



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PRIMERAS SUPOSICIONES PARA FOTOCONDENSACION
EN PARALELO POR REFLEXION COMPENSADA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :
RAUL DIAZ GUERRERO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

I N D I C E

| | |
|--|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| Motivo principal de este trabajo | 6 |
| CAPITULO I.- LA ENERGIA SOLAR EN MEXICO | 7 |
| GENERALIDADES | |
| Aprovechamiento del calor | 7 |
| Transformación directa a energía eléctrica | 11 |
| Calefacción doméstica en Alemania | 12 |
| EL CASO DE MEXICO | 13 |
| CAPITULO II.- PROYECCION FOCAL | 16 |
| CONCENTRACION SOLAR | 16 |
| COLECTORES | 17 |
| PROYECCION DEL FOCO PARABOLICO | 17 |
| Foco por fuera del sistema | 18 |
| Foco al infinito teórico | 20 |
| CONCEPCION FISICO-MATEMATICA | 24 |
| PRINCIPIOS TEORICOS | 24 |
| CONCEPCION FISICA | 25 |
| Leyes de reflexión | 25 |

| | |
|--|----|
| CONCEPCION MATEMATICA | 27 |
| Angulos de compensación | 27 |
| La parábola | 32 |
| Parábolas con el mismo foco en común | 36 |
| Longitud de la curva parabólica | 36 |
| | |
| CAPITULO IV.- VERIFICACION EXPERIMENTAL DEL COMPOR TAMIENTO TEORICO SUPUESTO A LOS RAYOS LUMINOSOS -- EN EL SISTEMA. | 41 |
| IDEA DE UN CORTE SECCIONAL | 41 |
| CONSTRUCCION DE UN MODELO FISICO | 42 |
| Materiales | 42 |
| Datos numéricos | 42 |
| Resultado | 43 |
| MATERIALES REFLECTORES | 45 |
| Propiedades | 45 |
| | |
| CAPITULO V.- ALTERACION FOTOQUIMICA POR MEDIO DEL HAZ SOLAR CONCENTRADO | 49 |
| CONCEPTO DE FOTOQUIMICA | 49 |
| REACCIONES NATURALES | 50 |
| Fotosíntesis | 51 |
| Fotólisis del ozono | 52 |
| Proceso visual | 53 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| REACCIONES ARTIFICIALES | 54 |
| Proceso fotográfico | 54 |
| Fotólisis del amoníaco | 56 |
| INFLUENCIA DEL HAZ SOLAR CONCENTRADO | 56 |
| | |
| CONCLUSION | 58 |
| BIBLIOGRAFIA. | 62 |

INTRODUCCION

Desde los primeros y lejanos días, el hombre sobre la Tierra ha venido soportando y aprovechando los fenómenos naturales que le rodean, siendo algunos de estos portadores de un incalculable valor energético.

Al igual que los animales y las plantas, el hombre siempre ha aprovechado directa e indirectamente los beneficios del sol, aire, corrientes marinas, lluvias, etc., de cuyas manifestaciones a voluntad de la naturaleza hemos dependido y dependemos aún.

Debido a nuestra imaginación, estas grandes manifestaciones de energía ya sean de efectos benéficos o destructivos fueron achacados a la ira y voluntad de dioses, así por mucho tiempo como puede leerse en las páginas históricas escritas por la humanidad, en que cada fenómeno era asignado a una deidad mitológica en particular.

La extensa lucha que lleva el hombre por el progreso desde la época prehistórica le ha obligado a superar el consumo energético proporcionado por los músculos propios y de los animales domésticos, debido a que la demanda de energía o fuerza de trabajo es cada vez mayor y los sistemas de operación también más complicados. Para esto se ha tenido la necesidad de obtener mayor cantidad de energía por méto-

dos artificiales que son los que hoy preocupan al ingeniero, y que desde la antigüedad han venido mostrando poco a poco las diversas etapas de su evolución que distinguen al hombre por sobre el estancamiento eterno que sufren los animales.

El abuso legal e ilegal de los principales yacimientos energéticos como lo son; el carbón, petróleo, hulla, uranio, etc., ha provocado un descontento muy grande con respecto a la falta de medidas de seguridad e higiene que son necesarios para preservar el buen estado de nuestros recursos naturales y sus ciclos periódicos, también la salud de las comunidades contemporáneas.

Una de las primeras cuestiones a considerar, sería establecer que el hombre no debería agotar incesantemente las riquezas energéticas agotables (no renovables) que yacen en el subsuelo antes de saber aprovechar las superficiales e inagotables que con generosidad y sencillez nos ofrece la naturaleza.

Es decir se sabe por lo genetal que la energía global de una fuerte tormenta por ejemplo es superior a la energía que se genera al denotar una bomba atómica.

Los huracanes son mucho más violentos que los ciclones y alcanzan velocidades que exceden los 250 km/h, con rá

dios de 650 km. La descarga producida por un relámpago sobre un pararrayos, llega a ser de 30 millones de voltios o más que son dispersados de golpe sobre la tierra desperdiándose, sin que aún puedan ser retenidos o aprovechados por los artificios humanos. (16)

En base a esta noción, se ha pensado en una nueva y vigorosa esperanza de revolución energética en base más al pensamiento y lo sencillo que a un mero gasto excesivo de material fósil combustible como único recurso.

En acuerdo a la teoría de "La Place" considerada por algunos como de alto valor científico, se deduce que toda la energía que yace o circunda la tierra proviene del sol, padre de la tierra y de todos los planetas, así que todos los diferentes tipos de energéticos, irradiantes o inactivos que yacen en la tierra son "residuos solares".

Además de iluminar la tierra, la energía solar nos abastece de alimentos por medio del fenómeno llamado "fotosíntesis" que trata del proceso realizado por las plantas para transformar el agua y el anhídrido carbónico en azúcares, además de que algunas radiaciones ultravioleta son absorbidas por la piel de los animales contribuyendo a la formación de complejos vitamínicos. (5)

Así vemos que tanto el hombre como los animales - -

siempre han aprovechado la energía solar directa e indirectamente, ya sea por absorción bajo el efecto de sus rayos o por consumo de vegetales y animales, de esta manera el hombre al poder hacerlo artificialmente se convierte en el único ser viviente que sale del antojo de la naturaleza, para realizar su progreso gracias a su propia imaginación, inventiva o iniciativa creadora.

El sol era considerado en las más antiguas civilizaciones como la mayor de las deidades, acertándose en él, la fuente de vida y movimiento.

"Tus rayos abrazan las tierras
y todo lo que haz creado en ellas".
Cantaban los egipcios.

Todos estos procesos se han verificado en forma natural, y pese a los esfuerzos de algunos antiguos, sólo en los últimos años se han realizado intentos serios para aprovechar esta energía en base a las necesidades actuales, con intervención de la mano del hombre. Su aprovechamiento artificial se ha desarrollado en dos métodos principales; utilizando directamente el calor o transformándole directamente en energía eléctrica.

No se sabe con certeza aún hasta que grado los colectores solares habrán sido aprovechados por los antiguos,

podemos ver que en la ceremonia de iniciación del fuego - olímpico que tiene lugar en Grecia cada cuatro años, una mujer vestida como sacerdotista de la antigua Hélade emplea - uno de estos colectores reflejantes para encender la antorcha sagrada que llevará el fuego de origen solar con destino al país, sede de la Olimpiada. Se cuenta que el geómetra Arquímedes incendió la flota romana frente a Siracusa - con el espejo "ustorio", y en fin, numerosas leyendas nos - hablan de ciertas habilidades que poseían los antiguos para capturar los rayos del sol.

La necesidad imperante de nuestra época nos obliga a reconsiderar algunas de estas técnicas olvidadas de la antigüedad con el fin de otorgarles un enfoque moderno, redescubrirlas nuevamente para complementar en lo mejor posible - nuestras disponibilidades técnicas, al servicio humano y de desarrollo tecnológico.

MOTIVO PRINCIPAL DE ESTE TRABAJO.

Se sabe con certeza que la radiación luminosa emitida por el sol va perdiendo su concentración y poder energético a medida que viaja por el Espacio, alejándose cada vez más de su fuente natural de emisión, estos rayos se dispersan o atenuan en la lejanía siendo cada vez de una menor intensidad luminosa.

Por consiguiente podemos deducir que los rayos solares que llegan a las capas atmosféricas exteriores de nuestro planeta son ya de una mayor tenuidad que los originalmente emitidos, y más aún en los que logran incidir en la corteza terrestre los que al fin alcanzan nuestra piel, su potencialidad y concentración ya se encuentra muy averiada y reducida.

En base a esto la humanidad a través de la historia ha encontrado la curiosa manera de concentrar esta radiación lumínica en un solo punto candente bajo el empleo de una lente o un espejo cóncavo, obteniéndose así una concentración ya no perteneciente a la que la Naturaleza dispuso para nosotros, sino una concentración perteneciente a un punto en el Espacio más lejano a nuestro planeta y cercano al Sol, pero aún, cuan rara es la idea de obtener esta concentración en forma de un haz, es decir: ¿qué ventajas obtendríamos por medio de los actuales Sistemas de Energía Solar, si en lugar de obtener un punto solar concentrado únicamente pudiésemos disponer de un haz solar como los que aún no llegan a nuestra superficie terrestre?

El motivo principal de este trabajo es precisamente ese. Consta en otorgar ciertas suposiciones teórico-prácticas para reconcentrar en lo mejor posible el haz solar disponible, es decir; disminuir más su diámetro conservando la misma radiación que va en él, en base teórica a las le-

yes de reflexión de espejos curvos, cóncavos o convexos, se gún se presente el caso.

En base a ciertas narraciones no sabemos en realidad hasta que grado lo hayan logrado los antiguos, o si alguna vez intentaron hacerlo, pero nuestras necesidades actuales de aprovechamiento energético y progreso técnico, como en algunos casos, bien podrían considerarse estos mismos principios para una mejor adaptación a los diversos sistemas modernos.

CAPITULO I

LA ENERGIA SOLAR EN MEXICO

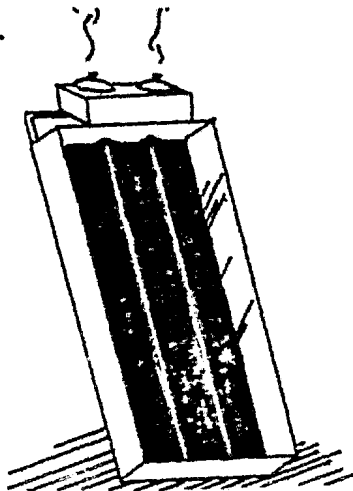
GENERALIDADES

Aprovechamiento del calor.

Para aprovechar artificialmente el calor de los rayos solares es preciso recogerlos en alguna forma y uno de los métodos para conseguirlo es emplear colectores de placa plana, que consisten en una caja poco profunda que tiene -- por fondo una lámina ennegrecida y cerrada por una etapa de vidrio. Aquí el aire al ser calentado circula entre las dos superficies (lámina y tapa), de esta manera la de vidrio ha ce el papel de tejado de un invernadero, permitiendo la en- trada del calor al mismo tiempo que impidiendo su salida al exterior. De esta manera el aire calentado servirá en la ca- lefacción indicada.

Existen otros colectores de este tipo en que fluye- agua a través de tuberías ennegrecidas, en las que se ca- - lienta y se conduce a depósitos para almacenarla. El calor- solar así recogido se puede emplear para suministrar ener- - gía a una heladera o acondicionar el aire en una habita- - ción en el verano.

Para alcanzar temperaturas más altas se emplearán reflectores - de tipo cóncavo-parabólicos, los que concentran todos los rayos incidentes del Sol en un punto llamado foco. A estos artefactos se les denomina también "hornos solares".



1-A).- Estufa solar de vapor: Tuberías de aguas fijadas a la placa negra. Al contacto con el Sol, el agua en las tuberías se calienta hasta el punto de ebullición. Sube y se condensa bajo las cacerolas en contacto con ellas.

El tiempo de cocinado tarda un 30% más que con combustibles tradicionales.



1-b).- Asador solar de enfoque: La pieza a cocinar debe ir colocada en el espacio geométrico del foco del reflector para recibir el monto de radiación directamente.

FIGURA 1

Estos hornos suelen llegar a producir temperaturas superiores a los cinco mil grados centígrados, pueden soldar metales y cortar grandes espesores de planchas metálicas en pocos segundos.

Por vía térmica tenemos a los:

a).- Colectores solares; planos y de enfoque; los primeros son fijos y aprovechan la radiación solar directa, y difusa. Los segundos se valen de una superficie reflejante y una lente para concentrar la radiación en un área menor de absorción.

b).- Calentadores solares; Un calentador solar de agua consiste básicamente de un colector plano conectado a un tanque de almacenamiento de agua.

c).- Destiladores solares; Es un recipiente cubierto de vidrio o plástico en declive y canales en su extremo interior. El fondo del recipiente pintado de negro actúa como colector solar del agua que al evaporarse se condensa -- en la cubierta y se recoge en el canal.

d).- Secadores solares; El secador solar de productos agrícolas y pesqueros actualmente existe en muchas zonas rurales de México. La técnica consiste en exponer al -- sol capas delgadas de los productos, los cuales son removidos para que la radiación de los productos, ataque toda la

superficie, siendo removidos continuamente.

e).- Refrigeradores solares; Constan de dos recipientes interconectados. El primero contiene una mezcla de amoníaco y agua; se calienta con energía solar y deja escapar el amoníaco que condensa en el segundo recipiente sumergido en agua.

Transformación directa a energía eléctrica.

Una manera de transformar la luz solar en energía eléctrica directamente, es decir sin pasar por otro tipo de energía es bajo el empleo de las "celdas solares" o también las llamadas "células fotovoltaicas" cuya realización ha sido uno de los principales sueños de científicos entusiastas.

(25)

Las celdas solares cuya aplicación a las viviendas domésticas ha atraído a gran parte de los investigadores, están formadas principalmente por una fina placa de polí-cristalino entre las cuales radica el silicón. Su naturaleza está explicada por la teoría de los semiconductores. En 1950, los semiconductores vinieron a reemplazar el incómodo "tubo de vacío" que era base para explicar el "efecto fotoeléctrico" (cuya explicación recuerda aún el premio Nobel a el físico Einstein en el año de 1921). La idea de que "la luz consiste en discretas unidades de energía llamadas-

fotones y que cuando uno de ellos es absorbido por un electrón, esta energía se convierte en la energía cinética del electrón", revolucionando así la física, y se convirtió en la base teórica de los semiconductores. (25)

El ejemplo más conocido de este tipo de células es la célula de selenio empleada por los fotómeros utilizados en fotografía. La primera célula solar se construyó de silicio recubierto por una firme capa de boro. Se notó que al exponer al sol este conjunto se crea una diferencia de potencial susceptible de ser aprovechada.

En la actualidad las células solares, resultan muy costosas y se precisan unas 100 unidades para obtener una luz eléctrica equivalente a la de una linterna de bolsillo. Con 50 mil células no se puede obtener más de un kilovatio de potencia eléctrica.

Calefacción doméstica en Alemania.

Aún así la idea del provecho buscado a este tipo de sistemas no corresponde únicamente al aspecto energético, sino también en lo económico. En la Ciudad de Landstuhl, en el estado federado de Renania-Palatinado, tuvo lugar recientemente una reunión de trabajo donde se acordó que la captación de los rayos solares para calentar viviendas podría -- ahorrar hasta el 60% de los costos actuales, dramáticamente

aumentados por los nuevos precios del petróleo. No obstante que en Alemania el sol brillar más bien por su ausencia, se ha decidido construir en ese país una población piloto de 60 casas cuyos futuros propietarios deberán manifestarse -- dispuestos a usar preferentemente el equipo solar. Pero en todo caso, en lo que a Alemania se refiere, no puede esperarse calefacción solar únicamente sino que deben ser instalaciones combinadas que involucren el uso de combustibles tradicionales.

EL CASO DE MEXICO.

En comparación con otros países, México posee un alto nivel de insolación que le permite desarrollar y aplicar al mismo tiempo esta forma de energía. Algunas regiones de la República Mexicana son más asoleadas que otras, lo que en este caso resulta idóneo si se trata de llevar a cabo la política de descentralización, apoyada por muchos investigadores de la UNAM y otras instituciones del Estado.

El sector científico, el industrial y el gobierno están concientes de la importancia que representa el Plan Nacional de Energía Solar para complementar el sistema energético del país, mismo que debe propiciar el desarrollo de la investigación básica e industrial a fin de evitar en lo posible la dependencia del extranjero, ya que algunos países incluso con bajas condiciones climatológicas ex--

portan equipos solares a países subdesarrollados. (3)

Entre las instituciones gubernamentales que han establecido convenios con algunos departamentos que avanzan en la dirección de implementar un sistema de energía mixta, acorde con las necesidades regionales tenemos al INFONAVIT, que marcha con la responsabilidad en la edificación de diversas viviendas solares en algunas regiones del país. (3)

El Instituto de Investigación en Materiales desarrolla tecnología para fabricación de colectores solares en calefacción y en calentamiento de agua (hidrotérmicos), para refrigeración industrial y aire acondicionado. Actualmente el Instituto de Ingeniería tiene instaladas cinco estaciones captadoras de radiación solar, ubicadas en; Celaya Gto., Tonanzintla, Pue., Huamantla, Tlax., Cuernavaca Mor., y Ciudad Universitaria, D.F. (1)

Ya desde hace varios años funciona en México una empresa que construye equipos solarimétricos. Existen varios equipos para medir la radiación solar, la más común es la duración de la insolación que realiza con heliógrafos. La radiación total se mide con piranómetros y a diferentes para medir la radiación en diversas zonas de espejo. El adoptado para evitar la radiación directa recibe el nombre de difusómetro y solo mide el componente difuso.

El registro de estos datos se logra a base de un -- microprocesador que los almacena en una cinta magnética, -- con un error no menor del 8% para la radiación solar me- - dia.(1)

En México la zona de mayor insolación se encuentra en el noroeste del país, y alcanza 8 kwh/m^2 en el verano. - La menor incidencia se registra en los estados de la ver- - tiende del Golfo; unos 3.5 Kwh/m^2 en los meses menos solea- dos de invierno, lo cual indica que en promedio, México re- cibe más del doble de radiación solar que los E.U.A.(13)

CAPITULO II

PROYECCION FOCAL

CONCENTRACION SOLAR:

El ejemplo más sencillo que se puede dar para ilustrar este tema de concentración solar, es el de la simple aplicación del foco luminoso producido por una lupa común sobre una superficie, experiencia que creo todos hemos de recordar de alguno de nuestros días en que estábamos llenos de curiosidad observando las propiedades ópticas de una lente ordinaria, de la cual aprendimos el fenómeno de que gran parte de los rayos solares supuestamente paralelos que al cruzar la lente, convergen hacia un punto llamado foco, produciéndose así el punto más energético del sistema.

De igual manera aunque bajo otras condiciones físicas los espejos parabólicos también poseen la particularidad de concentrar la radiación reflejada en un solo punto también fijo, llamado foco de la parábola o del paraboloides según de que se trate. Este tipo de concentradores aventajan a la lupa en el sentido práctico de que carecen del volumen y masa de una lente, es decir; que en el paraboloides sólo basta una superficie reflectora geométricamente adecuada para obtener el foco, además de que esto les da la particularidad de poder construirse de mayor tamaño aumentando -

así su capacidad de captación energética y por consecuencia la potencia focal.

COLECTORES:

Debido a que la tecnología moderna ha empleado el término de "colector plano" para los dispositivos fijos de placas negras, a los de superficie reflejante se les llama "colectores de enfoque" y que no resultan estar fijos, sino que a pesar de los diversos diseños y de sus variadas formas, generalmente requieren de un mecanismo para seguir el movimiento del sol, puesto que sólo pueden aprovechar la radiación directa. (24)

Mientras que un colector de tipo "plano" puede brindar al sistema temperaturas superiores a los 100°C; un colector de "enfoque" logra concentrar (según datos) hasta 50 veces la energía incidental, logrando temperaturas que van desde los 350°C a 2 000°C, o más según otros autores.

Las aplicaciones directas de estos colectores como fuente de energía térmica se encuentran especialmente en sistemas como: calentadores de agua y destiladores, secadores, refrigeradores, sistemas de climatización de viviendas y estufas solares.

PROYECCION DEL FOCO PARABOLICO

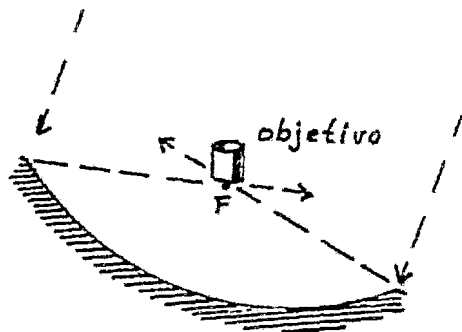
La idea de proyectar el foco hacia el objetivo sin-

remover el colector o concentrador de su posición fija, hanidado ya en la mente de algunos investigadores. Es mucho más ventajoso lograr enviar el foco luminoso o concentrado-energético directamente hacia el lugar de aplicación, que transportar el colector o bién el objetivo para colocarlo en el foco, ya que de una u otra forma habrfa problemas de transporte, soporte de peso, obstrucción en la captación -- solar por efecto de sombra, dificultad para interconexiones, etc., (como lo muestra la fig. 2-A) aún esto y más, puede- solucionarse sencillamente mediante el envfo o la proyec-- ción del foco parabólico al lugar de su aplicación.

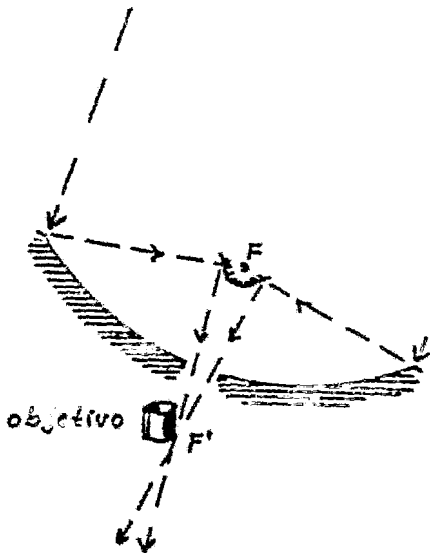
Foco por fuera del sistema.

Los diagramas de Cassegrain y sus espejos parabólicos hiperbólicos producen el foco por fuera del sistema: es decir, prácticamente consisten en la combinación o ajuste geométrico y físico de un espejo mayor paraboloide y otro auxiliar hiperboloide que dirige la energía hacia el objetivo. (9)

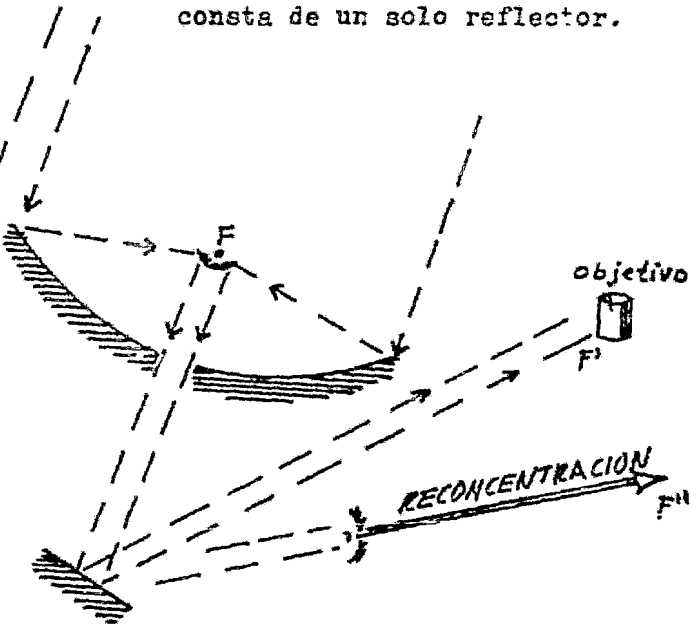
El foco del paraboloide coincide con el foco interior del hiperboloide produciendo un segundo foco exterior, denominado "foco del sistema". (ver figura 2-B). Quedando fijado a una determinada distancia del sistema. (6)



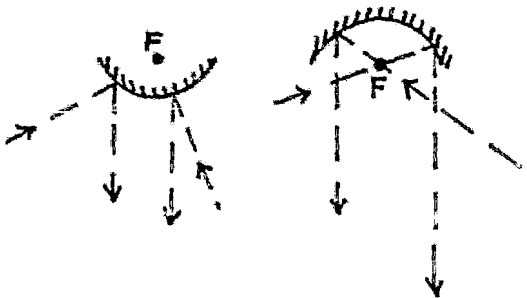
2-A).- Colector de erforces: Paraboloido simple que consta de un solo reflector.



2-B).- Modelo de Cassegrain (Parábola-hipérbola): Consta de dos reflectores. Foco fijo por debajo del sistema.



2-C).- Modelo propuesto (Parábola-parábola): Foco libre a distancia y dirección variables del sistema.



2-D).- Posiciones del Paraboloido proyector o auxiliar del Modelo Propuesto. Se observa en sus formas — cóncava y convexa.

FIGURA 2

Foco al infinito.

Una manera de facilitar aún más la aplicación del foco producido por el sistema, sería si en vez de que éste -- quedara fijado a una distancia determinada del sistema, pu-- diera liberarse indefinidamente a través de una trayectoria-- que estaría a disposición humana, es decir, lo que se podría llamar teóricamente "el disparo del foco al infinito".

Para lograr ésto es necesario diseñar un sistema es-- pecífico que viene a resultar parecido a los de Casegrain -- por la disposición de sus partes; es decir de los espejos -- curvos, además contaremos con la presencia de un tercer espe-- jo de tipo plano y que servirá para dirigir voluntariamente-- el haz producido, o foco solar disparado en movimiento li-- neal.

Las bases fundamentales de este diseño consisten ge-- neralmente en la disposición de dos reflectores paraboloi-- des ajustados física y geométricamente mediante la coinciden-- cia de los focos de ambos, es decir, que el foco del parabo-- loide mayor o "captador" debe coincidir con el foco del me-- nor o "paraboloide proyector" tal y como lo muestra la fi-- gura 2-C, en la cual podemos observar a simple vista las su-- posiciones básicas. La figura nos muestra un bosquejo simple-- de lo que podríamos llamar el corte seccional de este siste-- ma, vemos que la parábola mayor tanto como la menor contienen

el mismo foco (F) en común, lo que provocaría la realización del fenómeno si se pasaran por alto las pérdidas por difusión y la deficiencia paralela, los rayos solares que supuestamente paralelos inciden directamente sobre el primer reflector, debido a las particularidades físicas de la parábola, serán enviados en su totalidad al foco de ésta (en este caso de ambas) donde serán nuevamente reflejados por otra parábola más chica cóncava o convexa (fig. 2-d) que los enfocará en el nuevo haz resultante, recuperando cada rayo su dirección y paralelismo original, con la única diferencia de que ahora irán más juntos o bien más concentrados.

El haz así resultante será dirigido por un espejo plano (cuya potencia energética variará dependiendo de las condiciones originales en que se encuentre el sistema) e irá perdiendo fuerza al difundirse en el medio, de manera que resultará más eficaz a la salida únicamente y podrá aplicarse a diversas distancias, o distancia variable.

Una manera teórica de reducir aún más este haz a fin de aumentar su fuerza por unidad de superficie, lo muestra también la misma figura 2-C, sólo bastaría otro sistema semejante al inicial pero de tamaño reducido que lo reconcentraría o bien una lente biconvexa para concentrarlo en un punto.

La figura 3, nos muestra una visión de lo que esto podría resultar en el futuro. Un captador del tamaño aproxi-

PROYECTOR DE FOCO PARABOLICO

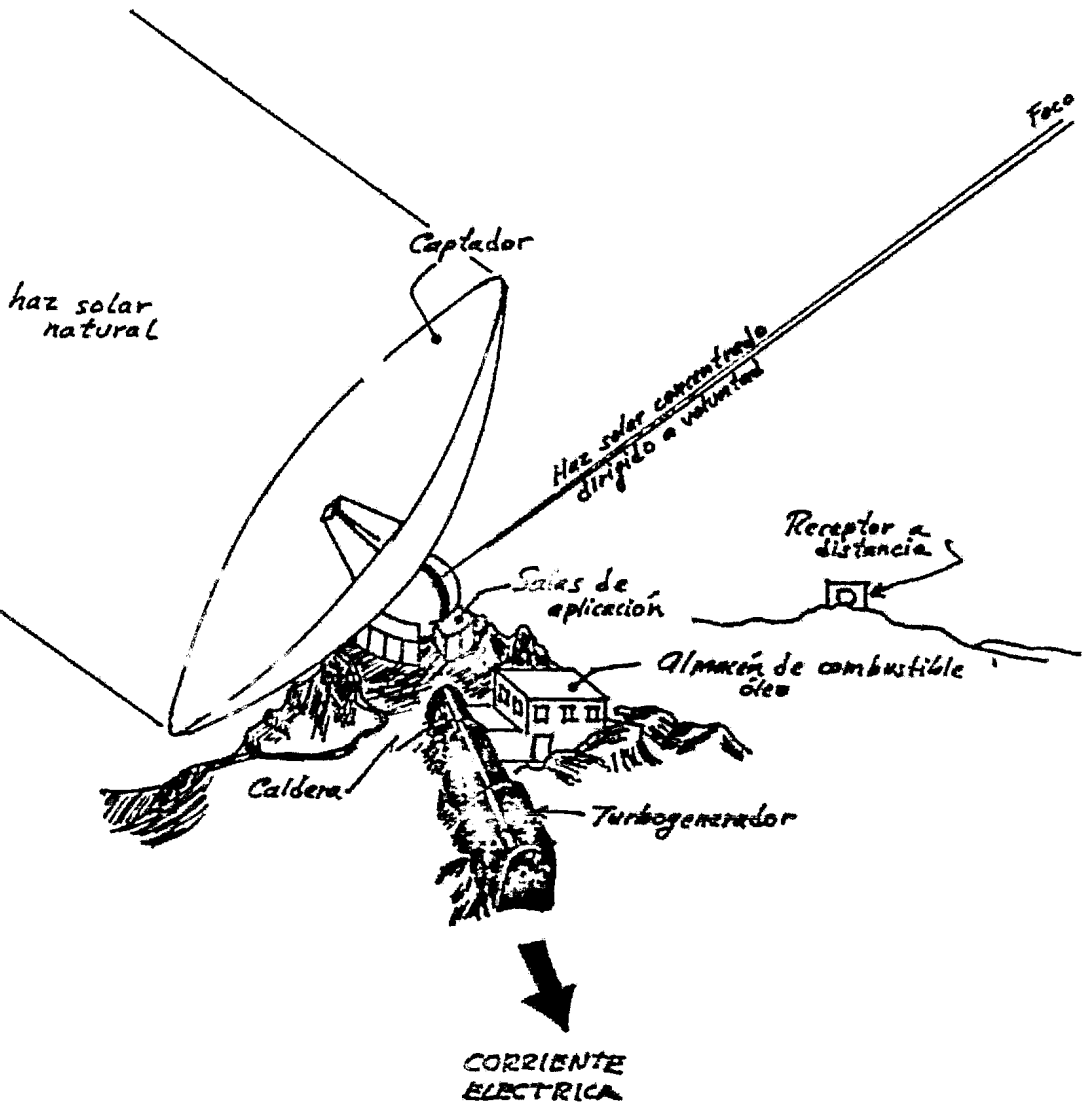


FIGURA 3.- Idealización de un diseño en el futuro de lo que serían las ventajas de un gigantesco Colector de Enfoque bajo el "modelo propuesto". Una estación termoelectrónica de combustible fijo o combinado, sentir el grado de insolación de la región. Condición indispensable para este Sistema es el mecanismo del Girasol, seguir al Sol con la cara perpendicular a sus rayos desde que nace en el horizonte, hasta que se oculta.

mado de una antena receptora de ondas o radar paraboloide - de superficie reflectora para captar energía solar; un recinto esférico y rotatorio bajo el captador con una abertura, en cuyo interior se reduce el haz y se libera a la atmósfera o bien a algunas salas de experimentación anexas o a lo mejor; a la sección de calentamiento solar de una caldera que alimenta un sistema termoeléctrico, o una instalación de dispersión lumínica de alguna profundidad o caverna oscura.

CAPITULO III

CONCEPCION FISICO MATEMATICA

PRINCIPIOS TEORICOS.

Los principios teóricos de este proyecto son fundamentales y comúnmente conocidos, excepto en la modificación que motiva la elaboración de este trabajo ya que ahora expondremos detalladamente.

Como se observa en la fig. 2-C, el sistema consiste de dos reflectores parabólicos, que son: el captador directo, "reflector cóncavo parabólico" y el proyector que produce el haz, "reflector convexo parabólico" cuya función es la siguiente.

Los rayos solares supuestamente de orden paralelos inciden sobre el primer reflector directamente de la atmósfera para ser enviados en su totalidad teórica al punto (F) llamado foco de la parábola. Solo que antes o después de reunirse en él serán interceptados por el segundo reflector parabólico que tiene el mismo foco (F) en común con el primero, a fin de enfilarlos a todos en una misma dirección, debido a que cada rayo encontrará en ambas curvas reflectoras la misma pendiente de reflexión.

A medida de ofrecer así una mayor eficiencia y economía, las curvas parabólicas de ambos reflectores deberán ir corta--

das por su lado recto, sobre todo si se trata de un auxiliar -
cóncavo o proyector.

CONCEPCION FISICA.

Leyes de Reflexión.

El principal concepto teórico que ahora conviene recordar es el referente a la conocida hipótesis, la cual expone que -- "el ángulo con el cual un rayo luminoso es reflejado por un espejo plano, será el mismo con el que incidiera él "o sea que - en la reflexión de un rayo luminoso por un espejo plano común, el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia: (23)

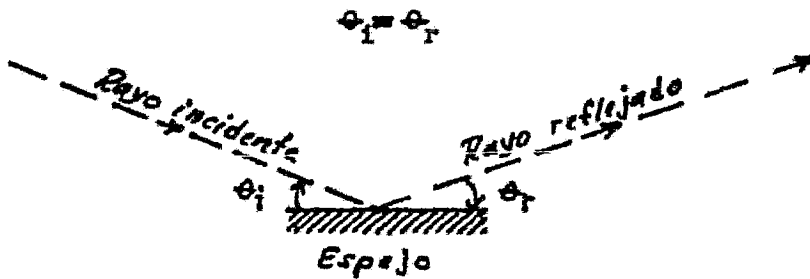
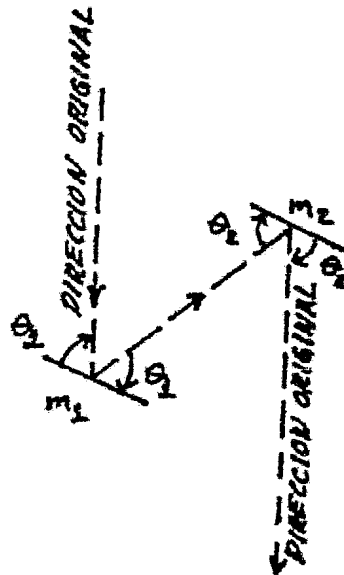


FIGURA 4

De esta manera será fácil suponer que si el rayo reflejado anteriormente, es nuevamente reflejado por otro espejo cuya pendiente de inclinación es similar a la del primero, este rayo recuperará ahora su dirección original.



Si $n_1 = n_2$, entonces

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

FIGURA 5

Es el mismo principio teórico, el mismo comportamiento -- que deberán seguir los rayos solares representados en la figura 2-C a fin de que se realice el fenómeno tal y como se ha su puesto.



Si $n_1 = n_2$

FIGURA 6

O sea que todos los rayos luminosos reflejados por el reflector cóncavo hacia el convexo, deben encontrar en él la misma pendiente-punto ($m_1 = m_2$) con la que fueran reflejados primeramente a fin de que todos recuperen su dirección original y viajen paralelos ahora con una mayor concentración y poder - - energético.

La única curva que puede producir este fenómeno de armonía física en ambos reflectores es "la parábola", ya que como es sabido tiene la particularidad de concentrar toda la radiación luminosa que incide sobre ella en un solo punto (si los rayos son paralelos y de dirección perpendicular al eje horizontal) específico llamado Foco de la parábola (F). Esto puede ser aprovechado para que otra parábola con el mismo foco común (F) que el anterior, ofrezca a los rayos reflejados la misma pendiente ($m_1 = m_2$) y así lograr nuestro objetivo.

CONCEPCIÓN MATEMÁTICA

Ángulos de compensación.

Para poder demostrar con precisión matemática la realidad de las ideas anteriormente expuestas, tomemos en consideración un ejemplo original como el expuesto en la figura 7.

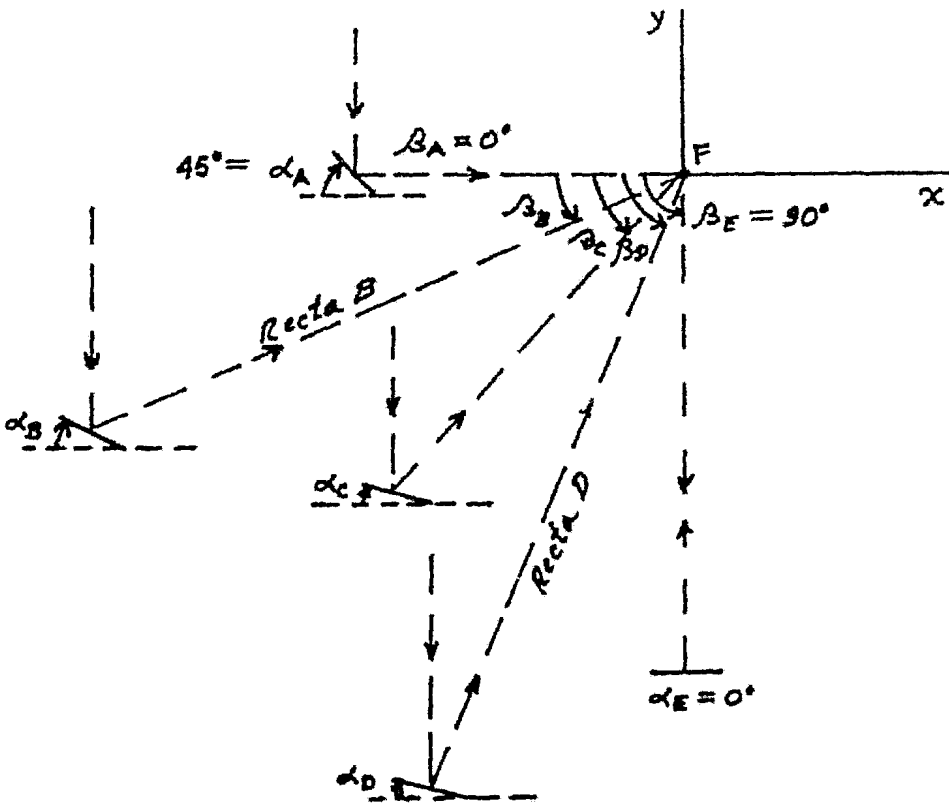


FIGURA 7

α_i = Inclinación del espejo plano.

β_i = Inclinación del rayo reflejado con respecto a la horizontal.

Y supongamos que tenemos un sistema formado a base de varios espejos planos de regular tamaño, y que queremos distribuirlos en el espacio de manera que toda su radiación reflejada incida sobre un solo punto llamado foco (F) como lo muestra la figura 7.

Cada espejo recibirá la luz directamente del sol, cuyos -

rayos son supuestamente paralelos entre sí a manera de enviarlos directamente al punto (F) específico por medio de la trayectoria mostrada por las rectas trazadas (recta_i) en la figura para cada espejo. Así habrá también un ángulo (β_i) para cada recta en especial indicando la inclinación que ésta lleva en relación con la horizontal como es de verse. El ángulo (α_i) es el ángulo de inclinación que deberá tener cada uno de los espejos planos referidos y que puede ir colocado en -- cualquier punto de su recta de reflexión (recta i) correspondiente, de manera que siempre envíe el rayo al punto deseado.

Despreciando teóricamente las pérdidas por difusión, nos interesaremos únicamente en las relaciones α - β que deben satisfacer el sistema a fin de tomarlas como base de nuestro estudio.

Es evidente que los valores en las condiciones extremas -- mostradas en la figura 7; son como sigue:

$$\alpha_A = 45^\circ$$

$$\beta_A = 0^\circ$$

$$\alpha_E = 0^\circ$$

$$\beta_E = 90^\circ$$

Ahora para determinar las condiciones intermedias, haremos un estudio geométrico a base de bisectrices.

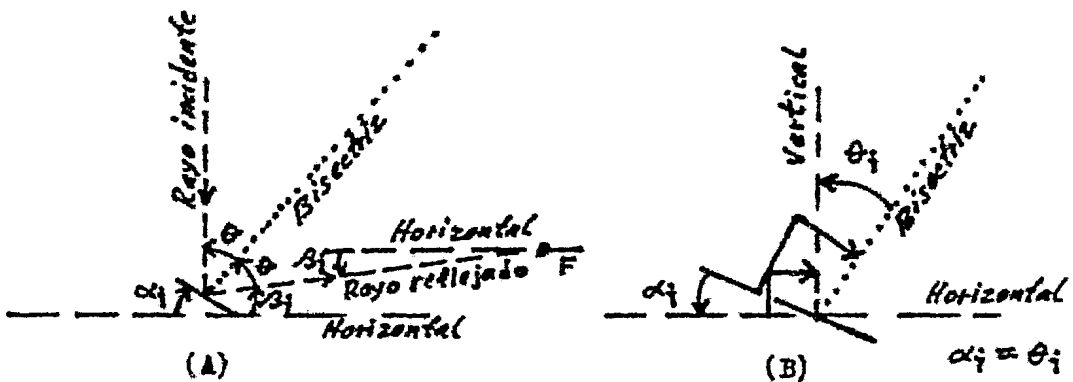


FIGURA 8

De la figura 8-A obtenemos que:

$$2\theta = 90^\circ - \beta$$

Tomando el criterio de este par de ángulos rectos, de la figura 8-B sabemos que:

$$\theta = \alpha$$

Entonces:

$$\alpha = \frac{90 - \beta}{2}$$

o sea:

$$\underline{\underline{\beta_r = 90^\circ - 2\alpha_i}} \quad \text{Para valores absolutos.}$$

demuestra que el comportamiento $\alpha - \beta$ es lineal, ya que la ecuación obtenida corresponde a la teoría de la "línea recta" de forma:

$y = mx + b$, donde:

$$y = \beta$$

$$x = \alpha$$

$$m = -2$$

$$b = 90^\circ$$

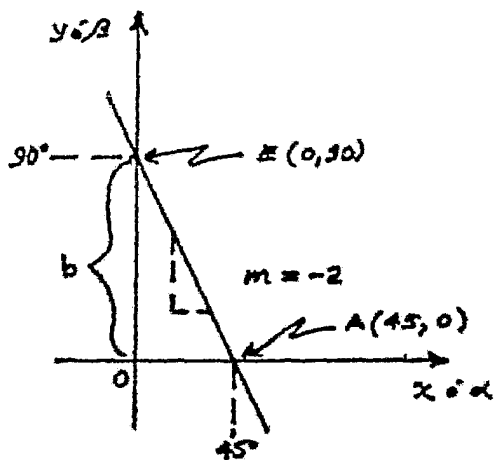


FIGURA 9

Así que tabulando la ecuación para cada una de las rectas escogidas.

| i | β_i | α_i |
|-----|------------------------|------------------------|
| A | 0° | 45° |
| B | $\frac{1}{4} 90^\circ$ | $\frac{3}{4} 45^\circ$ |
| C | $\frac{2}{4} 90^\circ$ | $\frac{2}{4} 45^\circ$ |
| D | $\frac{3}{4} 90^\circ$ | $\frac{1}{4} 45^\circ$ |
| E | 90° | 0 |

$$\beta_i = 90^\circ - 2 \alpha_i$$

TABLA 1

La parábola:

Si denominásemos como α_i al ángulo de "pendiente punto" de una curva reflectora parabólica y (F) al foco de la misma - ¿se cumplirá la misma relación de compensación $\alpha - \beta$ mostrada en la tabla 1? es decir; ¿tiene esta curva la propiedad especial de concentrar todos los rayos reflejados en un solo punto (F)?

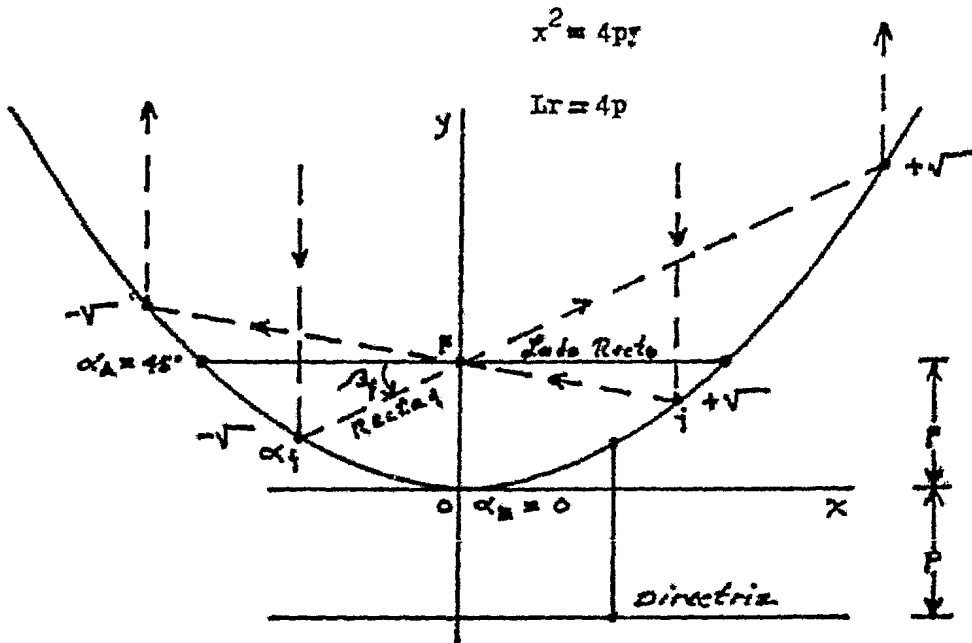


FIGURA 10

x_i, y_i = Coordenadas del punto i.

P = distancia del foco al vértice.

Lr = Longitud del lado recto.

α_i = Inclinación en el punto i.

m_i = Pendiente en el punto i.

β_i = inclinación de la recta i.

RELACIONES:

$$\alpha_i = \tan^{-1} m_i \text{ ————— (1) Inclínación punto.}$$

$$m_i = dy/dx \text{ ————— (2) Pendiente punto.}$$

$$y = x^2/4p \text{ ————— (3) Ec. de la parábola.}$$

$$y = \tan \beta x + p \text{ ————— (4) Ec. de la recta i.}$$

Se ha escogido una parábola cuyo vértice coincida con el origen coordenado x-y, y al mismo tiempo que se extienda hacia el eje de las "Y" positivo, su ecuación pertenece a la forma $x^2 = 4py$.

Ahora, para obtener directamente una relación entre las variables α y β , es conveniente partir de las relaciones (1), (2), (3) y (4), así que:

Sustituyendo (3) en (2) :

$$m_i = \frac{d(x^2/4p)}{dx} = \frac{dx^2/dx}{4p} = \frac{2x}{4p} = x/2p$$

así que:

$$m_i = x_i/2p \text{ ————— (3,2)}$$

ahora, sustituyendo (3,2) en (1):

$$\alpha_i = \tan^{-1} (x_i/2p) \text{ — (1,2,3) Angulo de inclinación.}$$

El punto de intersección i (x_i, y_i) entre la recta i y la curva parabólica, es clave para lograr nuestro objetivo,

así:

$$\left. \begin{array}{l} (3) \text{ ————— } y = x^2/4p \\ (4) \text{ ————— } y = \tan \beta x + p \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Resolviendo por} \\ \text{Simultáneas.} \end{array}$$

Ecuación para obtener la pendiente en cualquier punto i de una parábola.

$$\frac{x^2}{4p} = \tan \beta x + p$$

$$\text{Entonces: } x^2 - (4p \tan \beta) x - 4p^2 = 0$$

Por ecuación general para resolución de cuadráticas completas.

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\text{tenemos que: } a = 1$$

$$b = -4p \tan \beta$$

$$c = -4p^2$$

así:

$$x_i = \frac{4p \tan \beta \pm \sqrt{(-4p \tan \beta)^2 - 4(1)(-4p^2)}}{2}$$

Reduciendo:

$$i(x_i, y_i) \begin{cases} x_i = \frac{4p \tan \beta \pm \sqrt{16p^2 (\tan^2 \beta + 1)}}{2} \\ y_i = x_i^2 / 4p \end{cases}$$

Son las coordenadas del punto de intersección i en función de p y β . Y para obtener la relación α únicamente:

Sustituyendo (3, 4) en (1, 2, 3):

$$\tan \alpha_i = \frac{4p \tan \beta_i \pm \sqrt{16p^2 (\tan^2 \beta_i + 1)}}{4p}$$

Eliminando P :

$$\tan \alpha_i = \frac{\cancel{4p} \tan \beta_i \pm \sqrt{(\cancel{4p})^2 (\cancel{4p})^2 (\tan^2 \beta_i + 1)}}{\cancel{4p}}$$

Entonces:

$$\alpha_i = \tan^{-1} (\tan \beta_i \pm \sqrt{\tan^2 \beta_i + 1})$$

____(1,2,3,4)

relación $\alpha-\beta$

Tabulando valores:

| i | β_i | α_i |
|----|------------------------|------------------------|
| A | 0° | -45° |
| B | $\frac{1}{4}90^\circ$ | $-\frac{3}{4}45^\circ$ |
| C | $\frac{2}{4}90^\circ$ | $-\frac{2}{4}45^\circ$ |
| D | $\frac{3}{4}90^\circ$ | $-\frac{1}{4}45^\circ$ |
| E | 90° | 0° |
| D' | $-\frac{3}{4}90^\circ$ | $\frac{1}{4}45^\circ$ |
| C' | $-\frac{2}{4}90^\circ$ | $\frac{2}{4}45^\circ$ |
| B' | $-\frac{1}{4}90^\circ$ | $\frac{3}{4}45^\circ$ |
| A' | 0° | 45° |

TABLA 2

Hemos obtenido la misma relación de los valores absolutos de la Tabla 1, con la diferencia de que aquí el estudio analítico nos da el sentido negativo y positivo de los ángulos. Se demuestra que la curva parabólica si satisface el mismo principio supuesto a los espejos planos para concentrar la luz en un punto (F).

Los valores absolutos de la ec. (1, 2, 3, 4) pueden resu-

mirse a los de la ecuación lineal $\beta = 90 - 2\alpha$, y en conclusión imperante; UN REFLECTOR PARABOLICO CONCENTRA TODA SU RADIACION EN EL FOCO.

Parábolas con el mismo foco en común.

Ahora solo hace falta demostrar matemáticamente la condición supuesta de que en dos parábolas extendidas en la misma dirección y que contienen el mismo foco (F) en común, la recta l encontrará en ambas la misma pendiente, o es decir; la misma inclinación punto α_1 como se muestra en la figura 6.

Este concepto queda demostrado automáticamente bajo la siguiente suposición:

Sabemos ahora que en una parábola cualquiera, para un rayo r_1 reflejado en dirección al foco (F) con ángulo β_1 , corresponde una y solo una α_1 , de esa manera podemos decir que en cualquier parábola trazada interiormente cuyo foco coincida con el de la primera, el rayo solar r_1 encontrará en la parábola interior el mismo ángulo α_1 con el que fué reflejado originalmente. (Ver figura 6) Debido a que si consideráramos ambas curvas en dos sistemas por separado y con sus respectivos focos, en ambos el rayo r_1 contendrá la misma β_1 - (Fig 10).

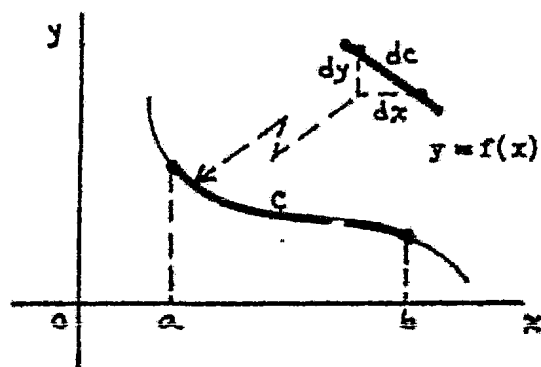
LONGITUD DE LA CURVA PARABOLICA.

A fin de poder construir un reflector parabólico a base

de espejos flexibles, se hace imprescindible el conocer un método que permita evaluar la longitud de una curva parabólica-contenida entre dos límites cualesquiera.

A modo de obtener una ecuación que nos defina con absoluta precisión el problema ahora propuesto, pasaremos a deducir una igualdad que satisfaga las condiciones deseadas para una curva cuya función $y = f(x)$ es continua.

Longitud de una curva.



$C =$ Longitud de la --
curva desde $a \rightarrow b$

FIGURA 11

Por el teorema de Pitágoras:

$$(dc)^2 = (dy)^2 + (dx)^2$$

Dividiendo entre $(dx)^2$:

$$\left(\frac{dc}{dx}\right)^2 = \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dx}{dx}\right)^2$$

$$\left(\frac{dc}{dx}\right)^2 = \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + 1$$

Entonces

$$dc = \left[\left(\frac{dy}{dx} \right)^2 + 1 \right]^{1/2} dx$$

$$C = \sum_a^b dc; \text{ por integral definida.}$$

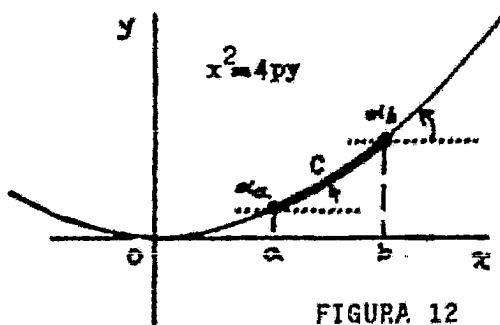
Así:

$$C = \int_a^b \left[\left(\frac{dy}{dx} \right)^2 + 1 \right]^{1/2} dx$$

Longitud de una curva $y = f(x)$.

(5)

Ahora, para aplicar esta ecuación a una parábola escogemos nuevamente la de la forma $x^2 = 4py$, limitada por dos puntos cualesquiera a y b .



$$a = 2p \tan \alpha_a$$

$$b = 2p \tan \alpha_b$$

FIGURA 12

Aplicando la ecuación anterior de este caso:

$$C = \int_a^b \sqrt{\frac{x^2}{4p^2} + 1} dx = \frac{1}{2p} \int_a^b \sqrt{x^2 + 4p^2} dx \quad (6)$$

Britton 577, ecuación 25, (University Mathematics) (6)

$$\int \sqrt{u^2 \pm a^2} du = \frac{u}{2} \sqrt{u^2 \pm a^2} \pm \frac{a^2}{2} \ln |u + \sqrt{u^2 \pm a^2}| + C \quad (7)$$

Identificando:

$$u^2 = x^2$$

$$u = x \quad a^2 = 4p^2$$

$$du = dx$$

Sustituyendo (6) en (7):

$$C = \left[\frac{1}{2p} \left(\frac{x}{2} \sqrt{x^2 + 4p^2} + \frac{4p^2}{2} \ln |x + \sqrt{x^2 + 4p^2}| \right) \right]_a^b$$

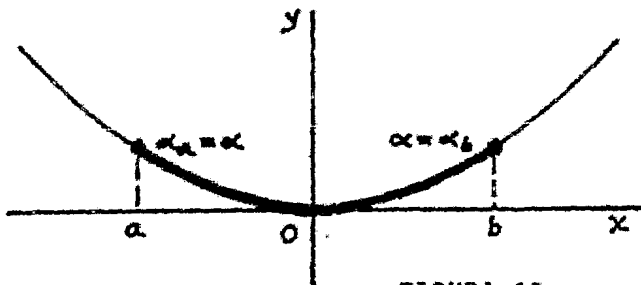
$$C = \frac{b}{4p} \sqrt{b^2 + 4p^2} + p \ln |b + \sqrt{b^2 + 4p^2}| - \left(\frac{a}{4p} \sqrt{a^2 + 4p^2} + p \ln |a + \sqrt{a^2 + 4p^2}| \right)$$

Si llamamos $J_a = \sqrt{a^2 + 4p^2}$

y $J_b = \sqrt{b^2 + 4p^2}$ entonces nos queda:

$$C = \frac{bJ_b - aJ_a}{4p} + p \ln \left| \frac{b + J_b}{a + J_a} \right| \quad \text{para } |a| \neq |b| \quad (6,7)$$

Ahora que si $|a| = |b|$; $|\alpha_a| = |\alpha_b| = \alpha$



$$a = -2p \tan \alpha$$

$$b = 2p \tan \alpha$$

FIGURA 13

Como $a = -b$, entonces:

$$J_a = \sqrt{(-b)^2 + 4p^2}$$

$$J_b = \sqrt{b^2 + 4p^2}$$

pero $(-b)^2 = (-b)(-b) = b^2$

entonces $J_a = J_b = J$ _____ (8)

Sustituyendo en la ecuación (6, 7)

$$C = \frac{2b}{4p} J + p \ln \left| \frac{b + J}{-b + J} \right|$$

$$\boxed{C = \frac{b}{2p} J + p \ln \left| \frac{J + b}{J - b} \right|} \text{ _____ (6,7,8)}$$

Para $|a| = |b|$

CAPITULO IV

VERIFICACION EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO TEORICO SUPUESTO A LOS RAYOS LUMINOSOS EN EL SISTEMA.

IDEA DE UN CORTE SECCIONAL.

Para poder observar en una forma práctica y sencilla el comportamiento supuesto de la dirección que toman los rayos luminosos dentro del sistema por reflectores como el mostrado en la figura 2-C, donde se representa un corte seccional del sistema que nos ilustre la real y verdadera dirección que toman los rayos luminosos al ser reflejados por una parábola. Se concibió la idea de elaborarlo pasándolo ahora de una forma teórica esquemática a una forma práctica a fin de poder comprobar la realidad del fenómeno.

La idea de obtener en la práctica los mismos resultados que en el dibujo es fácilmente de lograr si la superficie del material es duro, y las curvas parabólicas trazadas son sustituidas por tiras reflectoras con la misma posición que en el diagrama, es decir; estas tiras deben ser flexibles a medida de poderlas doblar a voluntad para ajustar a las curvas deseadas. Los rayos solares reflejados por estas tiras deben de incidir muy diagonalmente en la superficie del material plano para observar su dirección y su comportamiento físico, de manera que el plano de las tiras será colo

cados en forma perpendicular al plano de la tabla.

CONSTRUCCION DE UN MODELO FISICO.

Materiales.

En acuerdo con el profesor Villarreal se fabricó -- en el laboratorio 4-F un pequeño ejemplar de este corte material, usando "madera" como superficie plana y lámina pulida" como reflectora, "fibracel" como tapa y además la superficie fué pintada de color negro mate.

Aquí cabe hacer la observación de que en lugar de -- representar un corte seccional total como el de la figura 2-C, solamente se representa la mitad, es decir, lo que sería la mitad derecha ya que es suficiente para hacer una -- buena verificación práctica del comportamiento direccional de los rayos solares en el sistema, por lo cual se intenta -- representar la mitad de dos parábolas ajustadas de acuerdo con la teoría cuyas superficies reflectoras se corresponden la una con la otra.

Datos numéricos.

Las magnitudes de la superficie de madera fueron de 30 x 50 cms. de ancho y largo, las longitudes de las parábolas fueron evaluadas por las ecuaciones (6,7) y (6,7,0), de la siguiente forma:

Para la parábola "concentradora o captadora" se escogió una $p = 22.5$ cm. para calcular su longitud entre los límites $a = 10$, $b = 45$ cm.

Para la parábola "proyectora" se determinó $p = 5$ y $b = 10$ cm.

Así para la "concentradora" se empleó la ecuación -- (6,7) de donde resultaron los valores:

$$J_b = 63.63961..$$

$$J_a = 46.097722..$$

$c =$ longitud deseada

entonces:

$$c_c = (45) J_b - 10 J_a \div 4(22.5) + 22.5 \ln \left| \frac{45 + J_b}{10 + J_a} \right|$$

$$\boxed{c_c = 41.57 \text{ cms.}} \text{ longitud de la parábola "captadora"}$$

Ahora para la "proyectora" se empleó la ecuación -- (6,7,8)

$$2c_p = b/2p J + p \ln \left| \frac{J+b}{J-b} \right|$$

$$2c_p = \frac{10}{2(5)} J + 5 \ln \left| \frac{J+10}{J-10} \right| \quad J = \sqrt{200}$$

$$\boxed{c_p = 11.48 \text{ cms.}} \text{ longitud de la parábola "proyectora"}$$

Resultado.

El resultado fue como lo muestran las fotografías;- los rayos reflejados por el "captador" van en dirección ha-

cia el lugar del foco (foto 1), aunque a veces un poco desviados por las deficiencias del trabajo manual, lo que provoca que al ser reflejados por la curva "proyectora o auxiliar" (Foto 2) algunos rayos salgan del paralelismo esperado, aún así se observa un comportamiento real que confirma la teoría.

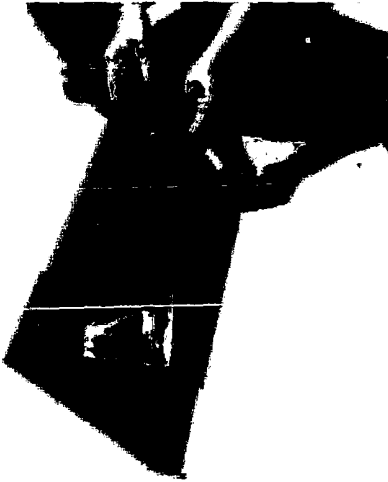


FOTO 1

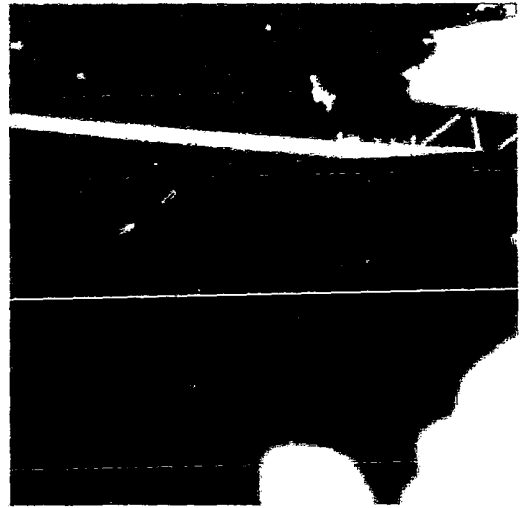


FOTO 2

MATERIALES REFLECTORES

Las estructuras de moderios parabólicos son actualmente fabricadas por proveedores comerciales bajo el empleo de una gran variedad de materiales. Se incluyen derivados - del bosque, así como metales, cerámica y plásticos. Depen-- diendo lógicamente del material usado y el proceso de manu- factura se obtienen unas longitudes focales promedio de - - $\pm 4\%$ de los valores de diseño.

Estos materiales de espejo deben ser de una alta re- flectancia solar así como de mayor resistencia al medio, a- fin de presentar una mayor y perdurable eficiencia en el -- campo donde sean empleados.

Propiedades

Los diversos tipos del material reflector de los -- concentrados son agrupados como sigue:

- a) Reflectores yftreos de superficie doble.
- b) Películas plásticas metalizadas.
- c) Superficies pulidas de aluminio (por métodos quí- micos o electróquímicos).

Todós estos materiales tienen como material reflec- tor los metales plata o aluminio y generalmente se ha esta- blecido un promedio hemisférico de reflectancia solar en el ámbito de 0.83 -- 0.9 para el aluminio y de 0.9 -- 0.96 pa-

ra la plata. Los otros metales, cromo, oro, níquel, cobre, etc. tienen una reflectancia solar por debajo de este ámbito. (21)

a) Reflectores vítreos de doble superficie.

Los espejos de vidrio plateado pueden tener valores de reflectancia especular arriba del 95%, sin embargo, la absorción en el vidrio debido a las impurezas de hierro pueden reducir este valor, dependiendo obviamente de la cantidad de hierro en la capa vítrea. Por ejemplo, el típico vidrio a flote de 3 mm de espesor, absorberá 6% de la radiación solar, de manera que en un espejo vítreo de doble superficie el rayo reflejado por el compuesto de plata pasará por segunda ocasión a través del vidrio, y este tendrá una reflectancia final de 83%.

b) Películas de plástico metalizado.

Aquí la reflectancia especular depende de los siguientes parámetros:

- 1) Propiedades ópticas de la película plástica.
- 2) Rugosidad en la superficie metalizada.
- 3) Proceso de laminación (si hay sustrato)
- 4) Rugosidad superficial del sustrato.

Las propiedades ópticas de la película plástica son importantes, incluyendo la absorción y la dispersión en el-

espectro solar. El índice de refracción de la película no será importante, en general.

La reflectancia especular de las películas de plástico laminado está influenciada por las partículas atrapadas entre la película y el sustrato, el tipo de adhesivo y la capa del mismo. El efecto de algunos de estos factores se ha verificado en los resultados de reflectancia para los espejos 3M plástico aluminizado Scotchcal 5400 y FEK-163.

Otro factor que concierne a las películas plásticas es que son generalmente más blandas que el vidrio, esto las hace susceptibles de mayor daño con la técnica de limpieza. Los arañones finos o pequeños parecen reducir sustancialmente las propiedades de la reflectancia especular.

c) Superficies pulidas de aluminio.

A pesar de que las superficies de aluminio pulidas tienen un alto promedio hemisférico de reflectancia están generalmente sujetas a un gran esparcimiento angular en los rayos reflectados. Estos esparcimientos son el resultado de arañones residuales, hoyos y marcas del pulido en la superficie reflectora. Por ejemplo, en el material Alzak, este esparcimiento o disposición resulta con una reflectancia hemisférica de 10 - 15% por debajo de lo normal. Además el rayo reflejado es no-isotrópico por causa de las marcas del pulido manejado en una dirección sobre este material. Así que --

por lo regular estas superficies son protegidas por una capa de oxido de aluminio anodizado, como para el caso del -- Alzak, y Kinqlux.

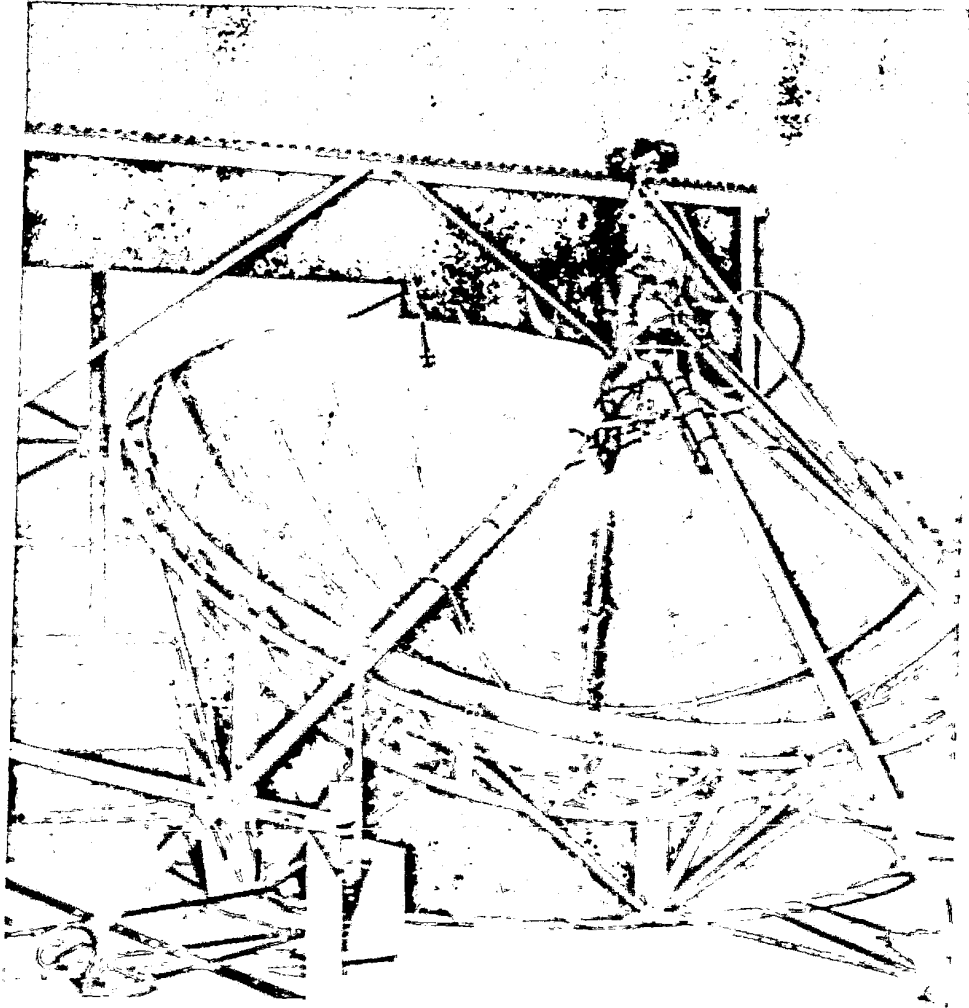


FOTO 5

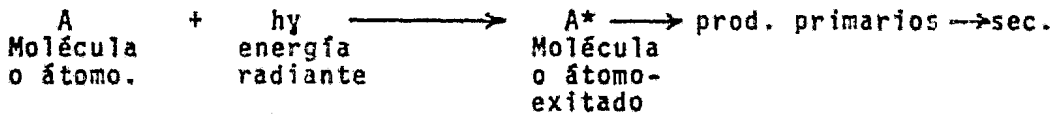
Un concentrador experimental en su taller de construcción, nótese para este caso la disposición y ajuste de los espejos flexibles. Algunas versiones hablan de que se -- haber estadios que lleguen a los 90 metros de largo. (e-System...)

CAPITULO V

ALTERACION FOTOQUIMICA POR MEDIO DEL HAZ SOLAR
CONCENTRADO

CONCEPTO DE FOTOQUIMICA.

La absorción de un fotón por un átomo o molécula -- puede estar acompañada de una liberación de energía por causa de la excitación sufrida en la absorción de radiación. Si la activación es suficientemente grande puede resultar una reacción química.

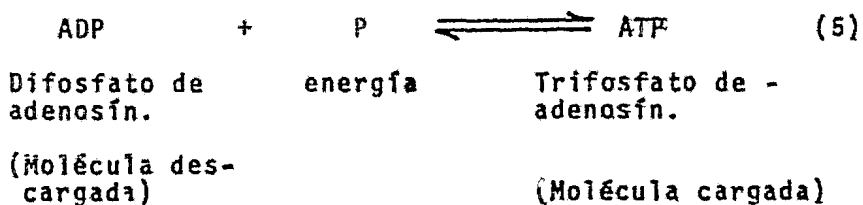


De esta manera, la luz absorbida afecta la velocidades de reacción, y con frecuencia produce reacciones bajo condiciones donde la activación térmica por si sola no sería efectiva. El número de moléculas activadas depende de la intensidad de la luz que actúe sobre el sistema, es posible lograr velocidades de reacción a temperaturas ordinarias para las cuales se necesitaría más calor o temperaturas considerablemente elevadas. La activación fotoquímica -- así, no depende de la temperatura en grado alguno sino de --

la luz, la velocidad de activación trabaja independientemente de ella.

REACCIONES NATURALES.

En la naturaleza existen algunos ejemplos donde la energía solar sostiene un papel considerable en la activación molecular de una reacción o enlace, como en el caso de la formación de la molécula del ATP "molécula cargada" cuyo contenido energético es aprovechado por los organismos vivos para procesos de biosíntesis o de contracción muscular, la formación de esta molécula requiere la absorción de una energía natural proveniente del sol o de los alimentos, su representación esquemática es conocida como:



La energía proveniente de los alimentos podemos considerarla también como indirecta de otra reacción fotoquímica conocida como "fotosíntesis", que ocurre en las plantas.

Es decir, la hoja de un vegetal al absorber la energía solar la acumula. Nosotros la comemos directamente o bien comemos la carne del animal que la consume.

Fotosíntesis.

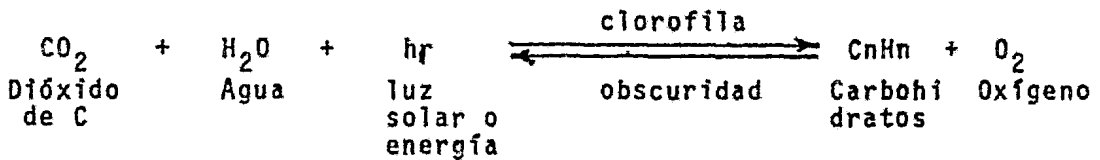
Existe una diferencia notable entre la fotosíntesis y la reacción fotoquímica común, que consiste en que la - - energía se acumula en la primera mientras que en la segunda se gasta.

Al incidir la luz solar sobre las hojas de las plantas convenientemente dispuestas o distribuidas (según algunos especialistas por la "proporción fibonacchi" para captar la energía cósmica uniformemente), el gas carbónico del - - agua adquiere un protón, por lo que se produce almidón y azúcar para formar los hidratos de carbono que serán las bases de las albúminas y grasas necesarios para la vida, del gas -- carbónico, también se libera el oxígeno que constituye nuestra rica fuente en la respiración.

En la fotosíntesis la energía de los cuantos absorbidos se conserva, los fotones dividen las moléculas del colorante y este se destruye, se esflorece, es decir que el transporte de protones de la molécula de clorofila excitada ya no necesita luz y puede realizarse en la obscuridad. De ahí que una solución verde de clorofila enrojecida al sol, recupere su coloración verde nuevamente en la obscuridad, o que películas finas cortadas de las hojas en forma especial y calentadas en la obscuridad presenten luminiscencia. (4)

Para resumir, la fotosíntesis es una reacción rever-

sible donde se combinan el dióxido de carbono con el agua de las plantas, bajo la acción de la luz solar y promovida por la clorofila para producir carbohidratos y oxígeno. --
(10)



En la obscuridad se oxigen los productos otra vez, -
formándose dióxido de carbono y agua, liberando al mismo --
tiempo la energía acumulada por la radiación solar. .

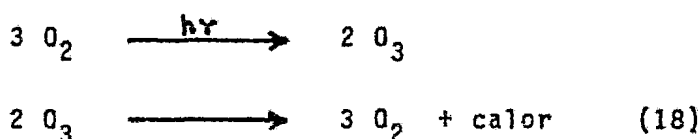
Fotólisis del ozono.

Otra reacción fotoquímica importante que ocurre para preservar la vida en la naturaleza es la llamada "fotólisis del ozono". Elemento que habita en las capas atmosféricas - que envuelven la tierra y que tiene como finalidad el absorber en una gran cantidad los cuantos de luz ultravioleta -- provenientes del sol, que viajan hacia la tierra. A medida de proteger la vida en el planeta se desarrolla esta reacción en los altos niveles atmosféricos, ya que de no ser -- así, el intenso bombardeo de partículas solares constituiría un grave riesgo para nosotros.

Aquí daremos el proceso únicamente simplificado que se lleva a cabo en esta filtración luminosa; Las partículas

de oxígeno (O_2) al absorber los cuantos de luz ultravioleta se transforman a ozono (O_3), compuesto inestable cuya conversión nuevamente a oxígeno (reacción reversible) trae consigo una liberación de energía no como ultravioleta sino como calorífica.

La reacción es como sigue:



De ahí que la temperatura de la región atmosférica comprendida entre los 30 y 45 kilómetros sobre la tierra - hacienda alcanzando los $170^\circ C$.

Proceso Visual.

Otra de las reacciones muy comunes en nuestra naturaleza es la del proceso visual, efectuada en la superficie posterior o retina del ojo humano, constituida por miríadas de células nerviosas fotosensibles cuyas conexiones unen a la retina con el Encéfalo. (7)

Estas células receptoras pueden clasificarse en los llamados "bastones" y "conos" que contienen la Rodopsina, molécula complicada de gran efecto fotorreceptor donde se lleva a cabo el fenómeno de máxima sensibilidad del ojo -- humano. Algo comparado en cuanto a la óptica artificial de la cámara fotográfica.

REACCIONES ARTIFICIALES

Proceso fotográfico.

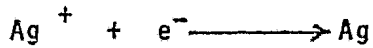
El proceso fotográfico del AgBr es el más común que se emplea en esta rama de la técnica. El AgBr es un cristal sólido fotoconductor en acuerdo a experimentos muy complicados, donde se ha observado que su exposición a la luz produce un flujo apreciable de fotocorriente.

En el proceso fotográfico el AgBr actúa como una emulsión fotosensible finamente dividido en una solución gelatinosa con la cual se cubre una película y se deja secar. La exposición de la película a la luz forma plata, la cual se sigue formando a medida que se revela la película con un agente reductor como la hidroquinona o el oxalato de hierro. El AgBr se disuelve con una solución de tiosulfato de sodio (fijación) dejando una imagen de plata depositada en proporción a la cantidad de luz recibida. (7)

Este mecanismo es como sigue:



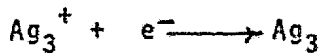
En la fotorreacción inicial la absorción de un fotón por el bromo produce un electrón que es atrapado por el ión plata, formando un átomo de plata, que caracteriza la señal de "preimagen".



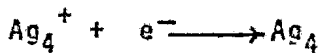
Por irradiación se libera un gran número de electrones del cristal, entonces se neutraliza el segundo átomo de plata y se forma la subimagen.



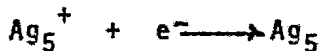
Esta es más estable pero difícil de revelar, y se -- inicia la tercera etapa.



y la cuarta "imagen latente"



En el revelado ocurre un proceso catalítico, el revelador suministra electrones produciendo el crecimiento de la imagen.

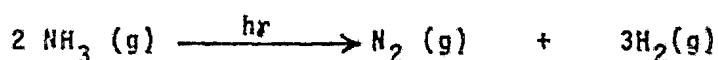


Y así continúa el proceso, utilizando un revelador potente se incrementa la reacción de neutralización del -- Ag_3^+

Existen otros tipos de reversión de procesos espontáneos, como la conversión del oxígeno en ozono, la descomposición del ácido clorhídrico en hidrógeno y cloro, la fotólisis del amoníaco, etc., en que algunas de ellas se pueden llevar a cabo en la naturaleza o en un sistema especial de laboratorio, a manera de ser controlado por el hombre.

Fotólisis del amoníaco.

La fotólisis o descomposición fotoquímica del amoníaco fue estudiada por Wig, quien encontró que la reacción procede cuantitativamente de acuerdo con:



Con rendimiento cuántico promedio de 0.25 hasta más de 500 mm de presión de NH_3 (18)

INFLUENCIA DEL HAZ SOLAR CONCENTRADO.

Para medir la velocidad de una reacción fotoquímica es necesario irradiar la mezcla con un haz luminoso de determinada longitud de onda y observar la variación en la concentración de los reactivos y productos con el tiempo.

Einstein propuso para esto la llamada "ley de la equivalencia fotoquímica" cuyo postulado establece que cualquier molécula o átomo activado por la luz absorbe úni-

camente un cuanto de la luz que causa la activación
 La energía que adquiere un solo átomo o molécula depende -
 de la frecuencia de la luz irradiante y está dada por la -
 relación de Planck, y para una mol tenemos:

Relación de Planck:

$$\begin{aligned}\Delta E &= h\nu \\ \Delta E &= N h\nu \text{ por mol.} \end{aligned} \quad (18)$$

Donde N es el número de Avogadro, y a la cantidad -
 de energía definida por esta ecuación se le denomina "un -
 Einstein". De acuerdo con lo anterior, se puede suponer --
 que si bien la variabilidad en la concentración de un haz -
 luminoso solar no altera en nada la frecuencia de la onda,
 si dispone de un menor o mayor número de ellas, por lo cual
 es lógico suponer que sí puede alterar en determinado caso
 las características de una reacción fotoquímica ya sea en-
 lo artificial o natural, debido a que de éste haz depende-
 ría el mayor o menor número de moléculas que pudiesen ab--
 sorber una onda con la frecuencia determinada en mayor o -
 menor tiempo. De esta manera se supone que la menor o ma--
 yor concentración del haz solar incidente puede afectar --
 los fenómenos de fotosíntesis, fotólisis del amoníaco, des-
 composición del ácido clorhídrico, etc. obteniéndose pro--
 vecho, ventajas o desventajas dependiendo de la forma y el
 uso dado a este dispositivo concentra-proyector.

CONCLUSIONES

Las experiencias teórico-prácticas aquí presentadas, son con la finalidad de cumplir previamente en un cierto nivel de garantía o de confianza, para en caso de un plan de acción laboral o las predicciones de un proyecto sobre esta misma área.

Los logros de este trabajo pueden resumirse como sigue:

1.- Se propuso un "modelo físico" experimental e - ideal, basado en un juego de espejos o reflectores curvos y compensados, a manera de intentar analizar y realizar el ojetivo formulado.

2.- Se otorgan las claves teóricas y los principios físico-matemáticos en que están basados los postulados originales, se desarrollan y se deduce una ecuación para la - longitud de la curva parabólica.

3.- Se efectuaron experimentos ópticos con tiras - reflectoras ajustadas a las curvas propuestas del modelo físico, para intentar comprobar prácticamente la veracidad de las suposiciones dadas.

4.- Se trata la idea de aplicación del rayo obtenido a la Fotoquímica de reacciones.

Discusión de resultados.

Es notorio concluir que en una época como la actual tan revolucionada por los modernos semiconductores (en lo que concierne al campo de las celdas solares, con sus teorías de "onda electromagnética" y el efecto fotoeléctrico) el empleo de dispositivos reflectores considerados por los antiguos geómetras aún no ha dejado de ser útil, principalmente en el terreno de lo térmico o bien de las ideas de dispersión lumínica que pudieran ocurrirse.

Las experiencias teórico-prácticas presentadas en este trabajo son con el fin de establecer los límites de predicción, seguridad o de confianza, que garanticen en cierto modo un anteproyecto o las bases de un trabajo de taller sobre esta misma área.

Este artefacto instalado adecuadamente presentará un movimiento giratorio a manera de llevar siempre la cara siguiendo al Sol, siendo imprescindible también por debajo un mecanismo reflector (de espejos planos) que mantenga el haz resultante o producido bajo una aplicación fija y estable mientras el sistema captador gira.

En el mercado, la disposición de reflectores parabólicos es limitada, además de que son hechos de plástico

y de lámina pulida (se ignora si existen algunos hechos de vidrio). Apenas si pueden conseguirse unos espejos vítreos conocidos y populares para uso personal y doméstico, casi planos, de escasa capacidad y precisión geométrica, que -- producen el foco muy distante del espejo. En lo demás, - los más completos son de reflector metálico.

Se ha observado también que en el espacio correspondiente al foco, estos concentradores producen una "mancha solar" en lugar de un punto focal como el teórico o su puesto. Esta mancha focal de la imagen "real" del Sol proporcional a su tamaño visible, podría provocar alguna dispersión luminosa por fuera del haz esperado (al ser reflejado nuevamente por el paraboloide proyector o formador - del haz en el sistema) restando en consecuencia un determinado porcentaje de eficiencia.

Una de las ideas que podrían ocurrirse en este caso sería el ir hiperbolizando levemente las paredes de los paraboloides hacia fuera o hacia dentro (según del que se trate y de su tamaño obviamente) a medida de experimentar en lo mejor posible su corrección. La interconexión de un tubo de paredes reflectoras u otros sistemas al vacío para mejores y lejanas aplicaciones del haz producido, sería - también opinión del encargado.

Las computadoras ya logran dibujar curvas parabólicas de algunos metros de longitud, lo que facilita la elaboración de artefactos de este tipo, por lo que se puede ahora suponer que con el avance de la técnica moderna, este -- proyecto puede lograr su mejor optimización en un futuro no muy lejano.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Almanza R. López. RADIACION SOLAR EN MEXICO Y SU UTILIZACION.
- 2.- Arizmendi, CALCULO, Ed. Continental, D.F. Méx. 1976.
- 3.- Best B. Gustavo. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR: PROYECTOS QUE SE REALIZAN EN EL CIM-UNAM. 2a. Reunión Nacional sobre energía no-convencional, Palmira, Mor.
- 4.- Borisov y Piatnova, LOS SECRETOS DE LOS SEMICONDUCTORES. Ed. MIR, Moscú.
- 5.- Brachet, J. Kellenberger, E. LA CELULA VIVA, Ed. - - Freeman and Co, S. Francisco, 1965.
- 6.- Britton, UNIVERSITY MATHEMATICS, Ed. Freeman and Co. San Francisco. 1965.
- 7.- Borrel Peter, FOTOQUIMICA, Ed. Manual Moderno, D.F.-Méx. 1973.
- 8.- Buther, B.L. and Petit, R. OPTICAL EVALUATION TECHNIQUES FOR REFLECTING SOLAR CONCENTRATORS, Proceedings-Society of Photo-optical instrumentation engineers,- San Diego, 1977.
- 9.- Cassegrain SYSTEM MODIFIED FOR SOLAR CONCENTRATORS.-

- Y.Y. Novikov, V.K. Baranov, L.V. Vasil'eva, and N.N. Protosov *eliotekhnika*, Vol. 2. No. 5 P.p. 15-18, -- 1966.
- 10.- Coxon, M. *ORGANIC PHOTOCHEMISTRY*, Cambridge University press, London, 1974.
- 11.- Duffie, *SOLAR ENERGY THERMAL PROCESSES*, Ed. Wiley -- and sons, New York, 1974.
- 12.- Deutsche Welle Ceditort: *LA VOZ DE ALEMANIA*, Depto.- de Prensa e Información, 5 Cologne I, Rep. Federal - de Alemania.
- 13.- Escobedo Margarita, *LA ENERGIA SOLAR EN MEXICO*, Centro Eco-desarrollo, D.F. Méx. 1980.
- 14.- Fleischauer Paul D. *CONCEPTS OF INORGANIC PHOTOCHEMISTRY*. Ed. Jhon Wiley and sons, New York, 1975.
- 15.- Hernández E. y Martínez R. *LA VARIACION ANUAL EN MEXICO DE LA RADIACION SOLAR DIRECTA*, CIM-UNAM, Méx. - 1977.
- 16.- Lehr, *METEOROLOGIA*, Ed. Daimon, Barcelona 1972.
- 17.- Meinel, *APPLIED SOLAR ENERGY*, Ed. Addison Wesley, -- Mass, 1976.

- 18.- Maron y Prutton, FUNDAMENTOS DE FISICOQUIMICA, Ed.-
Limusa, D.F. Méx. 1968.
- 19.- Metz W. and Hammond A. SOLAR ENERGY IN AMERICA. Ame-
rican Association for the advancement of science, -
Washington, 1978.
- 20.- Paz C. Jenaro, COLECTORES SOLARES PLANOS Y SU APLI-
CACION, Instituto Tecnológico de C. Juárez, 1977.
- 21.- Petit R.B. and Bufler B.L. LASSER RAY AND BI-DIREC-
TIONAL REFLECTOMETRY MEASUREMENTS OF VARIOUS SOLAR-
CONCENTRATORS, Sandia Laboratories Alburqueque, - -
New México, 87115.
- 22.- Valdés A. y Almanza R. DISPOSITIVO PARA ANALIZAR ES-
PEJOS CONCENTRADORES, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- 23.- Resnick, FISICA PARA ESTUDIANTES DE CIENCIAS E INGE-
NIERIA, Ed. John Wiley, New York, 1966.
- 24.- TECNOLOGIA PARA APROVECHAR LA ENERGIA SOLAR, Nacio-
nes Unidas, New York, 1979.
- 25.- Williams. AN INTRODUCTION TO FUEL CELLS, Ed. Else-
vier Pub. New York, 1966.