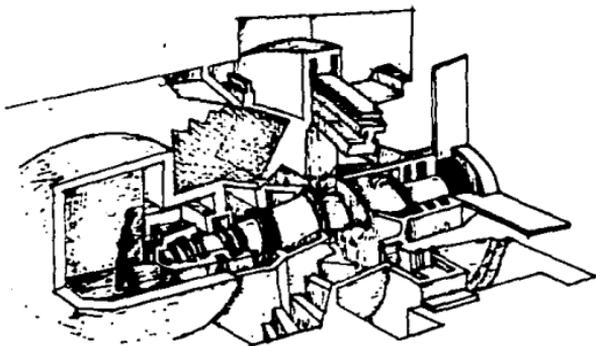
La desventaja que presenta éste sistema, es que para que funcione eficientemente se requiere una diferencia de altura mínima de 5m.



Otro de los experimentos que no han tenido el éxito esperado, pero que puede ser utilizado para los pequeños asentamientos costeros es el llamado "turbina Straflo", de straight flow -flujo recto-.

En el cual la ola presiona sobre un cuerpo hueco o un líquido que mueve una turbina conectada a un generador.

Lo novedoso de este sistema es que el generador no se interpone al flujo del agua, sino que circunda un canal, que debe ser mínimo de 7 m, con lo cual se mejora el rendimiento del sistema.



Se crearon experimentos es base al funcionamiento de pistones, los cuales son accionados por el movimiento de las olas y moviendo turbinas y generadores.

Los ejemplos de [stos experimentos son los siguientes:

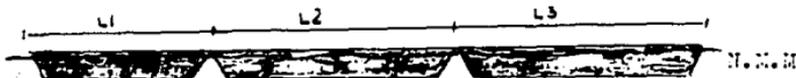
En la Gran Bretaña se produjo electricidad mediante un proyecto llamado "barco flotante de Cockerell", llevado a cabo por Sir Christopher Cockerell.

Se formaba con una balsa constituida por tres partes en contacto directo con las olas. La primera parte (el frente), recibe directamente el impacto de las olas, provocando un gran movimiento, que es transmitido en menor proporción a la segunda parte y ésta a su vez a la tercera, la que permanece relativamente estable.

La diferencia de las fases de movimiento de cada una de las balsas provoca la fuerza motriz, la cual es transmitida a grandes cilindros que contienen en su interior pistones que son accionados por el movimiento ascendente y descendente de las balsas.

Los cilindros se llenan de agua que es empujada a gran presión, impulsando un motor que [sta conectado a un generador que produce electricidad.

El dispositivo debe estar colocado en alta mar - aproximadamente a 50 km de la costa- con objeto de aprovechar al máximo la longitud estándar de las olas. Sin embargo existe el problema, de que en un mar muy agitado, la primera parte de la balsa pudiera ser volteada o incluso destruida.



Columna Oscilante de Masuda

25

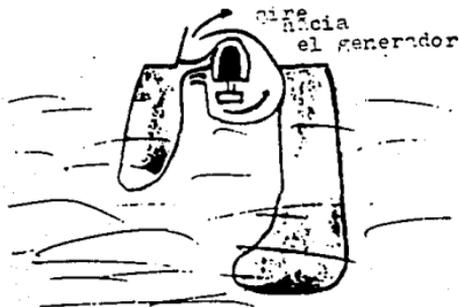
Normalmente se ha considerado que los japoneses se dedican a copiar las buenas ideas, mejorarlas y abaratar sus costos, sin embargo con el proyecto diseñado por el Profesor Yoshio Masuda, conocido como "columna oscilante de Masuda" se demostró la capacidad de diseño de los japoneses y éste experimento ha contribuido grandemente al avance del sistema de producción de energía eléctrica por medio de fuentes alternativas, en éste caso por el movimiento de las olas.

El Profesor Masuda diseñó su columna, mediante una especie de canastilla volteada hacia arriba, flotando en el agua, con dos agujeros en la parte superior. Cada vez que las olas se levantan y entran por los agujeros, el aire es succionado y expelido, accionando una turbina que a su vez acciona un generador que produce electricidad.

La energía capturada por la columna (también llamada boya) Masuda, puede describirse como la diferencia entre el movimiento de las olas y el movimiento de la boya o columna.

La boya Masuda puede producir hasta 30w con olas de 40 cm con un periodo de 3 seg. [sto es un mar calmado, que en general sería extraño de tener, por lo tanto los dispositivos están diseñados para condiciones extremas. Ya que en un mar calmado las boyas manejan las olas, ya que [stas suben o caen al mismo tiempo que las olas.

Las baterías que residen en las boyas reciben carga eléctrica continuamente, al momento de alcanzar las condiciones de plena carga, se interconectan ellas mismas para evitar que el agua se consuma, desconectando a su vez el generador que produce electricidad.



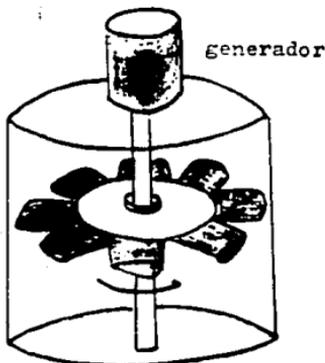
Un novedoso experimento es el que utiliza una turbina Wells, la cual trabaja perpendicularmente a la superficie del agua. El rotor o turbina gira directamente por la fuerza del mar.

A principios de los 70's fué construido en Shangai un dispositivo que producía 1 kw y que utilizaba el mismo sistema que el experimento japonés del profesor Masuda; por medio de una boya con un tubo central, que contiene una columna, la cual se mueve como un pistón al desplazarse la boya hacia arriba y hacia abajo por el movimiento de las olas. El aire dentro de la cámara en la parte alta del tubo, es bombeado hacia afuera de las válvulas rectificadoras, impulsando el rotor.

Posteriormente, los chinos adaptaron una turbina neumática a la columna oscilante, el problema estaba en el gran tamaño que debiera tener ésta, por lo que se requiere gran esfuerzo para comenzar a girar.

En 1985 fué probado en China un pequeño generador llamado BD101 que produjo un poco más de 1kw y soportó el mar durante una tormenta.

Actualmente se lleva a cabo un experimento en la isla de Dawansha, la innovación de ésta planta es que se está probando la transmisión de energía en corriente continua y en corriente alterna.

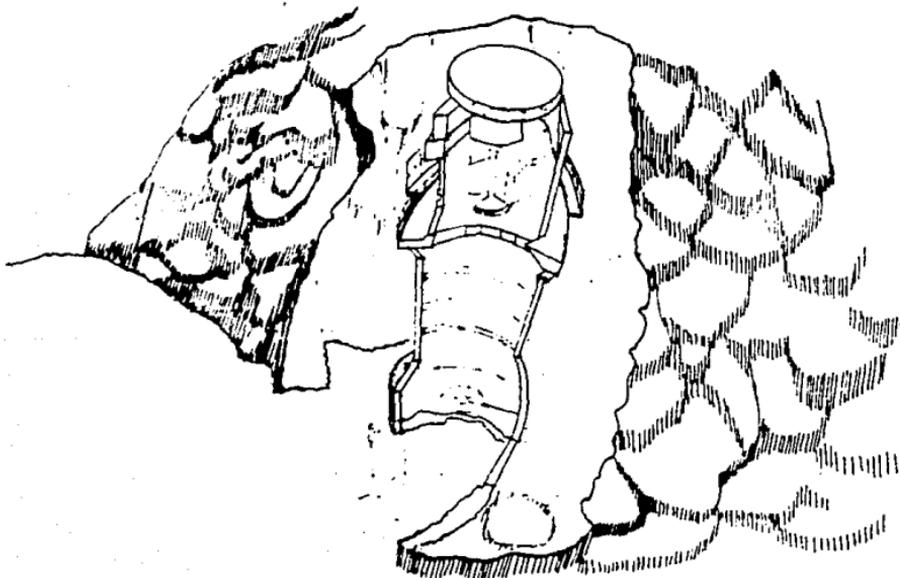


Principio del cuerpo hueco:

En Noruega, cuyas costas son abatidas por olas de gran poder, se construyó en 1985, una minicentral basada en el "principio del cuerpo hueco", donde la mayoría de los convertidores no flotan en el mar, sino que se encuentran anclados en un acantilado.

La instalación consiste en un cilindro de hormigón dispuesto verticalmente y alojado en un nicho en el acantilado. Por la parte inferior del cilindro, semisumergido en el mar, penetran las olas que se desplazan hacia arriba, comprimiendo el aire contenido en la columna. Este sale por la parte superior del cilindro impulsando una turbina. El ritmo del oleaje asegura que la turbina esté girando siempre y que la generación de electricidad sea constante.

Su potencia nominal esta cifrada en 0.5 mw



Otra técnica de experimentación para la generación de energía eléctrica por medio de fuentes alternativas, consiste en aprovechar la diferencia de temperaturas entre el agua caliente de la superficie y el agua fría de la profundidad.

La más conocida de ellas es la llamada OTEC (ocean thermic energy conversion), de la cual se pueden tener dos tipos: de ciclo abierto y de ciclo cerrado, ambos se basan en el principio de las plantas termoelectricas, que utilizan un evaporador, un condensador y una turbina.

Ciclo abierto:

En este tipo de planta, el agua superficial, caliente, entra por el acceso de agua caliente al evaporador de rafaga -camara de baja presión- de tal forma que una pequeña fracción del agua cambia de fase -a vapor-. El vapor generado sale del evaporador hacia la turbina, y el agua restante se regresa al mar. El vapor hace funcionar la turbina -de diseño especial para bajas presiones- que consta de un gran número de alabes de material ligero, esta turbina proporciona al generador eléctrico la energía mecánica necesaria para su funcionamiento.

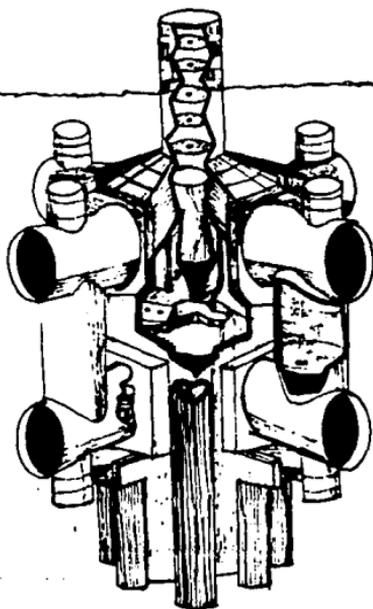
El vapor al salir de la turbina es descargado a un condensador de superficie, que se mantiene frío con el agua que se extrae de profundidades de hasta 500 m.

Ciclo cerrado:

El mecanismo de conversión de energía térmica a energía eléctrica en este tipo de ciclo, es muy similar al de ciclo abierto. La diferencia consiste en que el agua caliente transfiere su energía térmica en el evaporador al fluido de trabajo. Este fluido con puntos de ebullición bajos presenta la ventaja de existir como vapor sobrecalentado a baja temperatura y a alta presión, lo que reduce el tamaño requerido para la turbina. El vapor hace funcionar la turbina y posteriormente es descargado a un condensador de superficie enfriado, por intercambio de calor, con em agua de baja temperatura del fondo del mar o de profundidades considerables.

Este método o sistema de producción de energía eléctrica presenta numerosas ventajas, entre otras, es que el agua que se obtiene de la condensación del vapor está libre de sales y puede ser utilizada como agua potable. De igual forma, el agua fría que se utilizó en el condensador, contiene una alta concentración de nutrientes, por lo cual puede utilizarse en la acuacultura.

En México se cuenta con varios sitios favorables para la construcción de una planta OTEC; por ejemplo: el cañon del balsas, las costas de Quintana Roo, las islas revillagigedo.



Se ha visto gran variedad de dispositivos, que se han llevado a cabo en diversas partes del mundo tanto con tecnología de primera línea como otros con tecnología básica.

Se han presentado dispositivos que además de electricidad son capaces de producir agua potable, lo que ayudaría a que ciertas comunidades fueran independientes.

Otros con las adecuaciones respectivas (tanques) pueden ayudar a la creación de granjas piscícolas para la cría de diversas especies de peces que ayudaría a la solución del problema alimenticio.

Algunos dispositivos (como los de Bott y Russell, principalmente) nos llevan a la idea de crear comunidades autosuficientes en alimentos, agua potable y energía eléctrica, sobre todo a zonas costeras muy alejadas de ciudades mayores y que como consecuencia de esta lejanía es sumamente difícil y costoso llevarle estos servicios.

En el caso específico de México y como consecuencia de sus configuración física y distribución poblacional nos permitimos recomendar el uso del dispositivo conocido como tipo péndulo, mismo que ha sido descrito ampliamente en capítulos anteriores.

En las tablas siguientes se muestran las diferentes eficiencias y producciones de algunos dispositivos.

EFICIENCIA

Salter	80%
Pistón	80%
Cockerell	86%
Russell	20%
PENDULO	50%
Wells	21%
Circular Clam	65%

PRODUCCION

Russell	10mw	a lo
Wells	11 w	
Cuerpo hueco	0.5 MW	
Cockerell	500mw	15 millas de largo
Pistón	30w	boya
Circular Clam	5.26 w	
PENDULO	277kw	
Bott	de 4.3kw	a 17.9kw

Aunque el dispositivo tipo péndulo tiene una eficiencia menor que otros de los dispositivos, se ha elegido este porque funciona bajo un principio muy simple que, como se ha

mencionado anteriormente, no requiere un mantenimiento ni costoso, ni muy complicado.

Otra de las ventajas que ofrece sobre los otros dispositivos es que no requiere de una barrera de protección muy grande, aunque si es un requisito importante el colocarlo donde no exista playa, es decir debe colocarse en contacto directo con las olas, en el extremo de un rompeolas y donde existan riscos.

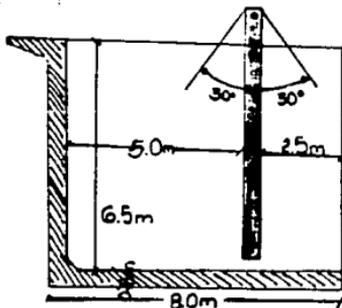
El dispositivo no tiene que ser de tan gran tamaño, como en el caso de Cockerell o de Masuda, para producir una cantidad considerable de energía.

Un punto a favor de la instalación de un dispositivo tipo péndulo en cualquier parte del litoral mexicano es que casi durante todo el año la estructura de las olas es más o menos constante, teniendo cuidado de proteger el dispositivo, los ubicados en el Pacífico durante la época de tormentas y los ubicados en el golfo en la época de nortes.

Además este dispositivo es ideal para dotar de energía a las plataformas petroleras, instaladas en altamar.

Por último es conveniente recordar que dentro de las muchas ventajas con que cuenta este dispositivo, las principales podrían ser:

Los resultados obtenidos al probar el modelo en la costa de China fueron los siguientes: una eficiencia mayor de 50% y una energía de salida de 277 kw. con las siguientes dimensiones:



En un modelo teórico se ha podido calcular que el porcentaje de extracción de energía puede ser de hasta 80%, porcentaje mayor al obtenido en otros dispositivos que utilizan las olas como fuente de energía.

El costo de la energía obtenida por medio de este

dispositivo es 27 yen/kwh esto es 1.30 centavos de dolar/kwh lo cual es muy reducido si se toma en cuenta que el precio tradicional de Kw obtenido en cualquier tipo de planta convencional es de 5 centavos de dolar, con lo cual se demuestra que la energia obtenida por un dispositivo de este tipo es costeable y conveniente.

En conclusion la energia contenida en las olas, es uno de los recursos naturales para la produccion de energia electrica que presenta ventajas que en el pasado no se habian contemplado: ya que la colocacion de cualquier dispositivo no afecta la ecologia marina y estos pueden ser colocados en cualquier costa con estructuras simples; normalmente solo es necesario un freno o dique para evitar que las tormentas dañen el dispositivo.

La energia contenida en las olas abre las puertas a una nueva tecnologia y a la aplicacion de viejos principios para transformar los diferentes tipos de energia.

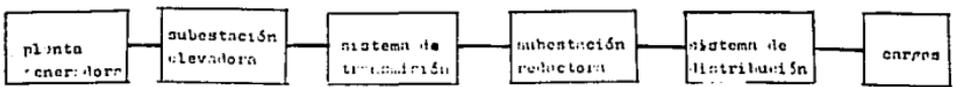
TRANSMISION EN C.D.
Y
CONTROL REMOTO

Al escoger un determinado dispositivo para la producción de energía eléctrica, nos enfrentamos con otro problema, la transmisión de esta energía; en este caso optamos por la transmisión de energía en corriente directa (C.D.), ya que es un sistema que ofrece grandes ventajas.

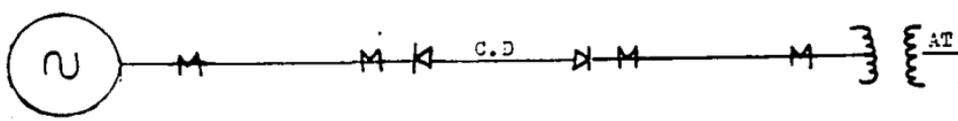
A continuación se da una semblanza de la lógica de un sistema de transmisión:

Dependiendo de la localización de la planta generadora, en este caso el dispositivo tipo péndulo, se requiere un sistema para el transporte de energía.

Los principales elementos de un sistema de energía son esquemáticamente:



Se transforma la corriente alterna a la salida del generador y se realiza la transmisión en C.D., después se vuelve a transformar en C.A. y se eleva su tensión para unirlo al sistema de distribución. A continuación se presenta el diagrama unifilar del sistema de transmisión en C.D.



La elevación, reducción e interconexión de los diferentes elementos del sistema se realizan en las subestaciones, por esto se tienen diferentes tipos de subestaciones:

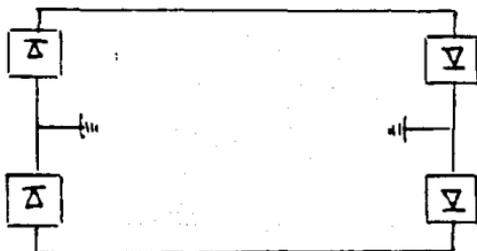
- elevadoras
- de interconexión
- reductoras

El anterior es un esquema general de un sistema de transmisión, pero para un sistema de transmisión en C.D., se requiere rectificadora, mediante filtros, diodos, etc. para obtener la corriente directa; en el extremo receptor se realiza el proceso inverso; en este caso se utilizará un

Para la transmisión en C.D. no es necesario disponer de dos conductores, simplemente se aterriza cada una de las terminales de las unidades convertoras y se realiza la transmisión a través de un sólo conductor éste tipo de transmisión se conoce como monopolar.



Si se agrega a éste circuito otro conductor que opere con polaridad opuesta se tiene una transmisión bipolar y esto implica doblar el voltaje y la potencia de transmisión.



El utilizar sólo un cable conductor para la transmisión implica una gran reducción en el costo, lo que compensa el alto costo de las unidades rectificadoras, lo que aún implica un costo menor en la transmisión.

Al rectificar la corriente alterna y obtener C.D., ésta adquiere una naturaleza asincrónica, es decir, que no tiene cambio de frecuencias, lo que ofrece una gran ventaja para la interconexión con otros sistemas de distribución.

Al aplicar una diferencia de potencial entre los extremos de dos conductores separados por un dieléctrico, éstos conductores adquieren una carga eléctrica (q) que es

Proporcional al voltaje (v) aplicado y una constante C llamada capacitancia

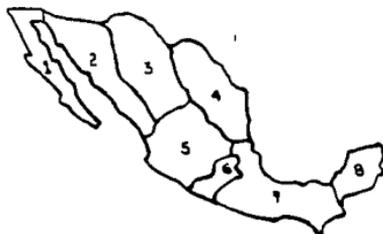
La capacitancia por unidad de longitud puede alcanzar valores muy altos en los sistemas de C.A. lo que afecta la calidad de transmisión; en cambio con la transmisión en C.D. no existe esta limitación, por lo que se puede aprovechar principalmente en cables submarinos de alta tensión.

Otra de las ventajas de la transmisión en C.D. es que se disminuye en gran medida las pérdidas producidas por el efecto corona, éste fenómeno se produce cuando el aire que rodea a conductor se ioniza y se manifiesta una crepitación y una luminosidad que puede percibirse en la oscuridad, éste efecto produce pérdidas en la transmisión.

En el caso de México las necesidades de interconexión son cada vez mayores y a mayores distancias con el fin de satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica.

Para solucionar éste gran problema debe tomarse en cuenta los sistemas de transmisión de energía eléctrica en C.D. ya que el sistema nacional de distribución lo hace ideal.

El sistema eléctrico nacional está dividido en 8 áreas de control, distribuidas a lo largo del territorio nacional:



AREAS DE CONTROL

- 1 Baja California
- 2 Noroeste
- 3 Norte
- 4 Noreste
- 5 Occidental
- 6 Central
- 7 Oriental
- 8 Peninsular

En el área central es donde se encuentra el 37% del consumo total del país y aumenta día con día, por lo que se ve la necesidad de aumentar las interconexiones.

Los sistemas de C.D. resultan ser más eficientes, tomando en cuenta los sistemas ya existentes, puesto que las interconexiones en C.A. requieren una alta capacidad de conexiones, refuerzos en cada subsistema, modificaciones en

el control de frecuencias que resultan muy caras; además todavía existen áreas con sistemas aislados que no están conectados al sistema eléctrico nacional.

Se ha estimado que para fines de siglo el número de consumidores aumentará de 15.5 millones a 19 millones, esto es 9% anual, por lo que se deberá construir aproximadamente 17000 Km de redes de transmisión; si consideramos tan sólo el costo de las torres de transmisión, según cálculos conservadores la inversión de ellas hasta el año 2000 a precios de 1985 ascenderá a 40,000 millones de pesos.

La transmisión en C.D. implica un menor costo en estructuras de soporte, así como un menor número de aisladores lo que reduce en gran medida el costo a largo plazo.

Además, al no existir problemas con la frecuencia de enlace, los sistemas de distribución pueden interconectarse con los de otros países (para exportación e importación de energía eléctrica) así como facilitar la interconexión con el mismo sistema eléctrico nacional.

La única desventaja que presenta la transmisión en C.D. es que todavía no existen dispositivos de medición por lo que para realizar todo tipo de medición y colocar los dispositivos de protección debe transformarse en C.A. y utilizar los dispositivos ya existentes.

La comunicación puede definirse como el traslado de información de una fuente a un destino.

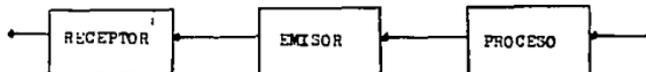
Los componentes básicos de ésta son: fuente, donde se origina la información,, medio por el cual circula y receptor de la información.



Este principio básico de comunicación de datos o información se utiliza para la creación de un control remoto , el cual se define como la técnica de gobernar el funcionamiento de procesos a distancia y tiene como función ayudar al hombre a tomar decisiones en las cuales las circunstancias no lo favorezcan, cuando se requiera una decisión muy rápida , cuando el medio ambiente no sea seguro o cuando el punto de vista no sea muy preciso.

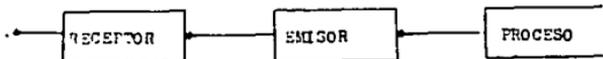
Los sistemas de control pueden dividirse de la siguiente manera:

Transmisión de mensajes de significado prefijado



La entrada y la evaluación de la información se realiza por medios humanos, las entradas son ordenes enviadas en un código determinado.

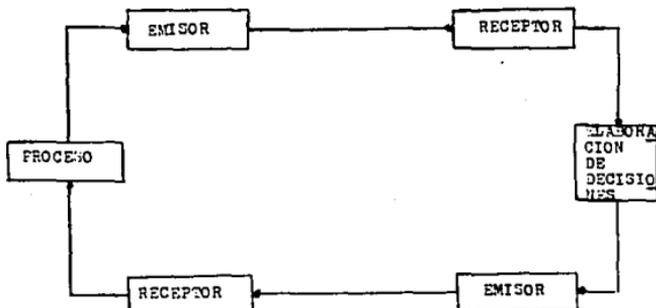
Supervisión de una instalación a distancia



La información de datos de entrada están dados por el mismo proceso.

teleautomatización, es el grado más completo de automatización, se elimina totalmente la intervención humana, salvo en casos extremos.

Se utilizan controles automáticos de lazo cerrado, donde el mismo proceso retroalimenta al sistema y corrige errores.



Al proponerse un proyecto de telecontrol se debe tomar en cuenta la manera de transmisión física de la información en función de costos y facilidades ya existentes.

Existen medios por los cuales el control de las plantas generadoras se podrían controlar a grandes distancias y con gran eficiencia, por medio de fibra óptica.

Las fibras ópticas son fabricadas con vidrio de cuarzo, el cual se obtiene a través del dióxido de silicio (SiO_2), el cual es abundante en la corteza terrestre.

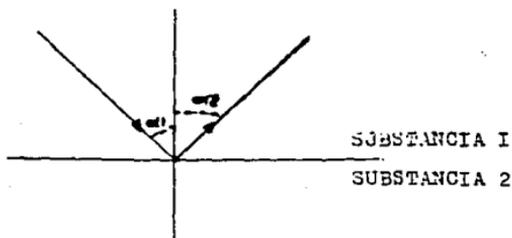
Para la fabricación de fibras ópticas se requiere un vidrio de cuarzo de alta pureza el cual debe tener las siguientes características:

- isotrópica, ésto es que sus propiedades son iguales en cualquier dirección.
- coeficiente de dilatación muy pequeño
- estabilidad a los cambios de temperatura
- resistente a la humedad
- resistente a la corrosión

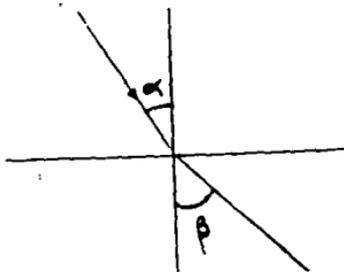
Estas últimas características pueden ser determinadas por el tipo de aislamiento; así como la resistencia a la tracción y compresión está dada por el tipo de configuración de los cables de fibra óptica.

Para comprender como transmite la información una fibra óptica es necesario conocer los siguientes conceptos:

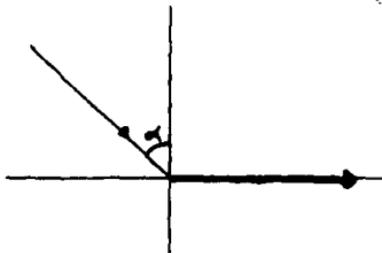
REFLEXION cuando una onda luminosa incide sobre la superficie de separación entre dos substancias una fracción de la misma se refleja; la porción de luz reflejada esta en función del ángulo α .



REFRACCION si un rayo luminoso incide con un ángulo α de modo oblicuo desde una substancia ópticamente menos densa (p.e. aire) a otra más densa (p.e. vidrio), su dirección de propagación se quiebra y su trayectoria continua en la segunda substancia con un ángulo de refracción β .

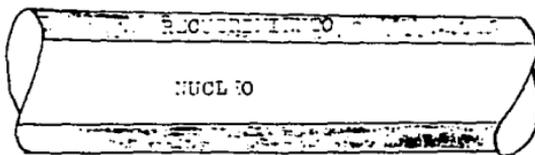


REFLEXION TOTAL cuando un rayo luminoso incide con ángulo α cada vez mayor desde una substancia ópticamente más densa con índice de refracción n_1 sobre la superficie de separación con una substancia ópticamente menos densa con índice de refracción n_2 , el ángulo de refracción β puede llegar a ser igual a 90° .



La fibra óptica aplica estos principios, principalmente este último.

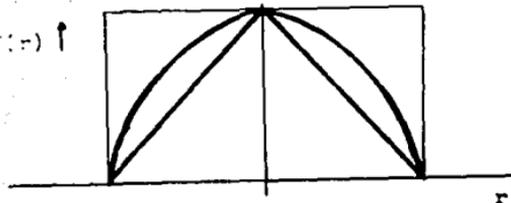
Se utiliza el principio de reflexión total para conducir un rayo luminoso en virtud de tener estos conductores un núcleo fabricado con un vidrio de cuarzo con un índice de refracción n_1 y envolviéndolo un recubrimiento fabricado con vidrio de cuarzo con un índice de refracción n_2 donde



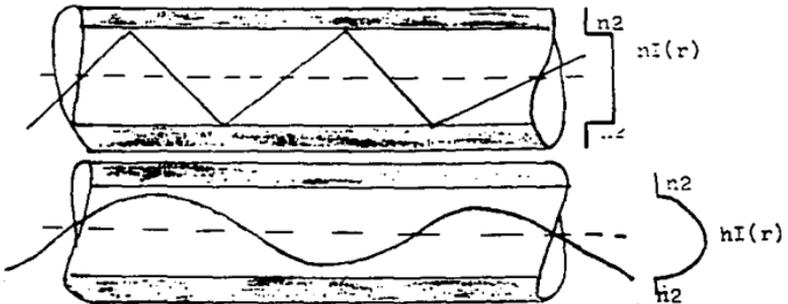
Este índice de refracción puede ser ajustado por medio del dopado o contaminación del vidrio de cuarzo en el momento de la fabricación.

Las ondas luminosas permitidas susceptibles de propagarse en un conductor de fibra óptica se denominan modos.

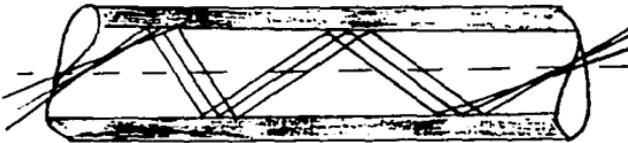
Si en un conductor de fibra óptica se considera el índice de refracción (n) en función del radio del conductor (r), esta relación determina lo que se llama perfil del conductor de fibra óptica; con éste se describe la variación radial del índice de refracción del conductor, desde el eje del núcleo hasta la periferia del recubrimiento.



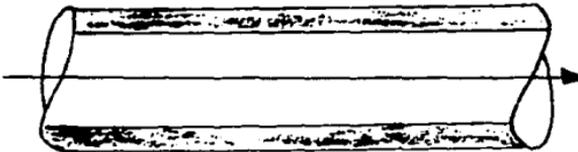
La propagación de los modos en el conductor de fibra óptica depende de la forma de éste perfil de índices de refracción



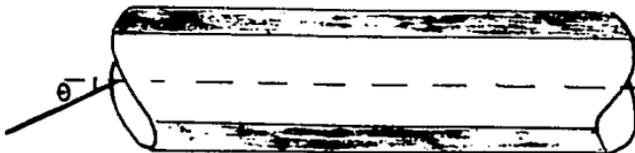
Un conductor de fibra óptica con varios modos se denomina multimodo



Se denomina conductor de fibra óptica monomodo a un conductor donde sólo se propaga un modo



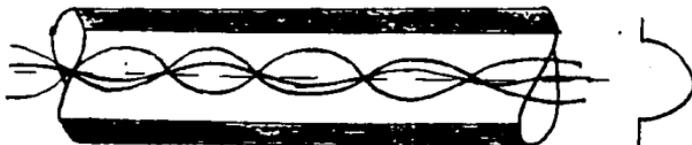
En el extremo de un conductor, cada uno de los modos es excitado con un ángulo de acoplamiento diferente y conducido en cada uno de los modos del conductor con otra trayectoria óptica, cada modo recorre camino diferente y llega al otro extremo del conductor en diferentes tiempos.



θ ángulo de
acoplamiento

42

Para disminuir la diferencia de tiempos de llegada de las ondas luminosas se utiliza un perfil gradual, éste describe trayectorias helicoidales a lo largo del eje; las ondas luminosas desarrollan mayor velocidad.



Para realizar una transmisión eficiente de información por medio de fibra óptica se utilizan cables de gran longitud para evitar los empalmes (tramos de aprox. 2000m de longitud); también debe tomarse en cuenta la fuerza de tracción de los cables, la compresión, las curvas y codos y la fuerza de fricción ya que todos éstos factores aumentan la atenuación en la transmisión.

Las ventajas que ofrece la transmisión de datos por fibra óptica, son las siguientes:

- tiene un pequeño tamaño y poco peso, lo que favorece las instalaciones submarinas.
- son muy seguras, aún en ambientes explosivos
- muy resistentes a cambios de temperatura y humedad, por lo que se recomiendan para cables submarinos.
- se requieren menor número de repetidores que en los sistemas convencionales (menos de 10km no requiere repetidor).
- el costo de instalación y envío es menor
- el mantenimiento es muy reducido, debido a su gran resistencia.

no es susceptible de producir descargas eléctricas en caso de ruptura del cable

muy bajas pérdidas de transmisión

soporta grandes tensiones y tiene mucha flexibilidad inmune a la corrosión.

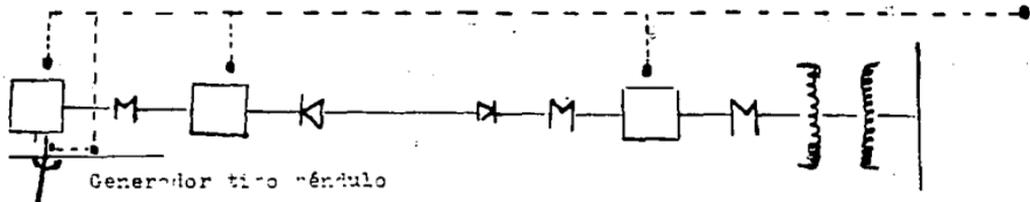
Algunas de las desventajas son que como la tecnología que utiliza fibra óptica es muy nueva, la aceptación puede ser difícil y puede resultar caro en un principio si no se explotan todas sus ventajas.

Otra de las desventajas es que se requiere manufactura de alta precisión para su fabricación; además no puede transmitir señales en C.D..

La introducción de sistemas electrónicos digitales en los equipos de control implica tener que tomar muchas precauciones, para evitar que éstos equipos se vean afectados por las perturbaciones del sistema de transmisión.

La transmisión de señales con sistemas lógico (5 ó 12v) no es recomendable de hacerse en cables de cobre, porque se tienen grandes pérdidas por efecto superficial y la velocidad de la luz se reduce; por esta razón se plantea la posibilidad de utilizar fibra óptica como una solución económica y eficiente.

A continuación se presenta un diagrama que muestra en forma esquemática el control de los diversos factores que intervienen en el proceso.



donde: ---- fibra óptica
■ transductores ópticos

los transductores electro-ópticos y viceversa, funcionan de la siguiente manera:

Los semiconductores poseen dos bandas de energía para los electrones, la banda de valencia y la de conducción, separadas por una pequeña distancia.

Cuando un fotón incide sobre el semiconductor, cede su energía a un electrón en la banda de valencia y éste incrementa su energía y pasa a la banda de conducción, dejando en la banda de valencia un espacio vacío; si el fotón desaparece se trata de una absorción; si la banda de valencia se encuentra en equilibrio y un electrón trata de regresar de la banda de conducción el semiconductor puede irradiar un fotón y se llevara a cabo una recombinación irradiante y se tendrá una emisión estimulada cuando fotones existentes en el semiconductor excitan a los portadores de carga, para obtener una recombinación irradiante.

Estos tres fenómenos son aprovechados para hacer funcionar los transductores.

CONCLUSIONES

Se tiene una comunidad de 5000 habitantes en la costa de Oaxaca, este tipo de comunidades que se encuentran alejadas del sistema nacional de distribución, no son tomadas en cuenta por la Comisión Federal de Electricidad ya que resultaría muy costoso y difícil proveer la energía necesaria y por consecuencia no cuentan con energía eléctrica.

Las necesidades de energía eléctrica de esta comunidad costera, pueden considerarse de la siguiente manera:

5000 habitantes
5 personas por familia

$\frac{5000}{5} = 1000$ casas

con 1.5 kw casa (promedio)

con un factor de utilización de 0.4
y un factor de carga de 0.5

entonces:
el total real 1.5 kw casa $0.4 \times 0.5 = 0.3(1000 \text{ casas})$

= 300kw

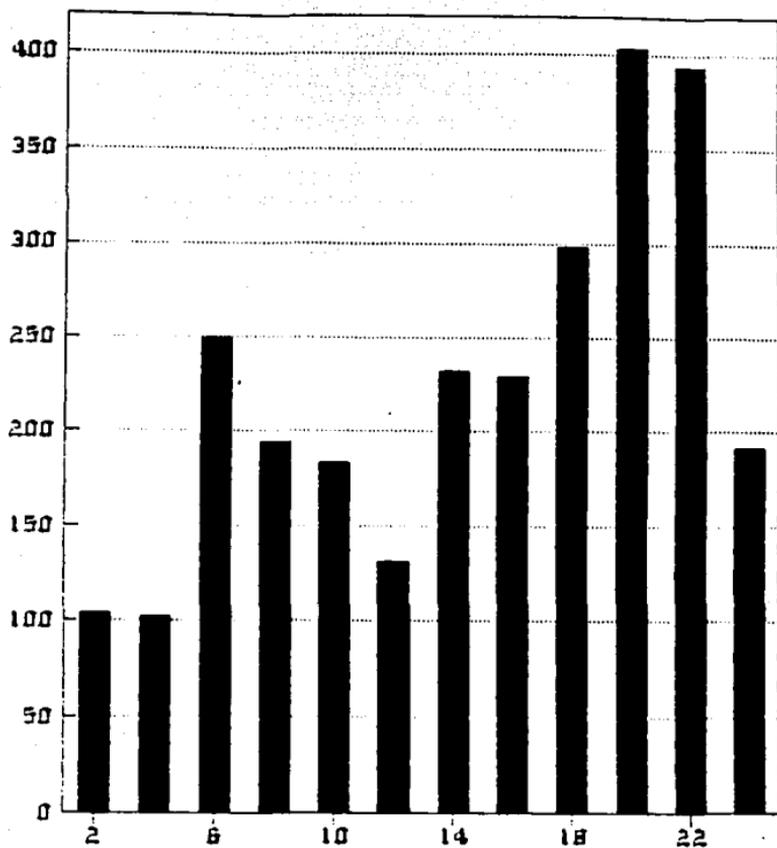
para el alumbrado público se tienen 160 lámparas (total), con 400 watt cada una, da como resultado 64 Kw

considerando que se tienen los siguientes consumos de energía tenemos:

casas	300kw
mercado	15kw
hospital	20kw
rástro	10kw
cine	15kw
tortillerías	10kw
escuelas	1Kw
imprevistos	10Kw
alumbrado	64kw

tabla de consumos máximos

horas	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
casas	20	20	150	150	100	50	200	200	200	300	300	100
escuela	1	1	1	4	3	1	1	1	3	3	4	1
mercado	2	2	4	10	2	2	2	2	4	4	2	2
hospital	8	6	7	9	7	7	8	7	7	12	12	12
rastros	2	2	10	5	5	5	5	5	10	10	2	2
cine	1	1	1	-	-	-	-	4	4	4	4	4
tortiller	-	-	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-
imprevis	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
A.P.	60	60	60	-	-	-	-	-	60	60	60	60
total	104	102	249	194	183	131	232	229	298	403	394	191

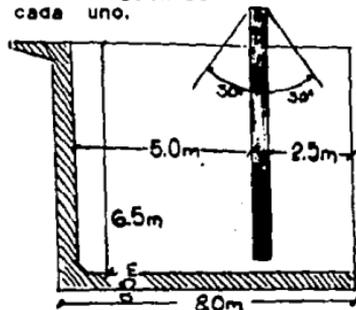


curva de demanda

Con esta curva se obtiene el valor máximo que sería 403kw más un 10% de factor de seguridad, por lo tanto se tendría 443 kw.

4A

Con el propósito de ejemplificar todo lo expuesto en este trabajo, nos permitimos proponer un proyecto de abasto de energía eléctrica utilizando un dispositivo tipo péndulo para la producción de energía eléctrica con dos generadores para llenar los requisitos de energía será necesario usar dos dispositivos con las siguientes dimensiones, que producirán 277 kw cada uno.



Estas dimensiones son las ideales para obtener un máximo de energía y fueron obtenidas de los experimentos realizados con el dispositivo tipo péndulo.

Para la transmisión de esta energía eléctrica será necesaria una estación rectificadora en el extremo generador C.A-C.D. y una estación convertidora C.D-C.A.en el extremo receptor.

Para el dispositivo tipo péndulo y la transmisión en C.D. se tendrá un control remoto que utilizará fibra óptica para la transmisión de datos.

Los factores a controlar, serán los siguientes:

- ángulo del péndulo
- presión del motor y generador
- RPM del generador
- volts
- amperes
- interruptores en el sistema de transmisión
- transformador
- protecciones

Todos estos factores, serán controlados desde un tablero de control instalado en la casa de máquinas que se localiza

en la costa.

49

La transmisión de datos se realizará por medio de fibra óptica por lo que será necesario instalar un transductor electro-óptico después de la toma de datos y otro transductor antes del tablero de control ya que éste utilizará alambre de cobre.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CONCLUSIONES

50

El presente trabajo se enfoca principalmente a la producción de energía eléctrica por medio de la energía contenida en las olas y como complemento para tener un sistema eléctrico completo se plantea la posibilidad de utilización de un sistema de transmisión en C.D. y un control del proceso por medio de fibra óptica.

Los tres planteamientos proponen técnicas novedosas con las ventajas y desventajas que ésto implica.

La primera parte, la producción de energía eléctrica utilizando la energía de las olas presenta grandes ventajas como son que no produce contaminación, factor sumamente importante en la época actual.

La utilización de éste tipo de dispositivos disminuye los problemas de satisfacer la demanda de energía eléctrica a comunidades que están alejadas del sistema de distribución nacional o que son de difícil acceso.

Así, además contribuye a enlazar las pequeñas comunidades, sobre todo costeras de la República Mexicana. Esto se facilitaría más con la utilización de un sistema de transmisión en C.D., lo que además presenta las ventajas antes mencionadas, facilita principalmente la interconexión con el sistema nacional de distribución sin tener problemas de frecuencia lo que reduce mucho los costos.

Un control por fibra óptica tiene grandes ventajas, además de las intrínsecas de la fibra; como son una gran eficiencia en la transmisión de datos, lo que hace que el control sea más eficiente; se tiene una mayor capacidad de transmisión de datos y una mayor velocidad, lo que influye directamente en los costos.

La combinación de éstos tres proyectos dan como resultado un sistema de producción de energía eléctrica sumamente novedoso y eficiente, el cual abre un nuevo campo con amplias posibilidades.

Como todo proyecto, existen detalles a corregir, así como la problemática de convencer a la gente de la eficiencia del mismo, ya que como se trata de un laboratorio de experimentación no se cuenta con pruebas reales que apoyen su venta, sino que ésta es a base de ideas y prototipos que nos llevan a modificar o crear nuevas tecnologías o aprovechar al máximo las ya existentes.

México tiene además de muchos litorales de posible utilización, la tecnología para realizar este tipo de proyectos, así como el personal técnico capacitado para llevarlos a cabo.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

52

Water for energy
3rd international symposium on wave, tidal, OTEC, and
small scale hydro energy
Brighton, England
may 1986

Presenta un panorama muy completo de los dispositivos y experimentos que se han realizado en los diversos países para el aprovechamiento de la energía de las olas para la producción de energía eléctrica

Energy from the waves
The first-ever book on a revolution in technology
David Ross
Pergamon press

Nos da un panorama de como surgió la idea de aprovechar la energía de las olas, así como una explicación, llena de anécdotas, de los dispositivos más antiguos utilizados con éste fin

Ondas oceánicas
Komar, Paul D.
Presenta un extenso estudio de las teorías más importantes para la descripción y comportamiento de olas y mareas

Tesis profesional
Ruiz Mijares, Jose Luis
1965
Las nuevas fuentes de energía y posibilidades de su utilización en México.
Describe las diferentes fuentes alternativas de energía y su posible aplicación en México.

Tesis profesional
Centro de actualización profesional
Ingeniería civil 1985
IPN
M en C Miguel Angel Vergara Sanchez
mayo-junio 1985
Nos da una idea completa del funcionamiento de algunos de los dispositivos que utilizan para la producción de electricidad por medio de la energía de las olas contenida en las aguas del mar, ya sea por diferencia de temperaturas o aprovechando el movimiento de las olas.

Revista de información científica y tecnológica
octubre 1984

Vol 6 num 97

Artículo: La fuerza de los mares

Plantea la posibilidad de utilización de fuentes alternativas para la producción de electricidad, así como la posibilidad que tiene cada una de estas fuentes alternativas.

Tesis profesional

Consideraciones previas fundamentales al proyecto
portuario

José Fernando Ocampo C.

1986

Presenta un estudio muy completo de las causas y comportamientos de las mareas, así como un estudio de olas.

Revista muy interesante

Artículo: Kilovatios a mares

Nos da un esquema breve de los dispositivos y experimentos que se están llevando a cabo, en diversos países, para el aprovechamiento de la energía de las olas.

Revista muy interesante

Diciembre 1987

año 4 num 12

Artículo: Corriente del Golfo, la estufa de Europa

Ondulaciones, Mareas

Bagnold, Ralph Alger

1896

Da un panorama de las teorías para describir las causas y comportamiento de las olas y las mareas.

Ondas

Ippen, Arthur T.

Explica claramente las teorías de las olas, así como sus causas y comportamientos.

Plantea las primeras teorías para la explicación de las mareas.

Las olas

Woolf, Virginia

Francia

Da un estudio de las olas, así como sus causas, efectos y comportamientos.

Olas provocadas por el viento

Kinsman, Blair

Plantea un estudio muy amplio sobre la teoría de las olas.

Exploración de los océanos

Introducción a la oceanografía

John G. Weinaupt

Ed. CECSA

Nos plantea un estudio simple y ameno de la teoría básica de las olas