

3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA  
POR MEDIO SOLAR Y EOLICO PARA  
UTILIZACION EN EL MEDIO RURAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

EN EL AREA ELECTRICA-ELECTRONICA

P R E S E N T A :

GERARDO AGUILAR ROJAS

DIRECTOR DE TESIS: ING. JUAN VICENTE LEDUC RUBIO

MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

**A mis Padres y Hermanos**

**A mi Alma Mater**

**A la Familia Cerocahui**

Mis más sinceros agradecimientos a mis Padres y Hermanos, y a todas aquellas personas que directa e indirectamente aportaron un granito de arena en mi formación profesional.

Mi más grato reconocimiento a todos los "lowitiris" que conocí en la sierra y en especial a Josefina, Estela, Angela, Marco y Miguel que dieron vida y forma a este trabajo.

Agradezco particularmente al Ing. Juan Vicente Leduc Rubio que amablemente dirigió esta tesis, y a mi amiga Rocio López que entusiastamente colaboro en la elaboración de la misma.

Chiriera-ba Guarú Norawas

ayena tso farámuri énbé eperéame, ke mácigá éu riká ju wiéimboa, ajaré otsérame aré ko fuyere tso kene ewénowa; kene ewénowa ewénowara tso aré. eéi ko kene ewénowa tami fuyé éuregá wiéimoba.

wiéimoba ko éitúrame ka rua, mapuregá biré o mapuregá biré fampora éitúrame.

ami éuwé ka ruá, mapu jonsa éuwé ju, mapukite je anié ajaré fetewi naka eperéame.

éuwé eperéame aniriame ke, mapuré naka eperéame éisáa.

jenai wiéimoba ko mi éuwé, mapa jonsa ke maci ka ruá aminá ko, jepuná wiéimoba ko, ma ta fe'pá fetewá siyóname, mapuregá geopori ka ruá.

mi éuwé be pa mapugoná bi jonsa éuwé ju, eéigoná tónea ruá.

wenomí tóneame ka ruá epuná mapu fe'pá éukú, kite ke wiéimea.

mapuré a éimírúsua ka mapugoná tona jawi aminá, a ga'rá mo'inabo ruá.

aminá éimíroka aminá fe'pá mapu onorúame atiki, naka korika éimíroka.

onorúame ko fe'pá atigá ruá, nori abe éiwiboa ruá eéigoná mapugoná tona jawi.

aminá kuwana ka éimíroka fe'paka mo'enabo ruá.

ééregá aniyé ma kene ewénowa.

ééirogá pe ikfa éárore aboní ko, mapukite eéiregá fuyériere ko mapu apatsá epereri éabena ka.

onorúame fa'icari ko batsá tso aré nirúe.

eéigite bera ba eéiregá fa'itse eéi ko, eéiregá fuyéé.

También los tarahumares que antes vivieron no supieron cómo es la tierra, empero algunos viejos lo contaron a mis papás, y también a los padres de ellos, y luego nuestros padres nos platicaron cómo es la tierra. La tierra es circular, dicen, como una tortilla o como un tambor circular.

Dicen que allá en la orilla, por donde queda la orilla, porque así lo han dicho algunos que habitan allá, estaban los llamados moradores de los confines, después de que llegaron los que vivían allá.

Ahí está la orilla de este mundo, desde donde dicen que no se puede ver más allá; esta tierra que vemos allá arriba azul dicen que es como una tienda de campaña.

Allá en la orilla, desde donde solamente hay orillas, dicen que hay allí unas columnas.

y dicen que son de fierro las columnas que ahí están hacia arriba, para que no se caiga (el cielo).

Si acaso se pasara más allá de donde están erguidas las columnas, dicen que se podría subir bien (al cielo) pasando allá arriba en donde está el que es padre, yendo allá al otro lado.

Dicen que el que es padre está arriba y que lo encontraremos allá en donde están las columnas paradas.

Dicen que pasando detrás de ellas podemos subir.

Así contaban mis papás.

Así vivían ellos mismos con estos conocimientos, porque así se los habían comunicado los que primero vivieron hace mucho tiempo.

La palabra del que es padre existió primero.

Por eso ciertamente ellos hablaban así y de esta manera lo contaban.

# INDICE

	Pag
PRÓLOGO.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
GENERALIDADES.....	3
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR MEDIO EÓLICO.....	6
ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO FOTOVOLTAICO.....	7
EJEMPLO PRÁCTICO EN UNA COMUNIDAD RURAL	
INTRODUCCIÓN.....	18
ANTECEDENTES.....	19
ESTADO ACTUAL DE LA BAJA TARAHUMARA.....	21
POLÍTICAS INDIGENISTAS EN LA BAJA TARAHUMARA.....	22
ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE HUICORACHI.....	25
CÁLCULO DE UN SISTEMA GENERADOR FOTOVOLTAICO PARA UNA CASA INDÍGENA EN LA BAJA TARAHUMARA.....	27
PROYECTO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA PARA LA ELECTRIFICACIÓN SOLAR DE LA COMUNIDAD DE HUICORACHI.....	40
CURVA DE ADOPCIÓN.....	70
PROCESO DE ADOPCIÓN.....	71
CONCLUSIONES.....	73
REFERENCIAS.....	76
APÉNDICE A.....	78
APÉNDICE B.....	82
APÉNDICE C.....	94

## PRÓLOGO

La Organización Solidaria de la Baja Tarahumara (OSBT) firma en 1991 un convenio de ayuda con la Universidad Nacional Autónoma de México, en el cual la UNAM se compromete a enviar prestadores de servicio social a cambio de hospedaje y alimentación para los mismos. El programa CEROCAHUI - por ser sede de la OSBT - en la sierra tarahumara, da inicio en Octubre de 1991 y tiene una duración de dos años - por falta de recursos se suspende el mismo -, y en el participaron pasantes de Enfermería, Veterinaria, Geografía, Sociología, Agronomía, Planificación, Periodismo, Artes Gráficas, Diseño Gráfico, Economía e Ingeniería Eléctrica, colaborando con las 23 comunidades que conforman esta organización en la búsqueda de las soluciones a los problemas que les aquejan.

Huicorachi es una de las comunidades que forman la OSBT, comunidad en su mayoría indígena que accedió a apoyar un pequeño estudio de factibilidad técnica y económica para la instalación de fotoceldas en su comunidad para la generación de energía eléctrica. Este trabajo es el resultado de la convivencia con esta y muchas comunidades de la OSBT, a quien doy las gracias por permitirme conocerlos un poco.

G.A.R.



## INTRODUCCION

El estudio de fuentes alternativas de energía es un tema que cautiva a cualquier estudiante de ingeniería, y en general a cualquier persona. La bibliografía es extensa y un gran número de compañeros han desarrollado sus trabajos de titulación en este tema, aportando datos enriquecedores e interesantes; casi todos-por no decir todos- coinciden que es una solución a los problemas energéticos que padece nuestro país. Los tesisistas han hecho los cálculos necesarios para poder suministrar energía eléctrica a una casa "rural" por estas formas alternativas, pongo las comillas no para rebatir a mis compañeros o a los investigadores-ambos merecen mis respetos-, sino para remarcar el concepto que nosotros creemos que es una casa rural y lo que la realidad nos depara, principalmente en en ámbito indígena.

Más que realizar un trabajo netamente de escritorio (teórico) para demostrar si es la solución o no al problema energético rural, el presente trabajo pretende ser una pequeña reflexión sobre este tema; una reflexión que nace después de un año de convivencia y amistad con un pueblo indígena del Norte del país, una convivencia que a cualquier persona ajena a esta etnia hace reflexionar sobre lo que nosotros creemos que ellos piensan. El estudio presenta deficiencias y limitaciones, principalmente en el área social, deficiencias que en cierta forma son "naturales" debido a la formación profesional que recibimos-enfocada al área técnica y social urbana-, estas deficiencias pudieron ser en algunos casos subsanadas por las aportaciones de compañeros de áreas más en contacto con comunidades rurales. Con esto no quiero disculparme- ya en 1963 un ingeniero dijo "Mientras no se llegue a una preparación integral, queda, a la iniciativa individual de cada ingeniero completar su preparación con un conocimiento profundo de la sociedad."- sino poner en claro que aún con una formación puramente técnica, podemos y debemos intervenir en el área rural y en especial el área indígena.

El trabajo se divide en dos partes, la primera compuesta por tres capítulos -Generalidades, Energía Eléctrica Fotovoltaica y Energía Eléctrica Eólica-, donde en una forma muy general se dan los fundamentos teóricos y tecnológicos del efecto fotovoltaico y los aerogeneradores, tratando de no profundizar en estos temas para no hacerlos engorrosos.

En la segunda parte -Ejemplo Práctico- se presenta en forma íntegra un pequeño proyecto de electrificación rural de una comunidad indígena, se hace primero una remembranza de los principales agentes económico-sociales (los culturales están fuera de mi campo de estudio por su complejidad y solo se mencionan los principales), además de los políticos que pueden influir en el éxito o fracaso de un proyecto de este tipo. Las conclusiones son de índole personal y pueden ser un poco tendenciosas, pero he tratado de ser lo más imparcial posible.

# GENERALIDADES

PORQUE LA TIERRA NO ES DE ORO  
SINO LLENA DE RECURSOS NATURALES,  
QUE SON LAS VERDADERAS.

*Fray Bartolome de las casas*

## GENERALIDADES

Todas las mañanas al levantarnos observamos un círculo amarillo en el cielo, un círculo que también fué visto por nuestros antepasados y comprendiendo su importancia le dedicaron versos y edificaron en su honor innumerables templos, pero ¿Qué tan importante es el astro rey en la sociedad contemporánea? ¿Qué es energía?.

La energía se encuentra en el núcleo central de todos los sistemas ecológicos y tecnológicos. Casi toda la energía que utilizamos en la tierra proviene del sol. Puesto que la temperatura de la tierra permanece relativamente estable, es posible decir que la cantidad de calor que recibimos del sol bajo la forma de radiación en cualquier momento - aproximadamente  $1.5 \times 10^{15}$  Kw/hr o unas 35000 veces el consumo de energía total de toda actividad humana en 1974- debe ser aproximadamente la misma que la que vuelve al espacio a través de la radiación (1).

Sin el calor del sol, la atmósfera incluso se hubiera helado y la vida vegetal no hubiese ni siquiera podido brotar en el mundo. Y sin las plantas, los animales y el hombre no hubieran podido existir. Mucha gente no sabe que al quemar un combustible cualquiera, utiliza luz y calor solares de tiempos muy remotos, puesto que el carbón y el petróleo no son más que restos de antiguas plantas y animales que hace millones de años, absorbieron la energía del sol, y por la acción del tiempo y de diversas circunstancias, se transformaron en los combustibles que hacemos arder. Al prender fuego a estos restos, se pone de nuevo en libertad y se transforma la energía acumulada en ellos desde hace tal vez miles de millones de años.

Gran parte de la energía eléctrica de que el hombre dispone es producida por el agua procedente de las lluvias, y éstas se deben al calor del sol, que produce la evaporación y determina la humedad de la atmósfera, la cual se condensa y precipita más tarde en forma de lluvia. También se deben al calor solar las diferencias de presión, causa de los vientos, que espantan la humedad por la tierra.

La producción de calor a partir de los combustibles fósiles plantea asimismo importantes problemas acerca de la disposición del calor de desecho. De acuerdo con un ingeniero industrial, "una moderna sociedad industrial puede ser considerada como una compleja máquina para la degradación de energía de alta calidad en calor de desecho al tiempo que extrae la energía necesaria para crear un enorme catálogo de bienes y servicios" (2). Por razones termodinámicas, el despilfarro de calor es el resultado inevitable de la obtención de energía a partir de combustibles fósiles. Esto puede suponer importantes problemas ecológicos. Algunos de ellos, como el de la disposición del agua calentada de las centrales eléctricas, pueden ser problemas relativamente localizados. No obstante, el calor de desecho procedente de todas las actividades consumidoras de energía del hombre es considerado actualmente como algo que produce importantes efectos sobre el clima de la tierra.

La búsqueda de tecnologías alternativas para la producción de energía se basa en la promesa de utilizar combustibles fósiles en la menor cantidad como sea posible. Por consiguiente, es

necesaria la utilización de fuentes energéticas alternativas. Normalmente, esta supone la utilización directa de la energía solar, su utilización indirecta a través del viento o de la energía hidráulica, o la utilización de recursos renovables tales como la madera y el gas metano.

La eficiencia de la conversión de energía a partir de tales fuentes es relativamente más baja que aquella realizada a partir de los combustibles fósiles normales y, particularmente, que aquella proveniente de la energía nuclear. Pero no obstante, se piensa que este es el precio que ha de ser pagado por el hecho de desarrollar una tecnología y un estilo de vida que trate de adaptarse a unas consideraciones de tipo ecológico principalmente. Una ventaja adicional a los esquemas energéticos que utilizan la energía del viento o solar recogida en la superficie de la tierra consiste en que a diferencia de la utilización de los combustibles fósiles, dichos esquemas no añaden ningún calor de desecho implicado en los procesos primarios de conversión de energía(1).

### **ENERGIA SOLAR**

Para aquellos países, como el nuestro en los que existe un alto nivel de radiación solar, la conversión directa de la energía solar parece ser la alternativa más importante, a largo plazo, con respecto a la utilización de combustibles fósiles o nucleares. Durante los últimos años ha crecido rápidamente el interés en todo aquello que se refiere a la utilización de la energía solar, tanto a pequeña como a gran escala.

La energía solar puede ser utilizada de dos modos. Puede ser convertida en calor para proporcionar calefacción a una casa, siendo esto como la extensión del principio en el que se basan los invernaderos. O bien la energía puede ser utilizada alternativamente y de modo indirecto para proporcionar una fuente de energía eléctrica. Esto puede hacerse o bien utilizando células solares, semejantes a aquellas que son ampliamente usadas para impulsar los satélites, o bien por medio de la producción de temperaturas extremadamente elevadas concentrando grandes cantidades de luz solar sobre un único sitio y utilizando entonces este calor para impulsar un generador.

### **ENERGIA EOLICA**

Una segunda fuente potencial de energía es el viento. Alrededor de una cuarta parte de la energía solar que alcanza la tierra es convertida en viento que ha sido utilizado para el funcionamiento de máquinas durante muchos miles de años. Los molinos de viento de eje vertical fueron utilizados en Persia muchos años antes del nacimiento de Cristo. El inventor griego Hero de Alejandria diseñó un órgano cuyos fuelles eran accionados por un pequeño molino de viento, y al parecer los chinos han estado empleando el viento para mover sus ruedas de plegaria a partir del siglo IV o V. El molino de viento jugó un papel central en el desarrollo de la agricultura europea durante la edad media, particularmente en países como Holanda, cuya baja topografía les impidió emplear la energía hidráulica.

La energía procedente del viento proporciona una abundante fuente de energía mecánica con unas interferencias ambientales mínimas. Un inconveniente importante lo constituye el hecho de que la velocidad y dirección del viento están sujetas a unas rápidas fluctuaciones, a diferencia de la energía hidráulica o solar, cuyas fluctuaciones se suceden durante períodos de tiempo relativamente largos. Así mismo, el viento puede cesar a veces completamente, no obstante, la energía del viento sigue siendo una de las más importantes fuentes energéticas

de la tecnología alternativa, y cada vez se le está concediendo una atención mayor al campo del diseño de molinos de viento.

Existen dos modos mediante los cuales es posible aprovechar la energía del viento. El primero de ellos consiste en la utilización directa de su energía mecánica. Este es el principio a partir del cual se han estado utilizando los molinos de viento durante miles de años para moler trigo, así como para otros tipos de aplicaciones, como para mover troncos, sierras y otros instrumentos de taller, utilizándose también para elevar el agua empleada en las irrigaciones. Los molinos de viento pueden emplearse también para accionar bombas calentadoras, que extraen calor aprovechable de, por ejemplo, una corriente de agua. En general, la utilización del viento supone normalmente un molino de viento conectado a un dinamo y un equipo adicional de almacenamiento de energía, debiendo seleccionarse cada uno de estos mecanismos cuidadosamente, a fin de obtener un máximo de eficiencia.

# GENERACION EOLICA

UN VIENTO MISIONERO SACUDE LAS  
PERSIANAS

*Mario Benedetti*

## GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIO EOLICO

El viento, como se mencionó en el capítulo de generalidades, es consecuencia de la radiación solar al calentarse la atmósfera.

El aire, como cualquier gas, se mueve desde las zonas de alta presión a las de baja presión. El viento como materia prima para la generación de energía presenta un serio inconveniente, que es muy irregular en la mayoría de los lugares del mundo, especialmente en aquéllos donde soplan veces vientos generalmente fuertes; los vientos alisados, mucho más regulares, son relativamente débiles.

Desde el punto de vista práctico, es el contenido energético del viento lo que se desea aprovechar.

La energía cinética de una masa de aire que se desplaza viene determinada por la llamada << Ley del Cubo >> (3)

$$E = \frac{1}{2} \rho A \cdot v^3$$

siendo:

E = energía por unidad de tiempo (W)

A = área interceptada (m<sup>2</sup>)

$\rho$  = densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>)

v = velocidad del viento (m/s)

El contenido energético del viento depende de la densidad del aire y de su velocidad. Como en cualquier gas, la densidad varía con la temperatura y la presión, y esta a su vez, con la altura sobre el nivel del mar. Por limitaciones de tipo económico, tecnológico y económico únicamente el viento que fluye en los primeros 150 m sobre el nivel del suelo es aprovechable. Por otra parte, de la potencia eólica disponible en un lugar dado sólo una fracción puede convertirse en energía útil. En 1927 Betz demostró que esta fracción tiene un límite teórico ideal de 59.3%.

Las velocidades de viento promedio anual van de 0.25 m/seg (9km/h) en algunas zonas, hasta cerca de 9 m/seg (32km/h) en regiones montañosas y costeras. La selección del lugar de instalación de un sistema para el aprovechamiento de la energía eólica es crítica; diferencias de velocidades de viento de menos de 1 m/seg (3km/h) puede marcar la diferencia entre un sistema exitoso y uno antieconómico (4).

Los mejores lugares para el aprovechamiento de la energía eólica se encuentran a lo largo de las costas y en las mismas costas. A 1 km hacia el interior la velocidad del viento es menor y a 5 km las condiciones son las mismas que para las llanuras interiores. Los segundos mejores lugares se encuentran en las montañas y el nivel mas bajo de energía eólica se encuentra en las llanuras, donde los valores son 3 ó 4 veces más bajos que en las costas (5).

# **GENERACION FOTOVOLTAICA**

**LUZ, MÁS LUZ**

*Goethe*



## ENERGIA ELECTRICA POR MEDIO FOTVOLTAICO

### Introducción

La conversión de la energía de las radiaciones ópticas en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido con el nombre de "efecto fotovoltaico". El efecto fotovoltaico fué descubierto en 1839 por el físico francés A. Bequerel en sus estudios sobre celdas electroquímicas. Varios años después, en 1873 W. Smith descubrió la fotoconductividad en el selenio, tres años más tarde, en 1876, el efecto fotovoltaico fué observado por G. W. Adams y R. E. Day en una estructura semiconductor de selenio. La primera celda fotovoltaica de selenio fué descrita en 1883 por C. D. Fritts. En 1884 Halwach observó la fotosensitividad de estructuras de cobre/óxido de cobre, y E. H. Kennard y E. O. Dierich ligaron el efecto fotovoltaico con la existencia de una barrera (5).

Pero hasta 1950 se tuvo una célula solar de "alta" eficiencia, desarrollada por Chapin, Fuller y Pearson del Bell Telephone Labs. la eficiencia de conversión de energía solar a electricidad de estas primeras células fotovoltaicas de silicio monocristalino y sulfuro de cadmio era de 3 a 6%.

### Principios de Operación

Por lo general una célula solar fotovoltaica consiste en una capa semiconductor (0.03 centímetros de espesor), una "unión rectificante" y conductores eléctricos en ambas caras (ver fig.1). Cuando la luz solar incide sobre la celda (o célula), aquella es absorbida generando portadores de carga eléctrica adicionales que se difunden a través del material; algunos de éstos atraviesan la unión entre la capa difundida y el sustrato, en otras palabras cuando la luz incide sobre el material, la energía asociada con dicha luz, que está cuantizada (a los cuantos de luz se les llama fotones), se transfiere a algún electrón ligado con los átomos del material, y la energía de los fotones es suficiente, el electrón será extraído del átomo o átomos, y podrá moverse. Pero en este proceso el electrón ha dejado un hueco en el espacio que ocupaba, este vacío representa un lugar hacia el cual otros electrones podrán dirigirse, lo que equivale al movimiento de dicho hueco. Así se genera una corriente eléctrica que es colectada por los contactos óhmicos superior e inferior, y luego remitida a la carga eléctrica externa(6).

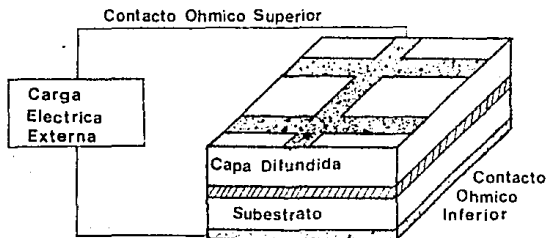


Figura 1

Prácticamente todas las células solares actuales, disponibles a nivel comercial, están constituidas por una unión p-n formadas en una oblea de silicio por difusión; la unión p-n formadas en una oblea de silicio por difusión; la unión es muy superficial con valores típicos de anchura de la capa difundida de 0.2-0.5 micras. El contacto eléctrico sobre la cara iluminada, que será la cara difundida, ha de hacerse de tal forma que deje al descubierto la mayor parte de la superficie para que penetre la luz en el semiconductor cumpliendo a la vez la exigencia de proporcionar una baja resistencia en serie. La solución viable que suele adoptarse son contactos en forma de peine como los que se muestran en la figura 2.. El contacto resistivo sobre la cara posterior, no iluminada, cubre toda el área. Habitualmente se cubre la cara iluminada con una capa de material antirreflexivo para aumentar el porcentaje de energía absorbida por la célula(7).

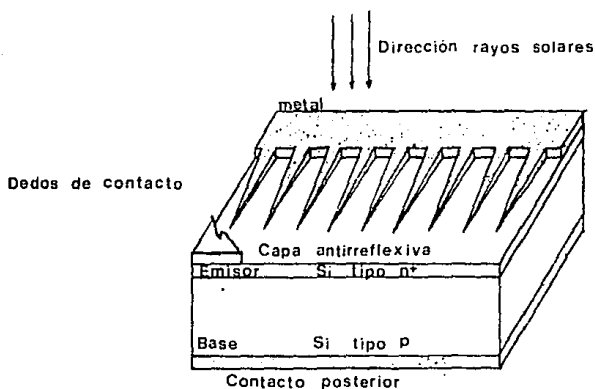


Figura 2: célula solar

No todos los portadores de carga que genera la luz del sol son aprovechados ya que algunos de éstos se pierden en el trayecto hacia la unión; esto se debe a que dentro del semiconductor hay impurezas que actúan como trampas para dichos portadores. A este proceso se le llama recombinación y representa un factor limitante en la conversión de energía solar en eléctrica.

Una vez que los portadores han sido generados tanto el electrón como el hueco tienden a difundirse, es decir, a desplazarse hacia zonas del material en las que hay menos electrones y huecos. Pero si ambos portadores se movieran simultáneamente en la misma dirección, la carga neta que se difundiría en dicha dirección sería cero y, por lo tanto, no habría una corriente eléctrica a menos que los portadores fueran separados de alguna manera antes de recombinarse.

Para lograr esta separación de electrones y huecos, se genera un campo eléctrico interno que los acelera en sentidos opuestos. Dicho campo se obtiene al introducir, en forma controlada, impurezas. La zona en la que se introducen dichas impurezas se llama capa difundida y la región donde se establece el campo eléctrico se denomina "la unión".

De todo lo anterior se deduce que los factores intrínsecos al material que limitan la eficiencia de conversión son las siguientes: movilidad de los electrones o huecos, tiempo de vida media antes de su recombinación y energía mínima que los fotones deben poseer para generar los pares electrón-hueco. A ésta se le conoce como "energía de la banda prohibida" ( $E_g$ ) y su valor varía según el semiconductor que se este utilizando.

Hasta el momento hemos estudiado la célula solar en una forma sencilla y sin utilizar ecuaciones o términos matemáticos, ahora con los elementos proporcionados realizaremos este análisis que es ineludible.

Cuando la célula es iluminada, mientras se aplica una diferencia de potencial (V) en sus terminales, suministra una densidad de corriente (J); bajo estas condiciones la célula solar esta sometida a dos tipos de excitación; la iluminación y el voltaje aplicado.

La corriente generada vendrá dada por la suma algebraica de las dos corrientes siguientes:

$J_L$ : corriente fotogenerada o fotocorriente, producida por la iluminación en ausencia de excitación por voltaje externo (coincide generalmente con  $V=0$ , condición de corto circuito)

$J_D$ : corriente de oscuridad o corriente de diodo producida por la polarización con voltaje externo en ausencia de iluminación

En la región de funcionamiento como generador, estas componentes se oponen (fig. 3) de forma que, tomando como positivas las corrientes de generación se puede escribir (polarización directa, ( $J_D$ ) positiva; polarización inversa, ( $J_L$ ) negativa).

$$J = J_L + J_D$$

ecuación fundamental de una célula solar.

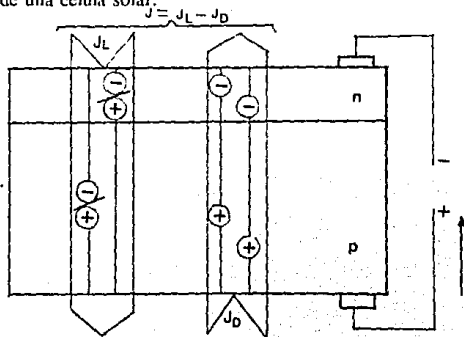


Figura 3

Analizemos la componente  $J_0$  fotocorriente.

Consideremos la célula iluminada y en corto circuito (fig. 4), los fotones de energía superior a  $E_g$  son absorbidos por los electrones de la banda de valencia, que pasarán a la banda de conducción generando un par electrón-hueco como lo habíamos mencionado anteriormente. Los electrones y huecos generados en la zona de transición son separados y arrastrados por el campo eléctrico de esta zona para ser inyectados en las zonas n y p respectivamente. El campo eléctrico ha actuado de separador de electrones y huecos generados, impidiendo su recombinación y originando la componente de la fotocorriente que denominaremos  $J_{LT}$ .

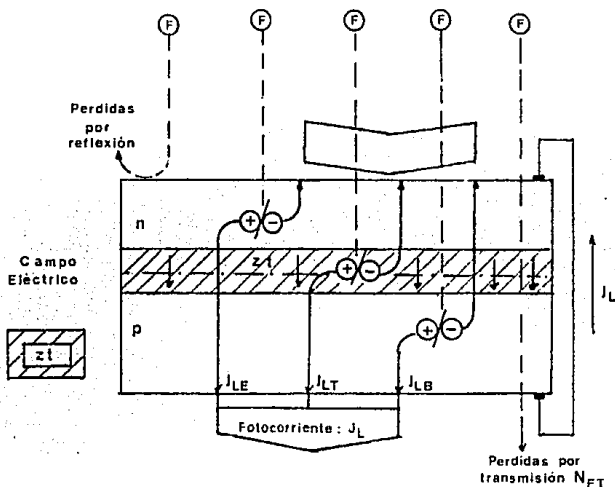


Figura 4

Los huecos y electrones generados en la zona de tipo n se difundirán hacia la zona de transición (zt) y hacia el contacto óhmico. Los electrones, repelidos por el campo de la zt, circulan como mayoritarios hacia el contacto óhmico, mientras que los huecos son colectados y arrastrados por el campo e inyectados en la zona p, en la que son mayoritarios y en la que se redistribuirán y avanzarán por arrastre. El campo de "la unión" actúa de nuevo como separador de portadores, generándose otra componente de fotocorriente que denominaremos  $J_{LF}$ . De manera análoga se hace el estudio para la zona p que da lugar a la componente de fotocorriente  $J_{LP}$ .

La suma de las tres componentes constituye la corriente de fotogeneración:

$$J_L = J_{LF} + J_{LT} + J_{LP}$$

Un circuito equivalente de la célula solar es el siguiente:

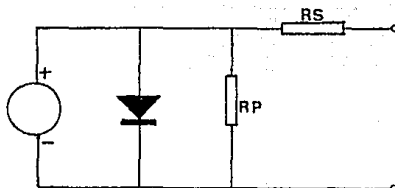


Figura 5: circuito equivalente de la célula solar

La resistencia paralelo tiene su mayor influencia en la región de bajas tensiones (próximas a cero). Su origen puede deberse a fugas de corriente por las superficies de los bornes de la célula, a picos de difusión a lo largo de dislocaciones o fronteras de grano (cuando existan); a pequeños cortocircuitos metálicos a través de microdefectos.

La resistencia serie se debe fundamentalmente a la resistencia de los contactos, a la ofrecida por la delgada capa de emisor, que es recogida lateralmente por la corriente, y a la de los dedos metálicos que constituyen la malla o rejilla de metalización.

#### Arreglo Fotovoltaico y sistema Fotovoltaico

Un arreglo solar o fotovoltaico puede ser definido como "un mecanismo integrado por una unión de módulos junto con una estructura de soporte y base, cables, controlador térmico y otros componentes, como requerimiento para formar una unidad productora de potencia..." y un módulo es:

"Lo pequeño, células solares, elementos ópticos y otros componentes, ensamblados y completamente protegidos del medio ambiente diseñado para la generación de potencia bajo no concentraciones de luz solar terrestre"(8).

La segunda definición corresponde a lo que nosotros conocemos con el nombre de panel fotovoltaico plano.

En este tipo de paneles las células fotovoltaicas se encuentran por lo general en serie y su número varía dependiendo de el voltaje deseado, además de estar conectadas en serie-paralelo para obtener la corriente que sea requerida.

Existen además los paneles fotovoltaicos de concentración, en los cuales la luz solar es concentrada sobre las células fotovoltaicas para un mejor aprovechamiento de la energía, la figura (6) nos muestra un panel y un arreglo.

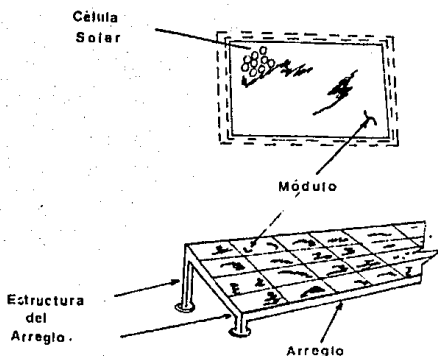


Figura 6: módulo y arreglo fotovoltaico

Casi la totalidad de las células solares en los paneles planos actuales son células de silicio monocristalino.

Según los fabricantes, el sustrato puede ser tipo p o tipo n con lo que pueden encontrarse paneles con células p + n y paneles con células n + p. No puede afirmarse realmente que unos sean mejores que otros por razón de la polaridad de las células.

Las células monocristalinas son normalmente redondas. Esta forma proviene del método de crecimiento del monocristal a partir del silicio ultrapuro fundido, que se conoce como Método Zochralski y que proporciona barras cilíndricas que al ser cortadas proporcionan la oblea.

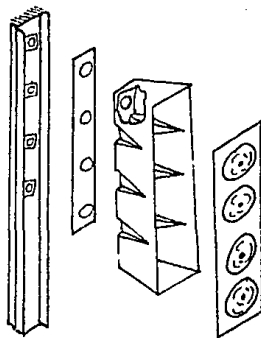
Hay fabricantes que a fin de ofrecer paneles más compactos cortan en forma de cuadros las obleas circulares de silicio monocristalino a fin de realizar células cuadradas.

En algunos paneles se utilizan células solares realizadas sobre medias obleas o incluso cuartos con el fin de conseguir unas determinadas características de tensión y corriente.

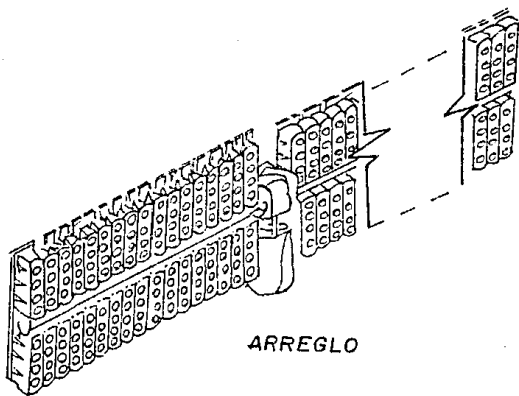
Las células empleadas suelen ser grandes, de 100 mm de diámetro y su espesor oscila entre las 300 y 400 micras. Hay paneles con células redondas de 125 mm para obtener un empaquetamiento de gran densidad(9).

La primera definición nos da pausa para ampliar brevemente los comentarios sobre un arreglo solar fotovoltaico. Los paneles o módulos comerciales en México se encuentran con voltajes de 3, 6, 9, 12, y 24 volts, con potencias que oscilan entre los 10 y los 53 watts; por lo que si se desea un voltaje y una potencia específicos se pueden conectar en serie o serie-paralelo de igual modo que como se realiza con las células fotovoltaicas.

El método más común de interconexión consiste en utilizar una cinta metálica, comunmente estañada, que une la cara posterior de la célula con el colector de corriente de la cara anterior de la célula siguiente de una conexión serie. El método de soldadura más ampliamente utilizado calienta siempre la cinta y la playa de soldadura para conseguir la fusión del estaño y su



MODULO



ARREGLO

Fig 6-A  
Modulo y Arreglo Fotovoltaico de Concentración

solidificación en décimas de segundo.

La fiabilidad exigida a los paneles fotovoltaicos requiere la utilización de dos cintas de interconexión y cuatro puntos de soldadura por célula.

Las interconexiones eléctricas más corrientes en un panel son la conexión serie y la conexión serie-paralelo. Las conexiones serie vienen forzadas por la necesidad de alcanzar ciertos valores de tensión que son comúnmente empleados en las estaciones aisladas, que a su vez provienen de las tensiones propias de las baterías de plomo normalmente utilizadas.

Una vez realizada la conexión serie capaz de alcanzar el voltaje deseado, se conectarán en paralelo el número de series necesario para tener la corriente deseada. En casos en los que se precise un potencia pequeña se usa células hechas con medias obleas o cuartos de oblea conectadas en serie en número suficiente para conseguir la tensión precisa.

En un sistema fotovoltaico existen además del arreglo fotovoltaico otros componentes que pueden ser representados en forma esquemática de la siguiente manera:

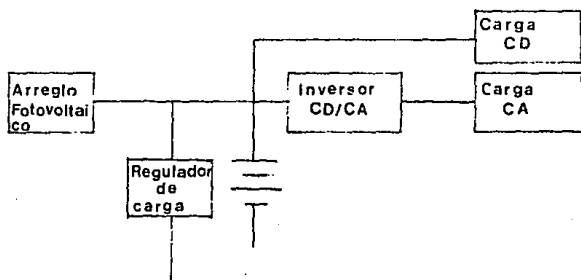


Figura 7: sistema fotovoltaico

A continuación describiremos cada componente:

#### *Baterías o acumulador eléctrico*

Los acumuladores eléctricos son depósitos de corriente continua que almacenan y ceden, alternativamente, energía eléctrica por medio de una transformación química. Al proceso de almacenamiento de energía se le llama carga; al proceso inverso, de cesión de energía, descarga. La transformación química es proporcional a la cantidad de corriente almacenada o cedida en Amper-hora (Ah). De aquí que la capacidad de un acumulador venga dada en Ah. No es una magnitud constante, sino dependiente ante todo de la corriente de descarga y la duración de ésta(tio).



Los fabricantes incluyen estos datos. Así  $K5 = 100 \text{ Ah}$  quiere decir que el acumulador cede 100 Ah con una duración de descarga de 5 horas, con lo que la corriente de descarga es:

$$K5 = I5 = 100/5$$

$$K5 = I5 = 20 \text{ A.}$$

Durante la descarga la tensión no debe ser inferior a un valor preceptuado (tensión final de descarga).

Químicamente, los procesos de carga y descarga son exactamente inversos, no obstante, aparecen pérdidas de tensión, y en la carga también pérdidas de corriente, a causa de la descomposición del agua.

Los tipos de acumuladores eléctricos existentes en la actualidad son variadísimos y la bibliografía sobre ellos muy amplia. En la siguiente tabla se muestran las principales características de los acumuladores en uso hoy en día.

bateria	densidad de energía Wh/kg	densidad de potencia Wh/kg	ciclos de vida	temperatura funcionamiento	electrolito
Pb-ácido	50-60	150-200	1500-2000	ambiente	SO H
Na-S	90-250	100-250	200-1500	300-500°C	ceramico
Ni-Zn	60-70	150-300	300-1000	ambiente	K(OH)
Ni-Fe	35-60	100-120	1500-2500	ambiente	K(OH)
NiCd	45-60	150-300	1500-3000	ambiente	K(OH)
Zn-Cl	130-150	100-130	200-900	30-50°C	Cl Zn
Zn-aire	120-140	25-50	< 250	ambiente	K(OH)
Ag-Zn	70-250	150-300	100-200	ambiente	K(OH)
Li-FeS	100-220	120-220	200-1000	350-450°C	sal. fund.
Li-CL	350-450	200-450		600-700°C	sal. Fund.
elec. organico	220-330	30-60		ambiente	orgánico

Puede verse en la tabla, que los efectos de densidad de energía y potencia el acumulador Pb-ácido es superado por otros. Sin embargo, las propiedades más importantes del acumulador cuando se piensa en su aplicación con sistemas fotovoltaicos, son los ciclos de vida y el costo de kWh. Teniendo en cuenta ambas propiedades, el acumulador Pb-ácido presenta la mejor situación.

Una de las clasificaciones más completas de los tipos de acumuladores, es aquella que se basa en el tipo de aplicación y que podría ser el siguiente:

- Acumuladores de Arranque de automóviles
- Acumuladores de Tracción eléctrica
- Acumuladores Estacionarios en régimen de Flotación
- Acumuladores Solares

El acumulador diseñado para el almacenamiento de la energía solar fotovoltaica, debe reunir las características de los Acumuladores de Tracción y de los Estacionarios. Por una parte deberán tener un buen comportamiento frente a ciclos de carga-descarga y por otra deben tener una larga duración.

#### *Regulador de Carga y Descarga*

Las Baterías como sistema de almacenamiento de energía juegan un papel importante, pero es necesario instalarle un sistema de control para regular el flujo de energía, tanto cuando se entrega para ser almacenada, como cuando es requerida para ser utilizada, ya que una utilización en forma arbitraria no permitiría el buen funcionamiento del sistema en general y disminuiría considerablemente la vida útil de los componentes.

La no utilización de reguladores puede provocar que durante la noche las baterías se descarguen pasando por los paneles solares, es por lo que el primer regulador que se utilizó fue un diodo que no permitiera el flujo inverso y durante el día esto no restringiera el paso de corriente hacia el banco de baterías haciéndose necesario tal control por medio de elementos que detectarían el voltaje de las celdas y decidieran sobre la conveniencia o no del flujo de corriente, eso por el lado de la carga, por el lado de la descarga se presenta una situación parecida, ya que de detectarse bajos voltajes debe interrumpirse la extracción de energía para no dañar la batería.

#### *Inversores DC/AC*

Los paneles fotovoltaicos permiten la conversión de energía solar en energía eléctrica, suministrándola en corriente directa, por lo que se hace necesaria la utilización de inversores para la conversión en corriente alterna, la forma más común de utilización. En la actualidad los inversores son equipo de estado sólido que utilizan en forma general tiristores de potencia, que permiten el manejo de grandes corrientes, y algunos componentes pasivos para filtrar, tanto las señales de entrada como de salida.

**CELULA SOLAR**  
**TECNOLOGIA, COSTO, RENDIMIENTO-PROGRESO Y PERSPECTIVAS**

**CRISTAL MONOCRISTALINO**

- eficiencia de la celula en producción de 13%
- eficiencia aproximada del módulo 12%
- 10 años de garantía
- eficiencia de la célula en laboratorio 19-20%

**POLICRISTALINA**

- eficiencia de la célula en producción de 12%
- eficiencia del módulo de 11%
- 10 años de garantía

	1985	1990	1995
silicon monocristalino			
-eficiencia de módulo	11	15	16
-precio (\$/Wp)	6.50	4-5	3
concentradores			
-eficiencia de módulo	14	17	20
-precio (\$/Wp)	5-6	3.3-4.0	2.50
cinta/sabana			
-eficiencia de módulo	10	11	14
-precio (\$/Wp)	7.50	3.3	2-3
plancha electrotípica			
-eficiencia de módulo	11	13	15
-precio (\$/Wp)	7.00	3.50	3.0
silicon amorfo			
-eficiencia de módulo	5	8	10
-precio (\$/Wp)	5.0-6.0	2-3	1.66-2.5
media aritmetica del precio (\$/Wp)	6.50	3.50	2.50

# **EJEMPLO PRACTICO**

HOY EN DÍA, LA INVERSIÓN FEDERAL QUE LLEGA A CHIHUAHUA A TRAVÉS DEL CONVENIO DE DESARROLLO SOCIAL, HA CRECIDO CASI UN 60% EN RELACIÓN CON EL AÑO ANTERIOR. LOS PROGRAMAS DE APOYO AL CAMPO CHIHUAHUENSE Y LOS DE AUXILIO A LA REGIÓN TARAHUMARA, HAN CRECIDO EN MÁS DE UN 50%.

*Francisco Barrio Terrazas  
Gobernador Constitucional de Chihuahua*

## EJEMPLO PRACTICO EN UNA COMUNIDAD RURAL

### Introducción.

Hasta el momento se han mencionado las ventajas y desventajas que proporcionan las tecnologías alternativas sin entrar en mas detalles. Algunos autores señalan que el grado de desarrollo tecnológico que poseen los países es indicador del desarrollo económico y social de los mismos; otros como David Dickson afirman que esto es una falacia y que el desarrollo tecnológico y la tecnología han perdido su función inicial, la de proporcionar los medios para un mejor bienestar de la humanidad, para pasar a ser un aparato de manipulación y opresión basada en políticas e intimamente relacionado con la distribución del poder y el ejercicio del control social; aundado a esto la extensa destrucción del medio ambiente natural y el agotamiento de las limitadas reservas mundiales de recursos naturales. "La sociedad contemporánea se caracteriza por una creciente desconfianza con respecto a la tecnología "(1), el autor señala que la utilización de tecnologías alternativas, o utópicas como el les llama, puede ser una forma de revertir este proceso.

Todos los comentarios anteriores se me ocurren por el hecho de que en nuestra formación profesional no pocos profesores nos remarcan el hecho de que en el desarrollo tecnológico del país se encuentra la única salida viable para que abandonemos el tercer mundo y podamos incorporarnos a la senda de los países del primer orden; nos dicen que la introducción de tecnología al campo ayudará al desarrollo de éste y que el uso de fotoceldas y energía eólica para dotar de electricidad a los lugares apartados es la panacea del país. En lo referente a los indígenas, al recibir servicios básicos para su supervivencia se integrarán al proceso productivo del país al cultivar sus parcelas impidiendo con esto su migración a las ciudades, donde engrosan las filas de la mendicidad.

Todo lo anterior nos parece, no solo como estudiantes, que es la solución, y en muchos casos lo es, pero al encontrar en revistas y periodicos capitalinos notas como la siguiente "Pobres entre los pobres de este país, despojados, explotados, marginados por siglos, los Tarahumaras no piden caminos, ni agua potable, ni luz eléctrica, ni siquiera escuelas: exigen respeto a sus tradiciones y costumbres, a su forma de ser y de vivir", empiezan a surgir dudas respecto a nuestro conocimiento de la realidad del país, dudas respecto a la realidad del país que estudiamos en las aulas o leemos en libros y revistas, pero, sobre todo surgen dudas un poco mas profundas ¿ estamos lo suficiente maduros para este tipo de tecnologías ? técnica y tecnológicamente posiblemente si, pero ¿ socialmente ? y sobre todo ¿ politicamente ?. Estas preguntas no pueden ni deben ser contestadas a la ligera, quien así lo haga demuestra su desconocimiento del panorama nacional, es mas podemos poner las manos en el fuego al decir que los mestizos sí aceptan este tipo de tecnologías, pero las comunidades indígenas se basan en sus costumbres y tradiciones, y como es sabido México es un mozaico de culturas, por lo que al dar respuesta se debe analizar cultura por cultura y aun mas, región por región dentro de una misma cultura. El presente capítulo no pretende dar respuesta a las anteriores preguntas-me declaro incapaz de hacerlo-, sino de plasmar algunos datos que nos permitan tener una idea de lo que piensan y sienten los indígenas de la Baja Tarahumara con respecto a este tipo de alternativas energéticas, se presenta un pequeño proyecto elaborado y supervisado con la ayuda de personas de la comunidad de Huicorachi, poblado donde se realizó el estudio.

## ANTECEDENTES

Wright Mills escribió en su libro *La Elite del Poder* "Ni la capas superiores ni las capas inferiores de la sociedad moderna pertenecen normalmente al mundo de los que leen y escriben libros; estanos más familiarizados con las filas intermedias. Para entender a la clase media nos basta con ver lo que se mueve en torno nuestro; mientras que para conocer la cima o el fondo, debemos primero intentar descubrir y describir. Y esto resulta muy difícil: la cima de la sociedad moderna es, a menudo inaccesible; y el fondo está con frecuencia oculto". El presente análisis surge como resultado de mi estancia de un año en la Tarahumara conviviendo con sus habitantes, pero ya en el campo uno se da cuenta de que el conocimiento de una región-grande o pequeña- es un difícil, complejo y largo proceso. Comienza desde el momento de visitar por primera vez el área y no concluye jamás, pues incluso el mejor estudio resalta siempre parcial y no depende sólo del análisis de campo. (1)

Procederemos pues a analizar brevemente la formación de la región Tarahumara a través de la historia, con la premisa de la interrelación e interdependencia de los fenómenos naturales, demográficos, económicos y políticos principales que han intervenido y determinado por lo tanto el sucesivo desenvolvimiento de un proceso, el cual llega hasta nuestro días.

### Breve Historia

La historia de la Sierra Tarahumara comienza desde el momento en que aparecen los primeros grupos humanos, procedentes de Asia, los cuales descendieron del territorio norteamericano rumbo al sur, aproximadamente en el año 25,000 antes de nuestra era. Varios miles de años después de cruzar el estrecho de Behring, los grupos llegarán a las praderas norteamericanas y más tarde al México actual, continuando hacia el sur hasta sudamerica.

Algunos de los grupos de emigrantes permanecieron como errantes cazadores, recolectores y agricultores primitivos en los vastos territorios de Aridoamérica, en el noroeste, norte y noreste de México. Varios de estos grupos crean culturas agrícolas aisladas en Arizona y Nuevo México, Casas Grandes (Chihuahua), Zacatecas y Tamaulipas, Sonora y Coahuila, pero la aridez y el escaso adelanto productivo les impide forjar altas culturas como sucedio en Mesoamerica; de esta manera, permanecieron casi virgenes enormes extensiones de las sierras Madres de Occidente y el Oriente, vastas planicies del norte y el noroeste hasta Sinaloa, Zacatecas y San Luis central, así como de Nuevo León y hasta el siglo XVI sirvieron de asiento a pueblos como el Tarahumara o Rarámuri.

En 1540 el proceso de expansión de la conquista se inicia hacia el norte al encontrarse nuevas minas en Zacatecas(1546), Durango(1563), Santa Barbara(Chihuahua)(1567). Soldados, mineros y administradores coloniales-con todo un "ejercito indigena de trabajo" esclavo- se movilizan por todo el territorio. Los descubrimientos y explotación de nuevas minas a principios del siglo XVII en Parral(1603), Chihuahua(1703), Monclova(1689) consolidan la región minera. Con la llegada de los españoles-que tomaban para si las mejores tierras- los indigenas eran desplazados de los valles centrales a las regiones menos accesibles. En los siglos XVII y XVIII las minas de Parral, Santa Bárbara, Topia, Chihuahua y Alamos impulsaron la creación de importantes centros agrícolas y ganaderos en el valle de San Bartolomé y Casas Grandes y de gran número de ranchos y haciendas dispersas en las cercanías o a lo largo del camino de "Tierra adentro"(1). Sin embargo, la ocupación del suelo agrícola se redujo a zonas muy concretas que disponían de recursos naturales quedando vastisimas extensiones sin incorporarse a esta

transformación. El proceso productivo de las minas, la ganadería y la agricultura se fué dando en forma constante en el norte hasta 1910, donde la concentración de los bienes de producción y tierras era notorio, como es el caso de Luis Terrazas que poseía 60,000 Km<sup>2</sup>.

En todo este proceso las comunidades indígenas de Chihuahua que mas tarde se les nombraron Tarahumaras, Conchos, Tepehuanos, etc. permanecieron nómadas. Los que eran tomados por esclavos no pocas veces se revelaron contra el mal trato y las vejaciones de que eran víctimas, destacando las figuras de los jefes tarahumaras Topóracá el "Hachero" y Cambeica. Para vencer el anhelo de libertad de los nativos, hubo que utilizar contra ellos la traición, el engaño, incluso la introducción de vicios.

La dictadura porfirista fué lo que le dio un auge mayor al norte. La región de la Sierra Tarahumara no se aparto de los lineamientos que le daban vida a la dictadura porfirista y al contrario era uno de sus pilares al ser una fuente importante de recursos forestales, mineros, ganaderos y de mano de obra; la producción estaba concentrada en pocas manos y en los límites de la sierra se habían asentado empresas extranjeras que daban empleo a cientos de personas; la introducción a partir de 1897 del ferrocarril acelera el auge productivo, la red telegráfica comunica en 1884 la ciudad de Chihuahua y Guerrero. La revolución Mexicana da un giro a la transformación de la Tarahumara. La revolución rompe con el monopolio económico y político en el que estaba sustentado el porfiriato. La ley agraria estatal de 1922, que permite la repartición de latifundios de Zuloaga y Terrazas en 1932 y los certificados de inafectabilidad agrícola y ganadera de 1936 permitieron en conjunto la dinamización de las actividades agropecuarias de Chihuahua. Nacen poblaciones como Ciudad Cuauhtémoc y Ciudad Delicias; se impulsa Camargo; se fortalecen lugares ganaderos de los valles Centro-Chihuahua como la propia capital de la entidad; Ciudad Juárez tiende también a consolidarse; en todas ellas se impulsa la industria. Estas medidas y sus repercusiones tienen un efecto preciso en la Tarahumara: fortalecen su tendencia a convertirse en surtidora de materias primas y fuerza de trabajo. Las disposiciones postrevolucionarias al otorgar garantías sobre la tenencia de la tierra, impulsaron la producción en todo el estado sólo que de manera diferenciada y la clave se encuentra en la diversificación de la estructura productiva, pero sobre todo en la vinculación de los sectores agropecuario y forestal a la industria de la transformación; esto ocurrió en las ciudades antes mencionadas pero no en la Tarahumara.

En la Tarahumara, ni siquiera los recursos forestales y mineros propician el desarrollo de la industria de la transformación en sus límites, los latifundios no son tocados sino mucho tiempo después de la revolución y cuando son afectados por el gobierno, fortalecen a intereses monopólicos ya establecidos en la entidad. En 1952 es fundada Celulosa de Chihuahua S. A. en Ciudad Anáhuac, municipio de Cuauhtémoc, fuera de la Tarahumara. En 1953 el gobierno entrega a los campesinos 20 mil hectáreas de bosque, para esas fechas ya estaba funcionando Celulosa de Chihuahua, aunado a esto de que no se establece en esos años ninguna otra empresa de magnitud semejante, permite intuir que los efectos sobre la industrialización de la Tarahumara fueron nulos. La minería tubo un proceso semejante, las empresas que sobrevivieron a la revolución se establecen y desarrollan en las regiones de los valles Centro-Chihuahua, Parral y Allende-Jiménez, fundamentalmente, hacia ellas fluirán los metales provenientes de la sierra. La Tarahumara vive y se desenvuelve en un marco que muestra uno de los más bajos índices de evolución de las actividades urbano-industriales, que conserva al mismo tiempo un alto grado de monopolización en sus sectores productivos y que tienen acusados síntomas de miseria, ensañada con sus núcleos indígenas sobreviviente en la depredación de los mestizos y extranjeros.

Esto ha sido a grandes rasgos la transformación de la Sierra Tarahumara desde un punto de vista de producción es decir desde un punto de vista económico, con sus repercusiones sociales; pero en esta pequeña reseña no se ha adentrado a la historia y cultura de los indígenas que nos ocupan en nuestro análisis, los Tarahumaras o Rarámuris. Como se ha mencionado, con la llegada de los españoles, las comunidades indígenas fueron desplazadas a los lugares menos accesibles y poco favorables; habitantes en un principio de los valles de lo hoy es Ciudad Cuauhtémoc, los Rarámuris fueron desplazados a las partes altas de la Sierra Madre Occidental; dedicándose básicamente a la caza y la recolección. Con la entrada de las ordenes religiosas en la sierra se inicia un cambio drástico en su forma de vida; acostumbrados a vivir aislados, los indígenas son concentrados en torno a las misiones con el propósito de evangelizarlos y también controlarlos, algunas de sus creencias y costumbres se cambian por valores ajenos a ellos, y otras se funden con la nueva religión para dar paso a una forma de vivir y pensar peculiares, este sincretismo es lo que les ha permitido sobrevivir como cultura hasta nuestro días. Como dato adicional dire que los Jesuitas dividen la tarahumara en dos zonas culturales, de acuerdo con rasgos comunes en cada una de ellas, estas zonas son la Alta y la Baja Tarahumara; la primera está compuesta por las partes altas de la sierra y se caracteriza por su clima extremadamente frío en invierno y la Baja tarahumara formada básicamente por barrancos y climas templados y tropicales. La diferencia cultural entre estas zonas se básicamente el language y la vestimenta. No pretendo hacer un análisis del desarrollo cultural de este pueblo ya que no es mi propósito además de que abarcaría no solo uno sino bastantes estudios, pero si puedo decir que el libro "Danzar o Morir" de Pedro de Velazco nos introduce en el mundo magico del Rarámuri y nos permite comprender un poco su forma de ver al mundo. El proceso historico del indigena se puede resumir en desprecio por parte de los "chabochis" o mestizos y blancos, despojo de sus tierras y ataque a sus costumbres y tradiciones.

## ESTADO ACTUAL DE LA BAJA TARAHUMARA

### Principales Actividades de los Indígenas

#### Agricultura

Los indígenas poseen las peores tierras para el cultivo, principalmente las que se encuentran en las laderas de los cerros deforestados y erosionados. El cultivo es de temporal y sus principales productos son el maíz, frijol, chicharo, cebada, papa, ajo, tomate y cebolla destinándose casi en su totalidad al autoconsumo. El promedio de tierra que posee una familia indígena es de cinco hectáreas.

#### Ganadería

Se dedican a una agricultura de tipo extensiva, comprende bobinos, porcinos, caprinos, ovinos y aves de corral, todos con marcados síntomas de desnutrición además de enfermedades como timpanismo, parasitosis, mastitis, tuberculosis, derrengo, etc. La agricultura y la ganadería son la base del sustento de los indígenas.

#### Explotación Forestal

La actividad silvícola es sin duda la mas importante de la Tarahumara, pero es tambien la mas monopolizada, y de la que menos beneficios reciben los indígenas legitimos dueños en un



principio de los bosques, por citar un ejemplo, en 1971 se le expropiaron a Bosques de Chihuahua varios miles de hectáreas y se formó el ejido El Largo; en 1979, los bosques de este ejido estaban concesionados a favor de la empresa expropiada. Otro ejemplo, la empresa Ponderosa recibe la concesión de explotar el bosque del ejido del Churo en el municipio de Urique, al finalizar el contrato y hacer revisión de cuentas el ejido resulta con una deuda de 20 millones de viejos pesos a favor de la empresa; como estos ejemplos se pueden citar cientos, creando problemas sociales, políticos y económicos que agravan la situación de la Tarahumara, aunado a esto el agotamiento de los recursos forestales.

### Industria

En la Tarahumara esta actividad productiva tiene escaso desarrollo y diversificación y sus posibilidades de expansión son reducidas, no solo porque la transformación más compleja de los recursos regionales se realiza fuera de sus límites, sino por la misma orientación que guardan los planes de industrialización de la entidad; reconcentrar la actividad en ciudades donde ya está ubicada. En la Baja Tarahumara la industria se reduce únicamente al sector minero, donde los indígenas tienen poca o nula participación.

### Turismo

Para darle vida nuevamente a la Tarahumara el Gobierno Estatal y Federal han encaminado sus esfuerzos a crear una zona turística a nivel mundial en este lugar, actualmente existen hoteles de cuatro y cinco estrellas. Los indígenas obtienen un ingreso al vender sus artesanías en forma directa, aunque también existe el intermediarismo.

Hasta el día 13 de octubre de 1993 (día en que abandone la sierra) la situación se podía resumir de la siguiente forma:

Situación higiénica: pésima

Índice de Morbilidad: elevado

Mortalidad: 20.4% al millar

Enfermedades infecciosas en las vías respiratorias, gastrointestinales, tuberculosas, ginecológicas y alcoholismo.

Causas principales de Mortalidad:

Subalimentación, desnutrición, falta de atención médica.

Grado de desnutrición: elevado debido a la poca producción agropecuaria.

Grado de alcoholismo: alto.

La familia indígena, por lo regular, posee las tierras de menor calidad, las que están más sujetas a erosión y de menor coeficiente de agostadero, dando por resultado que los rendimientos por hectárea menores. Se calcula un promedio de cinco hectáreas por familia indígena en esta región.

## POLÍTICAS INDIGENISTAS EN LA BAJA TARAHUMARA

Antes de la revolución de 1910 los indígenas de la Baja Tarahumara tuvieron poco o nulo apoyo por parte de las autoridades estatales o federales, la única institución que se "preocupó" por ellos fue la iglesia. Después de 1923 el indigenismo en México puede ser dividido en tres etapas, la indiferentista, la integracionista y la actual.

### Etapa de la Indiferencia

Después de la revolución Mexicana, el gobierno de Obregón se esfuerza por la reconstrucción de un país diezmado y dividido, enfrenta revueltas de otros caudillos y trata de sanear las finanzas. Es en este ambiente cuando el forjador de las políticas indigenistas que serán vigentes en el país por muchos años, José Vasconcelos, plantea la necesidad de integrarlos a la Sociedad Mexicana para introducirlos a la senda del desarrollo, sin embargo estas políticas no entran en funcionamiento, pues la lucha por el poder esta a la orden del día y los indígenas son relegados a un quinto o sexto plano.

### Etapa Integracionista

Una vez pacificado el país y dando principio la Reforma Agraria se crea en México una política basada en los principios planteados por el maestro de la juventud José Vasconcelos, está dirigida principalmente en uniformizar la Cultura Mexicana tendiente a crear una unidad social basada en el nacionalismo, como unica forma de desarrollo del país. La etapa más representativa de esta época la forman los períodos presidenciales del General Cárdenas y el Licenciado Miguel Alemán. La cultura Tarahumara desde el punto de vista de esta política esta llena de errores de apreciación, errores que deben ser quitdos "Los tarhumaras, por ejemplo, creen que la tesgüinada sirve, entre otras cosas, para promover la fertilidad de los suelos y la recolección de buenas cosechas. Los agentes educativos no tienen porqué entablar una polémica con ellos para tratar de convencerlos de su error. Bastara con que los indígenas observen los rendimientos obtenidos en las parcelas convenientemente abonadas y cultivadas bajo la deirección de los expertos en esta materia para que adopten las técnicas seguidas por ellos. Con el tiempo el mito de la efectividad de las tesgüinadas para obtener buenas cosechas desaparecerá".

Y aun más "... las tareas más importantes que deben figurar en los planes de trabajo se señalan las siguientes: superación del trabajo agrícola y pecuario; creación de nuevas fuentes de trabajo; formación del fondo de reserva económico; construcción y conservación de caminos, escuelas y edificios del servicio público y comunal,....fomento de la educación, del arte, del deporte y de la recreación sana, y estímulo al mérito cívico, a la honradez, al trabajo, al ahorro y dema virtudes sociales" (12).

Esta política tuvo resultados muy notorios pero no los esperados, se crearon vicios que antes no eran propios de los indígenas, el paternalismo fué tal que los habitantes de las comunidades no realizaban trabajos en beneficio propio y solo se limitaban a esperar que los "expertos" del gobierno les realizaran las obras de infraestructura programadas por el gobierno, los indígenas que participaban en el mejoramiento de la región lo hacían por el jornal que pagaban más que por el interés de desarrollo. La agricultura tradicional sufrió un gran cambio al introducirse abonos químicos; el abuso de estos productos trajo consigo el deterioro del suelo al grado de que en la actualidad sino se aplica abono químico no se obtiene cosecha para sobrevivir. Los créditos fluyeron al campo pero siempre eran mal manejados por las autoridades municipales, ejidales o los caciques; la autoridad tradicional indígena también es alterada al crearse organismos ajenos a está, como es el caso del Consejo Supremo de la Tarahumara.

Podemos resumir esta etapa del indigenismo, como aquella en donde se crean los grandes males de los habitantes de la baja tarahumara, al crear vicios como el paternalismo, la dependencia excesiva del indígena para con el gobierno, corrupción a gran escala, nepotismo, y como una alteración de los patrones culturales del rarámuri en pro de una unificación cultural en aras de un nacionalismo.

### Etapa Actual del Indigenismo

La política Nacionalista analizada en párrafos anteriores se va transformando a políticas populistas, principalmente en los periodos de Luis Echeverría y J.L. Portillo; la corrupción y los demás vicios se fortalecen mas, pero también forma el perfil de lo que sera la política indigenista actual, cuya bandera de lucha es "Libre Desarrollo de los Pueblos Indígenas" para corregir la desigualdad social existente. Al tomar posesión de su gobierno en 1988 el Lic. Carlos Salinas de Gortari crea el Programa Nacional de Solidaridad, y en 1990 son creados los Fondos Regionales de Solidaridad donde "el respeto a la identidad; la cultura y la organización de los pueblos indígenas de México es un problema esencial de todas las acciones comprendidas dentro de este programa. Los pueblos indígenas y las comunidades(...) tienen el derecho de definir con libertad los objetivos, modalidades y plazos de sus proyectos de desarrollo...

La acción indigenista emanada de este programa persigue la justicia social, en el sentido del mandato constitucional, es democrática, participativa y descentralizada, rechaza y rehuye toda forma de paternalismo, suplencia o intermediación"(13).

Para lograr estos objetivos se crean los Fondos de Solidaridad para el desarrollo que tienen por objeto financiar los proyectos productivos recuperables de las organizaciones y comunidades indígenas.

Esta etapa al igual que la anterior adolece de un común denominador, la implantación de formas de organización ajenas a ellos, la creación de la Organización Solidaria de la Baja Tarahumara para financiar proyectos productivos, que como todos los anteriores son impuestos por intereses económicos y políticas ajenas a ellos; pero con el resultado de siempre, los indígenas nunca ven beneficios para si mismos. El centralismo siempre ha sido y seguirá siendo un lastre para estas comunidades, se planea su desarrollo desde un escritorio sin tomar en cuenta sus necesidades reales, pero sobre todo sus necesidades sentidas, por lo que día a día miran como su nivel de vida va de lo peor a lo desesperante. La OSBT ha recibido hasta este día un total de 1,300 millones de viejos pesos, es la "organización" indígena con mas recursos en Chihuahua, pero sus proyectos fueron impuestos y hasta el momento los indígenas no han recibido beneficio alguno; únicamente se les ha apoyado en la realización de sus fiestas y en la construcción de capillas.

El Presidente Municipal, apoyado en su campaña por los Tarahumaras, parece haberse olvidado de ellos y centra los apoyos estatales a las comunidades mestizas. Ante toda esta situación la población tiende a migrar a las ciudades, los mestizos principalmente a los E. U. y los indígenas a las ciudades de Cuauhtémoc y Chihuahua a la mendicidad, "...hasta el momento no les ha prestado ayuda efectiva a los indios, segun declaraciones de los propios Tarahumaras sólo han recibido promesas de ayuda de las autoridades por lo que ahora han decidido invadir las ciudades en busca de mejores condiciones de vida"(14), además de ser acosados culturalmente hasta en las escuelas, donde los niños se ven obligados a negar su lengua por las burlas de que son objeto. Es por estas causas y muchas más de indole cultural, que al preguntarseles que desean, ellos contestan que no piden caminos, ni agua potable, ni electricidad, sino respeto a su cultura' pero si hay algo que los indígenas buscan es su propio desarrollo, y saben que la única forma de lograrlo es organizándose y vencer los vicios que por generaciones han acumulado.

## ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE HUICORACHI

La comunidad de Huicorachi es miembro activo de la Organización Solidaria de la Baja Tarahumara con la cual presté servicio social por un periodo de seis meses' al termino de este lapso había surgido la inquietud por parte de algunos miembros de está y de mi parte, de hacer un pequeño proyecto de factibilidad técnica y económica para electrificar alguna población, dicho proyecto sería canalizado via Fondos Municipales de Solidaridad, única forma de financiamiento en esta zona de la Sierra Madre Occidental. Elegí la comunidad antes mencionada por tener ventajas con respecto a las otras, es una comunidad sumamente aislada, casi la totalidad de su población es indígena, y lo más importante, contaba con el apoyo del comisariado ejidal, el Gobernador Indígena, el Presidente del Comité de Solidaridad y algunos vecinos, todos ellos indígenas.

Los proyectos de electrificación solar en la sierra no son nuevos, ya en el año de 1980 el Instituto Politécnico Nacional implanto un programa para albergues escolares indígenas, se instalaron paneles fotovoltaicos, reguladores de carga (fabricados por el propio Politécnico), baterías y luminarias, se "capacito" a los jefes de albergue y se les doto de manuales de operación (de facil comprensión). Sin embargo, de todos los albergues dotados con esta tecnología, pocos funcionan en la actualidad. El IPN planco perfectamente todo sin tomar en cuenta algnos aspectos, los jefes de albergue son cambiados con regularidad, les importa más tener cobertores para soportar el frío que dar mantenimiento al equipo, etc., pero sobre todo el IPN nunca imaginó que sus reguladores fallasen. La falta de seguimiento al proyecto ha provocado el deterioro del equipo.

Actualmente el Instituto Nacional Indigenista esta dotando de equipo fotovoltaico a sus albergues indígenas, con los mismos lineamientos que la institución educativa antes mencionada, llegar, instalar y dar una pequeña explicación al jefe de albergue y se retira, pero con una variante, uno de sus trabajadores estuvo presente en la instalación del equipo, en previsión de futuras fallas tener una noción del funcionamiento del equipo. Esta parece ser una solución pero en realidad fomenta el paternalismo y la dependencia para con esta institución gubernamental. Una solución factible para los dos casos anteriores era el capacitar a una persona de la propia comunidad donde se encuentran los albergues, una persona que fuera un habitante regular de la población y con esto se podría evitar caer en errores como los anteriormente expuestos.

Por último comentare que la introducción de fotoceldas para dotar de electricidad a las casas-habitación se esta dando en forma particular y hay comunidades que se encuentran casi totalmente electrificadas, como es el caso de la comunidad de Cieneguita de los Trejo y últimamente Monterde, cabe aclarar que son comunidades netamente mestizas y en algunas, como es el caso de Cieneguita de los Trejo, corre el rumor de que sus habitantes obtienen el dinero para esta tecnología en forma no muy legal.

Con todos estos antecedentes los indígenas de Huicorachi tienen una idea de esta tecnología.

### Planteamiento del Problema

Con todo lo mencionado el planteamiento del problema resulta bastante sencillo en su concepción teórica, el de dotar de paneles fotovoltaicos a la comunidad de Huicorachi, aunque con una pequeña variante, estudiar la posibilidad de aprovechar otra fuente alternativa de energía, el viento, que por encontramos en parte alta de la sierra era posible su utilización, como se vera

después esto no fué posible por causas técnicas (velocidad del viento), pero más que nada por lo relacionado con el mantenimiento. A continuación se presenta en forma íntegra el estudio realizado en la comunidad, está estructurado de tal forma que sea comprensible por las autoridades estatales y municipales, pero sobre todo pensado en cualquier persona interesada en el tema y por supuesto en los indígenas. Al final se harán comentarios que son importantes para comprender el estudio.

### CALCULO DE UN SISTEMA GENERADOR FOTVOLTAICO PARA UNA CASA INDIGENA EN LA SIERRA BAJA TARAHUMARA

Las cargas que se tomaran en cuenta para el dimensionamiento del sistema serán las siguientes:

-iluminación: se tendrán tres puntos a iluminar (cocina, comedor y recamara) con una potencia instalada de 60 W. y un consumo de 180Wh/día aproximadamante.

-televisor de 60 W operando 4 hrs., lo que supone un consumo de 240 Wh/día.

-radiograbadora de 60 W operando 4 hrs., con un consumo de 240 Wh/día.

-inversor de 28 W con un consumo de 140 Wh/día.

Cargas		Consumos	
Iluminación.....	60 W	Iluminación.....	180 Wh/día
Televisor.....	60 W	Televisor.....	240 Wh/día
Radiograbadora....	60 W	Radiograbadora....	240 Wh/día
Inversor.....	28 W	Inversor.....	140 Wh/día
	-----		-----
TOTAL	208 W	TOTAL	800 Wh/día

Los datos del fabricante de los componentes del sistema son los siguientes:

#### Módulo Fotovoltaico

Especificaciones eléctricas (1000 W/cm<sup>2</sup>, 25°C)

Potencia (típica ± 10%)	37 Watts
Corriente (típica a la carga)	2.4 A
Voltaje (típico a la carga)	14.6 V
Corriente corto circuito	3.26 A
Voltaje circuito abierto	18.2 V

#### Acumuladores

Voltaje Nominal (V)	12
Capacidad Nominal (Ah)	200
Descarga Máxima Permitida (%)	50

### CALCULO DEL SISTEMA GENERADOR Y SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Para dimensionar el sistema procederemos de la siguiente forma:

1.- determinar el voltaje de funcionamiento que se desea VF.

Para nuestro caso  $V_f = 12$  (V)

2.- Calcular la Media Anual del consumo eléctrico C de la vivienda

$$C = \sum_j C_j / 12, \text{ siendo } C_j \text{ el consumo medio del mes } j \text{ (Wh)}$$

$$C = 800 \text{ Wh}$$

o calcular la media diaria del sistema en Amperos hora  
consumo diario Medio 800

$$C_0 = \frac{800}{12} = 66.66 \text{ Ah}$$

VF

12

3.-Obtener la media anual del número diario de horas pico teóricas del sol, hp ( horas equivalentes de radiación máxima, a intensidad de 1 kW/m<sup>2</sup>) como una hora pico de sol da lugar a una energía anual de 365 kWh/m<sup>2</sup>, bastara dividir la radiación anual del lugar expresada en kWh/m<sup>2</sup> por 365 para obtener hp  
Radiación total anual (en kWh)

$$hp = \frac{\text{Radiación total anual (en kWh)}}{365}$$

si el dato de radiación que se dispone es sobre la superficie horizontal, habra que multiplicar por un factor (r), para pasar este valor al correspondiente a la superficie inclinada, que será la posición en la que normalmente se colocara el panel.

Para hacer la corrección a un ángulo  $\beta$  con respecto a la horizontal y con orientación sur en el Hemisferio Norte se procederá de la siguiente forma:

$$r = \frac{\cos(L-\beta) (\sin\Omega - \Omega \cos\Omega f)}{\cos L (\sin\Omega - \Omega \cos\Omega)} \quad \text{si } \Omega \leq \Omega f$$

$$r = \frac{\cos(L-\Omega) (\sin\Omega f - \Omega \cos\Omega f)}{\cos L (\sin\Omega - \Omega \cos\Omega)} \quad \text{si } \Omega > \Omega f$$

siendo L la latitud del lugar y  $\Omega$  y  $\Omega f$  definidas por:

$$\begin{aligned} \cos\Omega &= -\text{tg} \cdot \text{tg} \{ \\ \cos\Omega f &= -\text{tg} \cdot \Omega \cdot \text{tg} \{ \end{aligned}$$

donde { es la declinación del sol en el día correspondiente

$$\{ = 23.45 \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284+n)}{365}\right)$$

siendo:

n el número del día del año a partir de 1 de enero.

$\Omega$  es el ángulo horario que corresponde al ocaso del sol (tomando el cero al mediodía) y siendo el plano de observación el horizontal.

$\Omega f$  es el ángulo horario correspondiente al ocaso ficticio que se observa en el plano inclinado a un ángulo  $\beta$ .

Para nuestro cálculo tomaremos como  $\beta$  el ángulo que tienen las bases de aluminio que nos proporciona el fabricante, y como L la latitud de la comunidad de Huicorachi.

$$\begin{aligned} \beta &= 30^\circ \\ L &= 27^\circ 15' \end{aligned}$$

Calculando { tomando como referencia el día 15 de cada mes, y procediendo a calcular los demás parámetros tenemos la siguiente tabla:

	$\beta$	$\Omega$	$\Omega f$	$r$	$r^*$
Ene.	-21.26°	79.211°	111.608°	1.059	1.062
Feb.	-13.25°	83.540°	103.624°	1.080	1.083
Mar.	-3.01°	88.566°	93.229°	1.112	1.114
Abr.	8.94°	94.298°	79.269°	1.110	1.250
May.	18.42°	99.191°	63.616°	1.061	1.212
Jun.	23.27°	101.971°	51.280°	1.195	1.246
Jul.	21.54°	100.950°	56.194°	1.152	1.234
Ago.	13.78°	96.729°	72.151°	0.917	1.180
Sep.	2.47°	88.824°	87.341°	1.105	1.105
Oct.	-9.07°	85.637°	99.440°	1.091	1.095
Nov.	-18.76°	80.621°	109.134°	1.065	1.068
Dic.	-23.29°	78.010°	113.643°	1.000	1.000

$r^*$  se calculó con una  $\beta=L=27^\circ 15'$  que en los textos se dice que el ángulo  $\beta$  en que se obtiene un mejor aprovechamiento coincide con la latitud del lugar, y para hacer una comparación posterior.

De los Mapas de Insolación (tomando como referencia la ciudad de Chihuahua), y haciendo las transformaciones correspondientes, tenemos:  $hp^{\wedge}$

Ene.	319 Langleys día	→	3.71 kWh/m <sup>2</sup>
Feb.	392 Langleys día	→	4.55 kWh/m <sup>2</sup>
Mar.	500 Langleys día	→	5.81 kWh/m <sup>2</sup>
Abr.	602 Langleys día	→	7.00 kWh/m <sup>2</sup>
May.	685 Langleys día	→	7.96 kWh/m <sup>2</sup>
Jun.	674 Langleys día	→	7.83 kWh/m <sup>2</sup>
Jul.	567 Langleys día	→	6.59 kWh/m <sup>2</sup>
Ago.	495 Langleys día	→	5.29 kWh/m <sup>2</sup>
Sep.	460 Langleys día	→	5.35 kWh/m <sup>2</sup>
Oct.	422 Langleys día	→	4.90 kWh/m <sup>2</sup>
Nov.	364 Langleys día	→	4.23 kWh/m <sup>2</sup>
Dic.	300 Langleys día	→	3.48 kWh/m <sup>2</sup>

corrigiendo los datos anteriores al multiplicar por el factor de corrección correspondiente tenemos:

$r$	$r^*$	$hp^{\wedge}$	$hp$	$hp^*$
1.059	1.062	3.71	3.92	3.94
1.080	1.083	4.55	4.91	4.92
1.112	1.114	5.81	6.46	6.47
1.110	1.250	7.00	7.77	8.75
1.060	1.210	7.96	8.43	9.63
1.190	1.24	7.83	9.31	9.70
1.152	1.234	6.59	7.59	8.13
0.917	1.183	5.29	4.85	6.25
1.105	1.105	5.35	5.40	5.40
1.091	1.095	4.90	5.34	5.36
1.065	1.068	4.23	4.50	5.51
1.000	1.000	3.48	3.48	3.48
		6.55	5.99	6.38



4.-Calcular el número de Módulos necesarios y su disposición

$$Nms = \frac{Vf}{Vn}$$

donde

Nms = número de módulos en serie  
 Vf = voltaje de funcionamiento del sistema  
 Vn = voltaje nominal del módulo  
 de los datos dados anteriormente

$$Nms = \frac{12}{14.6} = 1 \text{ módulo}$$

$$Nmp = \frac{C}{Im \cdot hp \cdot Vm \cdot Nms \cdot 0.8}$$

donde:

Nmp = número de módulos en paralelo  
 C = media anual del consumo diario en Wh  
 Im = corriente suministrada por el módulo a 1 kW/m<sup>2</sup>  
 hp = media anual del número diario de horas pico de sol  
 Vm = voltaje suministrado del módulo a 1 kW/m<sup>2</sup>  
 0.8 = factor de seguridad que toma en cuenta la pérdida de eficiencia del panel por suciedad, envejecimiento, aumento de temperatura y las pérdidas en el regulador y la batería

C = 800 Wh  
 Vf = 12 V  
 hp = 5.99  
 Im = 2.4 A  
 Vm = 14.6 V

$$Nmp = \frac{800}{(2.4)(5.99)(14.6)(1)(0.8)} = 4.76$$

El número total de módulos será el producto del número paralelo por el número serie y su disposición, como la indicada en la figura, donde se muestra una forma de aumentar la fiabilidad de un gran panel mediante la redundancia en las conexiones exteriores.

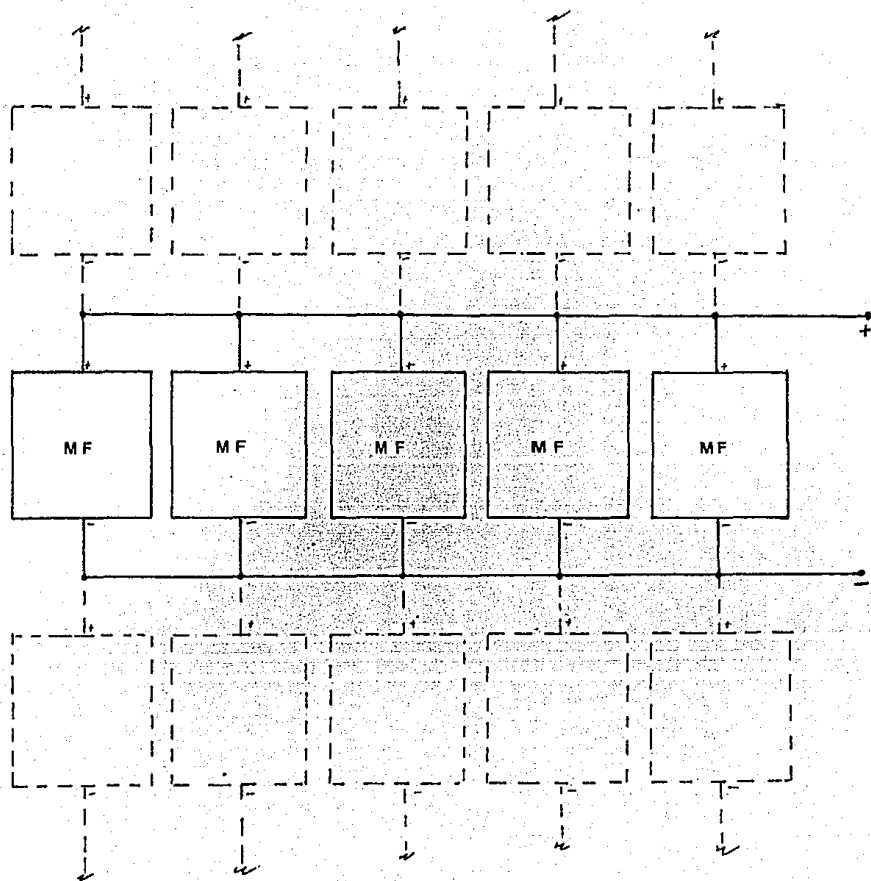
1 módulo serie X 5 módulos paralelo = 5 módulos

utilizando hp\*

$$Nmp = \frac{800}{(2.4)(6.38)(14.6)(1)(0.8)} = 4.47$$

1X5=5 módulos

El sistema contará entonces con 5 módulos conectados en paralelo. Pero este cálculo se obtiene utilizando la potencia máxima requerida sin aplicarle ningún factor es decir 800 Wh, pero sabemos que en realidad esto no ocurre, además de contar



con una carga que casi nunca se utilizará, la del televisor (por las condiciones socioeconomicas que se verán despúes); por lo tanto si aplicamos un factor de demanda de 40%

Potencia Max. Requerida = 800 X 0.4 = 320 Wh

Calculando de nuevo los requerimientos

$$Nms = \frac{12}{14.6} = 1 \text{ módulo}$$

$$Nms = \frac{320}{(2.4)(5.99)(14.6)(1)(0.8)} = 1.905$$

1 ms X 2 mp = 2 Módulos

Módulos totales 2, conectados de la siguiente forma

este número es el mismo si utilizamos hp\*.

#### 5.-Calcular el número de Baterias y su disposición

Los factores fundamentales para la realización del cálculo son: el balance anual de energía, la autonomía exigida al subsistema de Acumulación, la descarga máxima permitida, la capacidad real de Acumulación y el ciclado máximo diario que debe sufrir la batería.

Balance Anual de Energía

Este balance se debe realizar cada mes del año y aparece como la diferencia entre la energía proporcionada por el panel fotovoltaico y el consumo del equipo que se alimenta. Generalmente, este balance será negativo en invierno y verano y positivo en las otras dos estaciones, aunque es posible tener resultados diferentes.

Hay que almacenar el exceso de energía recibida en los periodos en que el suministro es superior al consumo, para cederlo en los periodos en que ocurre lo contrario. Por definición en el sistema establecido energéticamente equilibrado, ambos valores coinciden. La capacidad a almacenar por deficit en el ciclo anual en Ah es:

$$Q = \frac{\sum_i (C_i - S_i) n_i}{V_f}$$

donde

$C_i$  = consumo medio diario del mes  $i$  en Wh

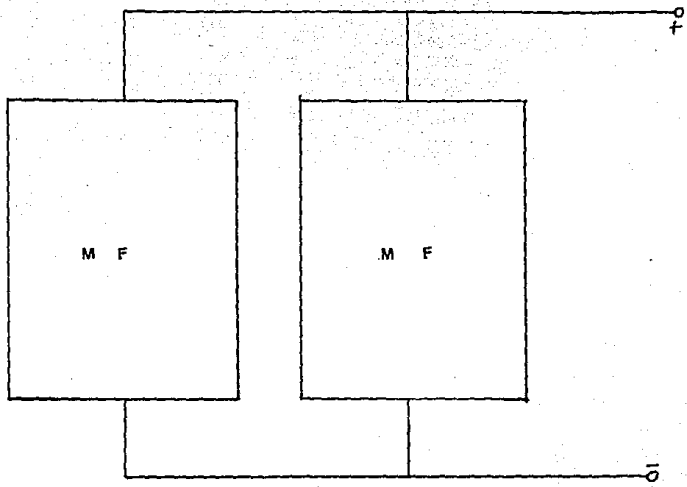
$S_i$  = suministro medio diario de la instalación en el mes  $i$  en Wh

$$S = I_m \cdot h_p \cdot V_n \cdot Nms \cdot Nmp \cdot 0.8$$

$h_p$  será mensual

$n_i$  = número de días de consumo del mes  $i$

$V_f$  = voltaje de funcionamiento del sistema



hp	Consumo (C) (W/dia-mes)	suministro (S) (Wh/dia-mes)	Q=(Ci-Si)ni/Vf Ah
Ene. 3.92	320	219.77	250.57
Feb. 4.91	320	275.49	103.85
Mar. 6.46	320	362.17	
Abr. 7.77	320	435.61	
May. 8.43	320	473.00	
Jun. 9.31	320	522.34	
Jul. 7.59	320	425.58	
Ago. 4.85	320	271.91	124.23
Sep. 5.40	320	302.91	42.72
Oct. 5.34	320	299.60	52.54
Nov. 4.50	320	252.28	169.30
Dic. 3.48	320	195.10	322.65
			-----
			1065.84

Q=1065.84 Ah

#### Autonomia del Sistema

El parámetro Z, denota el número de días de no insolación en los que el sistema debe proporcionar energía al consumidor. Esta energía evidentemente procede del subsistema de acumulación y se define como

$$Z = \frac{dN}{Vf}$$

donde

Z: Autonomia en Ah

d: días seguidos de no insolación

N: consumo medio diario en la época de pobre o nula insolación en Wh

El promedio de días de nublado cerrado en la época de menor insolación es de 8. Suponiendo 5 días seguidos de pobre o nula insolación.

$$Z = \frac{5 \cdot (320)}{12} = 133.33 \text{ Ah}$$

#### Capacidad Real de Acumulación

Un factor que habrá que tomar en cuenta, es la corrección de la capacidad en función del régimen de descarga. Normalmente los fabricantes de acumuladores dan su capacidad referida a un régimen de descarga de 6 o 10 horas. En los sistemas fotovoltaicos los regímenes de descarga son mucho más lentos. Este hecho hace que la capacidad real disponible sea mayor que la nominal. Así, la capacidad real puede llegar a ser dos veces o más la capacidad nominal, lo que pone de manifiesto la importancia de este efecto.

Para calcular el dimensionamiento y arreglo de la batería (banco de acumuladores) requerida se procede de la siguiente forma:

$$Nas = \frac{Vf}{Va}$$

donde

Nas: Número de acumuladores en serie  
 Vf: voltaje de funcionamiento del sistema  
 Va: voltaje nominal del acumulador

$$Nas = \frac{12}{12} = 1 \text{ Acumulador}$$

y

$$Nap = \frac{Q}{a \cdot (F \cdot D / 10,000)} + \frac{Z}{a \cdot (F \cdot D / 10,000)}$$

donde

Nap: Número de acumuladores en paralelo  
 a: capacidad nominal del acumulador en Ah  
 F: factor de corrección de capacidad del acumulador (%)  
 D: descarga máxima permitida (%)

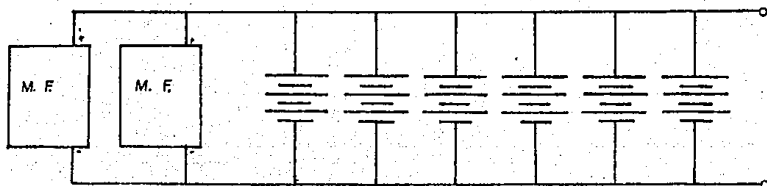
La descarga de la batería o acumulador se realiza en aproximadamente 20 horas (datos del fabricante para utilización fotovoltaica) por lo que le corresponde un factor de corrección de 195. Para una descarga de 5 días o 120 horas corresponde el mismo factor. Entonces:

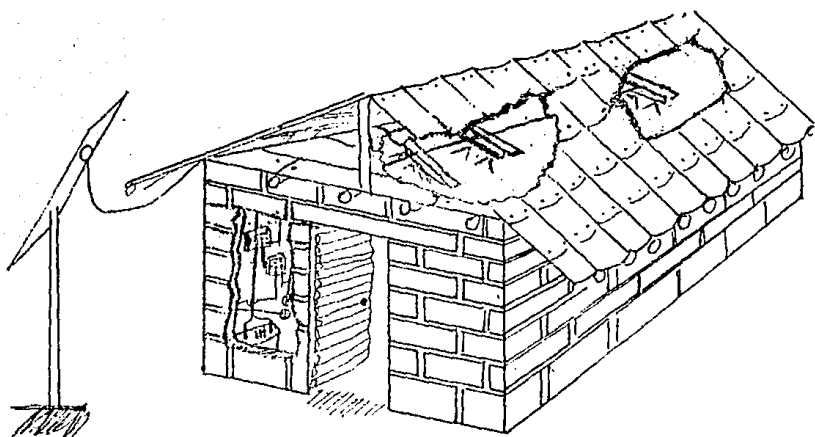
$$Nap = \frac{165.84}{200(195)(50)/10,000} + \frac{133.33}{200(1195)(50)/10,000}$$

Nap= 6 acumuladores

1 acumulador serie X 6 acumuladores paralelo  
 Total: 6 acumuladores/ 1200 Ah

El diagrama de la instalación se representaría de la siguiente forma:





Todos estos calculos se realizaron tomando un factor de demanda de 40% que es lo que establecen los textos. Pero en el analisis que se hace más adelante se toma un factor de demanda de 30%, que es el característico en los poblados que cuentan con servicio eléctrico en el municipio de Urique; ademas de que, como se menciono antes, existe una carga que casi nunca se utilizara. Calculando todos los parámetros con este nuevo factor y considerando lo anteriormente dicho:

$$\begin{aligned} & 12 \\ \text{Nms} &= \text{---} = 1 \text{ módulo} \\ & 14.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 240 \\ \text{Nmp} &= \text{-----} = 1.42 \\ & (2.4) (5.99) (14.6) (1) (0.8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nmp} &= 2 \text{ módulos} \\ \text{Total de modulos} &= 1 \times 2 = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 168.25 \text{ Ah} \\ Z &= 100.00 \text{ Ah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nas} &= 1 \text{ acumulador} \\ \text{Nap} &= 1.32 \rightarrow 2 \text{ acumuladores} \end{aligned}$$

$$\text{Total de acumuladores} = 1 \times 2 = 2$$

Fullea y Sánchez López (Acumulación de Energía Eléctrica de Origen Fotovoltaico) establecen que la selección de baterías debe hacerse de acuerdo a un tiempo de descarga de 100 horas, por lo que los numeros anteriores se pueden reducir notablemente.

Ciclado Máximo Diario del Subsistema de Acumulación

Este parámetro, X, es de suma importancia en la práctica, ya que caracteriza una de las exigencias del acumulador solar que lo diferencia de los otros acumuladores. Se debe fijar qué ciclado máximo diario se va a permitir que sufra el subsistema de Acumulación. Ciclados superiores al 10% afectan seriamente a los acumuladores.

$$\begin{aligned} & M \\ X &= \text{---} \times 100 \\ & B \end{aligned}$$

donde

X: Ciclado máximo diario(% capacidad del subsistema de acumulación)

M: consumo diario en horas de no insolación en Ah

B: capacidad del subsistema de Acumulación en Ah

suponiendo un factor de utilización del 50%  
con un consumo de 320 Wh/día

$$\begin{aligned} X &= \text{-----} = 2.5\% \\ & 400 \end{aligned}$$

con un consumo de 240 Wh/día  
(240/12) (0.5) (100)

$$\begin{aligned} X &= \text{-----} = 3\% \\ & 400 \end{aligned}$$



Para finalizar se puede decir que la carga de 240 Wh/día puede ser cubierta con dos Módulos de 37 Watts y una batería de 200 Ah referida a un tiempo de descarga de 100 horas.

**LTH**
**LISTA DE PRECIOS MARCAS LTH Y HI-TEC 30**  
 Entregando Acumulador Usado a Cambio

GRUPO BCI (1)	TIPO LTH	DIMENSIONES (CM)			PLACAS CELDAS	PESO EN KG.	MATERIAL DE CAJA Y TAPA (2)	CAPACIDAD DE RESERVA (AH) (3)	CAPACIDAD DE RESERVA (AH) (3)	VOLTAJE DE CARGA (V) (4)	VOLTAJE DE CARGA (V) (4)	PRECIO N\$	PRECIO N\$ + 10% I.V.A.
		LARGO	ANCHO	ALTO (2)									
<b>6 VOLTIOS</b>													
1(15)	15	23.0	17.0	23.8	15	15.9	H.D.	210	505	95	64	N\$ 98.00	N\$ 107.80
2(17)	17	26.1	18.2	23.8	17	19.5	H.D.	225	570	100	75	N\$ 105.00	N\$ 115.50
2E(17)	17B	49.2	10.5	23.2	17	20.6	H.D.	230	665	N.A.	72	N\$ 110.00	N\$ 121.00
4(21)	21	32.2	17.3	21.8	21	22.9	P.	230	720	125	42	N\$ 131.00	N\$ 144.10
GCR(19)	19CG	26.4	18.3	28.8	19	29.0	P.	230	720	125	66	N\$ 275.30	N\$ 302.83
<b>8 VOLTIOS</b>													
5T(23)	23-4	48.5	18.4	26.7	23	41.1	H.D.	365	700	N.A.	36	N\$ 370.00	N\$ 407.00
<b>12 VOLTIOS</b>													
22NF(9)	09F	22.0	14.2	21.6	9	13.0	P.	70	350	45	105	N\$ 94.30	N\$ 103.73
22NF(11)	11F	22.0	14.2	21.6	11	14.5	P.	85	415	50	105	N\$ 114.20	N\$ 125.62
22F(9)	09H	23.8	17.3	21.0	9	15.2	P.	70	390	45	84	N\$ 94.30	N\$ 103.73
42(7)	07VWS	23.7	17.4	17.4	7	11.9	P.	60	220	30	84	N\$ 82.50	N\$ 90.75
42(9)	09VW	23.7	17.4	17.4	9	12.9	P.	60	320	45	84	N\$ 94.30	N\$ 103.73
42(12)	12FVW	23.7	17.4	17.4	12	14.7	P.	75	460	50	84	N\$ 122.90	N\$ 135.19
58(13)	13FT	23.5	17.4	17.7	13	15.3	P.	100	540	58	84	N\$ 130.00	N\$ 143.00
41(15)	15VW	27.7	17.4	17.6	15	17.9	P.	115	550	60	60	N\$ 159.40	N\$ 175.34
24(6)	06A	26.0	16.6	22.4	6	15.4	P.	89	300	N.A.	75	N\$ 90.00	N\$ 99.00
24(9)	09A	27.1	17.3	22.4	9	16.8	P.	70	410	45	75	N\$ 105.80	N\$ 116.38
74	09AST	25.9	16.5	21.5	9	16.8	P.	70	410	45	75	N\$ 110.00	N\$ 121.00
3EE(11)	11D	49.0	11.1	22.5	11	23.8	H.D.	75	350	N.A.	68	N\$ 160.00	N\$ 176.00
30HR(13)	13JD	34.5	17.5	22.0	13	26.7	P/H.D.	130	500	85	51	N\$ 163.50	N\$ 179.85
31(15)	15MD	32.8	14.5	21.2	15	26.4	P.	160	650	70	51	N\$ 180.00	N\$ 198.00
31(17)	17MD	32.8	14.5	21.2	17	28.1	P.	170	750	75	51	N\$ 190.00	N\$ 209.00
27F(11)	11FF	31.6	17.2	22.3	11	20.3	P.	102	520	60	63	N\$ 127.00	N\$ 139.70
24R(11)	11FFK	27.1	17.3	22.4	11	18.4	P.	90	490	55	75	N\$ 127.00	N\$ 139.70
20NF(11)	11N	33.0	14.0	22.8	11	19.8	H.D.	100	350	N.A.	72	N\$ 150.00	N\$ 165.00
32N(13)	13F	36.4	14.0	22.7	13	22.8	H.D.	102	340	N.A.	51	N\$ 170.00	N\$ 187.00
40(23)	23A	54.0	22.2	25.1	23	51.4	H.D.	320	650	N.A.	30	N\$ 330.00	N\$ 363.00
A DLT(23)	23E	50.9	22.1	18.4	23	41.2	H.D.	235	870	135	20	N\$ 287.00	N\$ 314.20
6D(23)	23B	52.1	25.4	25.7	23	58.3	H.D.	310	750	N.A.	24	N\$ 340.00	N\$ 374.00
R D(27)	27C	52.4	27.3	21.5	27	63.0	P/H.D.	335	935	105	12	N\$ 343.20	N\$ 378.52

1) EL MAYOR ENTRE PARENTESIS INDICA EL NO. DE PLACAS

2) CAPACIDAD A 20 HORAS

3) LAS CAPACIDADES ESTAN BASADAS EN

4) A UNAS CONDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

2) LA ALTURA INCLUYE EL POSITE

5) "A" MAPE "A" B "A"

6) EN CASO DE 12V O 6V

3) H = PULS. DURO  
P = POLIPROPILENO

N.A. NO APLICABLE

MAYO 5 DE 1993

**PROYECTO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y FINANCIERA  
PARA LA ELECTRIFICACION SOLAR DE LA COMUNIDAD DE  
HUICORACHI**

**MUNICIPIO DE URIQUE**

**ESTADO DE CHIHUAHUA**

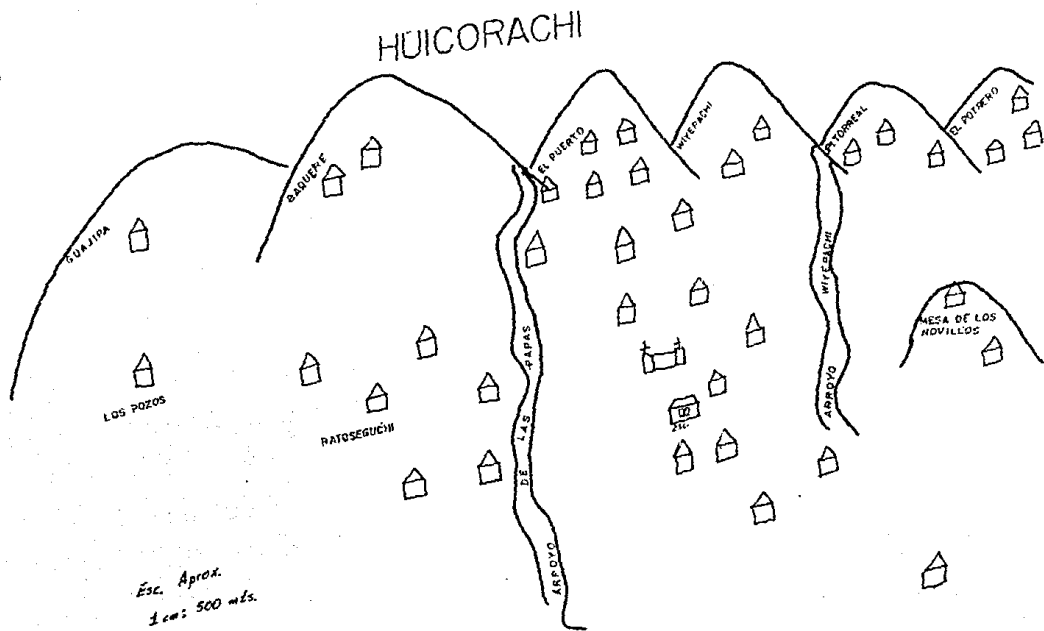


Fig 1. HUICORACHI EN LOS OJOS DE SUS HABITANTES

## CONTENIDO

1. RESUMEN DEL PROYECTO
2. MARCO GENERAL DEL PROYECTO
  - IDENTIFICACION
  - DESCRIPCION DEL PROYECTO
  - NATURALEZA, EVALUACION E IMPACTO SOCIAL
  - OBJETIVOS
  - LOCALIZACION Y AREA DE INFLUENCIA
  - ASPECTOS GEOGRAFICOS Y CLIMATOLOGICOS
  - ACTIVIDADES ECONOMICAS DE LA ZONA
3. ESTUDIO DE MERCADO Y LOCALIZACION
  - EL PRODUCTO EN EL MERCADO
  - MERCADO AL QUE SE DIRIGE
  - ANALISIS DE LA DEMANDA
  - ANALISIS DE LA OFERTA
4. ESTUDIO TECNICO
  - GENERACION
  - REQUERIMIENTO DEL PROYECTO
  - INVENTARIO ACTUAL
  - TERRENO
  - OBRA CIVIL E INSTALACIONES
  - EQUIPO Y HERRAMIENTA
  - MATERIA PRIMA
  - INSUMOS AUXILIARES
  - RECURSOS HUMANOS
  - INSUMOS INDIRECTOS
5. ESTUDIO FINANCIERO
  - RESUMEN DE INVERSION
  - ORIGEN, DESTINO Y MONTO DE LA INVERSION
6. ANEXOS

## **1. RESUMEN DEL PROYECTO**

## RESUMEN DEL PROYECTO

## I. IDENTIFICACION

NOMBRE DEL PROYECTO ELECTRIFICACION SOLAR EN LA COMUNIDAD DE HUCORACHI  
 TIPO DE PROYECTO BIENES Y SERVICIOS  
 PRODUCTO PRINCIPAL GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA  
 ORGANIZACION SOCIAL COMITE DE SOLIDARIDAD DE HUCORACHI  
 BENEFICIARIOS 82  
 ESTADO CHIHUAHUA  
 MUNICIPIO URIQUE  
 LOCALIDAD HUCORACHI

## II. IMPACTO SOCIOECONOMICO

- MEJORA EL NIVEL DE VIDA DE LOS HABITANTES
- EVITA LA MIGRACION A LAS CIUDADES
- FOMENTA LA ORGANIZACION

## III. DESCRIPCION

DOTACION DE UN PANEL FOTOVOLTAICO POR CASAHABITACION, ADEMAS DEL EQUIPO NECESARIO PARA EL APROVECHAMIENTO OPTIMO DE LA ENERGIA GENERADA

## IV. PRODUCCION ANUAL DEL AREA DE INFLUENCIA NO CONTABILIZADA

## V. COMERCIALIZACION

LA ENERGIA GENERADA SERA PARA AUTOCONSUMO

## VI ASPECTOS FINANCIEROS

CONCEPTO	CANTIDAD(N\$)	PORCENTAJE
INVERSION TOTAL	127,571.80	100
ORIGEN DE LA INVERSION		
FONDO DE SOLIDARIDAD	102,057.44	80
PRESTAMO MUNICIPAL	8,834.36	6.92
COMUNIDAD HUCORACHI	16,680.00	13.02

## **2. MARCO GENERAL DEL PROYECTO**



## 2. MARCO DEL PROYECTO

### 2.1. IDENTIFICACION

El presente proyecto plantea la instalación de paneles solares para la generación de energía eléctrica para uso doméstico, en la comunidad de Huicorachi, Mpio. de Urique Estado de Chihuahua.

Geográficamente se localiza en la región serrana de la Baja Tarahumara cerca de los límites con Sinaloa.

Coordenadas geograficas de la comunidad de Huicorachi

Paralelos 27° 15' de latitud Norte

Meridianos 108° 00' de longitud Oeste

El acceso principal a la comunidad se logra por el ferrocarril Chihuahua-Pacífico, que corre de la ciudad de Chihuahua a los Mochis y viceversa diariamente, descendiendo en la estación Bahuchivo. También tiene acceso en vehículo desde Chihuahua, efectuando un recorrido de 379 Km, de los cuales los primeros 263 en cinta asfáltica y los 116 restantes son de terracería, pasando por las poblaciones de Cuauhtémoc, la Junta, San Juanito, Bocoyna, Creel, San Rafael, Cuiteco y por último la estación Bahuchivo, en un tiempo aproximado de 10 a 12 horas, de ahí se prosigue hacia el Oriente pasando por Cerocahui, San Isidro, Porochi y por último Huicorachi, cabe destacar que el tramo de camino entre San Isidro y Huicorachi esta en malas condiciones, lo que dificulta el acceso de vehículos automotores.

La comunidad de Huicorachi esta compuesta por una población de 82 personas(15), repartidas en 36 casas-habitación, la población en su mayoría son de descendencia Indígena y dominan perfectamente su lengua materna (Tarahumara), además de conservar la mayoría de sus tradiciones.

## 2.2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El presente proyecto determina la factibilidad técnica y financiera para la instalación de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica para uso doméstico en la comunidad indígena de Huicorchi, Mpio. de Urique Estado de Chihuahua. Para lo cual la comunidad esta dispuesta a cooperar en la medida de lo posible, ya que la actual administración se ha caracterizado por su sensibilidad hacia los problemas de los pueblos indios, dando solución a algunas de sus carencias como seguridad, agua potable, comunicación, alimentación y energía eléctrica a través del Intituto Nacional de Solidaridad y de los Fondos Municipales de Solidaridad.

Por lo tanto se pretende la instalación de energía eléctrica para uso doméstico, consistente en la compra del equipo necesario para tal fin, como son paneles fotovoltaicos, cables y accesorios, bases, luminarias, protectores, cajas contenedoras y acumuladores.

En condiciones óptimas se espera que la energía generada alcance a satisfacer las necesidades de iluminación, además de tener un margen para una pequeña carga (radio o tv) mas común en la zona. El mantenimiento será mínimo, sin embargo, se pretende capacitar a dos personas de la misma comunidad sobre las fallas más frecuentes, así como el manejo del equipo.

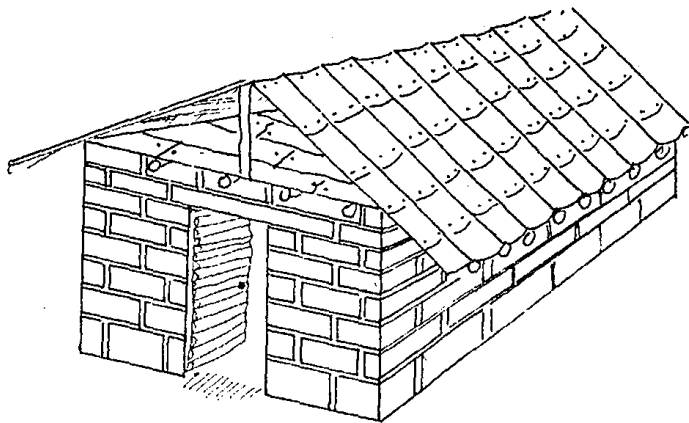
En cuanto al mercado del producto (energía generada) sera para autoconsumo, y como ya se mencionó se capacitará gente de la población para que mas adelante sean estas personas las promotoras de este tipo de servicio entre la gente de su misma etnia, para que el nivel de vida mejore, tratando con esto que la población entienda y sobre todo sienta que hay formas de poder contar con los servicios básicos y no emigren a las ciudades o a la Unión Americana.

El proyecto no beneficiará económicamente a ningún miembro de la comunidad por ser de beneficio social, pero contribuirá a fomentar la organización de sus integrantes como el medio mas viable de gestionar posteriores requerimientos de la población.

### 2.3. NATURALEZA, EVALUACION E IMPACTO SOCIAL DEL PROYECTO

El presente proyecto se clasifica en la esfera de bienes y servicios, tiene como objetivo el dotar de energía eléctrica a la comunidad de Huicorachi.

La casa típica de Huicorachi esta compuesta por dos habitaciones de 5m. de ancho por 6m. de largo cada una de ellas, las paredes estan hechas de adobe y en ocasiones de troncos de pino, una de las habitaciones cuenta con una pequeña ventana de 40cm. por lado, ademas de la puerta de acceso, el techo esta elaborado con tablilla o lámina galvanizada, según se muestra en la figura.



*Figura 2: Casa típica de Huicorachi*

Se propone dotar a cada casa con un panel fotovoltaico (que es lo más viable como se verá posteriormente), además de todos los implementos necesario para almacenar la energía generada para su posterior utilización.

Se contempla la creación de un Comité de la Luz (Comité de Solidaridad) encargado de recabar mensualmente una "cuota" de luz, cantidad que será determinada por la propia comunidad en base a los gastos que evita al utilizar este tipo de servicio (petróleo, pilas, etc.), dicha cantidad será depositada en una cuenta bancaria a nombre del Comité de Solidaridad de Huicorachi, se espera que con este capital e intereses ganados se de impulso a otros proyectos de beneficio social para la comunidad, como por ejemplo la compra de material necesario para la construcción de una pila de almacenamiento de agua potable, la compra de un refrigerador solar así como la construcción de un local para este, el cual se utilizara para mantener en óptimas condiciones medicamentos biológicos hasta el momento de su utilización, una vez adquirido este equipo el Comité de Solidaridad nombraría a dos personas que se solicitará sean capacitadas en el manejo de medicamentos biológicos para combatir las enfermedades más comunes del ganado que en esta zona es numeroso, ya que además de ganado vacuno y caprino, se cuenta con numerosas aves de corral, además de hacer una solicitud a la Coordinadora Estatal de la Tarahumara y el Gobierno Municipal para el suministro constante de medicamentos. Otro programa al que se le puede dar apoyo con el pago de esta cuota es el de mejoramiento del camino, además de contar con el capital necesario para la compra de refacciones (acumuladores principalmente) que con el tiempo sufren daños y desgaste.

Otra de las funciones del Comité de la Luz es la de apoyar a otros posibles "usuarios" de este servicio, además de fomentar y asesorar el servicio eléctrico solar en otras comunidades indígenas.

Algunos de los beneficios que traerá consigo la puesta en marcha del proyecto son los siguientes:

- Protección del medio ambiente, evitando que se siga utilizando el ocote como productor de luz
- El nivel de iluminación será mejor tanto en el día como en la noche, lo cual traerá beneficios a la salud humana (ocular y pulmonar)
- Ahorro económico en la compra de pilas secas para los radios y reproductoras de cassettes
- Ahorro económico en la compra de petróleo, bombillas, mechas y lámparas de aceite

Socialmente hablando, el presente proyecto genera cambios en las costumbres de los habitantes. La hora de acostarse a descansar es muy variada, pero se encuentra en el rango de las 20:00 a las 23:00 hrs.. Al oscurecer la familia se reúne alrededor de la lámpara o del calentón a platicar, hacer los quehaceres que se puedan (coser, preparar cena, etc.) o escuchar música; solo algunos leen o hacen trabajos escolares. El escuchar musica de la reproductora de cassettes o de la XETAR (la estación más popular) en ocasiones es limitado, ya que hay que tener presente que las pilas se agotan rápidamente y el lugar más cercano para comprar este producto es Cercoahui a casi 20 kilometros de distancia.

Como es de imaginar, con la introducción del servicio eléctrico solar, todas estas costumbres estan sujetas a variaciones y por el momento no es posible cuantificar su efecto, pero se espera sea positivo, fomente una mayor variedad en la actividad humana después de oscurecer para la preservación de su cultura milenaria al no emigrar los habitantes de Huicorachi a otras regiones en busca de mejores condiciones de vida.

Huicorachi es una comunidad que carece de casi todos los servicios, ya que únicamente cuenta con una escuela a nivel primaria, que también esta contemplada dentro del proyecto. Finalmente el proyecto resalta por ser de gran impacto social, rentable al crearse el Comité de

la Luz que impulsará nuevos beneficios para la comunidad, enmarcándose en la política del actual gobierno de organizarse para luchar junto con nuestras autoridades por el desarrollo real de los pueblos indios, por lo que se espera recibir el apoyo de Dependencias Federales, Estatales y Municipales a través del Programa Nacional de Solidaridad.

#### 2.4. OBJETIVOS

- Dotar de energía eléctrica solar a la comunidad de Huicorachi
- Mejorar el nivel de vida de los habitantes de Huicorachi
- Evitar la migración a las ciudades
- Promover y fomentar la organización de las comunidades indígenas
- Crear promotores de este tipo de servicios

#### 2.5. LOCALIZACION Y AREA DE INFLUENCIA

La población de Huicorachi se localiza en el Municipio de Urique, Estado de Chihuahua. Su ubicación Geográfica es en la región serrana de la Baja Tarahumara, entre los cerros Baquére, El Puerto, Wiyepachi, Guajipa, Los Pozos, Pitorreal, La Cumbre, Mesa de los Novillos y el Terrero.

La altitud media es de 1700 m.s.n.m., su radio de influencia es de 5 Km, ya que las casas se encuentran separadas unas de otras.

## 2.6. ASPECTOS GEOGRAFICOS Y CLIMATICOS

### HIDROGRAFIA

El municipio es regado por dos ríos: El Urique que entra por Basiguare y el río San Ignacio que procede de Batopilas, además de contar con numerosos arroyos como el de Cerocahui, Mechachi, Naranjo, etc.

La comunidad de Huicorachi es dividida por dos arroyos, el arroyo de Las Papas y el arroyo El Durazno, ninguno de aguas permanentes.

### CLIMA

Tiene un clima semihúmedo, con una temperatura máxima de 40°C, su temperatura mínima es de -3°C, y su temperatura media anual es de 22.4°C; su precipitación pluvial media anual es de 781.7 milímetros, con un promedio anual de 77 días lluvia y una humedad relativa de 75%, la velocidad media promedio es de 2m/seg. con vientos del Sureste (ts).

### GEOGRAFIA

El Municipio de Urique en su territorio es montañoso accidentado, formado por una serie continua de cerros y barrancas, cuya altitud fluctua entre los 600 y 1,800 metros sobre el nivel del mar, su terreno es descendente de Norte a Sur. Encontrándose en su parte media la Barranca del Cobre o Tarahumara, formada por el río Urique, la más notable de el Estado, de una longitud de 80 Kilómetros y su profundidad de 1,300 metros. Entre las cumbres mas elevadas encontramos las de Renga, Placeres, Cerro Prieto, Guaparayvo, Suicorachi y el Jarabe.

### CLASIFICACION Y USO DEL SUELO

Dominan los suelos castañosos en su modalidades lúvicas y haplicas. También se localizan los luvisoles en una amplia faja que se prolonga al vecino estado de Durango, con asociaciones de luvisoles géllicos, nitrosiles dístricos y litoles sin inclusiones y en fases líticas.

El suelo es profundamente forestal y ganadero. En la tenencia de la tierra el regimen ejidal comprende 228,114 hectáreas distribuidas en 27 ejidos. La propiedad privada está constituida por 28,897 hectáreas.

### FLORA Y FAUNA

Su flora está constituida en los barrancos por ceiba, cipres, guayacan, palo brasil, sauce, anama, aguacate, plátano, limón, guayaba, olmo, granadillo y gramíneas. Siendo en las partes altas de la sierra principalmente pino y encino.

Su fauna la constituyen el guajolote, paloma de collar, conejo, puma, gato montes, venado y coyote.

## 2.7. ACTIVIDADES ECONOMICAS DE LA ZONA

### AGRICULTURA

Se desarrolla generalmente para autoconsumo. Sus principales cultivos son maíz, frijol, papa, avena forrajera, trigo, ajonjolí, ajo, tomate y cebolla. Fruticultura, manzana y durazno.

### GANADERIA

Es de tipo extensivo, comprende bovinos, porcinos, caprinos, ovinos y aves de corral.

### EXPLOTACION FORESTAL

La posibilidad forestal en la mayoría de los ejidos es baja, y Huicorachi no es la excepción.

### INDUSTRIA

No existe en Huicorachi

### TURISMO

Esta actividad es importante en el municipio. Entre los puntos de mayor atracción están el de Divisadero Barrancas, Barrancas del Cobre, Cerro Gallego y Cerocahui. Existen cuatro hoteles turísticos importantes. En Huicorachi no existen atractivos turísticos.

### COMERCIO

El comercio y abasto popular se desarrolla en la zona mediante tiendas Conasupo, tiendas de abarrotes y algunas formas comerciales primarias. No existe ninguno de estos tipos en Huicorachi.

### SERVICIOS

Huicorachi únicamente cuenta con una escuela primaria unitaria y con una pequeña capilla donde celebran sus fiestas.

### COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Esta comunidad cuenta como único acceso con un camino de terracería en malas condiciones.

### **3. ESTUDIO DE MERCADO Y LOCALIZACION**



### 3. ESTUDIO DE MERCADO Y COMERCIALIZACION

#### 3.1. EL PRODUCTO EN EL MERCADO

##### 3.1.1. DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Con la disminución de la existencia de los energéticos naturales no renovables, el costo de la electricidad se ha elevado notablemente, siendo esta una de las formas de energía más indispensable en nuestros días, ha sido necesario encontrar otra manera de producirla.

Descubierto a fines del siglo XIX, el efecto fotovoltaico empezó a utilizarse a mediados de este siglo, principalmente en satélites espaciales, considerándose como parte de una tecnología sofisticada con aplicaciones puramente experimentales y de muy alto costo.

En el mundo entero, existen ya miles de instalaciones de sistemas fotovoltaicos que producen millones de watts de electricidad. La electricidad solar es ya una realidad, gracias a los sistemas fotovoltaicos, producto de una tecnología que hoy ya tiene factibilidad económica.

Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por un conjunto de elementos que permiten obtener, a partir de energía solar, energía eléctrica. El elemento principal del sistema es el módulo fotovoltaico (o conjunto de módulos conectados entre sí) que capta la energía solar y la transforma en corriente continua.

Cuando la energía generada va a utilizarse durante las horas de insolación y la carga que va a recibirla funciona con corriente continua, basta con conectar directamente el módulo a la carga.

Cuando la energía se requiere constantemente (noche, días nublados), es necesario contar con un banco de almacenamiento de energía (baterías), un controlador y en casos de corriente alterna, un inversor.

El controlador protege el banco de baterías para que éstas no sufran cargas o descargas excesivas. Además permite verificar y proteger el funcionamiento del sistema.

El banco de baterías está conectado al controlador y almacena toda la energía generada durante las horas de insolación y la transmite a la carga acoplada tanto de día como de noche.

El inversor recibe la corriente continua de las baterías y la transforma en corriente alterna.

Las cargas se acoplan ya sea en las baterías si son de corriente continua, o al inversor cuando son de corriente alterna.

Los módulos están diseñados para soportar todo tipo de clima, aún los más extremos, y contruidos para ser resistentes y durables.

La instalación de los sistemas es bastante sencilla y su operación absolutamente autónoma. Su tamaño dependerá de la aplicación que vaya a darsele y puede ir aumentando de acuerdo a las necesidades, conectando entre sí los módulos, según el tipo de necesidades que se tengan. Un sistema puede formarse con un solo módulo (unos cuantos watts) o con todos los que requiera la instalación (miles de watts).

##### 3.1.2. SUBPRODUCTOS

Como no requiere de combustible convencional, el sistema no genera desperdicios, con lo cual no se contamina el medio ambiente, además de no generar ruido.

### 3.1.3. PRODUCTOS SUSTITUTOS

Entre los sistemas sustitutos se encuentra el de conectar directamente a la comunidad de Huicorachi a la ramal de San Rafael, a una distancia de 80 km. aproximadamente pero esto representa una enorme inversión que no se justifica por la poca gente beneficiada.

Otra alternativa es la de los generadores de energía eléctrica eólicos, los cuales han demostrado ser competitivos en la Unión Americana, pero existen pocos o ningún dato en lo que se refiere al campo Mexicano, aunado a esto que se requiere una velocidad de viento media anual de 4.5 m/seg. no cumpliendo con lo anterior Huicorachi que cuenta únicamente con 2m/seg. como velocidad media anual.

### 3.2. MERCADO AL QUE SE DIRIGE EL PRODUCTO

#### 3.2.1. AREA DE INFLUENCIA

En un principio ésta estará limitada a la comunidad de Huicorachi, pero se espera que las comunidades vecinas como son Churo, Porochi, El Naranjo, La Casita y Los Gavilanes se organicen en torno a su Comité de Solidaridad para gestionar este tipo de servicios.

Esta área de influencia se ha determinado tomando en cuenta que las comunidades antes mencionadas cuentan con pocos o ningún servicio.

#### 3.2.2. POBLACION CONSUMIDORA

En un principio los consumidores de la energía eléctrica generada serán los habitantes de las 36 casas habitación que conforman la comunidad de Huicorachi, además de la escuela y la casa del maestro, posteriormente se espera que las comunidades vecinas sigan el ejemplo.

A continuación se presenta un cuadro con la población consumidora potencial:

COMUNIDAD	POBLACION INDIGENA	POBLACION TOTAL
Huicorachi	58	82
El Naranjo	20	60
Porochi	130	130
Choro	390	390
<b>TOTAL</b>	<b>598</b>	<b>662</b>

FUENTE: INEGI

Nota: Los Gavilanes y La Casita se contaron dentro de las comunidades de Porochi y Churo

#### 3.2.3. INGRESOS DEL CONSUMIDOR

La familia Rarámuri o Tarahumara obtiene sus ingresos en forma irregular, ya que cultiva sus parcelas, y lo poco que obtiene lo utiliza casi en su totalidad para autoconsumo, los productos que tiene que comprar los adquiere en ocasiones por trueque con sus artesanías, o vendiéndolas a los turistas para obtener el dinero suficiente; algunos jefes de familia emigran por algún tiempo a los Mochis Sin. a trabajar en la pizca de tomate o algún otro vegetal, los peones reciben un jornal diario de N\$20.00, pero el trabajo es irregular.

## 3.3. ANALISIS DE LA DEMANDA

El Sistema Eléctrico Nacional en los últimos años se ha visto incrementado notablemente, tanto en potencia como en generación y demanda del servicio eléctrico, como lo muestran los siguientes cuadros.

## POTENCIA (MW)

	1989	1990	VARIACION 89/90 (%)
Sector Eléctrico Nacional	24,445	25,299	3.49
Sistema Eléctrico Nacional	24,267	25,021	3.53
Sistema Interconectado Nacional	22,430	23,284	3.81
Sistema Interconectado Norte	7,407	7,462	0.74
Area Noroeste	2,416	0,00	0.00
Area Norte	1,388	1,314	1.80
Area Noreste	3,603	3,633	0.83
Sistema interconectado Sur	15,023	15,822	5.32
Area Central	5,157	5,201	0.85
Area Occidental	4,263	4,303	0.94
Area Oriental	5,603	6,318	12.76
Divisiones	1,737	1,737	0.00
Baja California	1,097	1,097	0.00
Peninsular	640	640	0.00
Centrales aisladas	278	278	0.00

FUENTE: CENACE

## GENERACION (GWH)

	1989	1990	VARIACION 90/89 (%)
Sector Eléctrico Nacional	110,103	114,317	3.83
Sistema Eléctrico Nacional	109,932	113,444	3.77
Sistema Interconectado Nacional	101,144	104,945	3.76
Sistema Interconectado Norte	35,606	35,599	-0.02
Area Noroeste	9,862	10,129	2.66
Area Norte	6,624	6,652	0.42
Area Noreste	14,115	13,818	-1.55
Sistema Interconectado Sur	65,538	69,436	5.81
Area Central	22,257	22,493	1.06
Area Occidental	25,072	26,025	3.80
Area Oriental	18,209	20,828	14.38
Divisiones	8,178	8,499	3.39
Baja California	5,781	5,972	3.30
Peninsular	2,397	2,527	5.42
Centrales aisladas	781	799	2.30

FUENTE: CENACE

Como se observa, la variación más notoria en cuanto a Generación y Potencia se da en el Sistema Interconectado Sur, es decir donde se encuentran las grandes concentraciones humanas, además de la mayor parte de la industria nacional. De la generación neta a nivel nacional el 18.76% tiene uso residencial, 7.37% comercial, 46.045% industrial, 6.17% agrícola y el 19.66% otros usos y pérdidas.

El Estado de Chihuahua no ha sido la excepción en este crecimiento, dándose principalmente en las grandes ciudades y en los corredores industriales de la franja fronteriza debido al aumento de maquiladoras.

## USUARIOS

## ESTADO DE CHIHUAHUA

TARIFA	1990	1991	1992
1	105,426	110,047	114,386
1A	318,345	406,111	422,584
1B	818	776	768
1C	237	29	0
1D	4,678	5,056	5,219
2	50,190	53,659	54,777
3	147	152	153
4	924	0	0
5A	2,413	2,562	1,696
6	778	805	850
7	54	64	50
*OM	2,763	2,933	3,513
*HM	437	424	70
9	6,942	7,019	6,803
*HS	4	5	8
*HSL	0	0	2
*HT	0	0	0
*HTL	5	5	1
SUMA	557,161	589,647	612,330

\* 1990 y 1991 se facturaban las tarifas 8, 8A, 12 y 12A

USUARIOS POR SECTOR EN 1992	No	%
Doméstico (T1, T1A, T1B, T1C, T1D)	543,407	88.7
Comercial (T2 y T3)	54,980	9.0
Industrial (TOM, THM, THS, THSL, THT, HTL)	3,594	0.6
Servicios (T5A, T6)	3,546	0.6
Riego Agrícola (T9)	6,803	1.1

FUENTE: CENACE

## ENERGIA VENDIDA (MWH) POR TARIFA

## ESTADO DE CHIHUAHUA

TARIFA	1990	1991	1992
1	105,720	111,464	122,570
1A	700,712	725,317	794,428
1B	901	962	968
1C	2,854	2,208	22
1D	7,241	10,526	11,605
2	197,447	207,740	225,023
3	10,019	11,427	11,475
4	4,362	0	0
5A	74,702	80,940	91,092
6	75,079	77,429	77,005
7	698	484	1,230
*OM	875,332	960,836	1'134,227
*HM	748,974	678,675	620,632
9	677,386	614,966	644,067
*HS	0	0	0
*HSL	359,746	425,497	43,490
*HT	0	0	0
*HTL	238,265	193,666	166,096
SUMA	4'112,438	4'100,135	4'340,763

\*1990 y 1991 se facturaban las tarifas 8, 8A, 12, 12A

VENTAS POR SECTOR EN 1992	MWH	%
Doméstico (T1, T1A, T1B, T1C, T1D)	929,593	21.4
Comercial (T2 y T3)	273,728	5.5
Industrial (TOM, THM, THS, THSL, THT, THTL)	2'361,278	54.4
Servicios (T5A y T6)	168,097	3.9
Riego Agrícola (T9)	644,067	14.8

FUENTE: CENACE

En la Sierra Tarahumara existen grandes concentraciones humanas que demandan este tipo de servicios, algunas ya han sido satisfechas, como es el caso de Guachochi, Bocoyna, San Juanito, Creel y San Rafael por citar algunos ejemplos. La oficina Creel cuenta con 976 usuarios en la actualidad, de los cuales una mínima parte son del municipio de Urique. Pero existen comunidades que aún esperan el día que puedan contar con la energía eléctrica en sus hogares.

El Municipio de Urique cuenta con un total de 17,600 habitantes, distribuidos en 573 comunidades y rancherías, solo San Rafael y Areponapuchi cuentan con servicio constante de energía eléctrica, y las restantes no cuentan con este servicio y solo dos de ellas, Cerocahui y Urique cuentan con una planta diesel que da servicio tres horas al día, dando servicio al 21 % de la población.

Actualmente existen comités pro-electrificación en cuatro comunidades, Cuiteco, Bahuchivo, Cerocahui e Irigoyen; la electrificación de ellas está en estudio y será un proceso lento que tal vez tarde años, si es que algún día se llega a realizar, aunque existen rumores que ya han sido autorizados los trabajos, dichos rumores han sido desmentidos por autoridades de C.F.E. de la zona Cuauhtémoc.

#### 3.4. ANALISIS DE LA OFERTA

En la República Mexicana solo existen dos empresas autorizadas para generar y vender energía eléctrica, éstas son Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A., que opera en el Área Metropolitana de la Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Morelos y parte de Puebla, el resto del territorio es cubierto por la Comisión Federal de Electricidad.

En la región serrana de la Tarahumara es muy difícil que CFE cubra todas las poblaciones, pues aunque existen importantes concentraciones humanas, también es cierto que culturalmente hablando el indígena prefiere vivir en lugares alejados y de difícil acceso, que no es económicamente viable el tendido convencional de líneas de transmisión para satisfacerlos con este servicio.

La energía eléctrica solar, como medida alternativa a demostrado ser eficiente, y en México existen firmas que se dedican a la venta e instalación de estos sistemas, además de contar con refacciones, asesoría y técnicos calificados como es el caso de "Electrónica Ares" y "Heliotenia" en la ciudad de México, y "Condumex" a nivel nacional, además de firmas extranjeras que operan en el país.



## **4. ESTUDIO TÉCNICO**

#### 4. ASPECTOS TECNICOS Y OPERATIVOS DEL PROYECTO

##### a) GENERACION

Tendremos una carga de tres lámparas fluorescentes de 20 Watts cada una, dos para la habitación que sirve como cocina y comedor, y una para la que se usa como recámara, una reproductora de cassettes de 60 Watts y un televisor pequeño de 60 Watts, la carga total sera de 180 Watts.

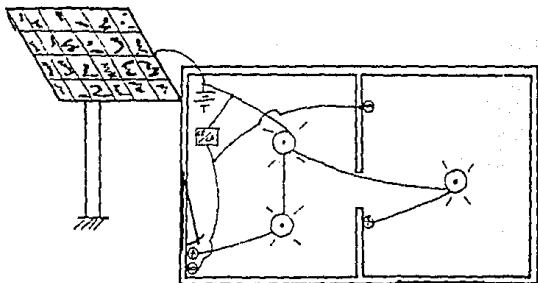
Tomando un factor de demanda de 30% ( que es el más típico en esta zona) obtenemos una carga real o efectiva de 54 Watts por casa habitación, teniendo una carga de 2052 Watts en todo el sistema, es decir, la suma de la carga de las 38 casas, con una corriente de 171 amperes.

Esta carga podría ser atendida por medio de una planta eólica de 10,000 Watts, pero como se ve en la siguiente tabla la velocidad del viento en los últimos cinco años no es suficiente para la generación, ya que estos sistemas requieren como mínimo una velocidad promedio anual de 5 m/seg.

AÑO	VELOCIDAD(m/seg)	VIENTO DOMINANTE
1988	2	SW
1989	2	SW
1990	2	SW
1991	2	SW
1992	2	SW

FUENTE: INSTITUTO ESTATAL DE METEREOLOGIA Y GEOGRAFIA

Otra alternativa seria a base de fotoceldas en arreglo paralelo, si utilizamos paneles con una capacidad de 3.9 Amperes tendríamos que implementar el sistema con 43 módulos o paneles, una vez calculado tambien el número de acumuladores, así como su capacidad de almacenamiento, surge el problema de la distribución ya que se puede observar en el dibujo 1 que las casas habitación se encuentran muy alejadas las unas de las otras, si hipotéticamente colocamos el sistema generador (paneles y acumuladores) en el centro geométrico de Huicorachi, localizado aproximadamente en la capilla, las casas mas alejadas recibirían un voltaje muy bajo debido a la caída del mismo al circular la corriente a travez del conductor, lo mismo sucedería si se transmite a 127 V CA. La solución a esta última alternativa es la de transformar los 12 Volts CD generados a 127 Volts CA por medio de un transformador elevar el voltaje a 13.8 KV CA y distribuirlo por medio de un sistema convencional, reducirlo de nuevo a 127 V CA para su utilización. Como es de imaginar la solución tiene un costo muy elevado, no siendo idóneo para esta comunidad.



SIGNOS CONVENCIONALES	
☉	Centro de Alumbrado
⊕	Apagador Sencillo
⊖	Contacto
—	Tubo en cielo y muro

CUADRO DE CARGAS			
Circuito	☉	⊖	Total Watts
1	3	2	180
<b>Totales</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>180</b>

CIRCUITO PROPUESTO

Una tercera opción, que es la más viable, es la de instalar en cada casa un panel fotovoltaico, así como un acumulador para el almacenamiento de la energía para su posterior utilización, esto evita que el sistema se haga engorroso por ser modular, de fácil manejo e instalación.

Existe en el mercado una variada gama de módulos fotovoltaicos de diferente potencia, los hay desde 10 watts, hasta 53 Watts, existen además "Kitts" con todo el material necesario listo para instalarse.

Condumex ofrece su modelo 896016 que cuenta con un panel de 37 Watts, de la hoja de especificaciones del fabricante, este módulo proporciona energía suficiente para satisfacer una carga de lámparas de 10 Watts por 4.5 horas o un televisor B/N por 2.3 horas, o un reproductor de cassettes por dos horas; tiempo más que suficiente para cubrir aproximadamente el 70% de sus actividades (en tiempo). La energía será almacenada en baterías LTH 200 A-H.

#### b) INSTALACION

La instalación del sistema fotovoltaico estará a cargo de una(s) persona(s) capacitada(s), la comunidad se compromete a cubrir los gastos del(los) técnico(s) en su totalidad, así como de celebrar el contrato del servicio de los mismos.

#### c) MANTENIMIENTO

Los sistemas fotovoltaicos requieren un mínimo de mantenimiento, se capacitará a dos personas de la comunidad sobre las fallas más comunes y sobre la instalación del sistema.

#### 4.2. REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO

##### INVENTARIO ACTUAL

La comunidad de Huicorachi no cuenta en la actualidad con equipo o herramienta relacionado con el presente proyecto.

A continuación se presentan los requerimientos o necesidades del proyecto. En cada caso se aclara si ya se tiene en existencia o si se hace necesario obtenerlo a partir del presente proyecto de instalación.

##### TERRENO

La comunidad cuenta con terreno suficiente para el caso en que el panel no pueda ser colocado en el techo de la vivienda, que es la mayoría de los casos. este será colocado en postes de madera en el terreno aledaño de la vivienda.

El terreno no tiene costo alguno por encontrarse en régimen ejidal.

##### OBRA CIVIL O INTALACIONES

El proyecto no requiere de obra civil y únicamente requiere:

CONCEPTO	COSTO (NS) POR CASA HABITACION
Postes de madera	50
Cajas contenedoras para baterias(madera)	60
<b>TOTAL</b>	<b>110</b>

El costo total del proyecto en INSTALACION es de NS 4,180

##### EQUIPO Y HERRAMIENTA

A continuación se desglosa el material y equipo necesario para la puesta en funcionamiento del proyecto, así como su mantenimiento.

## Equipo por casa habitación

CONCEPTO	MONTO(N\$)	MONTO TOTAL(N\$) (INC. IVA)
1 Módulo de 37 Watts	1,179.00	1,296.90
3 Lámparas fluorescentes 20 W	216.00	237.60
1 Protector de baterías PDCX12/6	108.00	118.8
1 Soporte escuadra de aluminio	286.00	314.60
50 Metros de cable SPT 2X14	90.00	99.90
10 Metros de cable UV 2X10	79.50	87.45
3 Juegos de accesorio para lámpara	111.10	121.10
1 juegos de accesorios para batería	9.00	9.90
1 Inversor CD/CA ICX-12/400W	410.00	440.00
1 Batería LTH 200 A-H	460.00	506.00
<b>TOTAL</b>	<b>2,948.50</b>	<b>3,230.85</b>

Este es el precio si se requiere el equipo en forma de unidades individuales, sin embargo Conumex ofrece su kiti económico, el cual cuenta con: 1 módulo de 37 W autoregurable, 3 lámparas fluorescentes 10 W, 1 protector para baterías PBCX 12/6/10, un soporte escuadra aluminio, 30 metros de cable SPT 2X14, 10 metros de cable UV 2X10, 3 juegos de accesorios para lámpara, 1 juego de accesorios para batería' todo por un precio de N\$ 1,970.1, mas el costo del inversor y de la batería que no se incluyen en el paquete tenemos un costo del equipo POR CASA de N\$ 2,926.1 incluyendo el IVA.

El costo total de TODO EL PROYECTO en lo que a EQUIPO se refiere es de N\$110,811.8

## HERRAMIENTA

CONCEPTO	MONTO (NS)
1 Juego de destornilladores	25.00
1 Juego de pinzas	25.00
1 Juego de llaves españolas	30.00
<b>TOTAL</b>	<b>80.00</b>

## Resumen de Costos de Equipo y Herramienta

CONCEPTO	MONTO (NS)
Instalaciones	4,180.00
Equipo	110,811.80
Herramienta	80.00
<b>TOTAL</b>	<b>115,071.80</b>

## Costos de Instalación

CONCEPTO	MONTO (NS)
Instalación del equipo	10,000.00
Fletes	2,500.00
<b>TOTAL</b>	<b>12,500.00</b>

## MATERIA PRIMA

La materia prima para la producción de energía eléctrica en este sistema es el sol, por lo que no tiene valor comercial.

## INSUMOS AUXILIARES

No existen insumos auxiliares

## RECURSOS HUMANOS

El manejo y mantenimiento quedará a cargo de dos personas de la misma comunidad que no recibirán honorario alguno.

## INSUMOS INDIRECTOS

Se requieren principalmente pequeñas reparaciones a daños que puedan sufrir los postes de madera, pero estos serán absorbidos por la comunidad.

## **5. ESTUDIO FINANCIERO**



## 5. ESTUDIO FINANCIERO

## 5.1. RESUMEN DE INVERSION

CONCEPTO	MONTO (N\$)
INVERSION FIJA	
Obra civil	4,180.00
Equipo	110,811.80
Herramienta	80.00
INVERSION DIFERIDA	
Instalación	12,500.00
CAPITAL DE TRABAJO	
Operación	0.00
<b>TOTAL DE INVERSION</b>	<b>127,571.80</b>

## 5.2 ORIGEN, DESTINO Y MONTO DE LAS INVERSIONES

ORIGEN	DESTINO	MONTO	%
Fondo de Solidaridad	Equipo	102,057.44	80.00
Prestamo Municipal a la comunidad	Equipo y Herramienta	8,834.36	6.92
Comunidad de Huicorachi	Obra Civil Instalación	4,180.00	
		12,500.00	
		-----	
		16,680.00	13.08
<b>TOTAL</b>		<b>127,571.00</b>	<b>100.00</b>

## **6. ANEXOS**

Lista Personiales

(Esido Huacraachi) Nombre  
(Mio, Blaque CHIH.)

- 1 Servando Ayala Frías
- 2 Taurina Quintero Coballero
- 3 Serafín Frías Delgado
- 4 Ricardo Salazar Urias
- 5 Regina Delgado Minero
- 6 Refugia Quintero Mierero
- 7 Ramon Corral Cruz
- 8 Petronila Castillo Tejeda
- 9 Katrindad Urias Delgado
- 10 Ma de Jesus Castro Vialobos
- 11 Matilde Gutierrez Bonca
- 12 Marcos Marillo Cabada
- 13 Miguel Quintero Coballero
- 14 Leonardo Cesar Frías
- 15 José Reyes Ayala Frías
- 16 Jesús Fca Ayala Frías
- 17 Isidro Muñoz Mancinas
- 18 Delfino Salmieron Urias
- 19 Gilberto Enrique Quintana Frías
- 20 Juan Rivas Cruz
- 21 Cristoval Ayala Cleto
- 22 Juan Ayala Cleto
- 23 Juan Ortega Renterias
- 24 Guadalupe Ayala Cleto
- 25 Francisco Delgado Muñoz
- 26 José Castro Rivas
- 27 Aurelio Ortega Escobar
- 28 Francisco Quintero Delgado
- 29 Felisardo Quintero Coballero
- 30 Santiago Bonca Mierero
- 31 Narciano Gutierrez Mancinas
- 32 Lauriano Quintero Delgado
- 33 Melecio Quintero Coballero
- 34 Martín Delgado Vmiegro
- 35 Gabino Ayala Cleto
- 36 Candelario Cadena Mancinas

Ma de Jesus Castro

Isidro

Los alo huella Severitas

- 37 ~~Felix Ayala Frías~~ X  
38 Merino Boricayerna X  
39 Margarito Frías Ortega X  
40 Marcos Gutiérrez Delgado X  
41 Isidro M... X  
42 Marciano Salmerón Uñas X  
43 ~~Alberto Frías Lopez~~ X  
~~José Pérez Gutiérrez~~  
~~15-11-11~~ X  
Pascual C. Frías Caballero X  
Rodrigo Ayala Rojas X  
José Ayala Creste X  
González Valenzuela X



**PRESIDENCIA MUNICIPAL  
URIQUE, CHIH.**

68

DEPENDENCIA	Presidencia Municipal
SECCION	Administrativa
NUM. DE OFICIO	300/93
EXPEDIENTE	19/93

ASUNTO: CONSTANCIA.

A QUIEN CORRESPONDA:

El que suscribe C. FLORENTINO LANGARICA QUINTANA, Presidente Municipal de Urique, Chihuahua., por medio de la presente hace Constar y -----

**C E R T I F I C A :**

-----  
Que el Alumno GERARDO AGUILAR ROJAS de la Escuela de Ingenieria, carrera: Ing. Mecanica Electrica, Núm. de cta. 8422248-0, de la UNAM, estuvo prestando su Servicio en la Comunidad de Huicorachi de ésta Municipio sobre el proyecto de electrificación. A petición del interesado para los usos y fines legales que a el mismo convengan, extendo la presente Constancia en Urique, Chihuahua., a los Once días del mes de Octubre de mil novecientos noventa y tres.

**A T E N T A M E N T E  
SUFRACIO EFECTIVO, NO REELECCION  
PRESIDENTE MUNICIPAL**



**PRESIDENCIA MUNICIPAL FLORENTINO LANGARICA QUINTANA  
URIQUE, CHIH.**

a 13 de Octubre de 1993

Por medio del presente documento, hago constar que el proyecto de electrificación doméstica con energía solar, es un trabajo - realizado para fines de tesis, bajo el periodo de servicio social de mayo a octubre del presente año.

El estudio hecho no es sólo con fin académico, sino también - como una contribución para mejorar el nivel de vida de la comunidad de Huicorachi, Moto de Urique.

Así pues solo se espera una fuente de financiamiento para - que mi compromiso lo concluya con la instalación y el funcionamiento del sistema solar, además de la capacitación de las personas que estén interesadas en este tipo de equipo.

ATENTAMENTE

PIMS GERARDO AGUILAR ROMAS

PTE Com. Ejidal.  
 Servando Ayala F.  
 Servando Ayala Frías.

Gobernador Indígena.  
 Juan Ortega Puentes  
 Juan Ortega Puentes.

Comisariado de Polecia  
 Gilberto Enrique Quintana Fria

COMISARIADO DE POLECIA  
 MUNICIPIO DE HUICORACHI  
 ESTADO DE OAXACA

SECRETARÍA DE ENERGÍA  
 DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA RENOVABLE  
 Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

SECRETARÍA DE ENERGÍA  
 DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA RENOVABLE  
 Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Todo lo planteado en cuanto a impacto social en el proyecto refleja la forma de pensar de la gente de Huicorachi y de la región. Cabe la pena clarificar y resaltar algunos puntos. Como se ha mencionado, al principio contaba con el apoyo de algunos vecinos de la comunidad, pero no se le había planteado a toda la población, en el momento de hacerlo (en una junta ejidal) la gente se mostro indiferente y hasta algunas personas llegarón a rechazarlo, esto es comprensible por toda la historia económica-social del Tarahumara. Esto también es esperado desde el punto de vista científico, ya que si nos apoyamos en la sociología comunitaria comprenderemos el proceso de cualquier comunidad ante un cambio, sea tecnológico, educativo, productivo , etc.

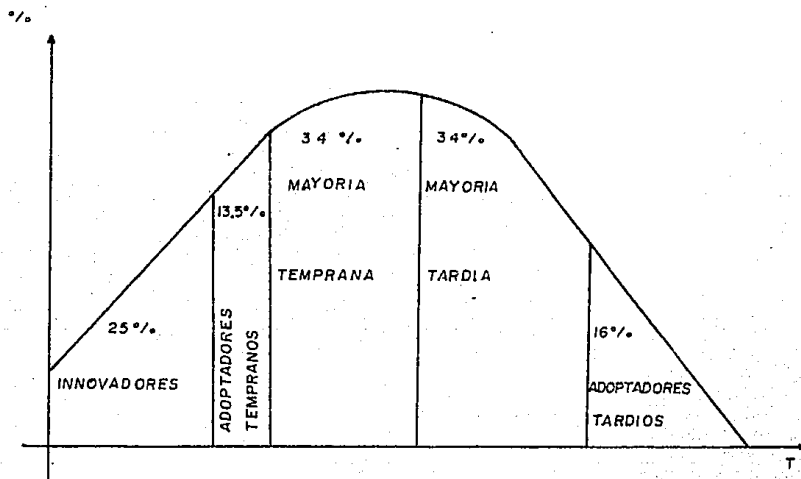


Figura 4: curva de adopción



En algún momento a alguna o algunas personas de una comunidad siente la necesidad de cambiar o mejorar su situación. A esto se le denomina *Innovadores*. Estas con su actitud convencen o atraen a otras personas, a estas personas se les denomina *Adaptadores Tempranos*. Conforme aumenta el número de personas innovadoras, llaman más la atención, y las personas indecisas o cautelosas, en este momento adoptan el proceso de cambio, a estas personas se les denomina *Mayoría Temprana*. Este grupo crece y crece, y las personas que se resisten al cambio, no muy convencidas adoptan en un período demasiado largo el cambio, pero con desconfianza; a estas personas se les denomina *Mayoría Tardía*. Y las personas que ya recibiendo beneficios, aún con renuencias adoptan el cambio, por la falta de interés e información reciben el nombre de *Adoptadores Tardíos*.

En base a esta curva podemos comprender lo siguiente. En la primer reunión con la comunidad el proyecto fué recibido con indiferencia y solo era apoyado por las personas antes mencionadas. En la segunda reunión- el comisariado ejidal y el gobernador indígena habían hablado previamente con la gente- se mostró un interés muy marcado, por los jóvenes principalmente. Y en la quinta reunión con ellos, que fué cuando se entregó el estudio para su análisis y aprobación con su firma o huella digital, aproximadamente el 70% de la población estaba de acuerdo. En forma esquemática un proceso de adopción puede ser representado de la siguiente forma, ver fig.

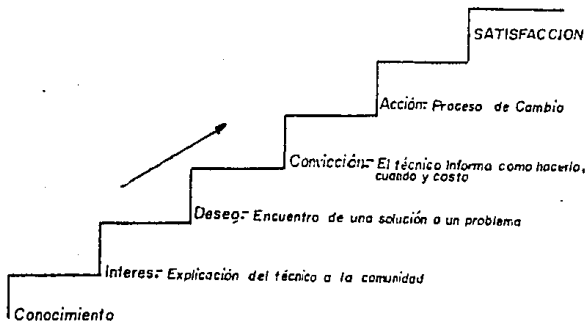


Figura 5: proceso de adopción

Con la adopción del proyecto por un 70% de la comunidad, el estudio no termina aquí. Como había mencionado anteriormente, existen dos tipos de necesidades en una comunidad, las necesidades reales y las necesidades sentidas. La electrificación de su comunidad es una necesidad real, pero no sentida-al menos en la mayoría de la gente-, y mientras no sea adoptado como tal esta condenado al fracaso, como ha sucedido con todos los proyectos que se han implantado en esta región y en muchas más. Mientras los técnicos no comprendamos que lo primero que debemos de satisfacer es lo que sienten, para después atacar problemas de infraestructura, educación, producción, etc., seguiremos diciendo que los indios son flojos y que no les interesa progresar. Para ellos es mas importante en su forma de ver y sentir la vida, una capilla para darle gracias a Dios y bailar en su honor, que la introducción de agua potable por

gente del gobierno que pretende construir una pila de almacenamiento de agua en un lugar determinado por ellos sin tomar en cuenta a la comunidad, o técnicos que deciden poner una curtiduría en lugares sagrados, por ser la parte más idónea. Mientras esto suceda no hay futuro. Después de esta pequeña reflexión continuemos con el análisis del proyecto planteado, una vez adoptado y firmado el proyecto por la comunidad se presenta el problema del financiamiento.

Como se había mencionado se canalizaría por medio del Comité Municipal de Solidaridad, se habían recibido promesas de ayuda por parte del Presidente Municipal, el Diputado del X Distrito de Chihuahua, y por el jefe de Fortalecimiento Municipal del Estado de Chihuahua. El Presidente Municipal, como se ha dicho, canaliza sus esfuerzos en beneficio de las comunidades mestizas y el proyecto está sujeto a la remesa bimestral que asigna el gobierno del estado para obras de infraestructura, por este medio si es aceptado tardará algún tiempo, la ayuda por parte del Diputado y fortalecimiento municipal precisa que los indígenas se trasladen a la ciudad de Chihuahua a gestionar los apoyos, pero la estancia, el transporte y alimentación son muy caros y no están al alcance de sus manos, por lo que esperan una oportunidad para trasladarse, no esperan mucho de esta otra alternativa, no creen mucho en el gobierno.

Otra forma de financiamiento puede darse a través de organismos internacionales de ayuda a la Tarahumara, pero en esta región solo opera SAMISTA, institución enfocada al área de salud. Pensar que cada jefe de familia compre su equipo es ignorar la realidad de la región, las personas están concientes que es un servicio que debe ser pagado (como se expresa en el proyecto), y algunos están dispuestos a vender un chivo para cooperar, pero desembolsar una cantidad fuerte no está en sus manos. El Rarámuri tiene la virtud de la paciencia y sabe esperar (siempre y cuando no sea mucho tiempo) que la sociedad vuelva sus ojos hacia ellos y no los miren con odio ni desprecio, mucho menos les digan "pobres tarahumaritos", sino con el deseo de comprenderlos y tenderles la mano.

# CONCLUSIONES

LO QUE LOS RARÁMURIS NECESITAMOS  
ES GENTE QUE NOS ORIENTE Y ASESORE

JOSÉ REYES AYALA FRIAS  
*Habitante de Huicorachi*

## CONCLUSIONES

En los últimos años la energía solar y eólica a tomado un gran auge, los últimos estudios con nuevos materiales para la fabricación de células solares plantean la producción de las mismas a un costo muy por debajo del precio actual. Algunos autores aseguran que este tipo de tecnologías son la solución para el problema energético de los países en vías de desarrollo como el nuestro, otros discrepan argumentando que aumentaría nuestra dependencia del exterior por ser tecnologías que en su totalidad son de importación. La realidad palpable en estos momentos es que el país posiblemente este preparado técnica y tecnológicamente para el uso de estas alternativas energéticas, pero falta mucho por estudiar y hacer en lo social y en lo político, principalmente relacionado con los pueblos indígenas.

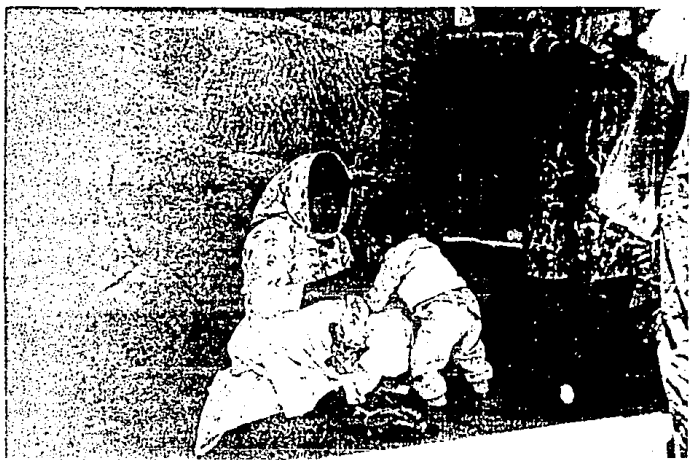
Lo que parecía ser un proyecto sencillo y unidisciplinario se fué complicando poco a poco en su ambito social- hasta convertirse en un nudo Gregoriano que solo pudo ser comprendido en forma multidisciplinaria. Los estudiantes de ingeniería estamos poco familiarizados al trabajo con antropólogos, sociólogos, economistas, trabajadores sociales, agronomos, planificadores y con todas las areas que de una u otra forma tienen un contacto mas estrecho con las comunidades, pero es una relación que tarde o temprano se da y que nos ayuda a aclarar muchas lagunas que se nos forman en nuestro trabajo con la comunidad. una relación que no podemos evitar y al contrario debemos fomentar. Los futuros ingenieros estamos comprometido con nuestra Patria, estamos comprometidos a buscar su desarrollo en general en busca de mejores condiciones de vida y de igualdad, esta patria nuestra esta también compuesta por comunidades indígenas, comunidades que solo piden asesoría y comprensión, con ellas también es nuestro compromiso.

Las alternativas energéticas pueden ser la panacea que espera el campo Mexicano, pero para que sea tal no debe de ser planeada desde el centro de la República, sino región por región y en forma multidisciplinaria y en colaboración con la comunidad.

Para terminar este trabajo lo único que me resta es remarcar la importancia de las materias humanísticas en nuestra formación académica; Recursos y Necesidades de México y Sociología de México enfocada a un ambito nacional más real al que encontramos en los textos serían de suma importancia en el trabajo de campo.

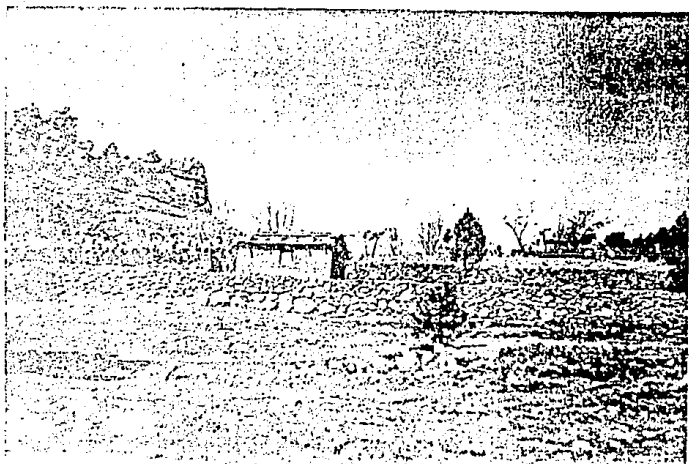
HUICORACHI





*Habitantes de Huigorachi*



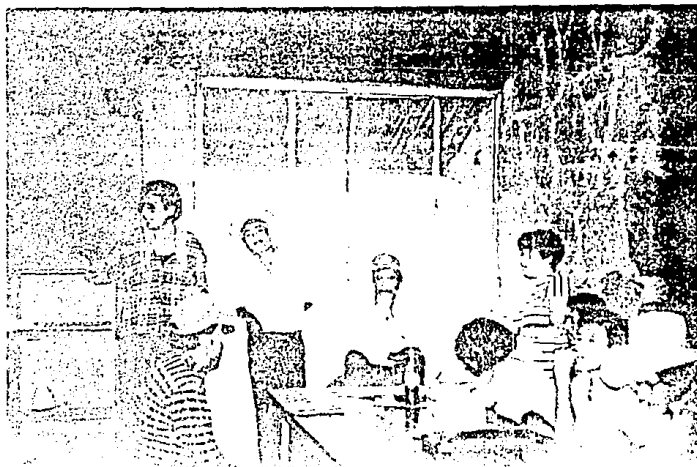


*Casa-habitación típica de Huicorachi*





*Elaboración y presentación del estudio a la comunidad*





## Referencias

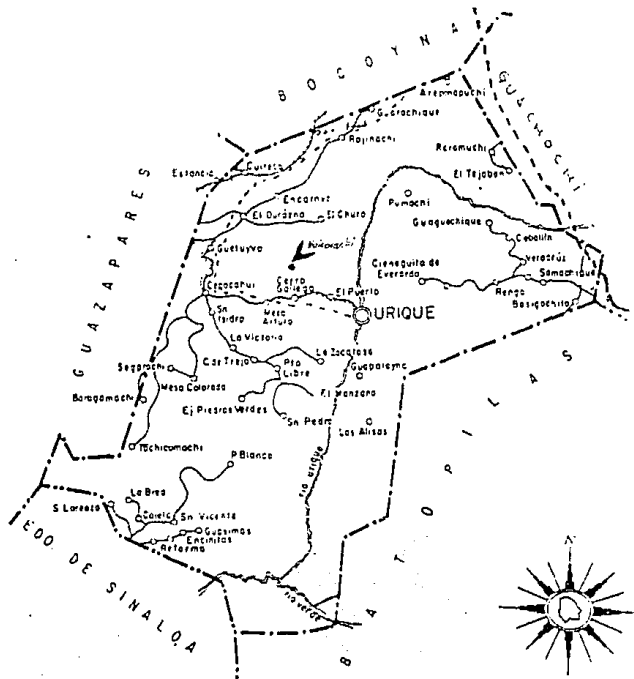
- (1) David Dickson  
Tecnología alternativa  
Blume Ediciones
- (2) Claude M. Summers  
The conversion of Energy  
Scientific American
- (3) Energía Eólica
- (4) Generación Eólica  
UNESCO  
1964
- (5) Alonso Concheiro/ Rodríguez Viqueira  
Alternativas Energéticas  
Fondo de Cultura Económica
- (6) Arturo Morales Acevedo  
Celdas Solares  
CONACYT
- (7) Serie Mundo Electrónico  
Energía Solar Fotovoltaica  
Marcombo
- (8) The future of Solar Electricity  
1980-2000
- (9) Avila Ordoñez Cuahtémoc  
Energía Solar Fotovoltaica aplicada a la vivienda  
Facultad de Ingeniería  
UNAM
- (10) E. Witte  
Acumuladores de plomo y acero  
Gustavo Gil
- (11) Angel Bassols Batalla  
Lucha por el espacio social  
UNAM

- (12) Francisco M. Plancarte  
El problema indígena Tarahumara  
INI
- (13) Programa Nacional de Desarrollo de los Pueblos Indígenas  
1991-1994  
Presidencia de la República.
- (14) Jesús Martínez I.  
Informe Final del Proyecto Estudio Operativo acerca de la migraciones en el Estado de  
Chihuahua
- (15) Censos de Población y Vivienda 1990
- (16) Instituto de Meteorología y Geografía  
Gobierno de Chihuahua

**APENDICE "A"**

# 065 URIQUE

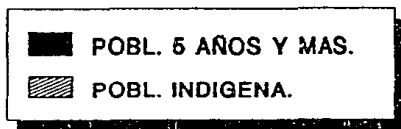
78



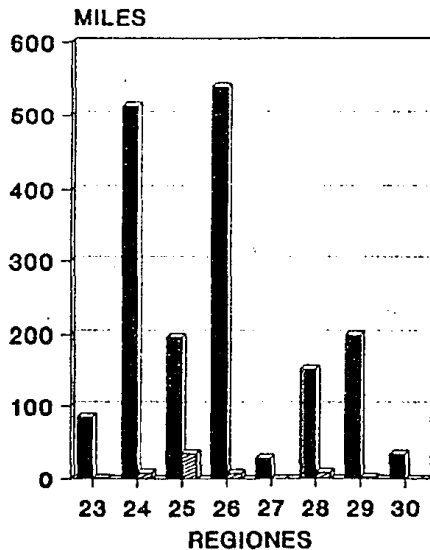
## INFORMACION BASICA MUNICIPAL

SUPERFICIE	1,468.67 KM <sup>2</sup>	OBLACION	HABS
3.99 HABS X KM <sup>2</sup>	ALTITUD	549 MTS SNM	SECC MUNICIPALES 6
LOCALIDADES 55	SECC ELECTORALES	14	CASILLAS 91
DISTRITOS JUDICIALES	CABECERA	DISTRITOS ELECTORALES	
LOCAL INT. (MUNICIPAL)	C. NARR. DE ALIADA	LOCAL N. (MUNICIPAL)	
FEDERAL		FEDERAL	

### POBLACION DE 5 AÑOS Y MAS E INDIGENA POR REGION. CHIHUAHUA.

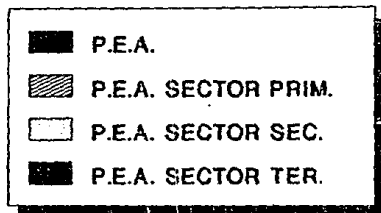


- 23 CASAS GRANDES
- 24 VALLE DE JUAREZ
- 25 SIERRA TARAHUMARA
- 26 VALLES CENTRO DE CHIHUAHUA
- 27 VALLES BAJO CONCHOS-OJINAGA
- 28 PARRAL
- 29 VALLE DE DELICIAS
- 30 ALLENDE-JIMENEZ



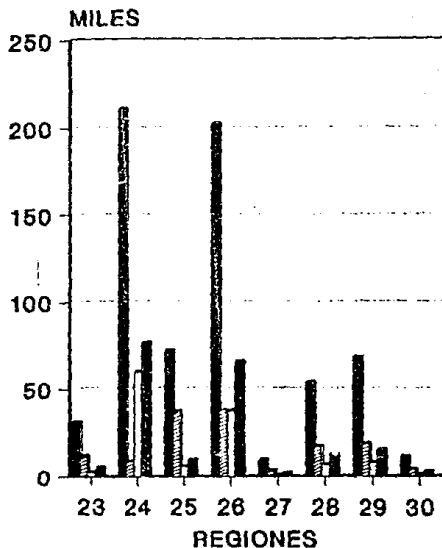
FUENTE : X CENSO GENERAL DE POBLACION  
Y VIVIENDA, 1980, INEGI 1984.  
INI, 1992.

**POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA  
SEGUN SECTOR ECONOMICO POR REGION.  
CHIHUAHUA.**



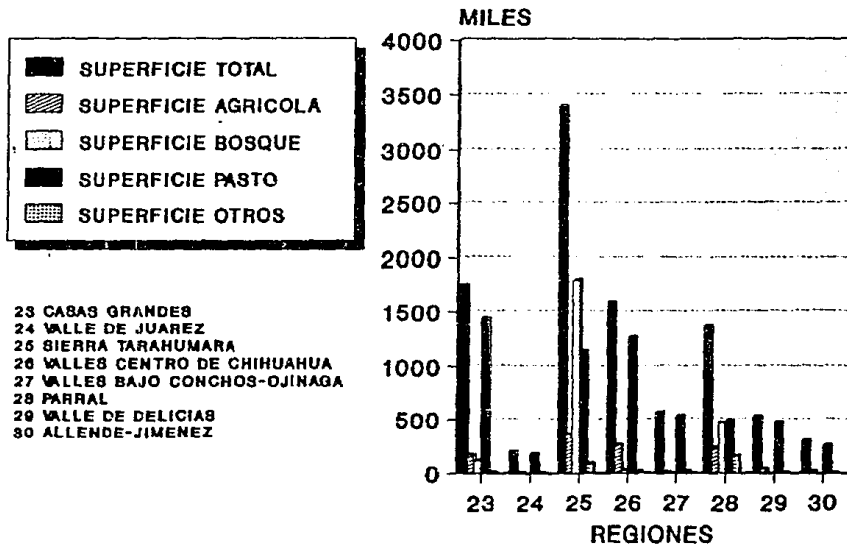
NOTA : NO SE INCLUYEN ACTIVIDADES  
NO ESPECIFICADAS

23 CASAS GRANDES  
24 VALLE DE JUAREZ  
25 SIERRA TARAHUMARA  
26 VALLES CENTRO DE CHIHUAHUA  
27 VALLES BAJO CONCHOS-OJINAGA  
28 PARRAL  
29 VALLE DE DELICIAS  
30 ALLENDE-JIMENEZ



FUENTE : X CENSO GENERAL DE POBLACION  
Y VIVIENDA 1980, INEGI 1984.  
INI, 1992.

FORMA DE APROVECHAMIENTO DE LAS  
TIERRAS EJIDALES Y COMUNALES.  
CHIHUAHUA.



FUENTE : ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA  
EJIDAL 1988, INEGI 1990.  
INI, 1992.

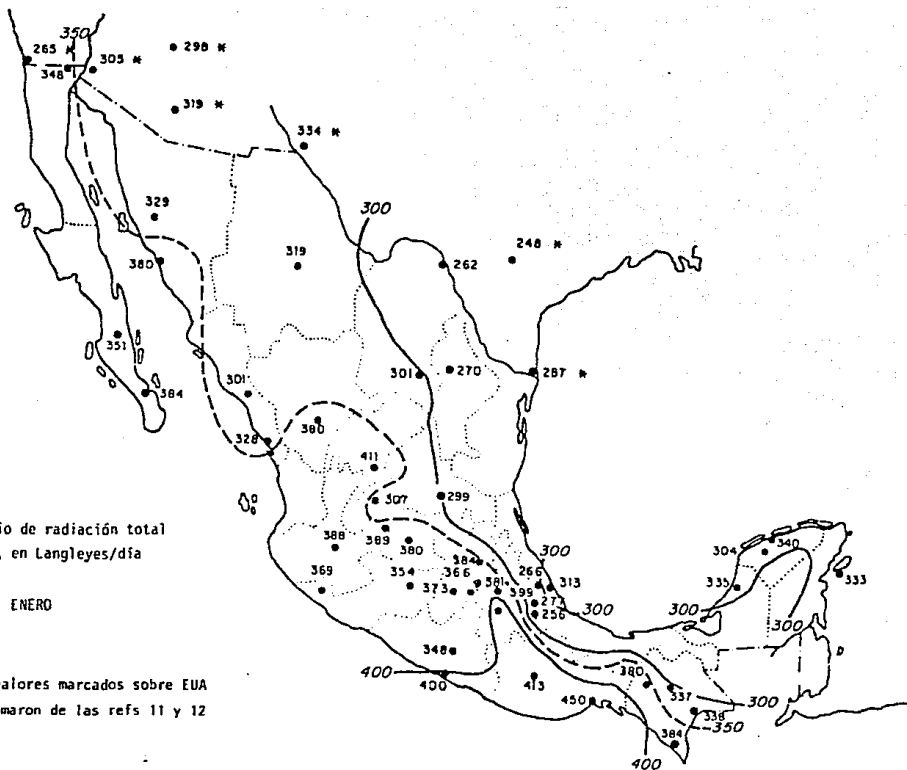
**APENDICE "B"**

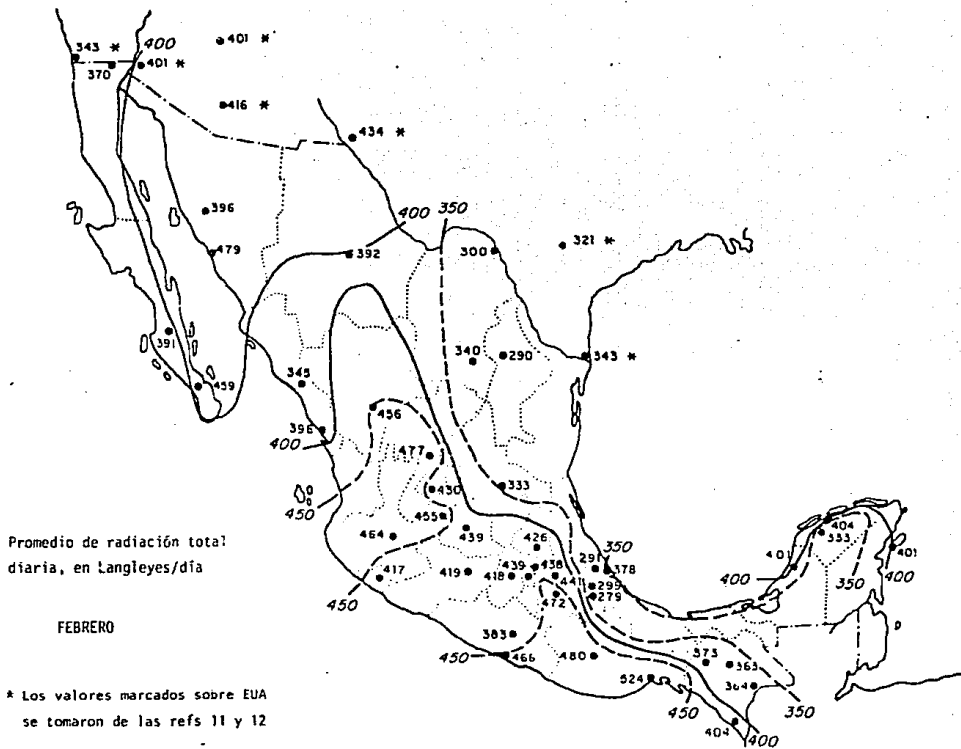


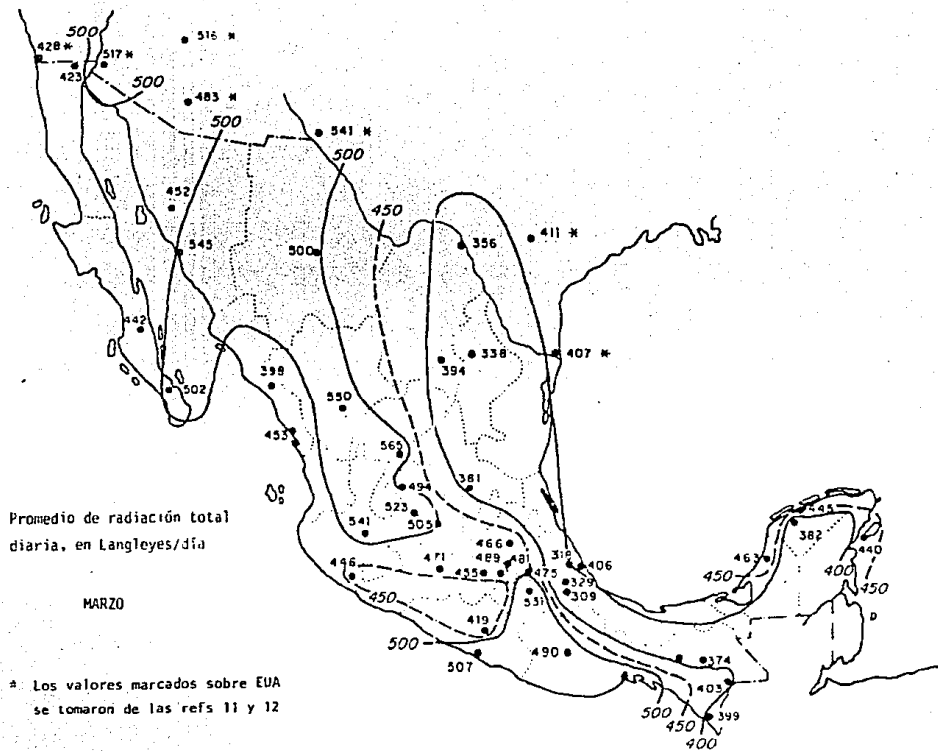
Promedio de radiación total  
diaria, en Langleyes/día

ENERO

\* Los valores marcados sobre EUA  
se tomaron de las refs 11 y 12





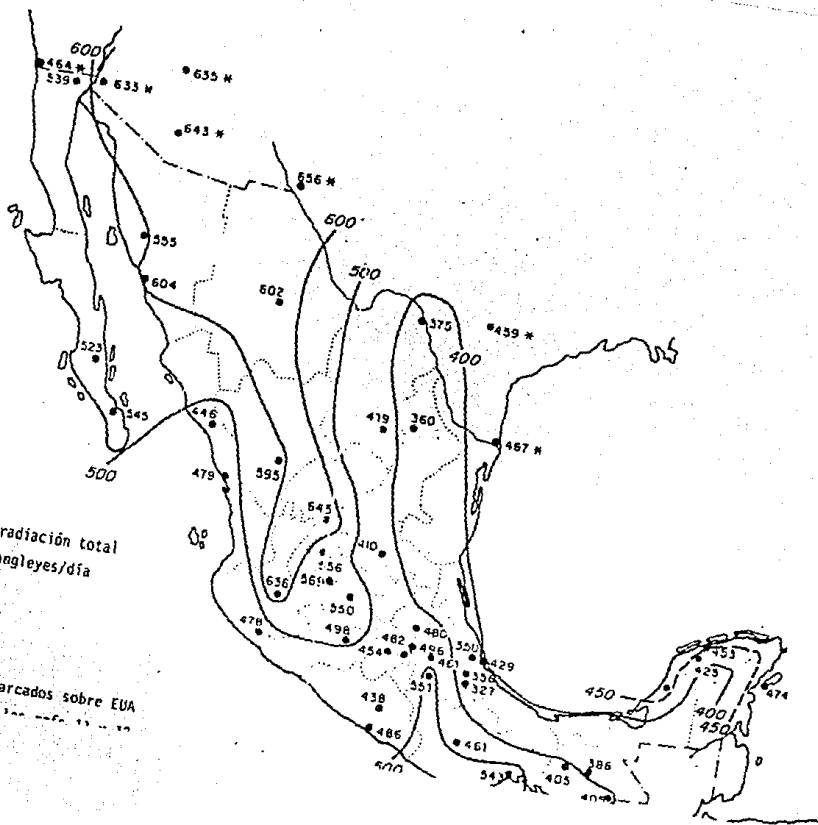


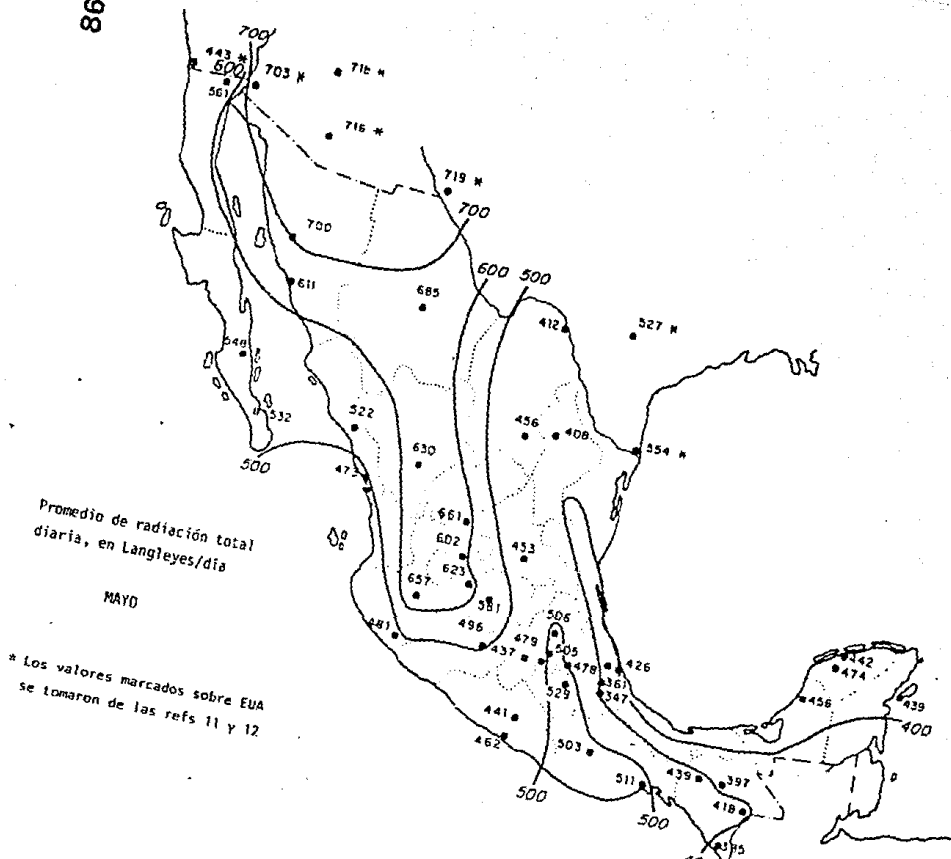
Promedio de radiación total  
diaria, en Langleyes/día

ABRIL

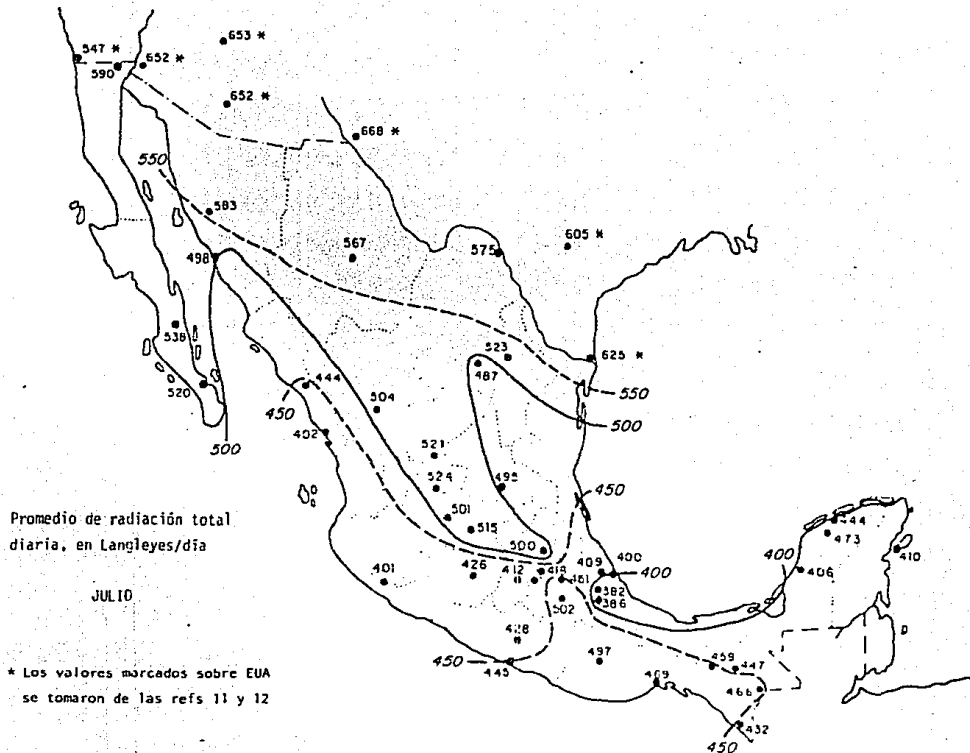
\* Los valores marcados sobre EUA

en el mapa de las pags. 83 y 84



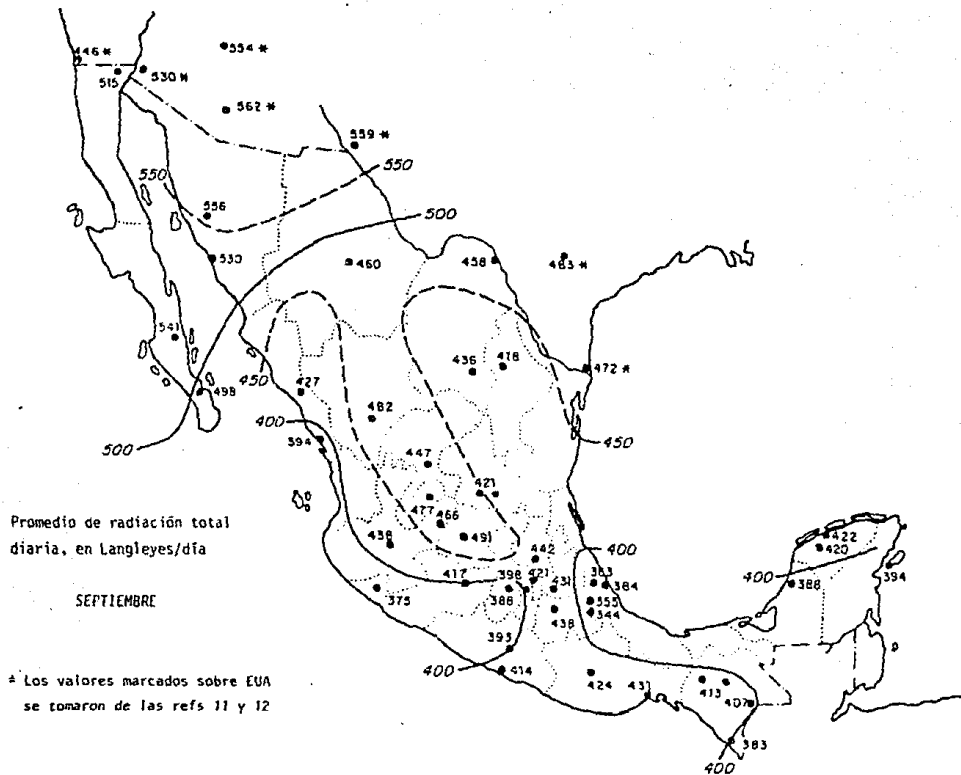


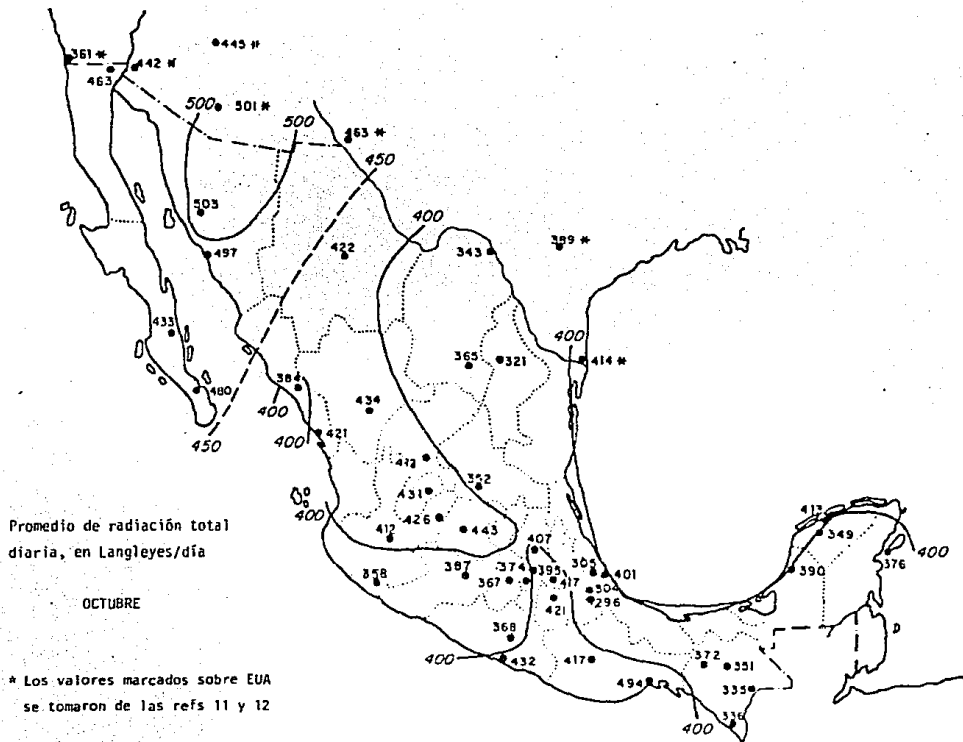


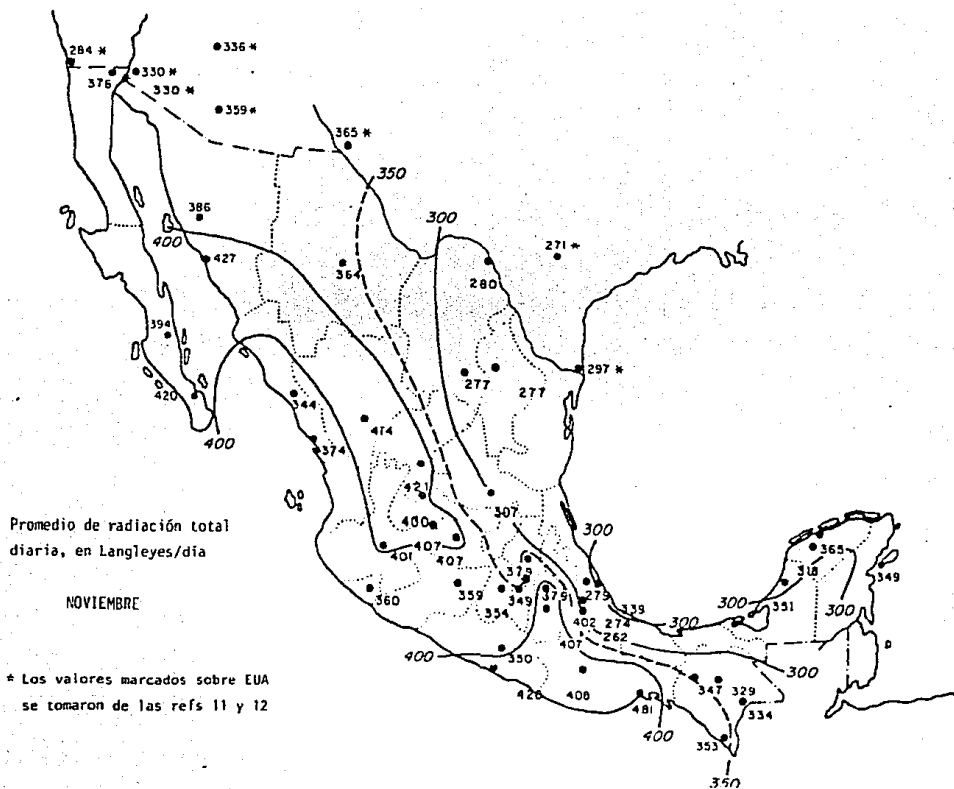














**APENDICE " C "**

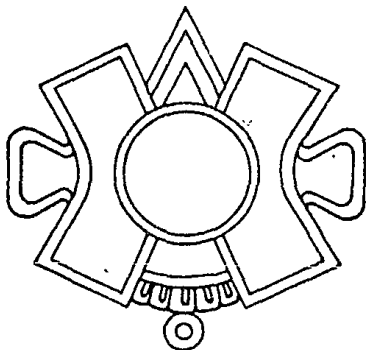
**INI**

**DGEI**

94

**DEPARTAMENTO DE ATENCION A LOS ALBERGUES  
SUBJEFATURA DE APOYO TECNICO**

**MANUAL DE OPERACION SOBRE LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO  
CON ENERGIA SOLAR**



**MEXICO 1984**

## I N D I C E

- I. OBJETIVO
- II. INTRODUCCION
- III. DIBUJOS ILUSTRATIVOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
DEL SISTEMA SOLAR EN EL ALBERGUE ESCOLAR
- IV. RECOMENDACIONES IMPORTANTES

## I.- OBJETIVO

La finalidad de este manual es proporcionarle al encargado del Albergue Escolar una información sencilla y con algunos ejemplos ilustrativos, la operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado con energía solar; así como el uso racional de éste.



## II. INTRODUCCION

La tierra es un planeta que por sus características permite la existencia de la vida de plantas y animales.

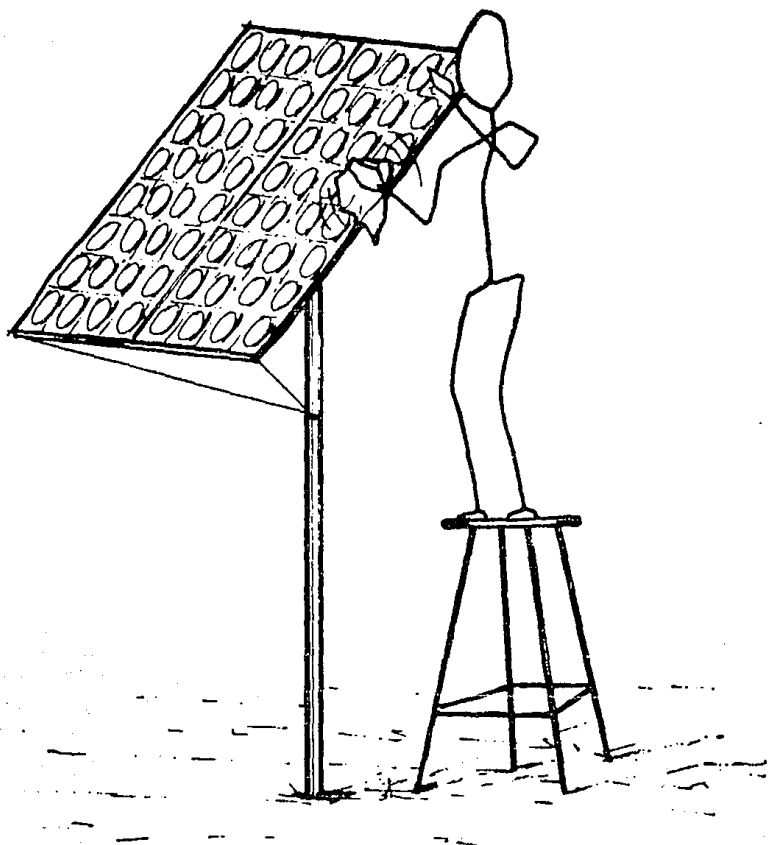
El sol, envía a la tierra una cantidad de energía que sirve para mantener una temperatura adecuada para la existencia de seres vivos.

En la actualidad el hombre, observando las múltiples aplicaciones que trae consigo la energía solar; se propuso a transformar ésta en forma de energía eléctrica con magníficos resultados.

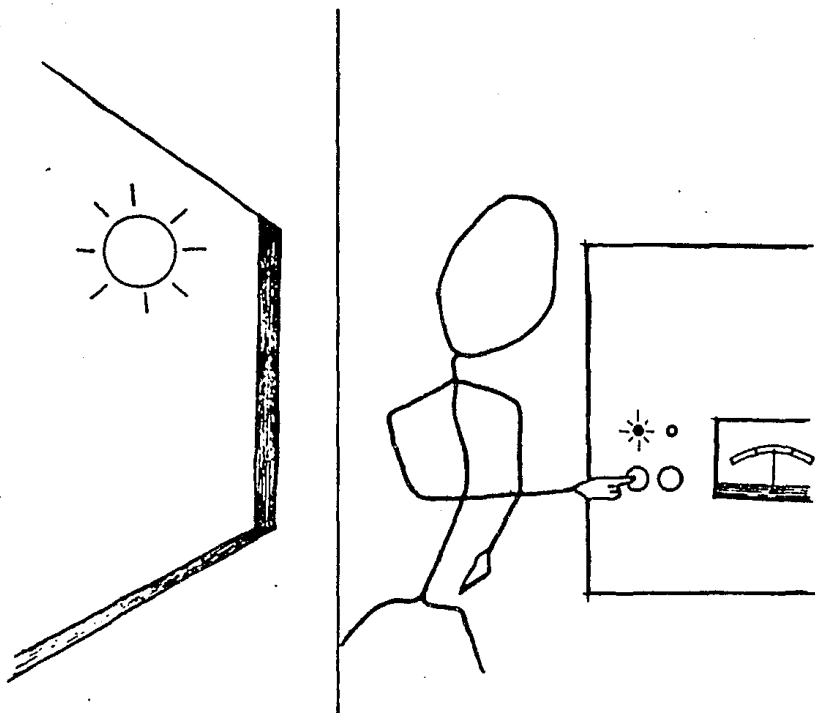
En México y por vez primera, se han utilizado para fines de alumbrado los sistemas fotovoltaicos en pequeñas comunidades rurales; instalándose este tipo de conversión de energía en albergues escolares, beneficiando así a miles de niños indígenas que habitan dispersos en serranías, desiertos y regiones selváticas.

En resumen, lo anterior fue posible gracias a recursos y esfuerzos del Instituto Nacional Indigenista al adquirir la tecnología desarrollada por el Centro de Investigación y de Estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional en lo referente a la utilización de energía solar para alumbrado; sin descórtar además a la Dirección General de Educación Indígena al coordinar a los Directores de albergues y maestros bilingües con la finalidad de apoyar al personal técnico en el proceso de instalación del sistema.

**III.- DIBUJOS ILUSTRATIVOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR EN EL ALBERGUE ESCOLAR.**

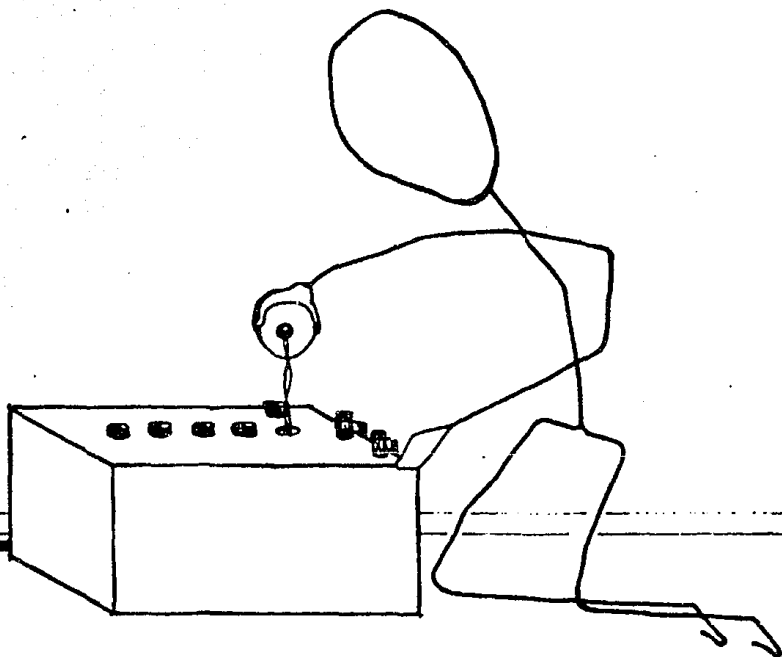


- ES NECESARIO QUE LIMPIE LOS MODULOS SOLARES CADA 15 DIAS CON UNA FRANELA O TRAPO SECO PARA QUE LA CANTIDAD DE LUZ SOLAR SEA MAYOR SOBRE LOS MISMOS.

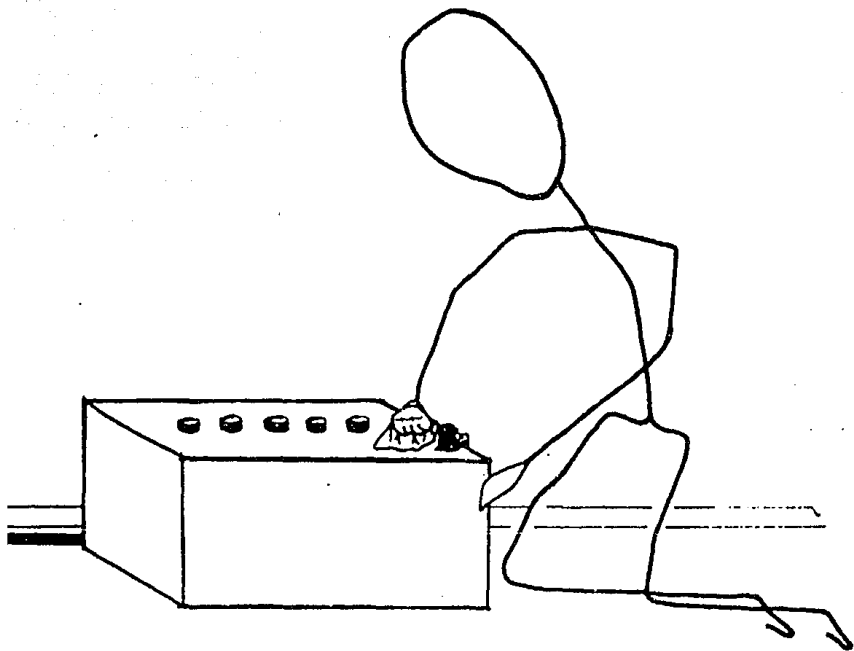


- COMPRUEBE SI LOS MODULOS SOLARES ESTAN FUNCIONANDO, PULSANDO LOS BOTONES DE LOS FOQUITOS. HAGA ESTO ENTRE 9 DE LA MAÑANA A 5 DE LA TARDE.

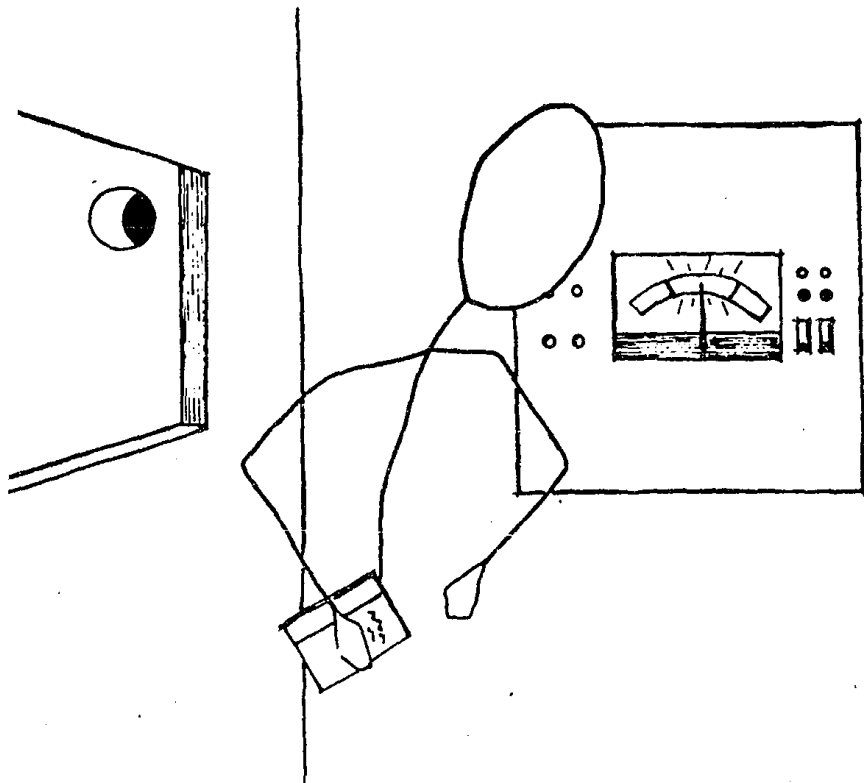
NOTA: LOS FOQUITOS TIENEN QUE ENCENDER AL OPRIMIR CADA UNO DE LOS BOTOENS.



-PONERLE AGUA DESTILADA A LA BATERIA, DE PREFERENCIA EN LA NOCHE O EN LA MADRUGADA (EN AUSENCIA DEL SOL),

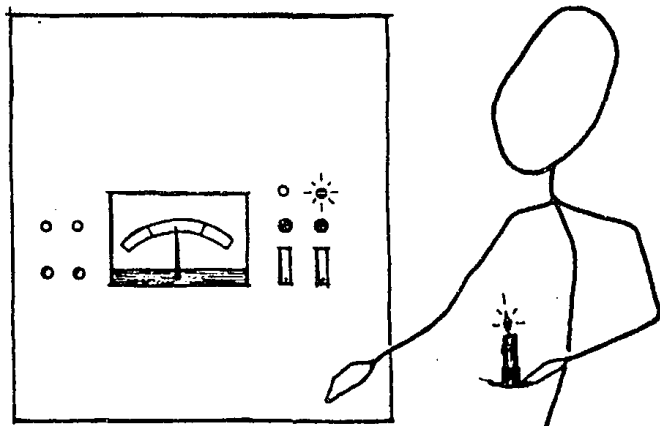


- LIMPIE LAS TERMINALES DE CONEXION DE LA BATERIA CUANDO SE FORME SALTRE O ALGO SIMILAR; HACALO CON UN TRAPO SECO.



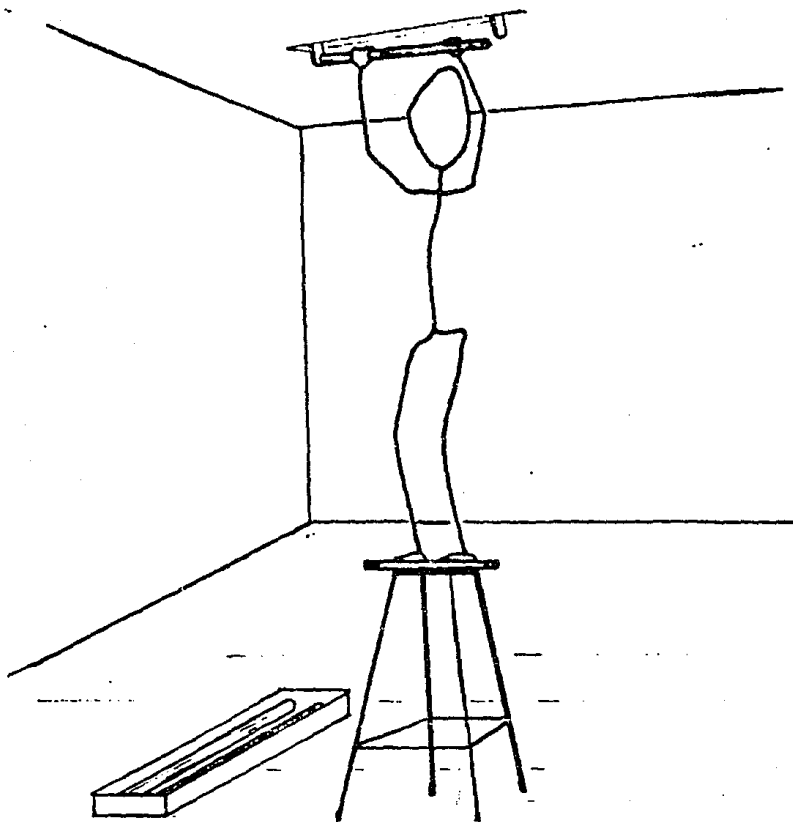
- COMPROBAR EL NIVEL DE CARGA DE LAS BATERIAS EN EL VOLTMETRO DEL TABLERO DE CONTROL.

NOTA: LA AGUJA DEL VOLTMETRO DEBERA MARCAR DENTRO DE LA ZONA VERDE CUANDO ESTA CARGADA LA BATERIA.

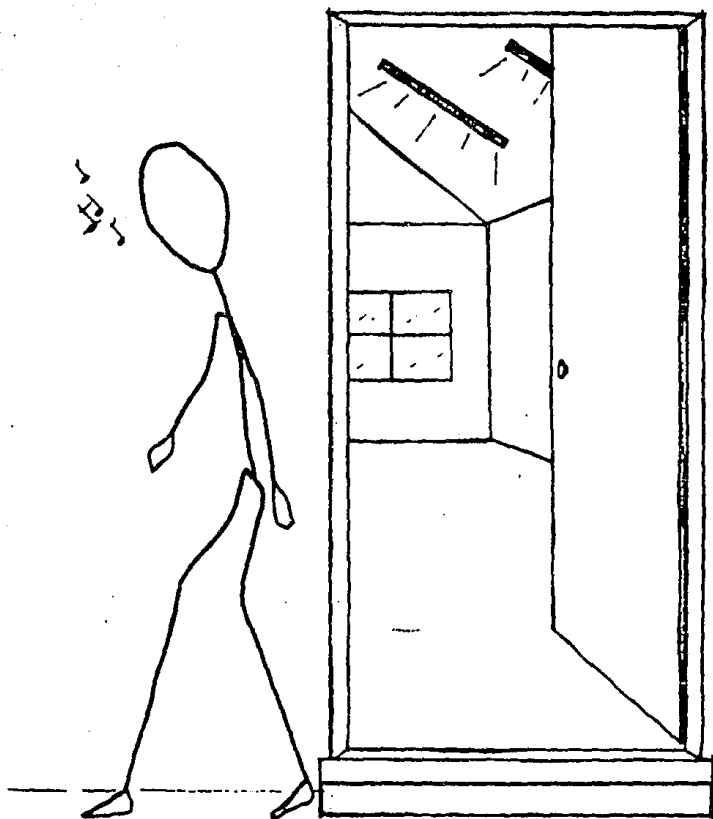


- CUANDO ENCUENTRE ENCENDIDO ALGUNO DE LOS FOCOS INDICADORES COLOCADOS A LA DERECHA DEL TABLERO DE CONTROL, SIGNIFICA QUE SE HA QUEMADO EL FUSIBLE Y POR TANTO TENDRA QUE CAMBIARSE POR OTRO NUEVO.

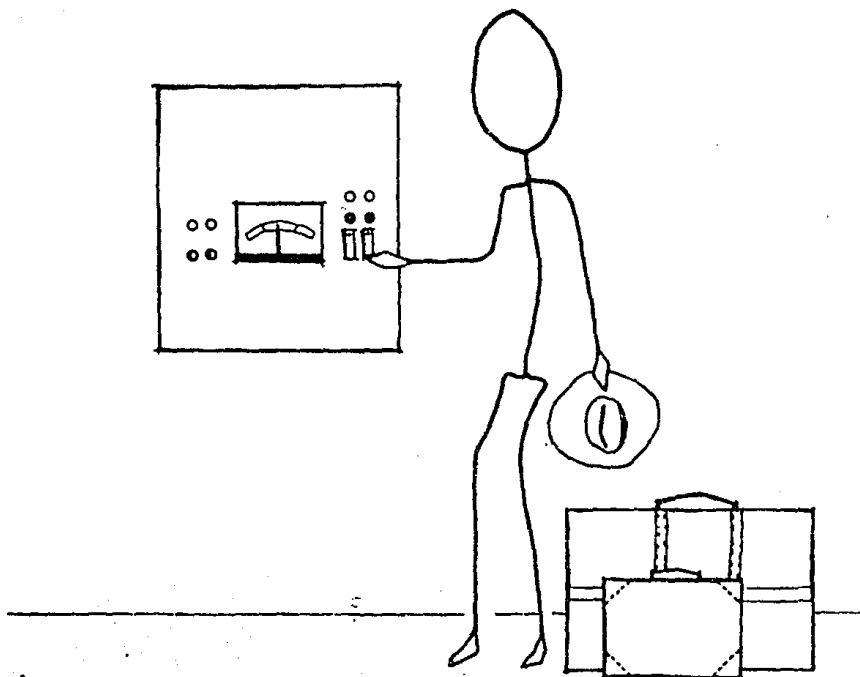




- CUANDO quite LA LAMPARA FLUORECENTE, tome a esta EN CADA ESTREMO Y haga PRESION HACIA UNO DE LOS EXTREMOS, QUEDANDO LIBRE EL OTRO AL LIBERARSE DE SU BASE, PARA COLOCAR LA NUEVA LAMPARA PROCEDA EN FORMA INVERSA.



- NUNCA DEJE ENCENDIDAS LAS LAMPARAS AL SALIR.



- AL SALIR DE VIAJE (SABADO Y DOMINGO) O EN PERIODO DE VACACIONES NO SE OLVIDE DEJAR APAGADOS (ABAJO) LOS DOS INTERRUPTORES DEL TABLERO DE CONTROL.

**IV.- RECOMENDACIONES IMPORTANTES**

- Limpie los módulos solares con frecuencia si se empolvan demasiado.
- Compruebe si la batería está cargada, observando el voltmetro del tablero de control, diariamente y de preferencia -- cuando ya haya oscurecido.
- Revise que el nivel de agua destilada en la batería, se encuentre 1 cm. arriba de las celdas.
- Oprima momentáneamente al menos una vez por semana, cada uno de los botones de los módulos en el tablero de control, hágalo entre 9 de la mañana a 3 de la tarde, si los foquitos encienden al oprimir cada uno de los botones, nos indicarán que los módulos están funcionando correctamente.
- No use en exceso las lámparas pero tampoco deje de utilizarlas. Trabaje el equipo con cuidado y moderación.
- Nunca olvide apagar las lámparas encendidas cuando no las utiliza.
- Si no encienden las lámparas, vea los indicadores de corto circuito en el tablero y sustituya el fusible dañado.
- En período de vacaciones cuando no use las lámparas, apague los interruptores generales en el tablero.