



**Estrategia teórica para introducir Energía Solar Fotovoltaica  
en una vivienda de interés social en León, Guanajuato**

**TESIS**

que presenta:

**CLAUDIA ERÉNDIRA VÁZQUEZ TORRES**

Para obtener el grado de:

**MAESTRA EN ARQUITECTURA**



ARAGÓN

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO  
TECNOLOGÍA**



HISTÓRICAS



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# **JURADO**

**Director de Tesis:**  
**DR. José Diego Morales Ramírez**

**Sinodales:**  
**Dr. Aarón Sánchez Juárez**  
**M. en Arq. Francisco Reyna Gómez**  
**M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos**  
**Arq. Héctor Ferreiro León**

# AGRADECIMIENTOS

- A DIOS,** Porque gracias a él Soy
- A MI PAPÁ,** Porque siempre me acompaña y está donde yo estoy
- A MI MAMÁ,** Por todo su apoyo, su ayuda, en resumen, por toda su dedicación y amor incondicional
- A MI MAMÁ ESTHER,** Porque siempre va a ser mi persona favorita y uno de los mejores seres humanos que he conocido
- AL JURADO,** Porque todos sus comentarios y conocimientos me ayudaron a mejorar la calidad de esta investigación
- A TODA MI FAMILIA,** (Sin excluir a nadie) Porque cada uno me da una lección de vida diferente y aunque a veces se marque mucho la diferencia de pensamiento, cuando reflexiono, siempre termino pensando en cuánto los amo
- A MIS AMIGOS,** a todas las personas que, sin esperarlo, me ayudaron (que son muchas) y a los que no me ayudaron también, porque gracias a ellos aprendí que *“a nadie se puede negar esa terca manera de soñar”*

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>I</b>
<b>Parte 1...Marco de referencia</b>	
1.1 Antecedentes	2
1.2 Política-tecnología-ambiente natural	4
1.2.1 Definiciones	
1.2.2 Relación entre Política-Tecnología-Ambiente natural	
1.3 Apraxia tecnológica	7
1.3.1 Apraxia tecnológica en el mundo	
1.3.2 Apraxia tecnológica en el Estado de Guanajuato	
1.4 Tecnología Fotovoltaica	9
1.4.1 Tecnología fotovoltaica en el Estado de Guanajuato	
<b>Parte 2...Sobre Energía</b>	
2.1 Historia de la energía	12
2.2 Historia de la energía en México	18
2.3 Situación actual de generación eléctrica en México	21
2.4 Problemas sobre la situación de la energía eléctrica	26
2.5 Auge de nuevas tecnologías (eólica, solar, geotérmica, etc.)	28
2.6 Efecto invernadero: ideas y teorías	31
2.7 Impacto ambiental por la generación de energía eléctrica	34
2.8 Investigación y desarrollo tecnológico de la energía eléctrica en México	36
<b>Parte 3...Sobre Energía Solar</b>	
3.1 El Sol	39
3.1.1 Composición y fenómenos que ocurren en el sol	
3.1.2 El sol en el ejercicio arquitectónico	
3.2 Radiación solar disponible	44
3.3 Conversiones de energía solar. Electricidad solar	48
3.4 Colectores solares fotovoltaicos	52
3.5 Energía solar en México y sus perspectivas para el futuro	55
3.6 Política ambiental, económica y social para aplicar energía Solar en México	57

## **Parte 4...Sobre Energía Solar Fotovoltaica**

<b>4.1</b>	<b>Impacto ambiental de la energía Solar Fotovoltaica</b>	<b>62</b>
<b>4.2</b>	<b>Diseño de sistemas fotovoltaicos</b>	<b>65</b>
<b>4.3</b>	<b>Costos de la Energía Solar Fotovoltaica</b>	<b>72</b>

## **Parte 5...Sobre Energía Solar Fotovoltaica en la ciudad de León, Guanajuato**

<b>5.1</b>	<b>Antecedentes tecnológicos en el estado de Guanajuato</b>	<b>74</b>
	5.1.1 Investigación y desarrollo tecnológico sobre energías alternas en el estado de Guanajuato	
	5.1.2 Prospectiva de energía eléctrica	
	5.1.2.1 En el Estado de Guanajuato	
	5.1.2.2 En la ciudad de León	
<b>5.2</b>	<b>La ciudad de León Guanajuato</b>	<b>84</b>
	5.2.1 Sistemas solares fotovoltaicos utilizados en la ciudad de León	
	5.2.1.1 zona urbana	
	5.2.1.2 zona rural	
	5.2.2 Energía solar fotovoltaica para una vivienda de interés social en la ciudad de León Gto. Caso práctico: convive	
	5.2.2.1 La colonia Convive	
	5.2.2.2 El proyecto arquitectónico	
	5.2.2.3 La propuesta tecnológica	
	5.2.2.4 presupuestos sobre el caso de estudio	
<b>5.3</b>	<b>Análisis y factibilidad tecnológica</b>	<b>118</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>120</b>
	<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>123</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>124</b>

# INTRODUCCIÓN

Es evidente que la economía moderna está marcada esencialmente por una sucesión cada vez más rápida de saltos evolutivos en el campo técnico-científico. Tecnologías como la electrificación han revolucionado y revolucionan condiciones de vida individual y social, económica y política. Vivimos una economía mundial fósil, ya que el abastecimiento energético a escala planetaria se realiza mayormente con energía fósil<sup>1</sup>, de la que dependen casi todas las actividades humanas. La evidencia de los peligros ecológicos a nivel planetario y las enormes catástrofes sociales que origina la dependencia de los recursos limitados, así como la conciencia de que la tecnología domina cada vez más la economía y la sociedad, convierten en requisito primordial plantear una economía política de la naturaleza<sup>2</sup>. Entonces, existe una contradicción fundamental entre las hazañas tecnológicas (nuevas, impulsoras de la economía mundial) y la ausencia de futuro en nuestro país provocada por el actual aprovisionamiento energético. Sin embargo, el bajo precio de la energía fósil agrava la crisis ecológica del planeta y dificulta la implantación de energías renovables. El triunfo de la energía renovable depende de lograr utilizarla a un bajo costo económico. Debemos considerar que en nuestro país el desarrollo de energía se muestra en el uso deficiente de materiales y equipo tecnológico, y el factor dominante para el futuro consumo de energía está en la velocidad de crecimiento de la población.

Hermann Scheer<sup>3</sup> “Economía Solar Global” afirma que todas las necesidades energéticas de la humanidad pueden satisfacerse con energías renovables. Al respecto, considero que éste no es el caso de México, y tampoco es el objetivo de esta investigación, el propósito es obtener las bases teóricas para realizar una estrategia en energía eléctrica; es decir, utilizar la energía convencional con que ahora contamos e introducir gradualmente un nuevo sistema energético que además es no convencional, permitiendo así que en todo el proceso, los usuarios conozcan y se familiaricen con este nuevo sistema sin eliminar totalmente el uso de la energía convencional que prácticamente han utilizado durante toda su vida. Existen múltiples razones de tipo técnico, económico y social para desarrollar la investigación de Energías Renovables en nuestro país, pero aun más importante son las expectativas sobre estas energías dentro de la creciente preocupación social por los problemas medioambientales, por ello el presente trabajo se enfoca a la promoción tecnológica desde un punto de vista arquitectónico, que cumpla con las necesidades energéticas de una vivienda de interés social, y que conlleve además un menor grado de afectación hacia el ambiente natural.

Para delimitar geográficamente el caso de estudio, he considerado la ciudad de León, a través de una vivienda de interés social. El principal motivo fue pensar en una ciudad con crecimiento exponencial y que no encajara dentro de las tres principales ciudades de nuestro país (Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara), ya que es común que las investigaciones se centren en éstas.

---

<sup>1</sup> Se considera que toda la energía tiene sus orígenes en el sol; en este caso, al hablar de la energía fósil nos referiremos a la energía que se produce a través del petróleo y carbón principalmente y que son fuentes de energía **No renovables.**

<sup>2</sup> Scheer Hermann, **Economía Solar Global**

<sup>3</sup> Ibidem

El estado de Guanajuato demuestra una gran preocupación por el desarrollo tecnológico, científico y energético a través de iniciativas de ley y la creación de dependencias especiales en estos temas. En León hay 1, 020 018 habitantes<sup>4</sup> y hasta hoy no cuenta con una aportación significativa en cuanto a la utilización de energía alternativa para generar electricidad en zonas urbanas, por ello debemos cuestionarnos tanto las razones por las que no se utiliza y la forma convencional de solucionar los problemas energéticos, y así proponer nuevas alternativas en una sociedad que día a día incrementa su población y por lo tanto su consumo eléctrico. Debido a lo anterior, y a través del método científico documental y de campo, abordo los problemas teóricos que se presentan al cuestionarme la siguiente hipótesis: Un mejor aprovechamiento de la riqueza<sup>5</sup> natural en nuestro país, mejora la calidad de vida y reduce los costos que actualmente se pagan al implementar una estrategia energética no convencional en una vivienda de escasos recursos económicos.

En la Parte 1 de esta investigación analizo algunos antecedentes políticos, culturales y tecnológicos que nos brindarán la información básica para establecer la importancia de estudiar la energía fotovoltaica en general y por qué debemos establecer una estrategia diferente a la actual. La parte 2 se refiere a los aspectos energéticos y el papel que juega y ha jugado la energía en nuestro país, así como las ventajas y desventajas de nuestro sistema actual para satisfacer nuestras necesidades eléctricas. Es importante también conocer los principios básicos sobre la energía solar, y de esto trata la parte 3 de esta investigación. Evidentemente desde un punto de vista arquitectónico, y como conocimiento básico de la energía solar. Por muchos son conocidas las ventajas de la energía solar fotovoltaica, y para conocer sobre las desventajas, el impacto ambiental y otros aspectos de la energía solar fotovoltaica en la parte 4 veremos estos datos, y finalmente en la parte 5 analizo la situación energética, convencional y no convencional en el estado de Guanajuato y particularmente en la ciudad de León, analizo un caso de estudio que nos permita familiarizarnos con los conceptos expuestos hasta este momento y con el objetivo de plasmar una estrategia teórica acorde a las necesidades de una familia que actualmente habita una vivienda de interés social.

La estrategia teórica que en esta investigación muestro, se enfoca a los aspectos sociales, culturales, políticos y tecnológicos desde un punto de vista arquitectónico. Evidentemente que el aspecto económico es muy importante, y es por ello que incluyo algunos presupuestos de proveedores nacionales de sistemas fotovoltaicos con el objetivo de conocer el precio real de este sistema fotovoltaico y los cuales brindarán importantes parámetros para proponer (A través de la Universidad de Guanajuato y bajo un programa de apoyo a proyectos de investigación por parte del CONCYTEG<sup>6</sup>) en el Estado de Guanajuato un financiamiento para llevar a la práctica este proyecto de investigación. Esta investigación va dirigida a los arquitectos y estudiantes de arquitectura que como yo, se interesan por el futuro energético de la vivienda y las energías renovables; así como a las autoridades competentes y que tienen el poder de decisión sobre el futuro de nuestro país, de nuestro estado y nuestro municipio, y principalmente va dirigida a todas las personas que viven en colonias como Convive y que piensan que no pueden tener una mejor calidad de vida.

---

<sup>4</sup> Fuente: INEGI León, conteo realizado en febrero del año 2000.

<sup>5</sup> Entiéndase por riqueza la abundancia de recursos en cualquier contexto.

<sup>6</sup> Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato



## 1.1 Antecedentes

El primer antecedente con que contamos es la formación de la tierra, hace 4600 millones de años, y 1100 años después aparece la vida a través de organismos unicelulares y bacterias, y desde hace 400 millones de años los organismos vivos empezaron a colonizar los continentes; después aparece el homo sapiens hace 100 000 años, desde entonces comenzamos a desarrollar centros de población, agricultura y hasta a domesticar animales y plantas.

La población humana ha crecido considerablemente, como ejemplo en el siglo XVIII aumentó 8 veces; la expectativa de vida aumentó y la actividad económica se globalizó. Se considera que actualmente existen 6 000 millones de personas.

La tierra en su conjunto (aire, agua, suelo y seres vivos) integra un solo cuerpo llamado biosfera; y ya que todos los actos del hombre afectan a la biosfera, podemos considerar que somos los principales transformadores del ambiente natural, en razón del carácter y alcance de nuestras actividades relativas al entorno. Nuestra actitud hacia el ambiente natural se ha transformado gradualmente desde la exploración hasta la explotación de los recursos del planeta.

La práctica de la explotación se generalizó a partir del siglo XVII, dando origen a un proceso de deterioro cada vez más importante del medio natural y del ambiente, hasta que se empezó a evidenciar el agotamiento de suelos, los cursos de agua contaminados, algunas especies animales y vegetales a punto de extinguirse, la destrucción de bosques, las ciudades poco habitables, etc.

Y en síntesis, el crecimiento poblacional y la globalización de la actividad humana que tienen un mayor impacto en el ambiente natural son:

- Excretas, propias de su naturaleza de ser vivo
- Agricultura
- **Energía**
- Industria

Un desarrollo debe "satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades"<sup>1</sup>

La protección del ambiente natural, además de constituir una condición imprescindible para el crecimiento económico y el bienestar, actúa como motor de desarrollo, a causa del gran esfuerzo de gestión, avance tecnológico e inversión que tal protección exige. El desarrollo sostenible refleja una elección de **valores** para desarrollar las actividades en el planeta, tales como la igualdad entre personas ahora y, entre esta generación y las futuras generaciones.

---

<sup>1</sup> Definición de desarrollo sostenible por la World Commission on Environment and Development- WCED



Pero, ¿cuáles son los elementos que detonan el interés por salvaguardar al ambiente natural? Y ¿cómo podemos impulsar el surgimiento de modelos de sociedad y producción alternativos, buscando una interacción armónica entre sociedad y naturaleza?

A lo largo de nuestra existencia, nos ha caracterizado la racionalidad de sentirnos diferentes (entiéndase superiores) a todo ser vivo y esto lo hemos asumido como el derecho *per se* a obtener de nuestro mundo todo aquello que consideremos necesario para nuestra existencia, obviamente con toda la carga imaginaria de poseer a ese "otro" que es distinto e inferior por ser irracional.

Es esa estructura mental la que nos ha acompañado a lo largo de toda nuestra existencia como especie, pero ocurre que a medida que avanzamos en el tiempo habremos de complicar las relaciones humanas y desarrollar el sentido de pertenencia e identidad hacia un grupo o territorio. Así pues, no sólo soy distinto al ser irracional, sino que también me descubro distinto a un ser igual a mí. Es en este momento en el cual se traspone la racionalidad hacia individuos de la misma especie.

Aunado a lo anterior habrá de aparecer en la escena el proyecto de la modernidad como pretensión universal y con un claro efecto multiplicador en la supremacía del hombre; para ello, encargándose en principio de la disociación tanto en lo individual como con respecto a su entorno. Es entonces que comienza la carrera desarrollista de la humanidad, en donde la ciencia y la tecnología habrán de ser los elementos fundamentales para la instauración del proyecto, al cual se liga la creación de un nuevo modo de producción que llegará a dominar el planeta.

El fin último que todo ello persigue es someter los "elementos exógenos", tanto para aprovecharlos como para homogeneizarlos, es pretender volver tangible lo intangible, propio lo ajeno, acercarse a lo lejano, humanizar lo inhumano; en otras palabras, dotar de inteligibilidad lo inquietante.

¿Qué más inquietante que la naturaleza misma? ¿Qué más inquietante que la construcción del binomio hombre-naturaleza o, su posterior alteración, capital-naturaleza?



## 1.2 Política-Tecnología-Ambiente natural

### 1.2.1 Definiciones

Según la Real Academia de la Lengua Española, **política** es un arte o traza con que se conduce un asunto o se emplean los medios para alcanzar un fin determinado<sup>2</sup>, refiriéndose a la actividad, la opinión y la intervención en asuntos públicos. Otra definición nos dice que **política** es la ciencia, el arte y la virtud de trabajar para alcanzar el **bien común**<sup>3</sup>. Indudablemente, la política implica ejercer el poder para tomar decisiones en asuntos que nos conciernen a todos, (incluyendo decisiones de aspectos morales) y desde este punto de vista **todos** somos políticos (o deberíamos de serlo), por el hecho de ser personas y convivir.

El ambiente natural es el análisis de la relación entre ecosistema y cultura. En general, es el entorno en el cual opera (convive) una organización, que incluye el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos, y su **interrelación**. En este contexto, el ambiente natural se extiende desde el interior de una organización hasta el sistema global. El ambiente natural se refiere a todo lo que rodea a los seres vivos, está conformado por elementos biofísicos (suelo, agua, clima, atmósfera, plantas, animales y microorganismos), y componentes sociales que se refieren a los derivados de las relaciones que se manifiestan a través de la cultura, la ideología y la economía. La relación que se establece entre estos elementos es lo que, desde una visión integral, conceptualiza el ambiente natural como un sistema. Hoy en día el concepto de ambiente natural está ligado al de **desarrollo**; esta relación nos permite entender los problemas ambientales y su vínculo con el desarrollo sustentable, el cual debe garantizar una adecuada calidad de vida para las generaciones presente y futura.<sup>4</sup>

Para el autor Miguel A. Quintanilla<sup>5</sup>, la Tecnología se refiere a las técnicas industriales vinculadas al conocimiento científico, pero este término en sí solo engloba al objeto, no a la psicología social, a la política y economía que intervienen y que de alguna manera afectan al usuario. Por lo que la tecnología es un conjunto de teorías, procedimientos y resultados al utilizar técnicas basadas en un conocimiento científico, con el fin de mejorar la **“calidad de vida”**.

Los principales conceptos al analizar estas definiciones son: bien común, componentes sociales, elementos biofísicos, calidad de vida, y la interrelación entre estos establecen un vínculo entre la tecnología, el ambiente natural y la política.

<sup>2</sup> Diccionario de la Real Academia Española en la página de Internet: [www.buscon.rae.es](http://www.buscon.rae.es)

<sup>3</sup> [www.eati.upaep.mx](http://www.eati.upaep.mx)

<sup>4</sup> [www.lablaa.org](http://www.lablaa.org)

<sup>5</sup> En su libro: **Tecnología: un enfoque filosófico...**

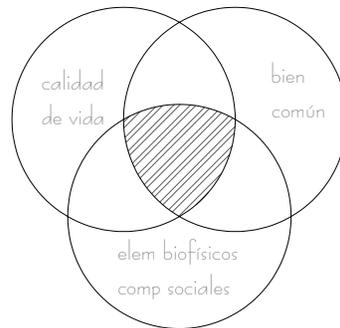


Imagen 1.1 La intersección entre estos conceptos pueden significar el objetivo principal de la Arquitectura

Para establecer los elementos que aporten al quehacer Arquitectónico el bien común y la calidad de vida tomando en cuenta componentes sociales y elementos biofísicos, es necesario analizar el aporte tecnológico y político a la Arquitectura y su afectación al ambiente.

El primer antecedente sobre el adelanto tecnológico está ligado a la esclavitud<sup>6</sup> ya que, según Langdon Winner, en la antigüedad los esclavos realizaban el trabajo pesado y por lo tanto no se invertía en investigación industrial ni se desarrollaban maquinarias para simplificar procesos.

Por otro lado, se descubre el petróleo accidentalmente, perforando un pozo en Pensilvania,<sup>7</sup> y poco a poco aparece una nueva demanda: la energía fue necesaria para los motores desarrollados durante el periodo de progresos científicos y técnicos que acontecieron a finales del siglo XVIII<sup>8</sup>. Así la energía se vuelve indispensable y hoy en día, además de procesos industriales, la utilizamos para alimentarnos, transportarnos y generar desarrollos tecnológicos que “simplifiquen” nuestra vida.

<sup>6</sup> Langdon Winner, **Tecnología Autónoma: La técnica incontrolada como objeto del pensamiento político...**

<sup>7</sup> 12 de agosto de 1859

<sup>8</sup> Wolfgang Palz, físico, **Electricidad Solar...**



## 1.2.2 Relación entre Política-Tecnología-Ambiente natural

*“El fenómeno técnico afecta a todas las culturas en todos los lugares”<sup>9</sup>*

En su libro *La ballena y el reactor*, Langdon Winner examina en forma crítica la naturaleza y el significado de las ayudas artificiales para la actividad humana. Según Winner, hemos heredado del pasado una gama de posibles intereses sobre la tecnología: hacer y utilizar, considerando a los objetos y procesos tecnológicos neutros en su posición moral; sin embargo los objetos tecnológicos tienen aspectos morales, así por ejemplo, la construcción de un sistema técnico involucra a seres humanos como parte de su funcionamiento y requiere de una reconstrucción de los roles y las relaciones sociales por lo que utilizamos las máquinas, técnicas y sistemas generando modelos de actividades y expectativas casi instintivamente. Es un hecho que en la actualidad la telefonía, los automóviles, la luz eléctrica y los ordenadores son formas de vida en el sentido más poderoso, hasta el punto que la vida casi sería impensable sin ellos. Por lo que afirma que la tecnología está moldeada por fuerzas sociales y económicas. Un claro ejemplo de esta fuerza social y económica de la tecnología en la construcción pública en nuestro país son las grandes obras como el segundo piso en el periférico, esta obra más bien se realiza como una manipulación tecnológica para favorecer los votos electorales a un determinado partido. Y digo una manipulación porque favorece la utilización del automóvil en el Distrito Federal dejando de lado el desarrollo del tránsito masivo, en este caso la tecnología se usa para incrementar el poder y la autoridad. Por otra parte, el ambientalismo según Winner, no incluye cuestiones éticas sino solo económicas, en las cuestiones ambientales al igual que en los negocios, el criterio se centra en la línea inferior. ¿Cuánto vale para nosotros tener agua limpia o aire puro?

Al respecto, Barrow establece que hay límites para las teorías y para la nueva tecnología, que según él causa un gran impacto al ambiente natural, la aportación más interesante de este autor es afirmar que cuan mayor estructura puede originar la tecnología a partir de lo aleatorio, más se alejarán sus productos del equilibrio térmico y más difícil será revertir el proceso que les dio origen. Cuando proyectamos un futuro de creciente progreso tecnológico, podemos enfrentar un futuro crecientemente riesgoso y susceptible de un desastre irreversible. Anteriormente, Jacques Ellul propone una ética del **no poder**, que consistía en que los seres humanos aceptaran no hacer todo lo que son capaces. Era desde mi punto de vista, establecer límites a nuestras propias capacidades, que nos permitan controlar los avances tecnológicos y sus posibles afectaciones a nosotros mismos y al ambiente natural. Winner por su parte, afirma que la tecnología debe ser domesticada, en el sentido de controlar su impulso acelerador. A mayor tecnología, mayor es el peligro, no hay nada que impida a una tecnología y a una ciencia desatada completar su obra de destrucción del hombre. Y en su libro *Tecnología autónoma*, se refiere a todas las concepciones y observaciones en el sentido de que la tecnología escapa de algún modo del control humano. Y una de las principales preocupaciones para ambos autores es la apraxia tecnológica.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Jacques Ellul, *La noción de ambivalencia de la técnica*, traducción de Andrés Felipe Peralta Sánchez.

<sup>10</sup> si en un sistema técnico deja de funcionar un vínculo importante, todo el sistema se para o entra en caos (apraxia). La apraxia tecnológica es la barrera última con que se topa cualquier intento de modificar la realidad.



## 1.3 Apraxia tecnológica

### 1.3.1 Apraxia tecnológica en el mundo

*“Se fue la luz, que viva el subdesarrollo” (Rubén Blades)*

**“14/08/03.** El mayor apagón en la historia de Estados Unidos se produjo en Nueva York y otras grandes ciudades del noreste e incluso parte de Canadá generando una oleada de escalofríos de temor e incertidumbre entre millones de personas, afligidas ya por las altas temperaturas del verano.”<sup>11</sup>

Es difícil entender cómo, en unos segundos, la electricidad dejó de fluir en una zona donde viven 50 millones de personas. Quizá no lo sea tanto cuando recordamos que sesenta ciclos de estos sistemas se completan cada segundo, que son sistemas **interconectados**; que la demanda evoluciona y que cuando están a su límite de capacidad de generación eléctrica ya no sea suficiente y que algo tenga que apagarse. En menos de un minuto, nueve plantas nucleares se habían salido de la red y habían arrancado sus sistemas de respaldo.

Y las consecuencias, sin ser trágicas, solo reflejaron la extraordinaria **dependencia** en la electricidad de los sistemas tecnológicos que utilizamos hoy en día para todo tipo de necesidades: iluminación, aire acondicionado, refrigeración, fuerza automotriz y transmisión y recepción de información. Todo esto se reflejó en las consecuencias del apagón, gente atrapada en elevadores y trenes eléctricos, puertas automáticas que no dejaron sacar autos de estacionamientos, toneladas de comida que tuvieron que tirarse, teléfonos (en particular celulares) que no funcionaron y que mantuvieron a muchos incomunicados, televisiones que podían servir para informar a la gente pero que no podían ser utilizadas, estaciones de gasolina que no podían venderla y millones de humanos que tuvieron que bajar muchos pisos, caminar kilómetros, aguantar el calor, estar incomunicados y no poder tener agua por horas.<sup>12</sup>

En todo esto, también fue muy importante el papel que tuvieron los equipos de respaldo que **no están conectados a la red eléctrica**. Estos sistemas permitieron que hospitales y edificios clave se mantuvieran funcionando.

La apraxia tecnológica generada el 14 de agosto del 2003 en Nueva York sugiere la posibilidad de fraccionar la centralización eléctrica en plantas más pequeñas (descentralización) y por supuesto impulsar el desarrollo de fuentes alternativas que brinden las mismas comodidades a menor costo, económico y ambiental.

---

<sup>11</sup> www.terra.com.mx

<sup>12</sup> Odón de Buen R., art. El Apagón en Nueva York.



### 1.3.2 Apraxia tecnológica en Guanajuato

El estado de Guanajuato no está exento de sufrir apraxia tecnológica, existen diversos puntos de manifestación; como por ejemplo, en la tecnología fotovoltaica que dentro del estado se aplica generalmente a lugares apartados de la red eléctrica convencional como las comunidades rurales; y precisamente, por su condición apartada de toda influencia social y por supuesto tecnológica, es lógico que necesiten un conocimiento previo a la introducción de un sistema tecnológico de estas características a su “cerrada” cultura local. Lo que genera apraxia tecnológica, debido a la falta de información apropiada para un correcto funcionamiento.

La apraxia tecnológica que se presenta en León, además de apagones de gran magnitud, también corresponde a localidades rurales, como la generada en San Antonio del Gigante, donde se instalan paneles fotovoltaicos para sustituir la falta de red eléctrica convencional. El usuario, al notar que la batería llegó al límite de su vida útil, decide sustituirla por otra sin analizar la capacidad y otras características técnicas del sistema. El resultado final es un mal funcionamiento de todo el sistema que pone en riesgo la óptima utilización del panel fotovoltaico en la región y por supuesto, la poca popularidad de un sistema alternativo en zonas rurales.

Hasta el día de hoy, la apraxia tecnológica en el estado de Guanajuato no ha tomado magnitudes relevantes, ya que los requerimientos energéticos en el Estado de Guanajuato no han sobrepasado los límites de generación de las plantas eléctricas; sin embargo, no podemos esperar a que ocurra una apraxia tecnológica de gran magnitud para buscar alternativas que puedan integrarse a nuestra cultura y que sobre todo, nos brinden las “comodidades tecnológicas” sin depender de la red eléctrica nacional y a un menor costo ambiental.

La tecnología por sí misma es obsoleta, ya que tiene una vida útil muy corta al sustituirse a sí misma constantemente. Por otra parte, la tecnología y la política ejercen un control sobre la arquitectura y éste a su vez afecta al ambiente natural. Para disminuir la ambivalencia y apraxia tecnológicas, necesitamos tecnología democrática, que no genere una dependencia respecto a un gran sistema y entonces las Energías Alternas y en particular, la tecnología fotovoltaica, se convierten en una alternativa importante, ya que por su carácter descentralizador y democrático, ofrecen a la sociedad una mejor opción energética.



## 1.4 Tecnología fotovoltaica

El efecto fotovoltaico se refiere a la generación, regulación y transformación de electricidad por medio de un proceso químico debido a la incidencia de la radiación solar sobre un material especial (generalmente silicio) con propiedades de absorción y emisión que permitan a cada celda conectada en serie, transformar y aprovechar el mayor porcentaje de radiación recibida. El efecto fotovoltaico por sí solo no es utilizable, debe integrarse a una serie de tecnologías (objetos y procesos) que conforman todo un sistema para componer un panel fotovoltaico, que es el nombre comercial con que conocemos a la tecnología fotovoltaica.

Entonces, la tecnología fotovoltaica debe entenderse como los materiales, procesos, técnicas y teorías con base científica que se utilizan para generar electricidad, pero esta definición es incompleta, puesto que no incluye al conocimiento cultural, social, político y económico que interviene al producir paneles solares y que son indispensables para su correcta ubicación y aplicación en una sociedad determinada.

La energía solar es **descentralizante** en sentido técnico y político. En sentido técnico es más razonable construir sistemas solares en manera disgregada y distribuida que en plantas centrales y a gran escala; la energía solar es accesible, comprensible, controlable y es deseable por sus beneficios ambientales.

La descentralización de los sistemas energéticos de las comunidades y del poder es un componente implícito de la energía renovable. Nuestras ciudades pueden lograr cierto grado de autonomía, y por lo tanto controlar y administrar sus propias necesidades energéticas. La crisis energética no necesita una mayor redistribución de la riqueza o mayor participación pública, sino una dirección centralizada a nivel público y privado más poderosa.

Cualquier sociedad que desee mantener su virtud cívica, debe enfrentarse a la innovación técnica y crecimiento económico con mayor cautela. Aunque ahora, además de todos estos beneficios debemos cuestionarnos el impacto social y cultural que puede provocar en una región como la nuestra, ya que si la tecnología fotovoltaica es posible técnica y económicamente, habrá una elección sobre cómo estructurará la sociedad estos sistemas, construir granjas fotovoltaicas, aplicaciones rurales o conjuntos medianos como fraccionamientos. ¿Estamos preparados para introducir sistemas tecnológicos a nuestra cultura?



## 1.4.1 Tecnología fotovoltaica en Guanajuato

Las dos siguientes fotografías son ejemplo de la influencia política para introducir tecnología fotovoltaica en el estado de Guanajuato.

Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 1.2 Ejemplo de introducción de tecnología fotovoltaica en el estado de Gto. A la izquierda, Xichú y a la derecha Vergel de Bernalejo, San Luis de la Paz

En ambos casos los usuarios desconocen el uso de esta tecnología y no es aprovechada. Resulta contradictorio pensar que la tecnología (incluyendo los paneles solares) se crean para mejorar la calidad de vida de los usuarios y en este caso, de proporcionar energía eléctrica a estas comunidades rurales, y que los mismos usuarios decidan no utilizarla, por temor a generar una apraxia tecnológica, entre otros motivos.

Una de las principales problemáticas sobre la tecnología es que su desarrollo genera cambios de pensamiento en las personas, de modificación cultural, entre otros. Pero es más importante señalar que una innovación tecnológica muchas veces origina escasez donde antes no existía y un claro ejemplo son los combustibles fósiles, que hoy en día son un energético convencional en peligro de extinción.

El fin de esta investigación es, a través de la Ecología Profunda propuesta por Arnes Naess<sup>13</sup>, prevenir y dar soluciones alternas a los problemas energéticos que presenta la ciudad de León sin dar oportunidad de enfrentar una situación tan desesperada que solo servirán medidas desesperadas como afirma William Ophulus.

<sup>13</sup> Reducir la polución y despilfarro de recursos y buscar una orientación ética, política y cultural que rechace la destructividad del modo de vida urbano e industrial, para obtener una relación más positiva con la biosfera.



## 2.1 Historia de la energía

**“El conocimiento de la naturaleza a través del desarrollo científico permitiría el desarrollo ilimitado de las potencialidades productivas”**

Ésta fue la idea dominante desde el siglo XVIII promovida por Descartes, Bacon, Simon, Comte, Spencer, Marx y Engels, idea que por supuesto no consideraba los problemas ambientales, sociales, políticos, económicos y culturales que hoy en día conocemos y que se acentúan gracias a la Revolución Industrial, definida de forma simplificada como el resultado de la adopción de un nuevo sistema productivo apoyado, entre otros factores, en la utilización generalizada de máquinas en cualquier proceso productivo y en la utilización de nuevas fuentes de energía, abre una nueva etapa en la Historia de la Humanidad provocando una serie de cambios económicos, políticos y sociales.

Son tres tipos de factores los que marcan dicha revolución. Por una parte, los factores ideológicos, a partir del racionalismo burgués de la Ilustración; por otra, los financieros, dando lugar mediante la acumulación de riqueza a lo largo del mercantilismo y tras la organización del nuevo sistema bancario, al capitalismo, y finalmente, los científico-técnicos, básicos para el establecimiento de la industria en la que se conjugan por una parte el espíritu investigador, surgido del Renacimiento y por otra, el espíritu práctico necesario para la solución de problemas concretos de la actividad humana. Las innovaciones técnico-científicas que caracterizan a la revolución industrial son, fundamentalmente, en el campo de la energía, aplicable a las herramientas, en sustitución de la fuerza humana, y a los procesos de producción y las invenciones concretas de nuevas máquinas, procesos y productos. El dominio de la energía está marcado en el tiempo por tres etapas, conocidas o denominadas también como revoluciones industriales. Dichas etapas o revoluciones son:

1 La denominada por algunos autores como *revolución paleotécnica*, caracterizada por el descubrimiento del carbón (bulla-coque) y la máquina de vapor.

2 La denominada *revolución neotécnica* o era del petróleo y de la electricidad, caracterizada por el descubrimiento de los sistemas de generación, transformación y utilización de energía, así como el de los hidrocarburos, como fuente de energía y materia prima de donde se obtienen nuevos productos.

3 La llamada *revolución de la energía atómica y de la electrónica o la informática*, basada en el uso y aplicaciones de la energía nuclear y en la aplicación de la electricidad a la automoción y a la informática.

Todos estos avances no sólo permiten el despegue de la Revolución Industrial, también constituyen el punto de anclaje y de partida de una serie de revoluciones, denominadas complementarias:

\* La de los *transportes*, imprescindible para la agilización del comercio y con él la producción.



\* La *agraria*, inicialmente y más propiamente llamada de los cultivos como resultado de la introducción de nuevas tecnologías, nuevos productos y la supresión del barbecho, estimulada esta última por la demanda de alimentos de una población industrial creciente.

\* La *demográfica*, marcada por una parte por la propia revolución de los cultivos, que proporcionan mayor cantidad de alimentos y por otra, por los adelantos sanitarios ligados a los avances científicos.

Todo este proceso, denominado conjuntamente industrialización, no viene definido por un cambio instantáneo y radical, sino que es el resultado de un largo proceso de casi dos siglos que comienza en Inglaterra a finales del siglo XVIII, incorporándose a ella en el último tercio del siglo XIX otra serie de países como Francia, Alemania, Estados Unidos, Japón, Bélgica y Holanda, y en menor medida Rusia, España, Italia y Austria, mientras que los restantes países del mundo no inician dicho proceso hasta el siglo XX. La industrialización, entendida a partir de estos hechos como el incremento de la producción industrial, supone la organización de ésta en una serie de sectores y ramas, clasificados, en base a factores técnicos y económicos, en industrias de base o de consumo, industrias pesadas o ligeras, de capital o de mano de obra, etc., y en base a los materiales que utilizan en metalúrgicas, siderúrgicas, textiles, etc., e implica, por tanto, la generación de una intensa actividad y concentración empresariales. Todo lo expuesto constituye la base de partida de un desarrollo económico progresivo, pero es también, el desencadenante principal del deterioro y degradación medioambientales. Un por ejemplo la contaminación generada por la sobreexplotación de recursos, y que en México se extiende hasta nuestros días lo podemos observar en la siguiente imagen.

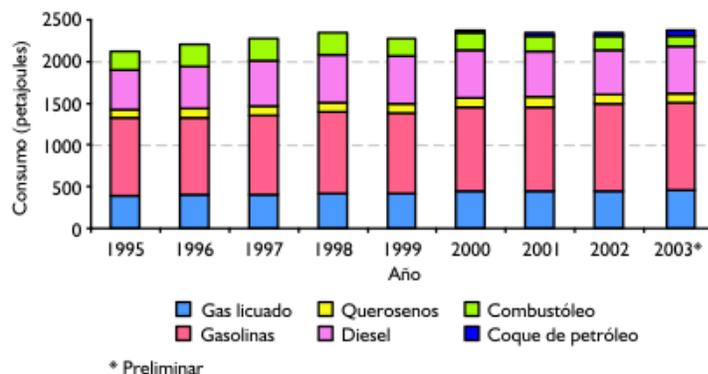


Imagen 2.1 Reseña histórica del uso de petrolíferos a nivel nacional, Las gasolinas representan el petrolífero consumido en mayor proporción (representando al menos 40% en cada año), en segundo lugar se encuentra el diesel, con aproximadamente un 22%; les siguen el gas licuado y el combustóleo.

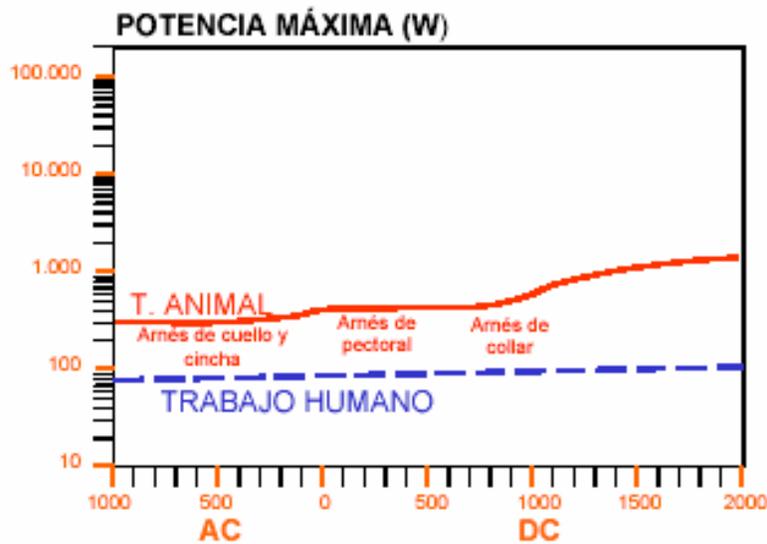


Imagen 2.2 Historia de la energía en el mundo

El avance en el aprovechamiento de los combustibles fósiles y la invención de máquinas de vapor, son la base para el desarrollo de la termodinámica y comprensión del concepto de **energía** durante 1840. La energía es la capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo (desde el punto de vista científico de la física), todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que son manifestaciones de alguna transformación de la energía y asimismo, toda la energía se manifiesta en multitud de formas que se relacionan entre sí mediante numerosos mecanismos de conversión<sup>1</sup>, ésta es necesaria para calentar, enfriar y realizar un trabajo. Para poder utilizarla, es necesario extraerla de fuentes primarias, convertirla a fuentes secundarias y después utilizarla para algún fin específico como transportarnos, alimentarnos o en procesos industriales.

Sin embargo, el concepto de energía como proveedor de bienes y servicios no se introduce hasta finales del siglo XVI cuando Van Helmont inventa la palabra gas. Ya que hasta hace 200 años, la única fuente de energía para el hombre fue el sol; la madera se utilizaba para calefacción y los animales para el transporte. El consumo de combustibles fósiles fue insignificante hasta el siglo XVIII. La explotación del carbón a gran escala comenzó en 1820 y el uso del petróleo data del 12 de agosto de 1859<sup>2</sup>, al descubrirse accidentalmente perforando un pozo en Pensilvania. El desarrollo de la energía fue necesaria para los motores eléctricos desarrollados durante el periodo de progresos científicos y técnicos que acontecieron a fines del siglo XVIII en los países industrializados; el flujo de inventos abrieron el camino de nuevas aplicaciones y aumentaron la demanda de energía, el gran auge del automóvil aumentó la demanda del petróleo y la gasolina, que favoreció la producción acelerada y el consumo de recursos energéticos.

<sup>1</sup> Fuente: [www.ies-def.upm.es](http://www.ies-def.upm.es)

<sup>2</sup> Wolfgang Palz, **Electricidad solar**, p.15



El resultado: los cuatro principales satisfactores energéticos a nivel mundial hasta nuestros días:

- el petróleo
- el carbón
- el gas natural
- mucho después el uranio.

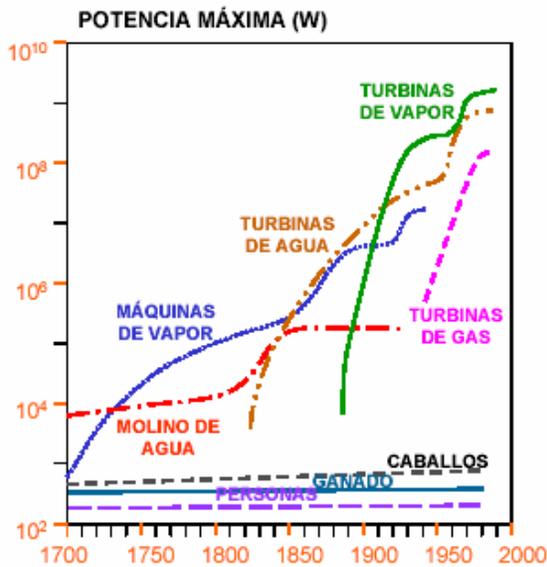


Imagen 2.3 Introducción de nuevos satisfactores energéticos en el mundo

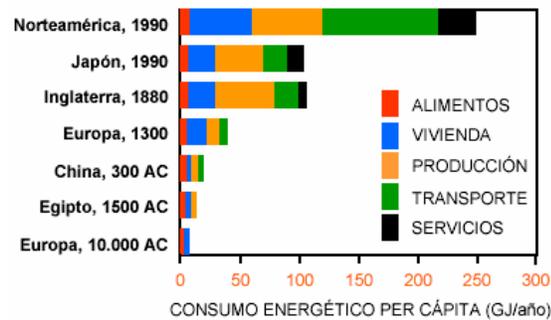


Imagen 2.4 Como podemos observar, existe una desigualdad en cuanto al consumo energético a nivel mundial

Un hecho importante en la historia de la energía es el descubrimiento del uranio en 1789<sup>3</sup>, Pierre Curie fue el primero en darse cuenta que liberaba grandes cantidades de energía y en 1908, Frederick Soddy predijo que los procesos radiactivos serían controlables y que con ello la humanidad podría contar con una fuente inagotable de energía. En 1938 se descubre la fisión nuclear<sup>4</sup>. El primer reactor nuclear se construye en 1942 con lo que efectivamente se pudo controlar la fisión. La construcción de la bomba atómica y sus efectos sobre Hiroshima y Nagasaki parecieron confirmar totalmente la predicción de Soddy. Las primeras centrales nucleares se construyen en 1950 en la URSS y su implantación masiva se promovió por el OIEA, en 1960 se da el auge de la energía nuclear con la construcción de decenas de plantas en Estados Unidos, pero se frenó en un tiempo muy corto, en los países menos desarrollados, veían a la industria nuclear como palanca para el desarrollo. La conciencia acerca de los peligros de la radioactividad fue mas lenta en difundirse que las ilusiones acerca de la energía nuclear, en la medida que se observó el aumento de los casos de cáncer y leucemia entre los mineros de las minas de uranio, por ejemplo en Nuevo México y Colorado (1940) la tasa de mortalidad por cáncer del pulmón alcanzó un 50%.

<sup>3</sup> Movimientos antinucleares y las respuestas..., Mauricio Schoijet, p. 3.

<sup>4</sup> Desintegración por reacción en cadena de átomos pesados como el uranio.



Ante la explosión de Los Álamos en Nuevo México, hacia 1945 uno de los principales aportadores fundamentales para el desarrollo de la física nuclear y de la estructura atómica Niels Bohr, organizó la primer conferencia “Átomos para la paz” en Ginebra en 1955 a favor del uso pacifista de la energía atómica.

Las lluvias radioactivas y la radioactividad de la leche fueron consecuencia de varias explosiones nucleares en la atmósfera por parte de varios países, y fueron descubiertas porque en Estados Unidos existen importantes grupos de científicos fuera del control del Estado que además disponían de instrumentos de medición. El primer accidente en un reactor nuclear experimental ocurrió en 1952 en Canadá, y en las décadas siguientes ocurrieron otros que fueron ocultados, los grandes accidentes de Three Mile Island en 1979 y Chernobyl en 1986 ya no pudieron ocultarse. Las pérdidas económicas fueron enormes y en el segundo caso los desechos radiactivos se dispersaron a miles de kilómetros afectando a un gran número de personas.

Estos acontecimientos sugieren que no solo se trató de un problema de ignorancia sino de irresponsabilidad por parte de organismos nacionales e internacionales que promovieron esta opción tecnológica. En este momento hay unas cuatrocientas centrales nucleares y su construcción se encuentra paralizada en la mayor parte del mundo excepto en China, Japón, Corea del Sur y Taiwán. Desde el punto de vista económico, las plantas nucleares constituyeron un desastre y en el caso de Alemania, el gobierno decide dejar de apoyar la construcción de centrales nucleares, por lo que el panorama es de franca declinación.

En América Latina existen 6 plantas nucleares operando en Argentina, Brasil y México. En México hubo un plan de construir 20 centrales nucleares en la década de 1980. Caso paradigmático de la incompetencia de López Portillo que afortunadamente no se llevó a cabo. La energía nuclear es un Sistema costoso y peligroso para la producción de energía; severos problemas ambientales; transferencia de recursos a las ramas más concentradas del capital. La experiencia histórica del desarrollo de las fuerzas productivas muestra un crecimiento de sus aspectos destructivos, que estos crecen en forma acelerada y que además tienden a causar efectos irreversibles durante periodos prolongados.

La siguiente imagen ilustra la distribución de la energía en el mundo hasta el año 2000. Sin embargo, a pesar de que en algunos países se prohibió el uso de la energía nuclear, ésta se sigue desarrollando como podemos observar en la siguiente gráfica:

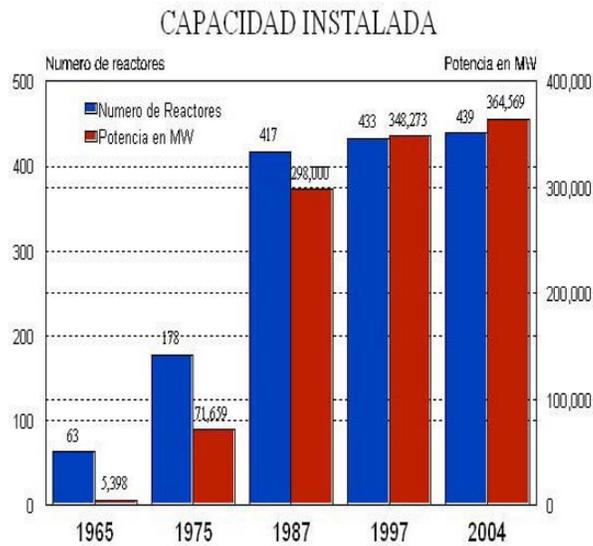


Imagen 2.5 La generación eléctrica a partir de centrales nucleares se ha incrementado desde su aparición en 1954

Existe una equivalencia entre el PIB, el desarrollo científico de un país con su demanda energética. A mayor desarrollo científico y tecnológico, mayor consumo energético por persona. Según una prospectiva energética que realizara el IMP, se espera que en los próximos 21 años la economía mundial mantenga un ritmo de crecimiento sostenido en el largo plazo a una tasa de alrededor de 3% anual, y los factores que impulsarán el crecimiento de la economía mundial serán: una notable expansión del comercio internacional; una mayor movilidad en el intercambio de los factores (capital y trabajo) y la incorporación de la **tecnología** en la producción de bienes y servicios.<sup>5</sup>

De acuerdo a la prospectiva energética que realizó el IMP, todos los gobiernos y empresas tienden a desarrollar la tecnología debido a que la generación de la riqueza descansa cada vez más en factores tecnológicos. E indudablemente el sector energía continuará siendo uno de los indispensables por su amplia relación con todas las actividades de la economía. Las aportaciones tecnológicas en el mundo seguirán concentrándose en las naciones industrializadas, y es importante para las naciones menos desarrolladas encontrar espacios para disminuir su dependencia tecnológica.<sup>6</sup> El reto del sector energético internacional es lograr un desarrollo sustentable que propicie beneficios sociales, protección del ambiente y contribuya al sano crecimiento de la economía mundial. Para lograr este objetivo, este sector tendrá que constituirse en un campo fértil de investigaciones y desarrollo de insumos limpios y eficientes. Donde la industria eléctrica continuará ocupando un lugar relevante en el escenario económico por sus ventajas de producción, distribución y consumo.

<sup>5</sup> Fuente: Prospectiva de la Investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025, p. 32

<sup>6</sup> ibidem



El espectacular desarrollo de las fuerzas productivas y de los medios de transporte desde la época de la Revolución Industrial estuvo asociado a la existencia de energía abundante y barata y a los avances de la ciencia, que permitió comprender el funcionamiento de las máquinas térmicas, hacerlas más eficientes y construir nuevos dispositivos como los motores y generadores eléctricos que ayudaron a aumentar la productividad del trabajo. También permitió el derroche de los recursos energéticos, no sólo en el uso de automóviles grandes y en la implantación del automóvil como medio dominante de transporte, sino en otros aspectos, por ejemplo las enormes cantidades de gas natural que se quemaban o se perdían en la atmósfera, prácticas que continúan actualmente. El agotamiento de los recursos petroleros y los crecientes problemas de contaminación indican que la continuación del presente modelo energético basado en los combustibles fósiles no es la mejor opción y mucho menos viable. La experiencia negativa de la energía nuclear muestra que el problema no es de solución fácil ni inmediata. La creación de una conciencia acerca de la problemática ambiental ha llevado a una creciente aceptación de la necesidad del ahorro de energía y de la implantación de sistemas energéticos seguros y no contaminantes como la energía potencial del viento (energía eólica) o del interior de nuestro planeta (energía geotérmica). Se trata de una tarea para el futuro cuya solución no puede provenir solamente de los avances de la ciencia, aunque estos sean parte de la solución. La otra condición para ello reside en la formación de una voluntad política en millones de personas preocupadas por el futuro, y que se vuelven cada vez más conscientes que no se trata solamente de aumentar la disponibilidad de energía y de bienes materiales sino de asegurar una adecuada calidad de vida.

## 2.2 Historia de la energía en México

Los pobladores del México antiguo no conocían otra fuerza de trabajo que la humana y por ello el gran desarrollo de las artesanías y la manufactura de hilados y tejidos. Durante el Virreinato, la política del estado español consistió en apropiarse de las materias primas del país y convertir las colonias en mercado de las manufactureras que procedían de la metrópoli. Se fomentó la industria de la construcción, la minería, ingenios, cerámica, textil, etc. A partir de 1850 evolucionan los servicios ferroviarios. Durante el régimen de Porfirio Díaz en la nación se da la industria pesada con las primeras fábricas de cemento, compañías de fierro y acero en Monterrey y algunas fábricas de sustancias químicas básicas, se desarrolla la producción del azúcar, cerveza, pólvora, jabones, calzado; pero no es hasta después de la Segunda Guerra mundial que se acentúa nuestro crecimiento industrial y se desarrollan dos industrias básicamente: la de transportes y la energética. Manifestándose esta última con el desarrollo de la industria de generación y suministro de energía eléctrica. En México la industria eléctrica se inicia en 1879 con la instalación de la primera planta termoeléctrica en la fábrica textil de Asier y Portillo en León Guanajuato. Dos años después, en la ciudad de México se instalan lámparas incandescentes para alumbrado público y en 1889 se inaugura la primera planta hidroeléctrica en Chihuahua destinada a la satisfacción de necesidades mineras.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> El Sector eléctrico de México, p. 16



Mas tarde, la capacidad de las pequeñas plantas generadoras privadas fue superada por la creciente demanda de la industria, de los servicios municipales y de los transportes por lo que se forman empresas específicas de producción de electricidad apoyadas en la capitalización de las fuentes de energía y concesiones que fueron adquiridas a muy bajos costos.

De 1887 a 1911 se organizaron mas de 100 empresas de luz y fuerza motriz con participación de capital mexicano sin embargo, diversos factores ocasionaron fracaso de los empresarios mexicanos al tiempo que se establecieron un sinnúmero de empresas extranjeras como la Mexican Light and Power Company, Chapala Hydroelectric and Irrigation Company, Guanajuato Power and Electric Company, entre otras.<sup>8</sup> De algún modo, las empresas extranjeras encausaron el desarrollo eléctrico en México, sin considerar el renglón de la electrificación rural por estimarlo como no redituable.

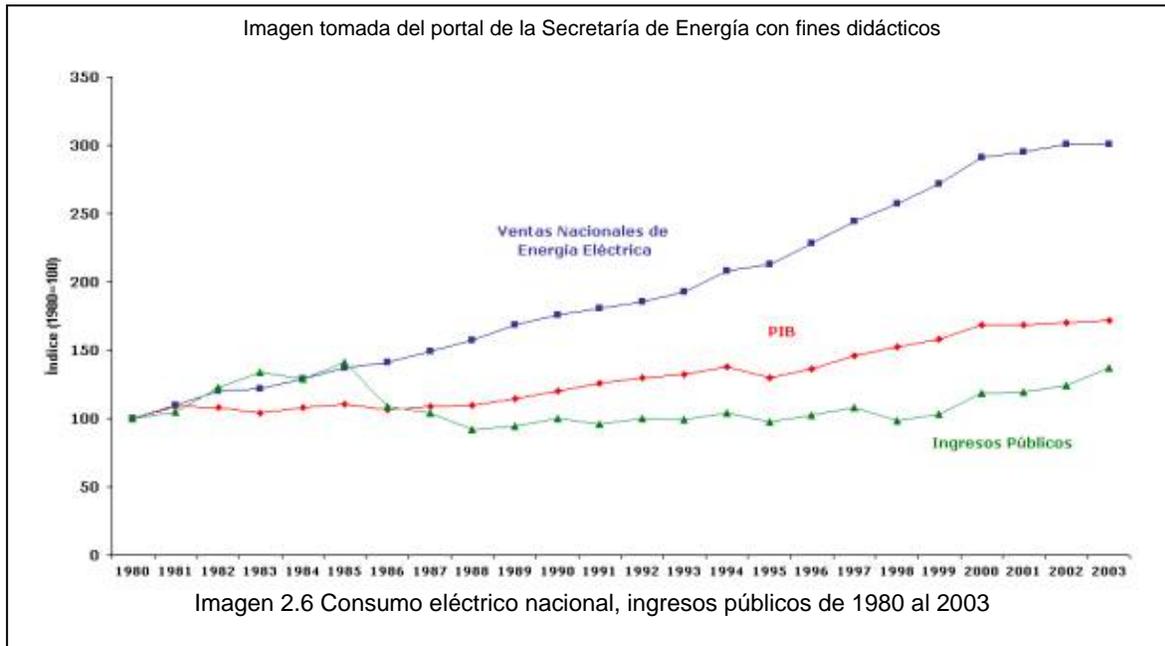
En consecuencia los beneficios de la industria eléctrica no llegaron a la mayor parte de la población y ello propició la intervención del gobierno, en 1923 se crea la Comisión para el Fomento y Control de la Industria de Generación de Fuerza como primer intento del estado mexicano por ejercer un control satisfactorio de la industria eléctrica. En 1937 se crea la CFE y se expiden en 1939 la Ley del Impuesto sobre Consumo de Energía Eléctrica y la Ley de la Industria Eléctrica.

La provisión del Servicio de Energía Eléctrica en gran escala consta principalmente de las siguientes actividades: Generación, Despacho, Transmisión, Distribución y Comercialización. Estas actividades, por disposición de ley son competencia exclusiva de la CFE y de LFC, cuando tengan por objeto la prestación del servicio público. CFE tiene a su cargo la prestación del Servicio Público de Energía Eléctrica en todo el Territorio Nacional, salvo en el Distrito Federal y parte de los estados de México, Morelos, Hidalgo y Puebla, áreas atendidas por LFC. Actualmente entre ambos organismos públicos atienden a 25 millones de usuarios.

El crecimiento de la demanda por electricidad ha crecido históricamente a un ritmo considerablemente mayor al del PIB y al de los ingresos públicos, por lo tanto la capacidad del sector público para asignar los recursos que demanda el sector eléctrico, así como su capacidad para garantizar deuda, son cada vez menores. Por ello, el esquema financiero bajo el cual se ha instrumentado el crecimiento del sector se está agotando; de no introducir nuevos esquemas y mecanismos que incluyan participación privada e inversiones que no deban ser garantizadas por el Gobierno Federal, no se tendrán los recursos necesarios para cubrir la creciente demanda ni la modernización de la infraestructura.

---

<sup>8</sup> Este servicio denominado Mixto, paulatinamente tuvo que ser relegado al abandono, pues la transformación de energía sobrante en provisión de servicio eléctrico mixto requería inversiones constantes para ampliar las instalaciones y estar en posibilidad de satisfacer la demanda en constante aumento, todo lo cual significaba una distracción de fondos que desvirtuaba el cumplimiento de los fines propios de las empresas.



Con las reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica llevadas a cabo en 1992, se reconoció la necesidad de aprovechar la coparticipación de los sectores privado y social para colaborar en el crecimiento del sector. Sin embargo, al no contar con reglas claras en la venta de excedentes para los Autoabastecedores y Cogeneradores<sup>9</sup>, dichas figuras no han propiciado las inversiones que se esperaban. La mayoría de la participación privada en las modalidades que se introdujeron con dicha reforma, en términos de inversiones, se ha dado bajo la figura de Productor Independiente de Energía. Los PIE celebran contratos de compraventa de largo plazo para vender la totalidad de su producción a CFE.

Sin embargo, estos esquemas y los de construcción-arrendamiento-transferencia (CAT) han sido una solución transitoria para el financiamiento de nueva infraestructura, debido a que estos contratos constituyen pasivos contingentes para el Estado, y su efecto en las cuentas públicas es similar a la emisión de deuda pública. No obstante se llevaron a cabo dichos cambios para la apertura de participación privada y social, CFE sigue siendo la única entidad autorizada para comprar energía eléctrica, por lo que se pasó de un esquema de Monopolio Verticalmente Integrado a un modelo de “Comprador Único”, es decir, donde sólo el Estado puede adquirir Energía Eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público, sin estar sujeto a formar parte de la sociedad de las empresas dueñas de las plantas construidas para el suministro de energía. Desde este punto de vista, históricamente estamos condenados a la centralización del abasto energético a nivel nacional.

<sup>9</sup> Entendiendo por cogeneración la técnica que permite producir dos o tres tipos de energía a partir de una fuente primaria; por ejemplo, electricidad, vapor y frío a partir de gas natural.



## 2.3 Situación actual de generación eléctrica en México

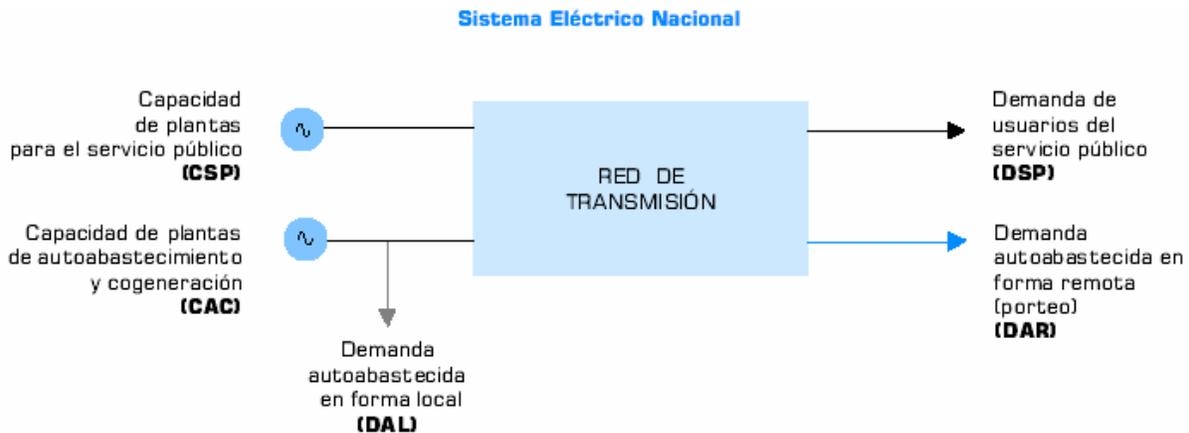


Imagen 2.7 Estructura actual de la industria eléctrica mexicana

Un concepto muy importante en el sector energético es la cogeneración, El proceso energético que sigue la energía primaria desde que se encuentra en la naturaleza hasta su utilización en una aplicación, está gobernado por una serie de tecnologías de conversión energética sujetas al 1<sup>er</sup> y 2<sup>o</sup> principios de la termodinámica. Por ello, la energía que llega a la aplicación es menor que la extraída de la naturaleza y tiene otra forma. Es decir, a lo largo de este proceso, la energía sufre una conversión cuantitativa y cualitativa que transforma la energía primaria en energía útil en diversos sistemas tecnológicos. Por lo indicado, la tecnología de la cogeneración podría definirse como un sistema que partiendo de una energía de calidad media (la del combustible) la convierte en otras formas energéticas, como vapor o agua caliente (de baja calidad, pero útil) y la electricidad, de alta calidad y también útil.

A nivel mundial se ha buscado el desarrollo de la cogeneración mediante la promoción en los diferentes sectores con capacidad para implantarla. Y como podemos observar en la imagen anterior, en México la cogeneración representa un bajo porcentaje. Mediante la cogeneración se pueden producir dos o tres tipos de energía a partir de una fuente primaria, como ejemplo, vapor y electricidad a partir de gas natural. Esto ofrece un mejor aprovechamiento de la energía y desde el punto de vista económico permite la reducción global de hasta 30% en el costo de producción.<sup>10</sup> En el plano ambiental, mitiga las emisiones contaminantes a la atmósfera y disminuye la demanda de electricidad al servicio público.

<sup>10</sup> Gabriel León de los Santos, Políticas públicas para la promoción de la cogeneración eléctrica en México.



Los niveles más altos de aprovechamiento de la cogeneración se dan en Dinamarca, Estados Unidos y China. En España, desde la promulgación de la Ley de conservación de energía en 1980, se logró aumentar de 694 a 5912 MW en 1999.<sup>11</sup> Algunos países promueven y desarrollan la cogeneración mediante grupos y asociaciones como el GEC, que se centra en cuatro temas para dar a la cogeneración un carácter sustentable: ambiental, económico, político y comercial.

En México, el desarrollo de la cogeneración es muy lento, a diferencia de Estados Unidos, España e Italia, donde reconocen el costo por capacidad y no solo el del combustible en el precio de compra de los excedentes eléctricos en México no se ha generado incentivos para su desarrollo por problemas políticos probablemente. Se estima que para el año 2016 el potencial de cogeneración sea de 32 590 MW y debe añadirse la oportunidad de preservar los recursos energéticos, mitigar las emisiones e iniciar el desarrollo de tecnologías propias y comercializarlas dentro y fuera del país. De acuerdo con su plan de trabajo de la CONAE 2001-2006, y en línea con la política del C. Presidente de la República Mexicana Vicente Fox, la cual definió nuevas reglas para integrar capacidad de generación a la red eléctrica nacional por parte del sector privado, la CONAE apoyó las políticas de fomento y promoción de la cogeneración en nuestro país.

En México, la promoción de la cogeneración recae en la CONAE, por su parte, las organizaciones empresariales no desarrollan ninguna labor de promoción independiente y se reducen a complementar el trabajo realizado por la CONAE. El gobierno actual se preocupa por la privatización del sector eléctrico y la cogeneración y los aspectos referentes a su desarrollo resultan irrelevantes. Desde 1996 se identificaron los obstáculos a su desarrollo y tienen que ver con la falta de acción gubernamental. Sin embargo, hace apenas unos meses La Jornada publicó un artículo donde se expone la búsqueda de financiamiento a través del banco Mundial (BM) e Interamericano de Desarrollo (BID) para apoyar pequeños proyectos de autoabasto y cogeneración de electricidad en 40 municipios. Los proyectos abastecerían principalmente oficinas municipales y alumbrado público.

Actualmente, además de los problemas existentes, se añade uno más sobre la apertura del sector energético en México, Fernando Cuevas, jefe de la Unidad de Energía y Recursos Naturales del organismo multilateral, comentó que entre las grandes ventajas para la participación de la inversión privada en PEMEX, están la captación de grandes inversiones<sup>12</sup>, las cuales se requieren ya que en el periodo entre 2003 y 2012 se plantea agregar capacidad al sector del orden de 28,200 MW, así como modernizar los Sistemas de Transmisión y Distribución a fin de alcanzar Estándares Internacionales en Calidad y Eficiencia del Servicio. Sin embargo, una de las principales desventajas es el cuestionamiento de lo que llamamos “Soberanía petrolera mexicana”. Fernando Cuevas advierte que el abastecimiento petrolero constituye el principal problema energético de América Central, salvo pequeñas reservas en Guatemala de 493 millones de barriles, esta región no posee reservas comprobadas de petróleo, por lo que tiene una alta dependencia exterior.

<sup>11</sup> Revista Latinoamericana de economía: Problemas del Desarrollo, Vol. 35, No. 137. p. 122

<sup>12</sup> En el artículo “Desastroso copiar fórmulas en apretura del sector energético” realizado para la Jornada, 28 de octubre del 2005.



En México existen 173 centrales generadoras distribuidas de la siguiente manera:



Imagen 2.8 Principales centrales generadoras en el país

Dichas centrales producen la energía eléctrica en los siguientes porcentajes:

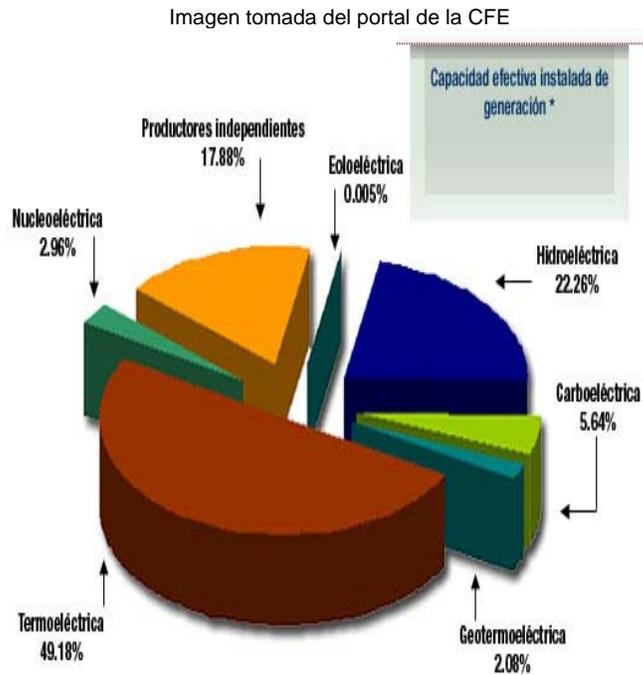


Imagen 2.9 Capacidad efectiva instalada de generación en México



Es importante también analizar los principales clientes de energía eléctrica en el país:

Fuente de información: portal de la Secretaría de Energía  
**Estructura regional de las ventas internas por estado**  
 (participación porcentual promedio 2005)

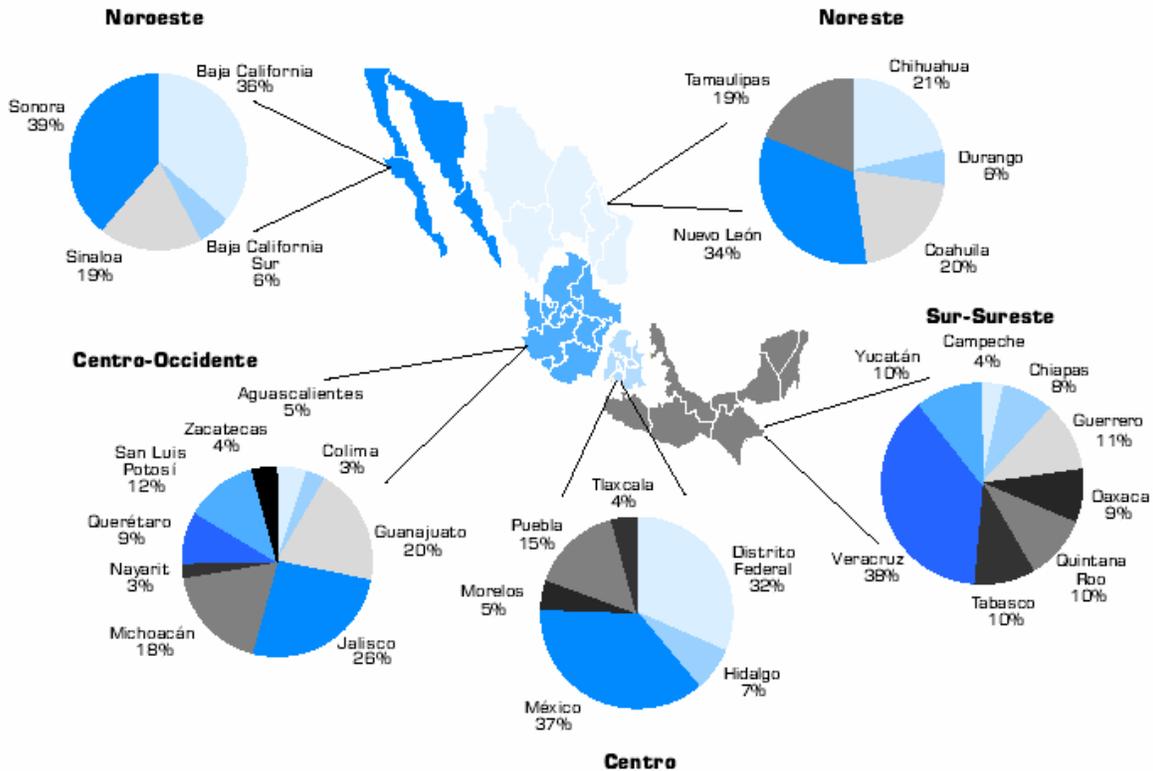


Imagen 2.10



Imagen 2.11 Principales consumidores por sector en el país

En la región Centro-occidente a la cual pertenece el estado de Guanajuato las ventas internas de energía eléctrica crecieron en 3.7% en 2005. Los Estados de Aguascalientes, Colima y Guanajuato fueron quienes impulsaron el crecimiento regional al representar el 28.2% de las ventas regionales de electricidad y al crecer a tasas mayores del 7%.



Los sectores económicos que continuarán mostrando un dinamismo en nuestro país en los próximos 20 años serán: el energético, el de la construcción, el automotriz, los relacionados con las maquiladoras y el de telecomunicaciones. Para el año 2025 los centros de investigación nacionales lograrán mayor relevancia como impulsores de las actividades económicas, particularmente de aquellas vinculadas con los energéticos y las que son representativas de la realidad nacional. El sector energético mexicano tiene el reto de contribuir en el proceso de desarrollo de la economía de una manera sustentable, atendiendo a la conservación y preservación del ambiente, pero sin perder de vista el valor estratégico de los energéticos en la economía nacional.

El IMP estima que el sector eléctrico debe incorporar avances tecnológicos que permitan disminuir pérdidas en la conducción de electricidad y adaptar procesos diferentes y limpios. En virtud del enorme arraigo que han tenido en la economía de nuestro país las industrias petrolera y eléctrica es poco probable que en los próximos 10 años se incorporen las fuentes alternas de energía con mayor intensidad que en el pasado; sin embargo, la velocidad con que otras naciones desarrolladas logren introducir estas fuentes de energía, podrá ser un factor crítico para que en nuestro país se adapten y desarrollen esos nuevos esquemas de generación.

Por otra parte, el crecimiento demográfico y la expansión de las zonas urbanas abren expectativas de nuevas oportunidades de inversión en dichas áreas territoriales, en donde la mayor demanda se centra en el suministro de combustibles (gas natural, gasolina y/o gas L.P.) y alumbrado público. Resulta contradictorio señalar la importancia de disminuir las pérdidas en la conducción eléctrica, el valor sustentable que debe ser incorporado al desarrollo energético y enfatizar la poca probabilidad del desarrollo energético alternativo si éste último cumple con los objetivos establecidos y que nos permiten el fortalecimiento del aparato científico-técnico del país ya que alentaría la vinculación de la industria con los centros de investigación y desarrollo tecnológico nacionales.

En un artículo publicado para La Jornada, J. Antonio Rojas Nieto hace una serie de cuestionamientos sobre el sector energético en nuestro país, menciona que el problema central del sector energético en México es la ***“falta de integridad en el análisis, y sobre todo en las perspectivas de solución de los diversos problemas de nuestro desarrollo energético”***.<sup>13</sup> Según la constitución, los beneficios sectoriales y particulares solo se legitiman cuando obtenemos un beneficio óptimo nacional.

Lo anterior supone acceder a una síntesis de los diversos y fragmentarios aspectos de cada una de las dimensiones del sector energético: la que se desprende de la explotación primaria del crudo y gas natural, de la refinación, de la química integral del petróleo y del gas natural, de la prestación del servicio público de electricidad, del uso de energías renovables, entre otros. Todo ello por medio de organismos y entidades públicas. Está de por medio la identificación y el impulso decididos de una estrategia nacional que cuente ya no solo con sólido respaldo científico-técnico, sino con soporte y determinación sociales incuestionables.

---

<sup>13</sup> J. Antonio Rojas Nieto, publicación en La Jornada, Art. El problema central del sector energía, 6 de noviembre del 2005.



## 2.4 Problemas sobre la situación de la energía eléctrica

Se ha generalizado la percepción de los efectos ambientales negativos de la continuación del modelo energético basado en los combustibles fósiles, tanto en la dificultad de resolver los problemas de contaminación atmosférica en las áreas metropolitanas como en la posibilidad del efecto invernadero. Este fue previsto por el químico sueco Svante Arrhenius a fines del siglo XIX, y se refiere a la acción de las moléculas de dióxido de carbono provenientes de la combustión de combustibles fósiles, que reflejarían y harían volver a la superficie terrestre parte de la radiación infrarroja que esta emite, con lo cual aumentaría a largo plazo en varios grados la temperatura de la atmósfera, con probable fusión de los hielos polares e inundación de grandes áreas costeras hacia mediados del siglo próximo, incluyendo a ciudades como Venecia, El Cairo, Nueva Orleans y Shanghai, así como grandes áreas de algunos países como Bangla Desh u Egipto, algunas islas del Océano Índico y del Caribe y algunas áreas de la costa mexicana del Golfo, como por ejemplo Ciudad del Carmen en el estado de Campeche.

En 1872, el químico inglés Angus Smith detecta la lluvia ácida. Esta se produce a partir de la formación de ácidos como el nítrico y el sulfúrico a partir de los óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre generados en los procesos de combustión y en contacto con la humedad del aire. La lluvia ácida devasta los bosques y mata los peces en lagos y ríos, afectando asimismo la calidad del agua. Constituye un problema internacional porque sus efectos atraviesan las fronteras, a miles de kilómetros de los lugares en que se originan los contaminantes. Por ejemplo los generados en las centrales eléctricas a carbón en el medio oeste de Estados Unidos o en Inglaterra causan la lluvia ácida que cae sobre Canadá y Suecia respectivamente.

Hasta ahora las medidas aplicadas en varios países europeos y en Estados Unidos para combatir este flagelo han consistido en utilizar carbón con menor cantidad de azufre, pero en el caso de China, país que ha experimentado un rápido proceso de industrialización y que utiliza al carbón como principal recurso energético, este país se ha negado a tomar medidas para disminuir su contribución a este problema.

En 1993 se crea la CRE con el objetivo de promover y regular el desarrollo eficiente de las industrial eléctrica, de gas natural y de gas L.P.<sup>14</sup> sin embargo, actualmente no existe un marco regulatorio que lo garantice, ya que en cuanto a electricidad, del 2000 al 2005 las tarifas domésticas han aumentado un promedio de 40%, hasta ahora, los esfuerzos de la CRE y las autoridades sectoriales no han sido suficientes para hacer eficiente al sector y beneficiar a los consumidores finales. La CRE no tiene atribuciones ni posibilidades estructurales para brindar certidumbre en materia de precios y tarifas eléctricas, pues propiamente dicho, no las regula. Frente a situaciones puntuales en materia tarifaria, la CRE ha aparecido, por sus limitaciones o autolimitaciones, como defensora de los intereses de los monopolios y no de los consumidores.

<sup>14</sup> Revista: Energía a Debate, artículo, los retos de la regulación energética, volumen II, No. 11, 2005.



Como hemos analizado hasta este momento, la introducción de la energía como proveedor de bienes y servicios a partir del siglo XVI marca la pauta para el desarrollo de satisfactores energéticos. A nivel mundial estamos enfrentando un cambio climático posiblemente abrupto producto de nuestra manera de satisfacer nuestras necesidades energéticas en continuo aumento.

Casi el 50% de nuestra energía eléctrica viene de centrales Termoeléctricas, de ahí le siguen las Hidroeléctricas, si a esto le aunamos las proyecciones de PEMEX de implementar el desarrollo del gas natural, que tiene sus centrales de generación en las costas del país, inminentemente nos enfrentaremos a una apraxia tecnológica en poco tiempo de no cambiar esta tendencia.

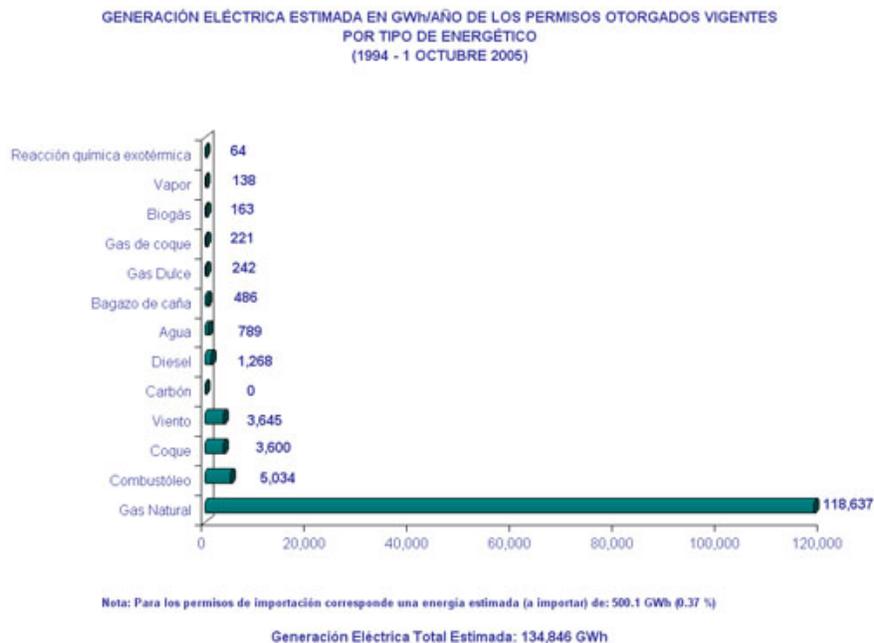


Imagen 2.12 Es contradictorio pensar en introducir plantas generadoras a partir de gas natural en nuestro país, cuando nos enfrentamos a un cambio energético de tal magnitud mundial

Evidentemente, como país enfrentamos grandes retos de implementar nuevos sistemas y metodologías energéticas y de hacer válida la propuesta existente desde hace varios años en los planes de gobierno de implementar el desarrollo sustentable. Un sector clave para el desarrollo de nuevos sistemas energéticos es el doméstico, ya que representan más del 50% de los clientes de energía eléctrica a nivel nacional.



## 2.5 Auge de nuevas tecnologías (eólica, solar, geotérmica, etc.)

El principal obstáculo a nivel mundial para generar e introducir nuevas tecnologías que generen electricidad es la aparente abundancia del petróleo, que además hasta hace algunos años lo hacía barato, aunque ya vimos que en Latinoamérica existen solo unas cuantas reservas comprobadas en Bolivia de gas natural y se prevé que en aproximadamente 25 ó 30 años careceremos de este combustible fósil de continuar con nuestros hábitos energéticos actuales. Si el petróleo llegara a tal punto de agotamiento, que incrementara su precio a nivel mundial, viviríamos una amenaza para la estabilidad económica mundial.

Nuestra sociedad no sería perdurable, entendiendo que la perdurabilidad es un concepto ecológico con implicaciones económicas. Significa que el crecimiento económico y el bienestar humano dependen de los recursos naturales que sostienen a todos los seres vivos<sup>15</sup>. Una sociedad perdurable es aquella que configura sus sistemas económico y social de tal manera que los recursos naturales y los sistemas que sustentan la vida se conserven. Investigaciones sobre los efectos biológicos y climáticos de una guerra nuclear indican que un primer ataque exitoso realizado nos conduciría a un “invierno nuclear”, al fin de la civilización, y probablemente al fin de la vida humana en el planeta, por lo que conseguir la perdurabilidad plantea desafíos políticos y morales sin precedentes.

Los componentes esenciales de una estrategia perdurable de desarrollo son los siguientes: estabilidad de la población, reducción de la dependencia del petróleo, establecimiento de fuentes renovables de energía, conservación del suelo, protección de los sistemas biológicos fundamentales y reciclamiento de materiales.

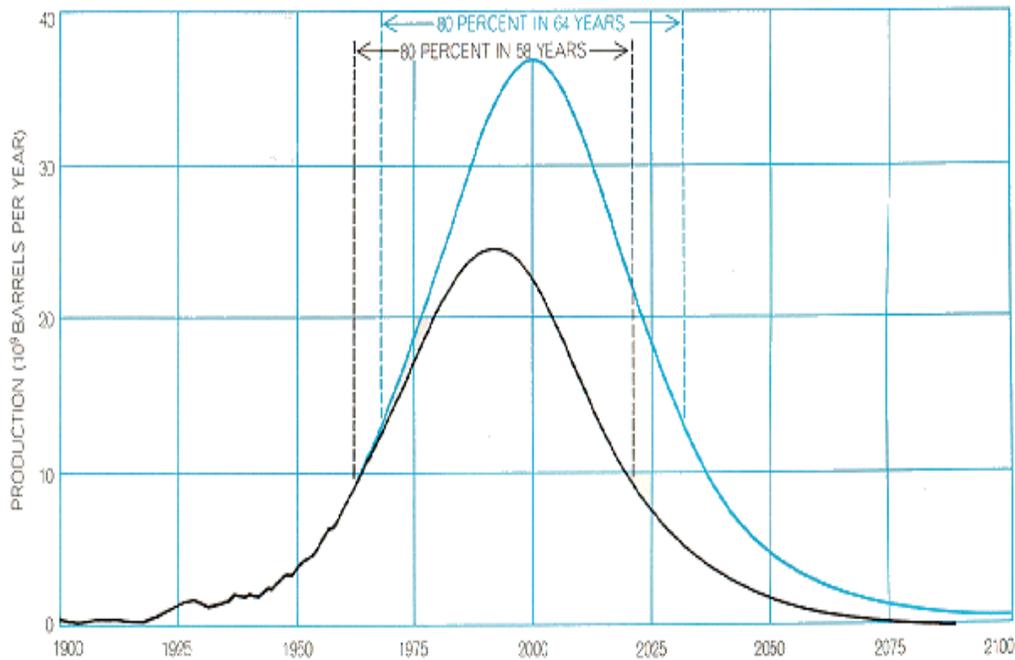
La desaparición del petróleo representa un riesgo para la estabilidad económica. Con ambas reservas agotándose, el mundo se enfrenta a ajustes económicos. Las reservas de petróleo se miden en dos niveles: las reservas probadas, que han sido verificadas físicamente y las reservas totales, que incluyen, además de una estimación del petróleo adicional que puede ser descubierto, todas las reservas que serían extraídas utilizando las más costosas técnicas de recuperación. A finales de los setentas consumíamos casi 23 000 millones de barriles al año.

El alza en los precios del petróleo de la OPEP impulsó la transición hacia las Fuentes alternas de energía, un viaje que está reestructurando la economía mundial.

Ante tal antecedente, King Hubbert<sup>16</sup> elaboró proyecciones sobre la demanda y producción del petróleo, él plantea un modelo de agotamiento de los recursos petroleros en el cual se llegará a un punto máximo (pico de Hubbert).

<sup>15</sup> Lester R. Brown, El Estado del Mundo

<sup>16</sup> Geofísico reconocido a nivel mundial por sus proyecciones sobre el descubrimiento y agotamiento de los recursos energéticos durante 1949



CYCLE OF WORLD OIL PRODUCTION is plotted on the basis of two estimates of the amount of oil that will ultimately be produced. The colored curve reflects Ryman's estimate of  $2,100 \times 10^9$  barrels and the black curve represents an estimate of  $1,350 \times 10^9$  barrels.

Imagen 2.13 Proyección de Hubbert

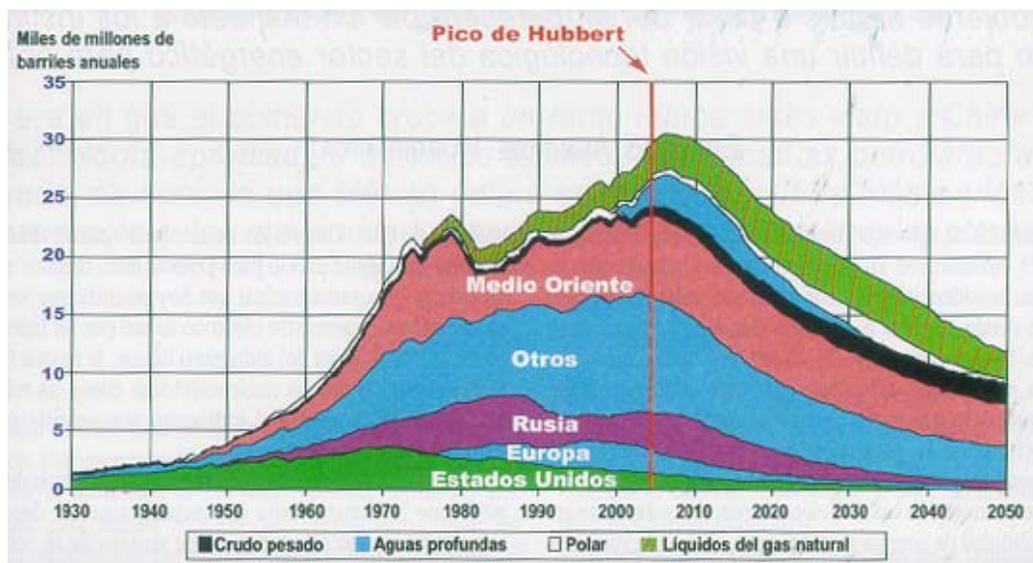


Imagen 2.14 Pico de King Hubbert



Desde la década de los cincuentas, Hubbert pronosticó un agotamiento de los hidrocarburos para el siglo 20 y todavía existe controversia acerca de cuando ocurrirá este punto de inflexión, aunque algunos autores estiman que pasará en 30 años aproximadamente. Mas allá de la fecha de agotamiento, algunos hechos que confirman la venidera crisis petrolera hablan por sí mismos, como los precios históricamente elevados del petróleo de 70 dólares por barril y recientemente, PEMEX ha reconocido que el principal campo petrolero mexicano Cantarell comenzará su declinación en el 2006.

En la transición energética mundial, algunos países incentivan el uso de las fuentes alternas de energía que hoy en día son técnicamente factibles, económicamente rentables y comercialmente una realidad, como son la energía eólica, fototérmica y en menor grado la fotovoltaica. British Petroleum tiene desde hace una década un programa de investigación de energía solar, a través de su filial BP Solar. España por ejemplo, ha tenido gran éxito en el desarrollo de energía eólica con una capacidad instalada de 8600 MW. El caso de la India también es notable.

Históricamente México tiene una situación relativamente fácil en cuanto a la disponibilidad de recursos energéticos. Sin embargo, si continua la tendencia de reducción de las reservas probadas y de la relación de reservas vs. Producción, podremos llegar a ser importadores netos de energía (con importaciones mayores a las exportaciones) en el mediano plazo. Durante muchos años, un gran número de personas han trabajado para fomentar el desarrollo y la investigación sobre energías alternas en nuestro país abundantes en el país (sobra decirlo), sin embargo hacen falta políticas que incentiven el uso masivo de las Fuentes Alternas de Energía.

En España por ejemplo, una gran parte del éxito en el crecimiento de la energía fotovoltaica se debe a los incentivos fiscales y financieros para quienes instalen o consuman energía generada a partir de las Fuentes Alternas de Energía.

Resulta paradójico que algunos empresarios mexicanos estén enfocando su producción de equipos fotovoltaicos o eólicos para exportarlos a Europa, debido al alto crecimiento de la demanda que hay en aquellos países que han sabido interpretar las señales correctas para que los mercados de la energía renovable operen adecuadamente.

México se está quedando atrás en el desarrollo de las Fuentes Alternas de Energía, cada vez es más apremiante que se revisen las políticas públicas para hacer una asignación óptima de los recursos y ante todo, debemos analizar el posible beneficio social a largo plazo que tendría su implantación, así como los costos por no hacerlo.

Desde las primeras décadas del siglo XX se habían dado avances importantes en la geotermia, que utiliza vapor o agua a alta temperatura que se encuentra en áreas volcánicas. Una central geotérmica comenzó a funcionar en Italia en 1904, y continúa operando en la actualidad. En la década de 1940 aparecieron las celdas solares fotovoltaicas, que utilizan materiales semiconductores como el silicio para transformar en forma directa la radiación solar en electricidad.



La geotermia fue una forma de generación de energía que experimentó un rápido avance después de la crisis energética de 1973. Se ha implantado en pocos países, como Estados Unidos, Japón, Nueva Zelanda, Filipinas, y en nuestro país. México se encuentra en condiciones particularmente favorables por la gran abundancia de fuentes termales. A partir de la década de 1950 los ingenieros mexicanos tuvieron un papel pionero en su desarrollo, con la construcción de una de las más grandes centrales geotérmicas actualmente existentes, la de Cerro Prieto en Baja California, con una potencia de 75 megavatios.

El principal motivo para utilizar energías alternativas en nuestro país es la contaminación atmosférica, el efecto invernadero, y aunado a esto el alto porcentaje de comunidades rurales e indígenas que encarecen la dotación eléctrica por medios convencionales. Sin embargo, estas Fuentes alternas de energía no son competitivas a escala masiva o en comparación con la energía convencional, pero sí en lugares alejados de las fuentes convencionales.

Según la SENER, mientras a nivel nacional la cobertura del servicio de energía eléctrica es de 95% (uno de los mas altos de Latinoamérica), hay estados como Veracruz, Guerrero, San Luis Potosí, Chiapas y Oaxaca<sup>17</sup> en los que el porcentaje es menor. Un ejemplo es Oaxaca, con poco más de 87 %. De ahí la importancia del uso de las energías alternativas.

## 2.6 Efecto invernadero: ideas y teorías

El efecto invernadero es un fenómeno natural que explica por qué la tierra tiene las temperaturas que observamos. Básicamente lo que ocurre es que la atmósfera impide que la superficie de la tierra pierda excesivamente calor por radiación. La tierra se calienta al absorber parte de la radiación solar que llega a ella, mientras la otra parte es reflejada al espacio por las nubes. Al calentarse, la superficie del planeta emite radiación de onda larga (infrarroja) hacia el espacio, una parte de ella logra atravesar la atmósfera, mientras que la otra es absorbida y reemitida a todas direcciones por las nubes y los gases contenidos de manera natural en la Troposfera, como el bióxido de carbono CO<sub>2</sub>, el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el ozono (O<sub>3</sub>) y vapor de agua, gracias a ello es posible que la temperatura promedio del planeta sea de 15° C y, por lo tanto, de que existan condiciones aptas para la vida. Sin embargo, al aumentar concentraciones de estos gases hay mayor absorción de radiación infrarroja, dando como resultado un aumento en la temperatura y con ello lo que se conoce como “cambio climático global”.

El cambio climático inducido por la actividad humana representa una presión adicional importante para los ecosistemas y los sistemas socioeconómicos que ya se ven afectados por la contaminación, la creciente demanda de recursos y las prácticas no sustentables de aprovechamiento de los mismos. Las industrias que dependen de recursos naturales sensibles al clima son: agropecuarios, forestales, marinos, agua y energía.

<sup>17</sup> [www.lajornada.unam.mx](http://www.lajornada.unam.mx), Artículo publicado el 19 de julio del 2005.



Por lo tanto, las industrias más afectadas serían la alimentaria, la de bebidas y tabaco, textil, celulosa y papel, maderera y la de energéticos renovables. Las industrias cuyo proceso industrial es directamente sensible al clima, tanto por sus consumos de agua y energía y, por ende, por los costos de los mismos, como por la incorporación de procesos de calentamiento o enfriamiento. Las industrias y los sectores más afectados por la sensibilidad de su proceso industrial al clima, es la de la energía eléctrica y la hidroelectricidad.<sup>18</sup>

La producción de energía eléctrica, esta es vulnerable por las siguientes razones:

- en el caso de centrales termoeléctricas, éstas requieren de elevados volúmenes de agua como insumo para generar el vapor y para enfriamiento. Si se reduce la disponibilidad de agua, disminuyen las operaciones de generación de electricidad; en condiciones extremas, los niveles de agua pueden desplomarse por debajo del mínimo indispensable para el funcionamiento de la central. Asimismo, la eficiencia en la generación de electricidad, a partir de gas y vapor, puede afectarse en forma negativa como un incremento en la temperatura; lo mismo ocurre con la capacidad de transmisión de las líneas eléctricas, que disminuye cuando se incrementan las temperaturas.
- La generación de hidroelectricidad puede verse afectada por un cambio en la precipitación, o en las condiciones que afectan la evaporación, a partir de un embalse. El cambio climático global podría afectar a la hidroelectricidad a través de la presión sobre otros sistemas. En ese caso, las operaciones hidroeléctricas deben recandelarizarse para adaptarse a las necesidades de irrigación y de abasto de agua a los centros de población, más que a los picos de la demanda de energía.

Las centrales eléctricas son también vulnerables al cambio climático global por su localización ya que son susceptibles a inundaciones, como ejemplo la siguiente imagen donde se ubican los centros procesadores de gas natural en la República Mexicana.

<sup>18</sup> Instituto Nacional de Ecología, UNAM, Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México.



Imagen 2.15 Información tomada de la Revista Energía a Debate, 2005.

El cambio climático influirá en la demanda de energía, y en consecuencia, en la necesidad de invertir en la construcción de nuevas centrales y en otras instalaciones de abastecimiento.

A ciencia cierta, no podemos afirmar que el cambio climático sea una causa o una de las causas de los desastres naturales como los que recientemente estamos experimentando en el país, sin embargo, según el jefe de la unidad del servicio meteorológico de la CONAGUA Michael Rosengaus, el cambio climático, no es la única causa que provoca los desastres naturales. Refiriéndose al aumento de la población en los litorales y a que mucha gente se asienta en los lechos de ríos.

Asegura que el aumento de la población incrementa la vulnerabilidad a sufrir desastres naturales. Y ejemplificó con Acapulco, donde la población se ha asentado hasta en las laderas de las montañas, y ello propició que el huracán Paulina devastara colonias ubicadas en esas zonas. Insistió en que el cambio climático global puede ser uno de los motivos de riesgo de padecer desastres naturales, pero no es el único.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> www.lajornada.unam.mx, artículo publicado el día 22 de octubre del 2005.



## 2.7 Impacto ambiental por la generación de energía eléctrica

En los últimos treinta años el cuidado del ambiente se ha convertido en una preocupación central para todas las sociedades del mundo. Esto se manifestó primero en los países desarrollados, pues en ellos se conjugaban las mayores perturbaciones ambientales y los más abundantes recursos para atenuarlas; pero en los últimos 10 años la preocupación ecológica se ha extendido a casi todo el resto del mundo.

En las naciones pobres los problemas del entorno natural suelen ser ahora más severos que en los países avanzados, pues los agrava la explosión demográfica y los prolonga la escasez de medios materiales e institucionales para resolverlos. Además, la perturbación del ambiente natural ha crecido tanto y a tasas tan altas que tiende a afectar a los sistemas globales que controlan el clima y crean condiciones para la vida en el planeta<sup>20</sup>. Todo esto tiene un origen: la economía y la población del mundo han crecido exponencialmente en este siglo, y con ellos el consumo eléctrico, que ha crecido aun más y es muy probable que continúe de esta manera.

Los efectos ambientales en el actual sistema eléctrico se dan principalmente en la etapa de generación eléctrica, los efectos ambientales en etapas posteriores a la generación (transmisión, transformación y distribución) son comparativamente menores.

Como ya sabemos, en México las fuentes primarias más importantes para generar electricidad son: el petróleo, la hidroenergía y la geotermia. Y los principales efectos ambientales que produce su generación son los siguientes:

### **Petróleo**

- Contaminación del suelo y agua y perturbación de ecosistemas por derrames durante la exploración, explotación y transporte de petróleo.
- Contaminación atmosférica por emisiones de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas
- Efectos climáticos globales por emisión de CO<sub>2</sub>
- En ciertos ambientes geológicos, lluvia y deposición ácidas

### **Carbón**

- Degradación de ecosistemas y paisajes por minería del carbón
- Riesgo de contaminación de agua subterránea con metales pesados durante la extracción y el almacenamiento de carbón y en disposición final de cenizas
- Contaminación atmosférica por emisiones de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas
- Efectos climáticos globales por emisión de CO<sub>2</sub>
- Ocupación de terreno para deposición de cenizas

<sup>20</sup> Adame Miranda Julián, et al, **El Sector eléctrico de México**



## Hidroenergía

- Inundación de terrenos por el embalse
- Destrucción de cierta extensión de ecosistemas
- Desplazamiento de población en algunos casos
- Cambios en el régimen hidráulico y la carga de sedimento de los ríos

La energía eléctrica producida en las centrales de generación se lleva hasta los centros de consumo mediante líneas de transmisión de alta tensión, generalmente aéreas por razones de costo (una línea subterránea cuesta de 10 a 20 veces más que una aérea equivalente). La distribución de la energía a los usuarios se hace mediante líneas de menor tensión. En diversos puntos, entre el de generación y el de uso final, hay instalaciones llamadas de transformación que sirven para cambiar el voltaje según se requiera.

Tanto las líneas de transmisión y distribución como las subestaciones de transformación tienen efectos ambientales que no necesariamente son despreciables, pero que pueden tener una magnitud menor que los de las centrales de generación. El más perceptible de esos efectos es el que ocurre sobre el paisaje, pues las líneas aéreas y las subestaciones son visibles. Otras alteraciones son: la radio transferencia, el ruido producido por el efecto corona, los posibles efectos biológicos de campos electromagnéticos y el riesgo de descargas o caídas de conductores de alta tensión. También puede ser importante el efecto de esas instalaciones en cuanto a uso de suelo<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Ibidem



## 2.8 Investigación y desarrollo tecnológico de la energía eléctrica en México

El efecto del conocimiento científico y del desarrollo tecnológico en las actividades económicas y sociales es el factor que más influye en el perfil cultural de nuestra época. El mundo vive una revolución tecnológica que quizá sea la de mayor alcance y consecuencias entre todas las experimentadas hasta ahora. Desde esta perspectiva, es indudable la importancia que tienen las actividades de investigación científica y tecnológica para apoyar el desarrollo de un país<sup>22</sup>.

Para poner en perspectiva los nuevos desarrollos en tecnologías para la generación de electricidad, es conveniente analizar los factores que impulsaron estos desarrollos. En la actualidad, las grandes preocupaciones del sector eléctrico en materia de generación son el costo de la energía eléctrica y la seguridad de su suministro, relacionados con la disponibilidad y precios de combustibles, así como los impactos ambientales de la generación, particularmente el calentamiento global y, en México, la reducción de emisiones de SO<sub>x</sub>.

Un hecho que podemos observar en el sector eléctrico es la implementación de estrategias de diversificación de fuentes de energía y mitigación de riesgos derivados de la alta volatilidad de los precios del gas natural, lo cual ha resultado del análisis de varias opciones tecnológicas adicionales al ciclo combinado, tales como la nuclear y el carbón, en las cuales los costos de generación eléctrica son más estables debido a la menor volatilidad del precio del combustible<sup>23</sup>.

Una vertiente de los desarrollos se ha orientado a las energías renovables. En energía eólica se han reducido los costos de inversión por kW instalado a montos que van de 1200 a 1400 dólares, lo cual sigue siendo alto dadas las limitaciones de disponibilidad de esta fuente primaria. La misma tecnología básica se está desarrollando para el aprovechamiento de corrientes marinas, aunque esta opción es incipiente.

En energía solar se tienen las opciones de la energía solar térmica y la fotovoltaica. En solar térmica hay algunos desarrollos incluyendo uno en México que normalmente se asocian a centrales termoeléctricas (energía fósil) y se utilizan para mejorar su eficiencia. Los sistemas fotovoltaicos para generación eléctrica todavía resultan demasiado caros, pero se espera que en el mediano plazo tengan un papel importante. Estos equipos fotovoltaicos, por ser de tamaños pequeños, requieren que se establezcan sistemas para operar una red con generación distribuida, lo cual también presenta sus problemas técnicos que tomará tiempo resolver.

Otra vertiente de los desarrollos ha sido el aprovechamiento más eficiente de los combustibles fósiles, con tecnologías que a la vez se presten a la eventual separación y captura del bióxido de carbono. La tecnología que ha resultado es la Gasificación integrada a Ciclos Combinados (IGCC), utilizando ya sea carbón, coque de petróleo, residuales de refinación o biomasa. Esta tecnología aprovecha las ventajas de la alta

---

<sup>22</sup>Ibidem

<sup>23</sup> Fuente de información: [www.amper.org.mx](http://www.amper.org.mx)



eficiencia de las turbinas de gas, así como la facilidad de manejar corrientes de gases que son relativamente fáciles de limpiar, reteniendo el azufre y facilitando la separación del CO<sub>2</sub> aunque esta última función no está operando todavía. En la actualidad las centrales de gasificación requieren inversiones que oscilan entre 1250 y 1600 dólares por kW instalado y tienen eficiencias netas del orden del 42%, que se comparan con el 38% de las centrales convencionales.

En las tecnologías de gasificación hay que considerar el impacto del proyecto FUTURE-GEN que está impulsando EUA, invirtiendo 1,000 millones de dólares para tener una central de gasificación con separación y captura de CO<sub>2</sub>, que ciertamente impulsará esta tecnología hacia adelante. La tecnología de gasificación ha venido a desplazar en el mediano plazo a la tecnología de combustión en lecho fluidizado, que tiene la gran ventaja de retener el azufre, pero que no se presta a la separación del CO<sub>2</sub>. Sin embargo, a corto plazo esta tecnología está encontrando aplicación en nichos particulares en los que conviene utilizar combustibles de muy mala calidad por su contenido de cenizas.

Finalmente, la otra rama tecnológica que resurge en el sector eléctrico mundial es la nuclear. Dependiendo de la fuente que se consulte, esta tecnología se presenta como la más económica para generar electricidad, por los bajos precios del combustible nuclear; o en evaluaciones menos optimistas, como muy cercana a ser competitiva. Las inversiones requeridas están en la actualidad entre 1800 y 2000 dólares por kW instalado y se espera que al tener más experiencia con los reactores de nuevo diseño actual, estos montos de inversión se puedan reducir a niveles de 1500 dólares por kW instalado.

La tecnología tiene además la ventaja de tener muy bajas emisiones de CO<sub>2</sub> comparadas con cualquier combustible fósil, aunque todavía tiene rechazo entre varios sectores de la población mundial<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Ibidem



## 3.1 El sol

### 3.1.1 Composición y fenómenos que ocurren en el sol

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 3.1 Vista del Sol desde la superficie terrestre

La primer teoría científica sobre la constitución solar es del físico alemán Gustav Kirchhoff y ésta se basa en el principio del “análisis espectral”<sup>1</sup>, que consiste en analizar a través de un espectrógrafo, la radiación que produce una fuente luminosa distante y clasificarla dependiendo de las emisiones o absorciones en el orden de la “A” a la “P”, ubicando al Sol en el tipo G2.<sup>2</sup> Su masa es aproximadamente 334 000 veces mayor a la de la tierra, y sin embargo es considerado como un elemento insignificante de las estrellas de la llamada secuencia principal, pertenece a la categoría de estrellas amarillas enanas. Más tarde, Hans Betite afirmaría que el Sol es un gigantesco reactor termonuclear.<sup>3</sup>

Una de las particularidades de este tipo de estrellas es que se forman a partir de una tenue nube de gas, donde los movimientos aleatorios del material originaron que hubiese regiones con mayor densidad que otras, entonces la materia empezaría a concentrarse en torno a esas regiones por la acción de la gravedad. En las proximidades del centro del sol, se calcula que la temperatura es alrededor de 10 millones de grados centígrados y que el consiguiente movimiento de la materia es tan violento que no se puede mantener la ordenada estructura de átomos y moléculas a la que estamos habituados, se convierte en un plasma, en el que los núcleos de los átomos se mueven con independencia de sus correspondientes electrones.

<sup>1</sup> 1859, Gustav Kirchhoff descubre que al descomponer la luz del Sol, se observa una multiplicidad de líneas espectrales.

<sup>2</sup> Este tipo de estrellas alcanzan temperaturas de 5000 a 6000 °K.

<sup>3</sup> 1939, Hans Betite.

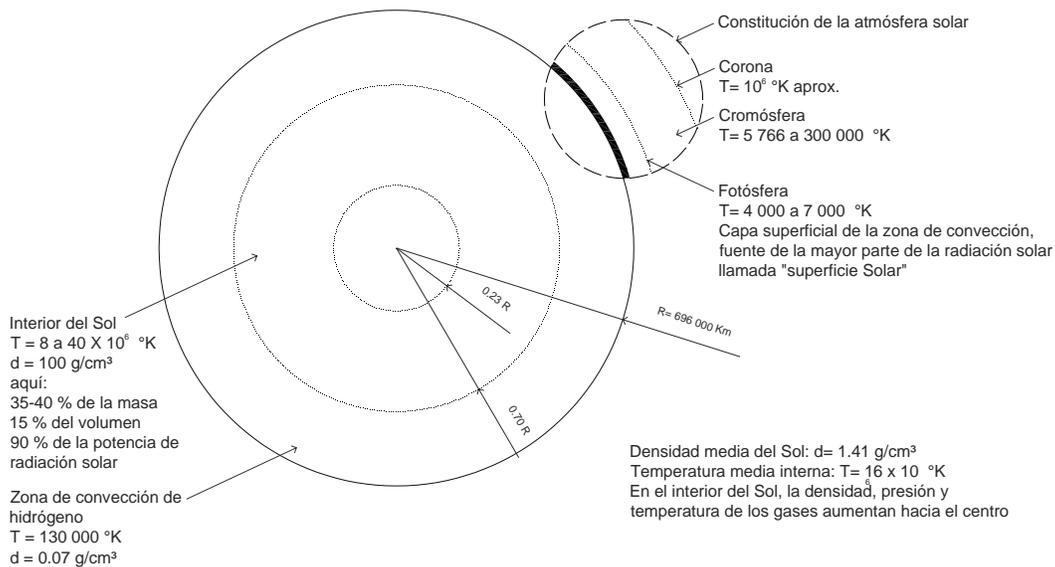


Imagen 3.2 Composición esquemática del Sol

La temperatura en la superficie visible es lo suficientemente alta para que los átomos se encuentren en un estado de gran excitación. A partir de las bandas de emisión y absorción en el espectro solar, características de los átomos que allí se encuentran, dos tercios de los elementos que hay en la tierra, están presentes también en el sol, pero con diferencia, el mas abundante es el mas ligero, el hidrógeno, constituye un 80% de la materia solar, el resto en su casi totalidad está compuesto de helio, el siguiente en peso atómico. Por lo tanto, se puede considerar que la fuente principal de la energía radiante del sol, es la fusión de los núcleos de hidrógeno, que produce la formación de helio.

El sol en un día concreto tiene una declinación y una ascensión recta prácticamente constantes, cada vez que el sol cruza el meridiano del lugar por la parte que está bajo el horizonte (culminación inferior) se ha determinado que comience un nuevo día solar. El sol no tiene las mismas coordenadas ecuatoriales en todo instante, sino que sufre una constante variación en declinación y en ascensión recta, que es aparente al paso de los días. Su declinación varía desde  $- 23^\circ 27'$  hasta  $+ 23^\circ 27'$ , mientras que su ascensión recta varía desde  $0^\circ$  hasta  $360^\circ$ ; o también de 0 a 24 horas, lo cual quiere decir que realiza un giro completo a lo largo del año.

Como sucede con los planetas, observamos en la bóveda celeste un movimiento diurno del sol bastante rápido, de forma que todos nos apercebimos claramente de este movimiento, desde que aparece por la zona oriental de nuestro horizonte (orto solar), hasta que desaparece en el atardecer por la zona del oeste en el horizonte (ocaso). Este movimiento es de toda la bóveda celeste, de modo que veríamos girar conjuntamente a todos los astros conservando en apariencia sus posiciones relativas. Este fenómeno también ocurre con el sol, y es el origen de las diferentes temperaturas que experimentamos diariamente y que afecta directamente cada espacio que habitamos.



Foto de © Roberto García R. con fines didácticos



Imagen 3.3 Reflejo del sol en un charco de agua

Según el británico Fred Hoyle y el americano William A. Fowler, la temperatura interna del Sol aumentará por las reacciones que ocurren en él, y por esto aumentarían también su volumen y su brillo, convirtiendo al Sol en una gigantesca estrella roja que destruirá sus planetas, y cuando se hayan agotado todas las fuentes de energía nucleares, se convertirá en un “enano blanco”, disminuirá su radio y finalmente su poder luminoso terminará y será entonces un “enano negro”.<sup>4</sup> George Gamow considera probable una contracción del radio solar del orden de un 0.0003 % por década<sup>5</sup>, y llega a la conclusión también de que la radiación solar será dentro de cientos de años, cada vez más intensa; por lo que puede considerarse al sol como fuente inagotable de energía radiante.

Sin embargo, no toda la radiación que emite el sol llega a la tierra, ya que ésta constituye una superficie captadora pequeña situada lejos del sol, y parte de esta energía se atenúa debido a fenómenos de absorción, reflexión y difusión de la radiación por los gases que constituyen la atmósfera. La energía solar se distingue de otras fuentes de energía por el movimiento relativo del origen de la radiación, el sol, y del receptor o captador. La primera observación sobre el movimiento es que un captador sobre la tierra recibiría mayor o menor radiación solar durante el año debido a que la distancia sol-tierra varía.

La distribución de la energía solar que llega a la tierra no es uniforme, depende de varios factores como: hora del día, lugar, orientación de la superficie y condiciones atmosféricas, todos estos factores hacen que la energía que la tierra recibe del sol o radiación solar global tenga dos componentes: radiación directa y radiación difusa. El sol es la estrella más cercana a la tierra (se encuentra a 150 millones de Km. de distancia) y la más importante, ya que en su exterior se crean campos magnéticos (manchas características) que son las regiones más frías de la estrella, cuando aparecen su corona se agranda y envía más energía a los planetas, de tal forma que a menor número de manchas es menor la cantidad de energía que emite a los planetas<sup>6</sup>. La Organización de las Naciones Unidas, ha declarado el año 2007 como el “año internacional del sol” en base a la importancia que el sol representa para el desarrollo de la humanidad tanto en materia de salud y como una prometedora fuente de energía externa que hasta el día de hoy no hemos aprovechado por completo.<sup>7</sup>

<sup>4</sup> Hans Rau, Energía Solar, aplicaciones prácticas.

<sup>5</sup> Esto es equivalente a 2 Kilómetros

<sup>6</sup> Entre 1645 y 1715, el Sol no tuvo manchas y en varias regiones la Tierra se congeló

<sup>7</sup> Fuente de información: [www.lajornada.com.mx](http://www.lajornada.com.mx)



### 3.1.2 El sol en el ejercicio arquitectónico

*“La casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en invierno” Sócrates<sup>8</sup>*

El primer antecedente sobre una relación entre la Arquitectura y el Sol, es la llamada **Arquitectura solar**, que nace en la zona occidente de la antigua Grecia a raíz de la escasez y encarecimiento de la madera, combustible indispensable para calentar espacios (a partir de braseros de carbón), cocinar y construir casas y barcos. Excavaciones modernas muestran viviendas orientadas al sur y ciudades enteras planificadas y orientadas de tal forma que todos sus habitantes podían disfrutar del sol durante el invierno, así conservaban combustible y ahorran dinero. En la capital italiana adoptaron técnicas griegas de arquitectura solar como respuesta a una crisis de combustible local y al elevado costo de la madera importada. Los romanos desarrollaron una tecnología solar para diferentes climas, introdujeron los cerramientos transparentes (utilizando el vidrio) e incluyeron el concepto del invernadero. La arquitectura solar fue tan importante que el derecho al sol quedó eventualmente incorporado a la ley romana. Tras la caída de Roma, los arquitectos europeos ignoraron virtualmente los principios de orientación solar escritos por Sócrates, Aristóteles y Vitruvio que además habían perdido todo carácter práctico.

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 3.4 Pirámide del Sol, Teotihuacan

La arquitectura prehispánica cuenta con ejemplos claros sobre el aprovechamiento de los fenómenos solares, (recordemos las pirámides del Sol<sup>9</sup> en Teotihuacan y Kukulcan en Chichén Itzá entre algunas otras, por ejemplo) donde se observan fenómenos arqueoastronómicos directamente relacionados con los equinoccios y que marcaban la pauta al inicio de ciclos agrícolas para la cultura Maya.

Foto de © thematrix.sureste.com con fines didácticos

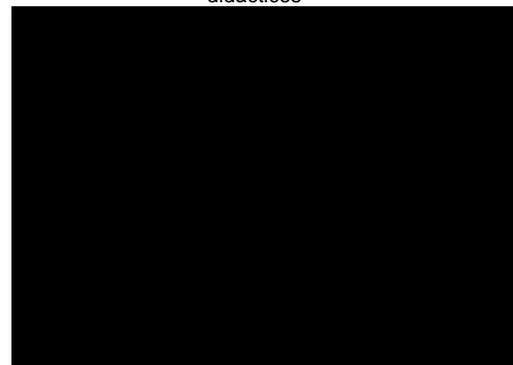


Imagen 3.5 El castillo en Chichén Itzá con el fenómeno del equinoccio en su máximo esplendor

La cultura teotihuacana muestra respeto hacia el astro, no como deidad sino como parte de su vida, ya que la trayectoria del sol desde esta época es considerada como los ejes para “estar y vivir”, y así lo manifiestan sus construcciones tanto monumentales como habitacionales, al mostrar siempre lo que ahora llamaríamos como un vestíbulo entre el espacio exterior e interior. Los patios interiores son un claro ejemplo de la importancia que para esta cultura tenían la iluminación y ventilación naturales, relacionadas directamente con la incidencia del sol en cada una de sus habitaciones.

<sup>8</sup> Ken Tutti y John Perlin, Un Hilo dorado...

<sup>9</sup> Construcción más grande del Valle de México y segunda más grande de Mesoamérica con un millón de metros cúbicos de tierra y realizada en poco más de 20 años.



Alrededor de 1904. George Fred Keck realiza algunas investigaciones que impulsan la realización de la primer “casa solar” que consistía en aprovechar la calefacción solar en espacios específicos de una vivienda mediante el fenómeno que ahora conocemos como “efecto invernadero”. Después de la primera guerra mundial nace en Alemania una arquitectura donde las ventanas acristaladas eran usadas como colectores solares que mejorarían la temperatura interior de los edificios durante el invierno. El ambiente político de los años veinte también favoreció el desarrollo de la vivienda solar. Mas tarde se construye la planta Zeilenbau (casa en hilera)<sup>10</sup> que consistía en numerosos edificios largos y estrechos que debido a sus graves problemas de orientación fracasaron.



Imagen 3.6 Esta serie de imágenes nos muestran hoy en día la relación entre la Arquitectura y el Sol

Hoy en día, la adopción de técnicas de diseño encaminadas a la obtención de un cierto confort a costa del consumo de grandes cantidades de energía (a partir de instalaciones mecánicas, eléctricas y térmicas principalmente) cada vez más complejas de obtener, obligan a que una buena parte del consumo total de energía se dedique al acondicionamiento térmico de los edificios, y se observa que además, esta tendencia aumenta con el paso del tiempo. En respuesta a esta dependencia energética, es que nacen en Estados Unidos los primeros edificios solares pasivos<sup>11</sup> de nuestra época e inicia un proceso de transformación en el modo de entender la arquitectura y su relación con el sol y el ambiente natural.

Nuestras necesidades han evolucionado a tal grado que la producción energética juega un papel privilegiado en nuestra vida cotidiana, por lo que enfrentamos un nuevo reto arquitectónico ligado a los fenómenos que ocurren en el sol: *“el ahorro energético en la vivienda a través de la tecnología fotovoltaica”*.

<sup>10</sup> Walter Gropius es el principal exponente destacado en este tipo de arquitectura

<sup>11</sup> Un sistema pasivo tiene como prioridad diseñar estrategias, en base a materiales, orientaciones, ubicaciones y elementos arquitectónicos, que permitan calentar o enfriar un espacio arquitectónico prescindiendo de elementos mecánicos.



## 3.2 Radiación solar disponible

Las reacciones nucleares, origen de la radiación solar, se producen en un núcleo central, que tal vez ocupe solo un 3% de su volumen. El material circundante, de un espesor de 500 000 kilómetros, modifica profundamente la radiación liberada, que comenzó en forma de radiación gamma.

A pesar de que la radiación es de la misma naturaleza, puede ejercer acciones diversas en los cuerpos sobre los que incide, según la longitud de onda.<sup>12</sup> Todas las radiaciones electromagnéticas tienen un carácter análogo, diferenciándose solo en la longitud de onda. La radiación gamma tiene una longitud de onda más pequeña que se conoce, y debido al modelo de radiación que dice que la energía de un fotón es inversamente proporcional a la longitud de onda de la radiación que representa, los fotones de la radiación gamma poseen gran cantidad de energía por su pequeña longitud de onda. A medida que se alejan del centro del sol, chocan con núcleos o electrones, y en cada uno de estos fenómenos, parte de la energía pasa a las partículas con las que choca, y los fotones resultantes al tener menor energía que antes, tendrían una longitud de onda mayor. La radiación que sale del sol y llega al espacio se distribuye en una amplia serie de longitudes de onda como en la siguiente imagen.

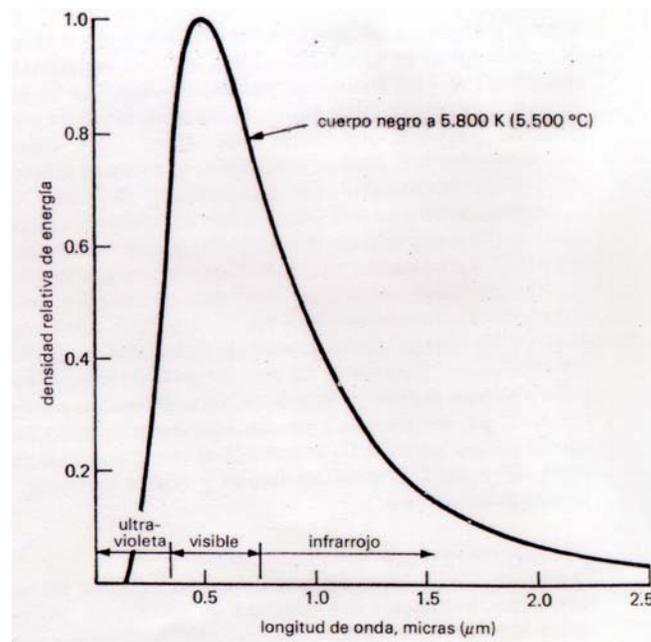


Imagen 3.7 Longitudes de onda

<sup>12</sup> Nestor Quadri, Energía Solar.



Alrededor de la mitad de la energía solar se irradia con longitudes de onda comprendidas entre 0.35 y 0.75 micrómetros. Unos 8 minutos después de abandonar la superficie del sol, su radiación alcanza la órbita terrestre, aunque la tierra intercepta solo una fracción minúscula de energía solar, la que incide en la alta atmósfera durante un periodo dado es equivalente a decenas de miles de veces las necesidades actuales de energía para todo el mundo durante ese periodo. Sin embargo, como observamos en la siguiente figura, no toda esa energía llega a la superficie de la tierra.

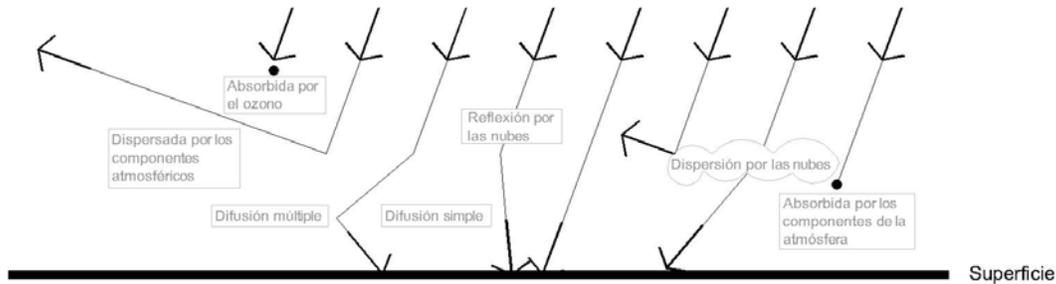


Imagen 3.8 Radiación incidente en una superficie terrestre.

Hay dos factores que influyen fuertemente en la intensidad de la radiación solar que incide directamente sobre una superficie: la oblicuidad de los rayos en relación al plano de la superficie y la longitud de la trayectoria de los rayos a través de la atmósfera. Al atravesar la atmósfera, la radiación puede debilitarse por las moléculas gaseosas y partículas de polvo que reflejan los rayos y los dispersan en todas direcciones y por el vapor de agua y anhídrido carbónico del aire atmosférico que absorben los rayos de determinadas longitudes de onda.<sup>13</sup> La energía total que incide sobre una superficie se forma por la componente **directa y difusa**<sup>14</sup>, ésta última es llamada a veces skylight y representa una fracción importante del total, sobre todo para alturas solares pequeñas donde puede representar hasta la mitad de la radiación recibida, y depende principalmente de la altura predominante del sol. Las aplicaciones prácticas de la energía solar comprenden únicamente la radiación solar directa de longitudes de onda entre 0.29 y 2.5  $\mu\text{m}$ , que es el 95.19% de la constante solar o sea 1 301  $\text{W}/\text{m}^2$ . Varios investigadores han medido la radiación solar que incide sobre una placa plana en el exterior de la atmósfera, el valor mas aceptado es de 1.367  $\text{kW}/\text{m}^2$ <sup>15</sup> y a este valor se le conoce como constante solar, que es la cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie y unidad de tiempo sobre una superficie perpendicular al sol situada a la distancia media tierra-sol. La radiación sobre una superficie plana está en función de los siguientes parámetros:

- Inclinación de la superficie
- Latitud del lugar
- Día del año
- Hora del día
- Estado climático

<sup>13</sup> Nestor Quadri, Energía solar.

<sup>14</sup> Ésta es la radiación difundida por los elementos de la atmósfera, dirigiéndose de nuevo a la superficie de la tierra.

<sup>15</sup> Este valor incluye los movimientos de rotación y traslación.



El Instituto Federal Suizo para la ciencia y la tecnología ambientales (EAWAG) y el Departamento de EAWAG del agua y del saneamiento en países en vías de desarrollo (SANDEC), respaldan a la organización no gubernamental que realiza un trabajo de difusión de la desinfección solar del agua para consumo humano en América Latina (SODIS) de cuya página de Internet se extrae la siguiente imagen donde se muestra el promedio de radiación solar global que recibimos.

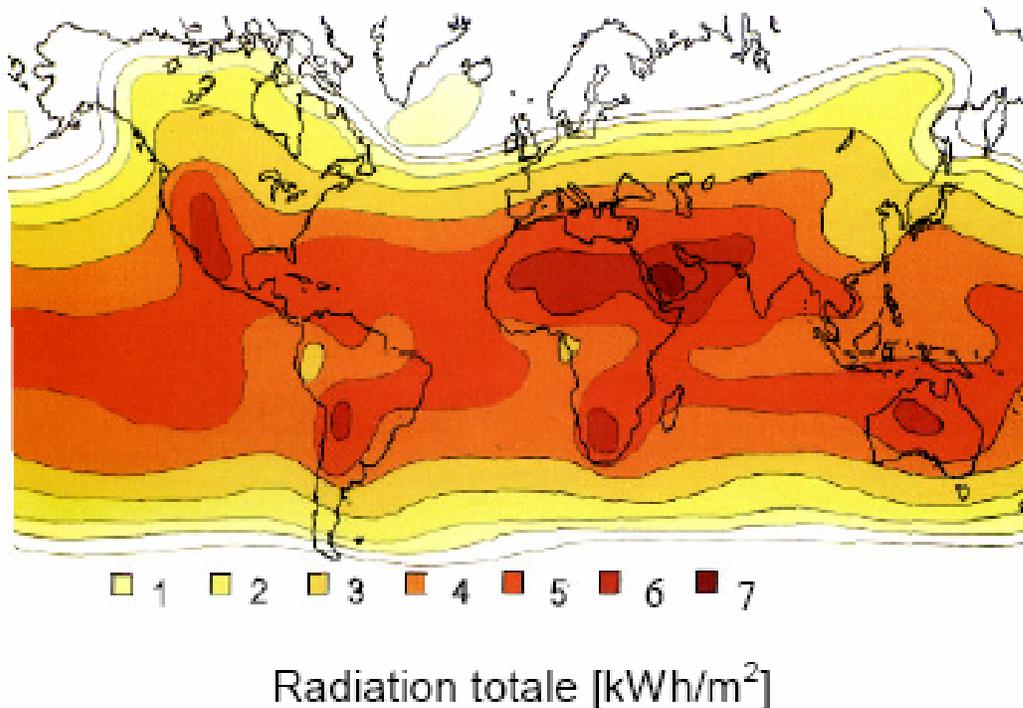


Imagen 3.9 Radiación Solar Global

Para el caso de México, y en ausencia de datos de radiación para diferentes localidades, se han empleado relaciones empíricas para estimar la radiación global a partir de las horas de insolación, porcentaje de posible insolación o nubosidad a partir del método de Jeevananda, que además de datos de insolación, emplea parámetros tales como altitud del lugar, longitud promedio del día y número de días lluviosos en el mes, así como humedad relativa promedio por día.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Fuente: Rafael Almanza Salgado, Ingeniería de la Energía Solar.



Imagen de © Almanza Salgado R., et al, con fines didácticos

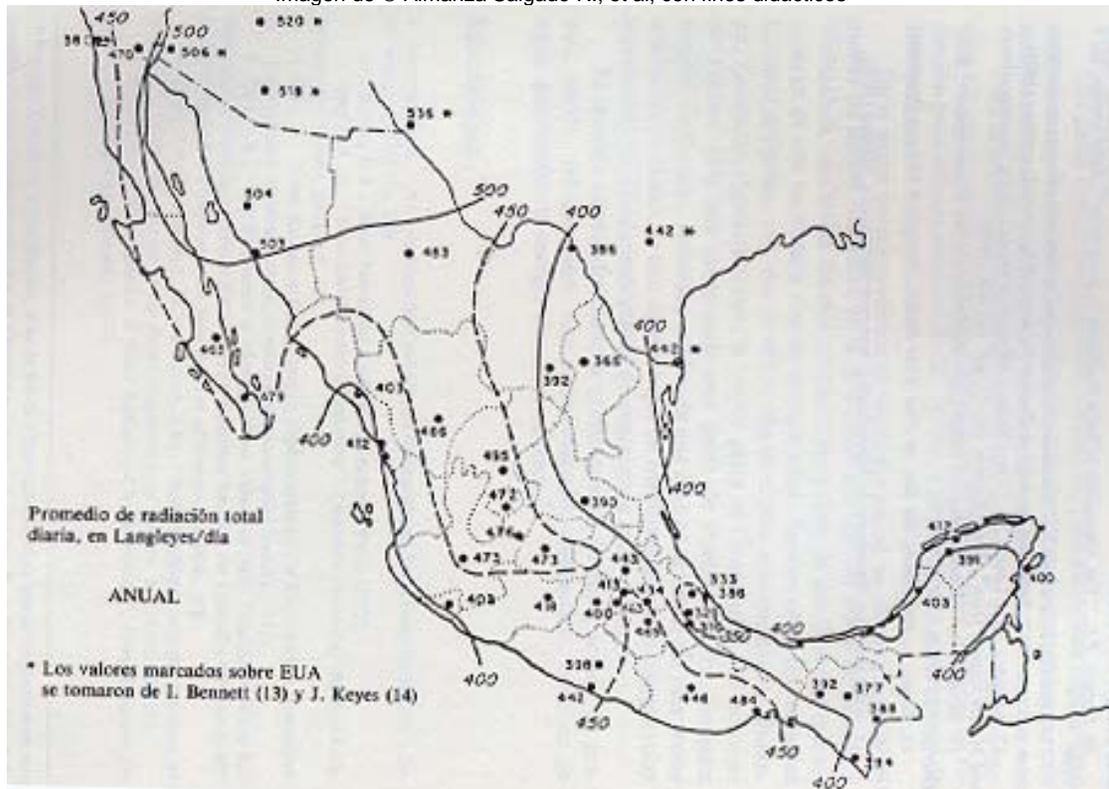


Imagen 3.10 Promedio de radiación total diaria en México

El mapa que corresponde a la imagen anterior, muestra que las regiones de mayor radiación en la República Mexicana son las del norte de Sonora y Chihuahua que evidentemente son las más propicias para fines de instalaciones que requieran de una incidencia alta de energía solar. Sin embargo es más importante señalar para nuestro caso de estudio, que existen otras dos regiones bastante definidas, con más de 450 ly/día en el año: una que abarca Durango, Zacatecas, Aguascalientes, la mayor parte de Guanajuato y el noroeste de Jalisco, otra que comprende una parte de Puebla, y otra bastante amplia de Oaxaca. Además se aprecia que más de la mitad del país recibe 400 ly/día en el año, lo que significa que en México el uso de la energía solar representa una fuente importante de energéticos para el futuro.



## 3.3 Conversiones de Energía Solar

Se entiende por Energía solar a toda la energía que últimamente ha generado el sol. Esto incluye formas de energía solar directas o indirectas como la energía del agua, viento, productos de procesos fotosintéticos (combustibles de madera), gradiente térmico de los océanos, desechos orgánicos y otros. Aunque el carbón, el petróleo y el gas son el resultado de la fotosíntesis que tuvo lugar hace millones de años, se llaman combustibles fósiles y no energía solar. La diferencia es que la energía solar se puede renovar y la energía fósil no.<sup>17</sup>

Los primeros intentos por convertir la energía solar en otras formas de energía fueron alrededor de la generación de vapor a baja presión para hacer funcionar máquinas de vapor. En 1875 Mouchot<sup>18</sup> realizó un notable avance construyendo un colector solar en forma de reflector de cono truncado. El cono de Mouchot (actualmente llamado Axición), enfocaba la luz uniformemente a lo largo del eje del cono de modo que como superficie absorbente de energía podía utilizarse un tubo. Como la luz resultaba más diluida que cuando incidía en un punto pequeño, la temperatura máxima alcanzable era mucho menor.

Las máquinas solares construidas por Mouchot, junto al creciente interés popular por las ciencias durante los dos últimos decenios del siglo XIX, condujeron a un gran desarrollo de la actividad en este sentido. El primer efecto fotoeléctrico fue descubierto en 1839 por E. Becquerel<sup>19</sup> cuando registró que una corriente pasaba a través de un circuito externo entre dos electrodos semejantes de un electrolito cuando uno de ellos se iluminaba.<sup>20</sup>

Hay tres sistemas de aprovechamiento de la energía solar:

- Pasivos. A través de la utilización indirecta de la energía solar, Se ha comprobado que mediante el uso de sistemas de climatización pasiva es posible alcanzar condiciones de comodidad térmica para los seres vivos en las edificaciones, evitándose así el empleo de dispositivos que consumen una buena cantidad de energéticos como el petróleo y la electricidad.<sup>21</sup>
- Activos. A través de la utilización directa de la energía solar
- mixtos. Ésta es una combinación del sistema pasivo y activo

<sup>17</sup> Wolfgang Palz, *Electricidad Solar*, p. 15

<sup>18</sup> Aden B. Meinel y Marjorie P. Meinel, *Aplicaciones de la energía solar*.

<sup>19</sup> Si un electrodo sumergido en un electrolito se ilumina con radiación de la longitud de onda apropiada, se puede establecer un voltaje respecto a un contraelectrodo y se produce una corriente a través de un circuito externo.

<sup>20</sup> Wilson J.L.B., *La Energía Solar*.

<sup>21</sup> *La situación ambiental en México*, programa universitario de medio ambiente, compiladora: G. Toledo, Art. El ahorro energético y su impacto en el ambiente de J.D. Morales, A. Sámano.



Imagen de © Williams J. R. con fines didácticos

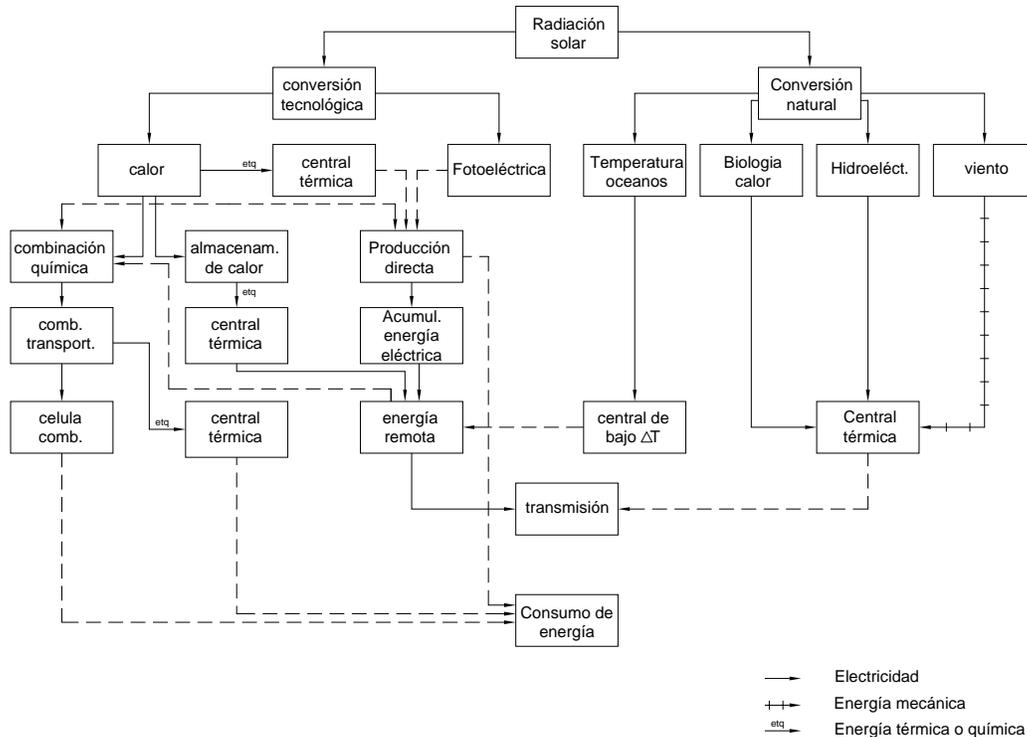


Imagen 3.11 Posibles desarrollos de la conversión de luz solar en electricidad

Hay dos tecnologías básicas para convertir la radiación solar en energía eléctrica utilizable:

- Conversión directa por transferencia de energía de la radiación a los electrones de un sólido, y
- Conversión de la radiación en calor y seguidamente en electricidad a través de un proceso termodinámico que bajo condiciones ideales es el proceso de Carnot<sup>22</sup>.

Cabe mencionar que este último tipo de conversión es menos viable debido a que opera a temperaturas superiores a la ambiental, por lo que se restringen a climas cálidos y soleados, además de requerir una supervisión técnica constante. Los procesos para generar electricidad solar son:

<sup>22</sup> Ciclo ficticio e ideal imaginado por el físico francés Sadi Carnot en 1824 y que fue modificado mas tarde por Ranking.



**1. conversión directa.** Se genera un voltaje y corriente eléctrica por medio de la absorción de fotones en un dispositivo formado por semiconductores, entre los cuales el material más usado es el silicio seguido del sulfuro de cadmio.

- fotoefecto interno en semiconductores (efecto fotogalvánico), células solares.
- Fotoemisión de electrones desde superficies metálicas: fototubo

**2. conversión indirecta (transformación de energía de radiación en calor).** El calor se convierte en energía eléctrica mediante dispositivos termoeléctricos, termoiónicos o magnetohidrodinámicas.

- colector de placa plana: efecto invernadero<sup>23</sup>
- concentración de media por encima de un factor 100: aparato de enfoque lineal
- alta concentración: aparato con receptor central.

**3. conversión biológica.** Por medio del crecimiento de plantas utilizables de varias maneras o quemándolas en sistemas térmicos.

La conversión directa de radiación solar en electricidad se consigue mejor a partir del efecto fotovoltaico<sup>24</sup>; la unidad mínima de conversión de luz a electricidad se llama celda solar. Las celdas solares se comenzaron a fabricar con silicio en el año de 1953, éste material posee una absorción óptica suficientemente alta y una resistencia eléctrica suficientemente baja para la conversión de energía solar a electricidad en escala útil. Gracias a este efecto podemos generar simultáneamente una fuerza electromotriz en la celda iluminada y pasar corriente a través de una carga conectada a la misma. Los primeros materiales semiconductores como el  $\text{Cu}_2\text{O}$  y el  $\text{Se}$  mostraron esta propiedad débilmente. Desde 1954, Bell Telephone Laboratorios (Estados Unidos), anunciaron la fabricación de celdas solares utilizando uniones p-n de silicio,<sup>25</sup> que se construyen al unir íntimamente silicio tipo positivo (P) con silicio tipo negativo (N). Las celdas fotovoltaicas pertenecen a la familia de los transistores, y su eficiencia está entre 10% y 24%<sup>26</sup>, el resto de la energía se transforma en calor que luego se pierde al ambiente exterior. Todas las celdas solares actualmente poseen tres características en común:

- un absorbedor óptico que convierte los fotones en pares de portadores de carga, positivos y negativos
- un campo eléctrico interno que separa estas cargas antes de que se recombinen formado por la unión P-N
- contactos en los extremos del semiconductor para la conexión con una carga externa.<sup>27</sup>

<sup>23</sup> Este efecto fue inventado con la finalidad de cultivar plantas en climas fríos a través de una mejor utilización de la luz del sol disponible.

<sup>24</sup> Llamado también proceso de fotoemisión

<sup>25</sup> J. I. B. Wilson, *La energía solar*

<sup>26</sup> Vittorio Silvestrini, *Uso de la Energía Solar*

<sup>27</sup> J. I. B. Wilson, *La energía solar*



La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica, mediante la celda solar que es una pequeña lámina de material semiconductor compuesto principalmente por silicio (que se encuentra en las arenas). Los materiales más estudiados para aprovechar el efecto fotovoltaico son: el silicio<sup>28</sup>, arsenuro de galio, sulfuro, telurio de cadmio y fósforo de indio. Éstos deben ser manejados con cuidado, particularmente en el momento de desecharlos, pues el silicio provoca endurecimiento del agua, y el cadmio y arsénico son sumamente tóxicos.<sup>29</sup>

Al exponer una unión P-N de cristal de silicio, se produce el efecto fotovoltaico. Cuando el silicio absorbe fotones de luz con suficiente energía, se origina el salto de un electrón de su estado de valencia a un estado de conducción, dejando en su lugar un hueco energético. Ya que el electrón está tipificado con una carga eléctrica negativa, el hueco se comportará como una carga eléctrica positiva, si el par de portadores se genera en el semiconductor tipo positivo (P), el electrón fotogenerado avanza hacia la zona en donde se unen el semiconductor P con el N en donde es arrastrado hacia el semiconductor N por efecto del campo eléctrico interno que se formó al unir el semiconductor N con el P. de esta manera, en el semiconductor N se acumulan los electrones y en el semiconductor tipo P los huecos, ambos fotogenerados. Es así como aparece una diferencia de potencial negativa en el semiconductor N y positiva en el P, creándose la fuerza electromotriz fotogenerada<sup>30</sup>.

Si se unen dichas regiones por medio de un conductor, utilizando unos contactos metálicos adheridos a cada una de las capas, el desequilibrio eléctrico genera una pequeña fuerza electromotriz o diferencia de potencial, que hace circular los electrones para igualar las cargas. Esta corriente eléctrica se genera en un proceso cíclico constante, mientras actúe la acción de la luz sobre la celda solar.

Podemos decir hasta este momento, que la forma más viable para convertir la radiación solar en electricidad es de forma directa y utilizando el efecto fotovoltaico, aunque no podemos descartar la conversión indirecta en nuestro país debido a que contamos con las condiciones para investigar y desarrollar dispositivos que hagan más eficientes este sistema de conversión.

En consecuencia, dos o más celdas pueden conectarse en serie para incrementar el voltaje. La conexión en serie significa conectar la terminal positiva de una celda con la terminal negativa de la celda continua, y así sucesivamente. El voltaje de salida de una conexión en serie está dado por la suma de los voltajes individuales de cada celda. Las celdas también pueden conectarse en paralelo para obtener más corriente al mismo voltaje. La corriente que se genera en una conexión en paralelo se obtiene por la suma de las corrientes individuales que genera cada celda.

---

<sup>28</sup> Elemento mas abundante en la tierra después del Oxígeno

<sup>29</sup> Jiménez Cisneros B. E., **Contaminación ambiental en México...**

<sup>30</sup> Información proporcionada por el Dr. Aarón Sánchez Juárez



## 3.4 Colectores solares fotovoltaicos

La aplicación mas simple de la energía solar es captarla en un colector ya que como todos sabemos, la exposición a los rayos del sol provoca un calentamiento inmediato. Sin embargo, la utilización óptima de la radiación solar requiere del conocimiento de las características de la radiación solar y de la superficie que la capta. Un *colector solar* es un dispositivo diseñado para absorber la radiación solar incidente sobre él y transferir la energía a un fluido que circula a través del mismo.<sup>31</sup>

Los fabricantes agrupan eléctricamente las celdas solares<sup>32</sup> asociándolas en serie o paralelo (positivo con negativo), y las encapsulan en un dispositivo único llamado **panel solar o módulo fotovoltaico** que pueden tener eficiencias de conversión hasta del 20% de la radiación incidente sobre él.<sup>33</sup> El panel solar proporciona un determinado voltaje y corriente, dependiendo del tipo y número de células conectadas y del tipo de conexión. El panel solar protege a las células de la intemperie, las aísla eléctricamente del exterior y da rigidez mecánica al conjunto. Se estima que el tiempo de vida de los módulos, en condiciones normales de operación, es superior a los 20 años y viene determinado por la duración del encapsulado, que debe ser impermeable al agua, además de resistir la fatiga térmica y la abrasión.<sup>34</sup>

El primer módulo o colector fotovoltaico fue construido en los laboratorios Bell (1954). A partir de ésta fecha la industria espacial ha utilizado la tecnología fotovoltaica para proveer la energía eléctrica que necesitan los satélites y naves espaciales; sin embargo no es hasta la crisis de energía durante los años setentas que la tecnología fotovoltaica empieza a ganar reconocimiento como una fuente de energía confiable para aplicaciones no relacionadas con el espacio.<sup>35</sup> Los módulos monocristalinos más antiguos con que cuenta el Centro de Investigaciones en Energía perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México son los que aparecen en la siguiente imagen:

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 3.12 Páneles fotovoltaicos de silicio monocristalino

<sup>31</sup> Nestor Quadri, Energía Solar.

<sup>32</sup> Cuyo voltaje individual es cercano a 0.5 V

<sup>33</sup> Gimeno Sales Francisco J., et al, **Convertidores electrónicos...**

<sup>34</sup> Ibidem

<sup>35</sup> [www.ciencia.nasa.gov](http://www.ciencia.nasa.gov)



Los módulos constituidos por células solares de silicio cristalino son los más comunes, el aspecto de un módulo fotovoltaico es el siguiente:

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 3.13 Aspecto de módulos solares de silicio monocristalino, policristalino y amorfo.

Las células fotovoltaicas empezaron siendo redondas, actualmente son casi cuadradas (monocristalinas) o totalmente cuadradas (policristalinas), aunque también hay formas especiales como semicírculos, pentágonos, triángulos. Etc. Las células monocristalinas son de color negro azulado mientras que las policristalinas suelen ser de tono azul metálico.

Características de un módulo fotovoltaico<sup>36</sup>:

- Energía renovable
- No emite CO<sub>2</sub>
- No consume combustibles
- En 3 ó 4 años genera la energía que se empleó en su fabricación
- Instalación flexible y rápida
- Fabricación con silicio, vidrio, aluminio y plástico
- Del orden de 7 Kg de peso
- 0.6 m<sup>2</sup> de superficie
- Sin partes móviles
- Sin ruido, sin desgaste
- Garantía superior a los 20 años

En el silicio monocristalino la estructura atómica del material es uniforme ya que su estructura completa ha sido crecida de un único cristal. Esta uniformidad es ideal para la transferencia de electrones a través del material de un modo eficiente. Por otro lado el silicio multi cristalino está formado por un conglomerado de estructuras macrocristalinas en cuyas uniones o fronteras de grano se impide el paso de los electrones en procesos recombinativos. No obstante su proceso de fabricación es mucho más barato y los rendimientos de los dispositivos comerciales se acercan bastante a los del silicio monocristalino. Conceptualmente se pueden diferenciar dos tecnologías: la del silicio cristalino y las tecnologías de lámina delgada. La transformación de la arena de silicio de elevada pureza se puede realizar a través de los siguientes pasos<sup>37</sup>:

1. reducción de SiO<sub>2</sub> a Si de baja pureza con C en hornos de arco eléctrico
2. transformación en un compuesto químico intermedio como el triclorosilano
3. purificación por destilación u otros medios
4. reducción del compuesto intermedio a Si con bajo contenido en impurezas
5. crecimiento cristalino con purificación adicional

<sup>36</sup> SEBA (Servicios Energéticos Básicos Autónomos), *Tejados Fotovoltaicos. Energía solar conectada a la red eléctrica*

<sup>37</sup> Alonso Abella Miguel, *Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño...*



Con estos pasos se pueden conseguir niveles de impurezas en el rango de partes por millón. Es necesario prestar especial atención a la presencia de elementos que actúan como fuertes elementos de recombinación tales como Au, Cu y Fe.

Los sólidos amorfos, como el vidrio común, son materiales en los que los átomos no están situados en ningún orden especial. No forman estructuras cristalinas y contienen un gran número de defectos estructurales y de enlaces. No fue hasta 1974 cuando se comenzó a pensar que el silicio amorfo podría ser utilizado en dispositivos FV, controlando las condiciones en que era depositado y modificando cuidadosamente su composición. En un **panel solar**, hay un determinado número de celdas que, interconectadas, producen la cantidad de electricidad requerida en cada caso. La asociación de células solares equivale a una asociación similar a las baterías quedando de la siguiente forma:

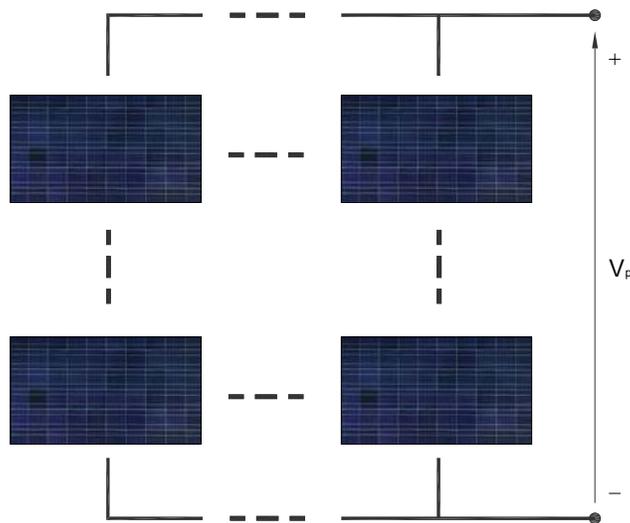


Imagen 3.13 Eléctricamente las células solares trabajan como se muestra en esta imagen

Existen tres categorías básicas para los módulos solares:

- *Módulos de bajo voltaje.* Utilizan entre tres y doce segmentos pequeños de silicio amorfo para obtener voltajes entre 1.5 y 6 V. se utilizan principalmente en relojes, calculadoras y cámaras fotográficas.
- *Módulos pequeños.* De 3 a 12 V con áreas de 100 cm<sup>2</sup> a 1000 cm<sup>2</sup>, se fabrican con celdas mono o policristalinas o silicio amorfo. Su uso es principalmente en radios, juguetes, pequeñas bombas, cercas eléctricas y cargadores de baterías.
- *Módulos grandes.* De 6 a 12 V con áreas de 1000 cm<sup>2</sup> a 5000 cm<sup>2</sup>, pueden ser de silicio amorfo o silicio mono o policristalino. Se utilizan para generar energía eléctrica en viviendas, comunicaciones y bombeo de agua, principalmente.<sup>38</sup>

Ahora, veamos qué uso se da en nuestro país a la energía solar y sus perspectivas para el futuro.

<sup>38</sup> www.textoscientificos.com



## 3.5 Energía solar en México y sus perspectivas para el futuro

El uso de las energías renovables en nuestro país representa la generación de nuevas fuentes de empleo, mayores exportaciones, reactivación de muchas industrias tradicionales y el fortalecimiento del aparato científico-técnico del país, ya que alienta la vinculación de la industria con los centros de investigación y desarrollo tecnológico.

Foto de © [www.sep.gob.mx](http://www.sep.gob.mx) tomada con fines didácticos



Imagen 3.14 Electrificación de telesecundarias rurales en Chiapas a cargo de la Secretaría de Educación Pública (SEP).

Foto de © vt.arq con fines didácticos



Imagen 3.15 Alumbrado sobre carretera México-Puebla

En México, el uso más común de la tecnología fotovoltaica es para alumbrado público en carreteras, electrificación en viviendas o instituciones públicas en zonas rurales y bombeo de agua principalmente, en los siguientes porcentajes:

### sistemas fotovoltaicos instalados en México

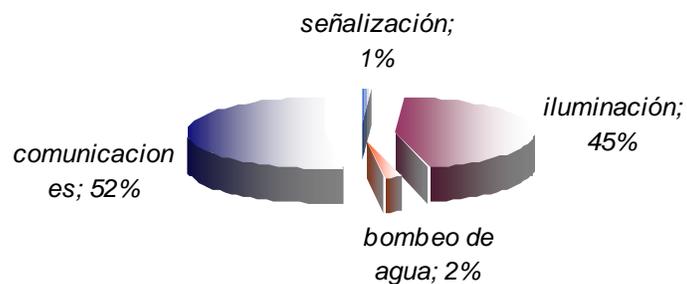


Imagen 3.16 Porcentaje de empleo de sistemas fotovoltaicos en nuestro país



Como podemos observar en la imagen anterior, la energía solar que utilizamos corresponde a necesidades de comunicación principalmente, seguida por la iluminación, entre otras menos importantes. Para conocer sobre la futura aplicación de la energía solar en México, es necesario conocer la opinión de investigadores y expertos con más de 30 años en el campo de la energía solar en nuestro país.

Según el Dr. Arturo Morales Acevedo, en México se ha mantenido un mercado fotovoltaico por muchos años y se debe contar con 20 MW de fotovoltaico instalados en zonas rurales. Esto no es noticia y por ello se sabe poco. En las ciudades el costo todavía no es competitivo pero ya empiezan a hacerse esfuerzos por CFE<sup>39</sup> para instalar sistemas conectados a la RED. Desafortunadamente estos esfuerzos son aislados y sin que exista una política nacional.

El Doctor David Morillón<sup>40</sup>, afirma que los avances tecnológicos existen, y esto se puede demostrar en países como España o Alemania, entre otros. En el mundo el interés de las industrias petroleras impiden el uso masivo de dicho recurso, en México y en otros países más, falta la voluntad política que conlleva a no contar con recursos financieros para el impulso necesario.

Bajo el punto de vista del Doctor Aarón Sánchez Juárez, investigador y académico del Centro de Investigaciones en Energía (CIE) de la UNAM, considera que existen tres palabras clave para asegurar el futuro de la aplicación de la energía solar en nuestro país, **marco regulatorio** que permitan de una forma legal la instalación de sistemas fotovoltaicos en cualquier tipo de espacio arquitectónico, **leyes claras** y **promoción por parte del Estado** a través de créditos blandos e incentivos fiscales para quienes apliquen una tecnología alterna para producir electricidad.

En resumen, para asegurar la aplicación futura de la energía solar en México, debemos contar con una **política ambiental, económica y social acorde con** nuestras necesidades energéticas hoy en día, y la parte gubernamental juega un papel muy importante en este caso.

---

<sup>39</sup> Comisión Federal de Electricidad

<sup>40</sup> Experto e investigador de la UNAM en Energías Renovables en nuestro país.



## 3.6 Política ambiental, económica y social para aplicar Energía Solar en México

**“La disponibilidad de la energía condiciona la economía, el bienestar social y la situación política de los países industrializados”<sup>41</sup>** y no industrializados.

Según Luisa Murga Meler<sup>42</sup> las condiciones económicas y políticas que prevalecen en el mundo propician la voracidad del capital por apropiarse de los recursos naturales. Hasta hace menos de una década la legislación mexicana en esta materia fue una de las más avanzadas del mundo, sin embargo fue solo normativa, existe una gran diferencia entre la existencia y la aplicación de la ley. El manejo de los recursos naturales se ha observado de manera seria; sin embargo, se le desvincula de su significación social y no se le mira dentro de un orden de importancia particular de las sociedades.<sup>43</sup>

Varios países y organismos han implantado normativas de homologación relativas a la durabilidad de los módulos fotovoltaicos. Las Comunidades Europeas disponen de la norma CEC-Spec 503. Estas normas no son de obligado cumplimiento, y sin embargo constituyen una excelente garantía de durabilidad y por ello, es fuertemente aconsejable el empleo de módulos homologados. En la Comunidad Europea se puede obtener un Certificado de Calidad emitido por Joint Research Centre-Ispra. Las pruebas a las que se someten los módulos son las siguientes:

- Inspección visual
- Pruebas mecánicas (terminales eléctricos, flexión, torsión, etc.)
- Características eléctricas (tensión circuito abierto, PMP, corriente de cortocircuito, corriente de máxima potencia, etc.)
- Test de aislamiento eléctrico (fugas)
- Test de durabilidad (ciclos de temperatura y humedad, resistencia a tipos de ambientes, etc.)<sup>44</sup>

En los últimos años México ha experimentado cambios, pero a un ritmo sensiblemente menor. En el campo económico, México ha sufrido cambios a medias, como por ejemplo la privatización del sector público de la economía parecería un cambio radical, pero si consideramos que la CFE y Petróleos Mexicanos, no se privatizan y representan el 60% del 100% del sector público de la economía, entonces hablamos de una transformación que deja de ser radical para convertirse en una transformación a medias, y podemos decir casi lo mismo en el caso de la inversión extranjera. Actualmente la manera de paliar la insuficiencia de ahorro interno con recursos del exterior ya no es el endeudamiento, sino la inversión extranjera directa y se abren una serie de campos importantes como la minería, pero no deja de ser una solución a medias si se obvian sectores como la **energía** y la propiedad de la tierra.

<sup>41</sup> Vittorio Silvestrini, *Uso de la Energía Solar*

<sup>42</sup> Consultora Ambiental de la UNAM

<sup>43</sup> artículo: El deterioro ambiental mundial es ocasionado por las condiciones económicas y políticas, publicado en la página [www.unam.mx](http://www.unam.mx), 18/07/05.

<sup>44</sup> Gimeno Sales F. J., et al, *Convertidores electrónicos...*



Hay muchos cambios por hacer en México, como medida de adaptación a un mundo que constantemente se transforma y debemos considerar que los avances en un ámbito pueden tener elementos contradictorios en otro, hablando específicamente de la energía, me refiero a que la introducción de energía alterna a casas de interés social, como lo es la energía fotovoltaica, en un mediano y largo plazo disminuiría considerablemente las ventas de la Comisión Federal de Electricidad en el sector económico, lo que provocaría pérdidas para esta organización, y para el país entero si conservamos los lineamientos energéticos actuales; sin embargo ¿qué pasaría si la CFE crea una especie de financiamiento, ya sea por fideicomiso o algún otro medio, para abastecer de paneles fotovoltaicos a las viviendas mexicanas y así, además de mantener su autonomía en el ramo, se generan nuevas fuentes de empleo y sobre todo se disminuye el impacto ambiental que actualmente generan las energías convencionales?.

La capacidad de nuestra sociedad para digerir esta serie de cambios es limitada, y por ello debemos ir paso a paso, podemos considerar por ejemplo, un sistema híbrido donde la electricidad generada por la CFE sea nuestra principal fuente e introducir un panel fotovoltaico en la vivienda, ya sea en nuevos espacios o en una sola habitación; y así incrementar el número de paneles fotovoltaicos conforme la familia pueda solventar el gasto hasta convertir a la electricidad alterna como la principal y considerar entonces a la electricidad convencional como una fuente secundaria, o simplemente no utilizarla.

*“El tema central que enfrenta México en los próximos años es obviamente el crecimiento económico, condición necesaria – no suficiente pero sí indispensable – para cambiar la calidad de vida de la gente.”<sup>45</sup>* La tecnología y la economía mantienen una estrecha relación, podemos decir que al invertir en tecnología, incrementamos la generación de riqueza nacional, por lo que no es descabellado insistir en la introducción de tecnología fotovoltaica en el sector doméstico, ya que como hemos analizado en capítulos anteriores, éste sector es el segundo más importante consumidor de energía eléctrica en nuestro país.

El desarrollo sustentable, como eje central de las políticas de México, está definido en el PND 2001-2006. De manera específica, dicho plan propone que para lograr un crecimiento con calidad, es necesario crear las condiciones para un desarrollo sustentable.

En este sentido, propone actualizar el uso de instrumentos en la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales para avanzar hacia el desarrollo sustentable del país. Éste considera no solo el progreso económico, sino también el desarrollo social, incorporando esquemas eficaces para la protección de los recursos naturales. En cuanto a la relación específica del Plan Nacional de Desarrollo con el sector energía, se establece que dicho desarrollo armónico con la naturaleza se medirá en función de indicadores que permitan estimar el daño causado a la atmósfera, el consumo de energía, las pérdidas de sistemas forestales y la conservación de acuíferos, entre otros.<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Castañeda Jorge, Somos Muchos, ideas para el mañana, p- 38

<sup>46</sup> introducción del concepto exérgico



Del Programa Nacional de Desarrollo se deriva el PSE 2001-2006 que tiene entre sus metas que para el año 2006 se instalen 1,000 MW de energías renovables, incluidos los proyectos hidroeléctricos. Este objetivo considera la ejecución de los proyectos realizados por la CFE, los incentivos desarrollados conjuntamente con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), BM y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), así como el desarrollo de los proyectos derivados del nuevo marco regulatorio instrumentado por la CRE para las energías renovables, mismos que se describen en los apartados siguientes. Asimismo, en el PSE se busca garantizar el abasto oportuno de energéticos y de alta calidad que permitan el desarrollo sustentable del país y la protección al entorno y a los recursos nacionales. Esto supone la necesidad de actuar tanto sobre la demanda (eficiencia energética y ahorro de energía) como sobre la oferta energética (diversificación de fuentes de energía, desarrollo de energías limpias y programas de gestión ambiental). En este sentido, la utilización de fuentes de energía que se renuevan constantemente en la naturaleza, como la energía potencial del agua, la energía del viento o la energía solar.

Como hemos visto hasta aquí, cada vez hay una relación mayor entre economía, energía y medio ambiente, componentes clave para garantizar el desarrollo, y su suministro debe garantizarse a través de una política de desarrollo sustentable. La política energética ambiental debe considerar la sustentabilidad social, económica y ambiental, respetando el entorno en el que opera. El sector energético nacional ha sido y seguirá siendo pilar de nuestro desarrollo presente y futuro. Su expansión constante y modernización en algunas de sus partes han permitido generar una oferta sólida y diversificada de energéticos, que aporta, además, importantes recursos públicos para la satisfacción de apremiantes necesidades sociales y de infraestructura.

- Las exportaciones petroleras representan el 8.4% del total de las exportaciones nacionales
- Los impuestos a hidrocarburos representan el 37% de los ingresos fiscales
- Casi el 40% del total de las inversiones públicas está dedicado a proyectos energéticos
- México ocupa el 9º lugar a nivel mundial en reservas probadas de petróleo crudo y el 4º lugar en reservas de gas natural en el continente americano después de Estados Unidos, Venezuela y Canadá
- PEMEX es la 5ª empresa petrolera a nivel mundial y la más rentable en términos de generación de ingresos antes de impuestos
- CFE genera el 98% de la electricidad nacional, además de transmitir y distribuir el 91%

Es necesario modificar la política energética, consumir contra el despilfarro y utilizar energías alternas.

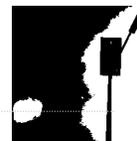


La enorme magnitud de los recursos de energías renovables disponibles en México es una de las principales ventajas de las energías renovables, sin embargo, no existen jurídicamente, ya que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos menciona a los recursos naturales en general, especificándose únicamente a la hidroenergía, combustibles fósiles y energía nuclear; por lo que la energía solar y sus manifestaciones indirectas **no están jurídicamente definidas**, esto quiere decir que están fuera del marco Institucional, de planeación, de financiamiento, fiscal, por no tener los impactos ambientales de las fuentes convencionales. Por lo tanto la infraestructura científico-técnica e industrial está poco desarrollada.

Por otro lado, las energías no renovables tienen una gran ventaja respecto a las no renovables, y es la reserva nacional de hidrocarburos que además es desarrollada en investigación e infraestructura; pero no hay planes de largo plazo que consideren alternativas energéticas y por tanto no se están creando las bases legales e institucionales para la transición energética y el control efectivo y disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por último, la generación de energía eléctrica con energías renovables más que presentar alguna ventaja, no considera sus modalidades específicas en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica ni en su Reglamento. Tampoco están normadas y reguladas las modalidades operativas de autoabastecimiento, cogeneración y pequeña producción con energías renovables, los contratos de interconexión, venta a CFE de producción o excedentes, tarifas, recepción automática para pequeña generación con energías de flujo: solar, eólica y microhidráulica.

No se ha desarrollado la capacidad científico-técnica e industrial para su aprovechamiento y existe una gran desinformación pública sobre su potencial, tecnologías y formas de participación social en su desarrollo. Y por el contrario, la energía convencional cuenta con un marco institucional y la infraestructura de generación, transmisión y distribución eléctrica a nivel nacional, además de un marco de planeación a mediano plazo; los combustibles fósiles siguen siendo el mayor energético nacional, aun con la incertidumbre en la confiabilidad del suministro y sus precios, la falta de autonomía financiera y de gestión.



## 4.1 Impacto ambiental de la Energía Solar Fotovoltaica

Por sus características, podemos afirmar que la energía solar fotovoltaica es la fuente renovable más respetuosa con el medio ambiente. Los sistemas fotovoltaicos no producen ruidos o vibraciones y su impacto visual es reducido gracias a que por su disposición en módulos, pueden adaptarse a la morfología de los lugares en los que se instalan. Además, producen energía cerca de los lugares de consumo, evitando las pérdidas que se producen en el transporte y hace innecesaria la creación de infraestructura de transporte energético desde puntos de producción a los de consumo. Sin embargo, el impacto ambiental de la energía fotovoltaica no puede considerarse nulo.

Algunos de los problemas y los tipos de impactos ambientales que pueden influir de forma negativa en la percepción de las instalaciones fotovoltaicas por parte de la ciudadanía son los siguientes: la contaminación que produce el proceso productivo de los componentes, la utilización del territorio, el impacto visual y el impacto sobre la flora y la fauna<sup>1</sup>.

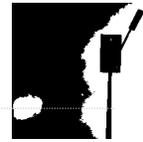
La contaminación producida en la fabricación de los componentes de los paneles fotovoltaicos y las emisiones de contaminantes que producen depende de la tecnología utilizada, es decir, si se trata de silicio mono, amorfo, mono o poli cristalino. El proceso de fabricación por sí mismo no implica una utilización apreciable de sustancias peligrosas o contaminantes y hay que considerar también que, con las actuales proporciones del mercado fotovoltaico, el silicio puede obtenerse del reciclaje de los desechos de la industria electrónica.

La necesidad de territorio depende de la forma de utilización de la instalación fotovoltaica: descentralizada o centralizada en grandes sistemas. En el primer caso, el territorio utilizado puede reducirse casi a cero porque los paneles pueden ser instalados sobre terrenos ya ocupados, como tejados, fachadas y terrazas de los edificios existentes, cubiertas de aparcamientos o, normalmente, de áreas de descanso, bordes de autopistas, etc. El potencial para la utilización descentralizada de los sistemas fotovoltaicos puede considerarse, por lo tanto, bastante amplio.<sup>2</sup>

En el caso de producción fotovoltaica en sistemas centralizados, la necesidad de energía está relacionada con varios factores, como la eficiencia de conversión de los módulos y las características de insolación del lugar. En cualquier caso, la utilización de sistemas centralizados requiere notables extensiones de territorio para poder ofrecer una producción eléctrica apreciable. En algunos casos, los sistemas fotovoltaicos pueden rechazarse por cuestiones estéticas. En general, el impacto visual depende sobre todo del tamaño del sistema. El tamaño no representa un problema en el caso de su utilización descentralizada, ya que los sistemas pueden estar bien integrados sobre los tejados o en las fachadas de los edificios.

<sup>1</sup>Fuente de información: [www.greenpeace.es](http://www.greenpeace.es)

<sup>2</sup>Fuente de información: [www.amper.org.mx](http://www.amper.org.mx), artículo "Energía Solar Fotovoltaica"



Para la Doctora B. E. Jiménez Cisneros en su libro *La contaminación ambiental en México...*, la principal limitación de la energía solar es la alta demanda de suelo para su colección y el principal impacto ambiental ocurre durante la fabricación de unidades fotovoltaicas. El sistema de crecimiento de silicio para celdas solares es similar al empleado para semiconductores, para lo cual se requieren agua y alto consumo energético convencional. Asimismo se emplean materiales y equipo de fotografía y microlitografía, los cuales desechan materiales contaminantes como hidróxido de calcio, acetona y nitrato de fluor.<sup>3</sup>

La autora presenta también una lista de materiales químicos<sup>4</sup> empleados en la fabricación de celdas fotovoltaicas como el propio silicio (tanto monocristalino como policristalino) que producen efectos contaminantes como: incrustaciones, toxicidad y en algunos casos efectos desconocidos. Por lo que podemos decir que los principales contaminantes durante la elaboración de paneles fotovoltaicos son:

- Atmósfera. NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, vapores de acetona y argón
- Desechos sólidos. Fluoruro de calcio, óxido de silicio y residuos de resinas epóxicas
- Agua. Acetona, nitrato de calcio, fluoruro de sodio, acetato.

Cabe señalar que el silicio amorfo desarrollado en E. U. y Alemania, no desprende muchos de los contaminantes habituales a la elaboración de paneles fotovoltaicos, ya que casi no requiere agua en el proceso de su elaboración y no ocupa resinas epóxicas ni acetona, con lo que se reduce significativamente el impacto ambiental por producción de material fotovoltaico.<sup>5</sup>

Para los sistemas fotovoltaicos, en la mayoría de los casos se utilizan grandes bancos de baterías para guardar la energía recibida. Estas baterías pueden fabricarse con plomo o cadmio y son altamente contaminantes, por lo que es conveniente utilizar un proceso de **reciclaje** y de control de residuos peligrosos que al transformar directamente la energía fotónica a energía eléctrica aprovechable y al construir los módulos solares con materiales reciclables (90%), se puede reducir el impacto ambiental en comparación con los sistemas de generación convencionales.<sup>6</sup>

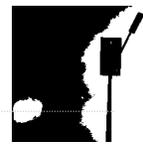
Todos los elementos que se utilizan en un sistema fotovoltaico, excepto el generador fotovoltaico, pertenecen al ámbito de la tecnología convencional, sobre la que existe una gran experiencia. La utilización de la Energía Solar Fotovoltaica no genera contaminación química. Como los colectores solares son negros, absorben casi toda la radiación que reciben y tienden a calentarse mucho, por lo que sí producen contaminación térmica aunque en menor grado que la generada por utilizar combustibles fósiles.

<sup>3</sup> Jiménez Cisneros B. E., *Contaminación ambiental en México...*

<sup>4</sup> que para efectos de esta investigación no conviene enumerar

<sup>5</sup> Jiménez Cisneros B. E., *Contaminación ambiental en México...*

<sup>6</sup> Ibidem



Es evidente que ni siquiera las tecnologías poco contaminantes, como la fotovoltaica, están exentas de conllevar impactos al medio ambiente y encuentran dificultades de aceptación por parte de la población.

Sin embargo, la magnitud y la significación de estos sistemas son claramente inferiores a los de otras tecnologías de producción de energía tradicionales, aunque a veces pueda provocar oposiciones difíciles de superar.

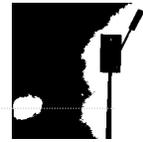
Con estas consideraciones, los siguientes pasos, es decir, la elección del lugar, el estudio del proyecto y los mecanismos de autorización, pueden tener mejores resultados si se realiza una atenta evaluación preventiva de los posibles impactos medioambientales provocados por los sistemas fotovoltaicos.

En algunos tipos de células se evidencian posibles riesgos en caso de incendio, debido a la formación de gases tóxicos. Por este motivo, los paneles fotovoltaicos al final de su vida útil tienen que ser debidamente reciclados. Y precisamente la fase de eliminación de los módulos fotovoltaicos es la menos estudiada, ya que se trata de sistemas relativamente recientes y para los que no se han establecido vías claras de retirada. Por lo general, cuando un módulo se daña, vuelve al productor para su reparación, reutilización o desechado. El vidrio y el aluminio podrían reutilizarse, o al menos incorporarse a los cauces de reciclado, al igual que el cadmio, aunque en este caso no existen procesos sistematizados.<sup>7</sup>

Algunos autores señalan que hay que tener cuidado con los impactos que puedan derivarse de una mala gestión de los módulos fotovoltaicos una vez agotada su vida útil, implementando estrategias de reciclado y reutilización de los materiales que constituyen el módulo fotovoltaico.

---

<sup>7</sup> Fuente de información: [www.amper.org.mx](http://www.amper.org.mx)



## 4.2 Diseño de sistemas fotovoltaicos

Una instalación fotovoltaica es una pequeña central eléctrica, y un conjunto de estas centrales constituyen una enorme central eléctrica descentralizada. Los sistemas fotovoltaicos no tienen su futuro en grandes centrales eléctricas que cubrirán enormes superficies de terrenos soleados, conectadas mediante nuevas líneas eléctricas a los centros de consumo, sino en una central difusa, dispersa por los tejados existentes, y dando un nuevo valor a estas superficies y a la energía que reciben diariamente. En la imagen 4.1 observamos un esquema de principio de los sistemas fotovoltaicos así como la simbología que habitualmente se utiliza.

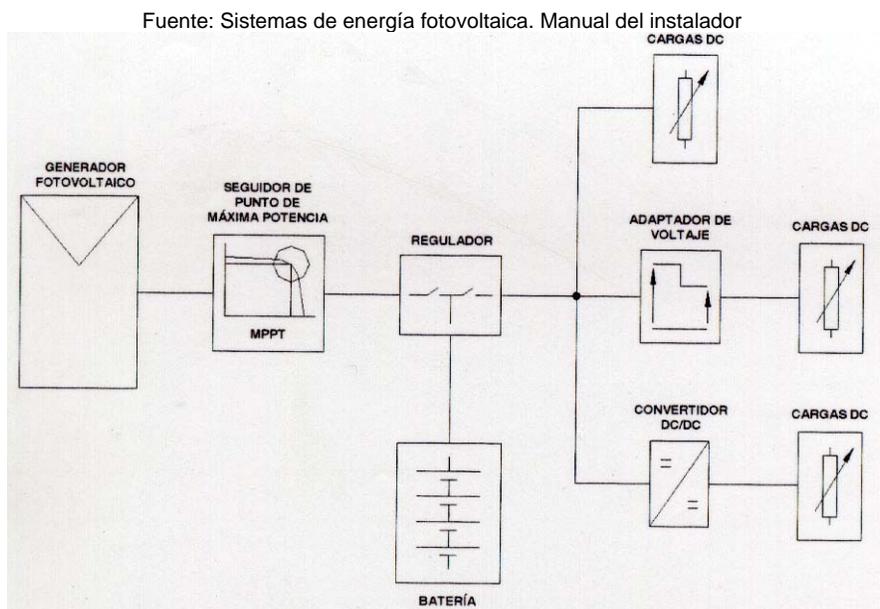


Imagen 4.1 Esquema de principio de un sistema fotovoltaico y simbología utilizada habitualmente

Un sistema fotovoltaico puede incluir los elementos que describe la siguiente figura:

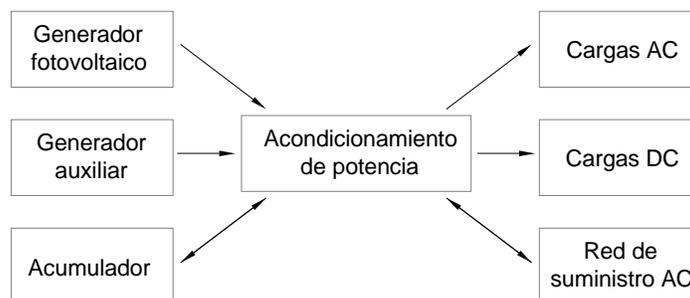
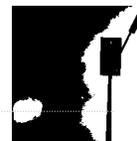


Imagen 4.1 Elementos que integran un sistema fotovoltaico



El **generador fotovoltaico** está constituido por paneles solares que producen tensión continua y corriente constante. El **generador auxiliar** complementa al anterior en momentos de radiación insuficiente y con frecuencia está constituido por un grupo termoeléctrico alimentado por diesel o gasolina. El **acumulador** de energía adapta los diferentes ritmos de producción y demanda, además almacena energía en momentos en que la producción es superior a la demanda; está constituido por una batería. Las **cargas** son producidas por los generadores y pueden alimentar equipos DC (iluminación, televisión, enlaces de comunicaciones principalmente) y equipos AC (motores eléctricos e iluminación) e incluso la propia red de suministro y distribución de electricidad convencional en alterna.<sup>8</sup> Y por último, el **generador de potencia** es el conjunto de equipos que actúan de interfaz entre todos los elementos definidos anteriormente y tiene la función de proteger y controlar.<sup>9</sup>

Es importante señalar que en un sistema fotovoltaico, alguno de los elementos anteriores puede no existir. Los módulos fotovoltaicos presentan cierta dispersión debido a dos razones principalmente: la dispersión de parámetros propia de cualquier proceso de fabricación y la generada por las diferentes condiciones de operación que pueden producirse dentro del generador. Esta dispersión tiene dos efectos significativos:

- La potencia máxima que puede entregar el generador fotovoltaico es inferior a la suma de las potencias máximas de los módulos que lo constituyen, se genera entonces una *pérdida por dispersión*.
- En determinadas circunstancias, algunas células pueden convertirse en “cargas” y disipar la energía generada por las demás, por lo que se ven obligadas a elevar de forma notable su temperatura. Si ésta llega a sobrepasar un cierto valor (entre 85 y 100 °C) los materiales encapsulantes se dañan de forma irreversible. Este fenómeno se conoce con el nombre de *punto caliente*.

Para evitar estos problemas, podemos incluir en el sistema *Diodos de bloqueo*, que evitan la interferencia en la generación de energía cuando una rama de paneles entra en cortocircuito por el motivo que sea.<sup>10</sup>

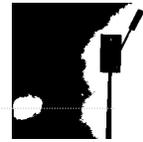
Para evitar las *pérdidas de utilización* generadas por la conexión directa de un generador fotovoltaico a una carga, se puede utilizar el convertidor electrónico DC-CD llamado “*seguidor del punto de máxima potencia (MPPT)*”<sup>11</sup>. Para obtener la máxima energía posible del panel es necesario disponer de una impedancia variable que fuerce en todo instante al panel solar a trabajar en el punto de máxima potencia de la curva característica correspondiente.

<sup>8</sup> Gimeno Sales Francisco J., et al, **Convertidores electrónicos...**

<sup>9</sup> Los generadores de potencia mas utilizados son los reguladores de la carga de baterías y los convertidores DC-AC o inversores.

<sup>10</sup> Gimeno Sales Francisco J., et al, **Convertidores electrónicos...**

<sup>11</sup> Da precisión (estática y dinámica) y rendimiento al sistema fotovoltaico.



Hay que tener en cuenta los factores que influyen en el cambio del punto de trabajo del generador fotovoltaico. Entre estos factores los hay estáticos y dinámicos:

- Tensión. Temperatura, trazado superficial que incluye huecos o desapariciones de células.
- Fluctuaciones. Nubes.
- Tecnología fotovoltaica. Forma de la curva I-V.
- Necesidades. Estado de carga de las baterías, en el caso de un controlador de carga con MPPT.<sup>12</sup>

Por otra parte, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en función de estar o no conectados a la red<sup>13</sup>:

- Sistemas fotovoltaicos autónomos son aquellos que están aislados de la red eléctrica. Son los más extendidos y numerosos, abarcando aplicaciones tanto domésticas (electrificación básica, bombeo, etc.) como profesionales (telecomunicaciones, señalización, etc.)<sup>14</sup>
- Sistemas fotovoltaicos conectados a la red son aquellos que están directamente conectados a la red eléctrica. Y pondremos mayor énfasis en este punto, ya que debido a la conveniencia tecnológica nuestro caso de estudio se propondrá conectado a la red.

El esquema de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red es el siguiente:

Fuente: Tejados Fotovoltaicos. Energía solar conectada a la red eléctrica

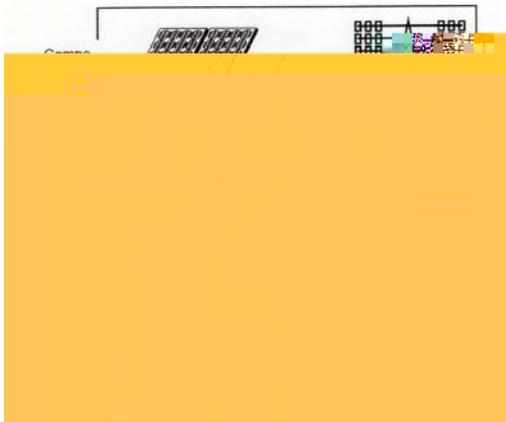


Imagen 4.2 Esquema de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red

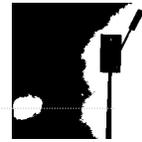
Un sistema conectado a la red, se basa en un concepto parecido al sistema autónomo, pero utiliza como medio de almacenaje de energía a la misma red eléctrica. El interés de conectar una instalación fotovoltaica a la red es que ésta absorba la electricidad, y que la ceda cuando no hay generación suficiente. La idea genial de este sistema es que no desperdicia nada de la energía potencialmente generable por el sistema fotovoltaico. Si no la utiliza el propio usuario del equipo solar, a través de la red eléctrica la consumirá el abonado más próximo pero nunca se perderá<sup>15</sup>.

<sup>12</sup> Gimeno Sales Francisco J., et al, **Convertidores electrónicos...**

<sup>13</sup> Alonso Abella Miguel, **Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño...**

<sup>14</sup> **Sistemas de energía fotovoltaica. Manual del instalador**

<sup>15</sup> SEBA (Servicios Energéticos Básicos Autónomos), **Tejados Fotovoltaicos. Energía solar conectada a la red eléctrica**



El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red es simple. La energía eléctrica producida por las placas, en cuanto la luz solar incide en ellas, se transforma en corriente alterna, con unas características idénticas a la corriente eléctrica de la red, y se interconecta automáticamente con ella.

Este proceso lo realiza un ondulator, que transforma la corriente continua de las placas fotovoltaicas a corriente alterna, con una tensión de salida estable (230 V o 380 V según sea el ondulator monofásico o trifásico) y una corriente (amperios) variable en función de la radiación solar.

Fuente: Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño...

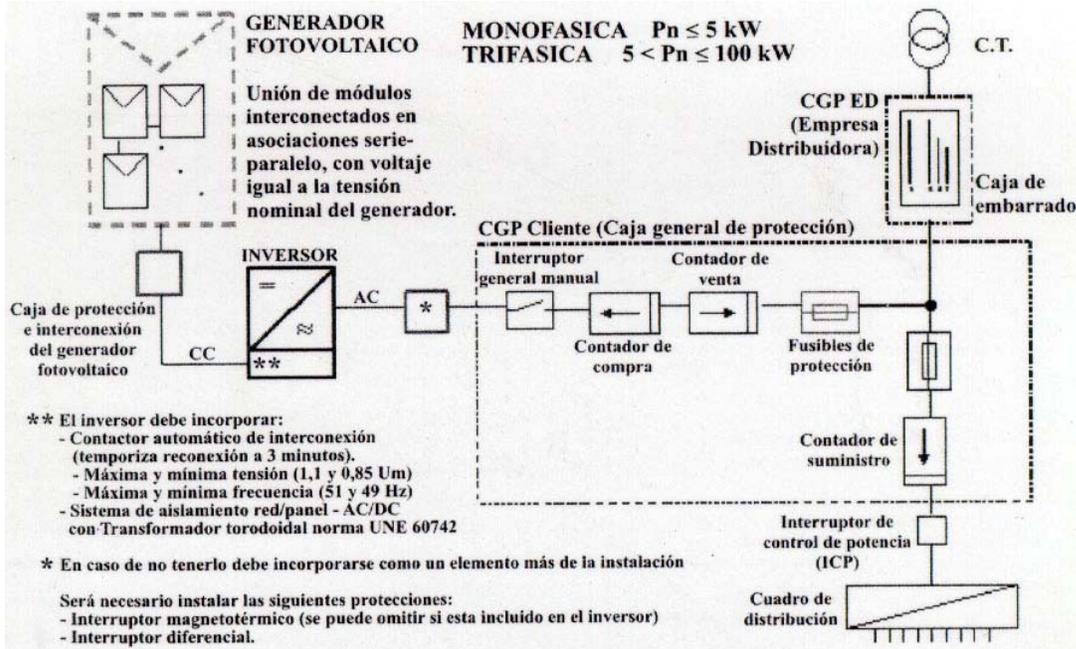
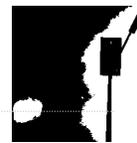


Imagen 4.3 Esquema unifilar típico de conexión a la red de un sistema fotovoltaico en vivienda unifamiliar

La corriente alterna generada por el ondulator se sincroniza con la frecuencia de la corriente de la red y, después de pasar por un contador (que medirá la cantidad de energía generada), será inyectada en la red eléctrica. Tal como en la legislación española, toda la energía generada se puede hacer pasar por el contador de salida, aunque esto no impide que inmediatamente vuelva a entrar, pasando por el otro contador, para abastecer las necesidades eléctricas de la casa. En función de la potencia fotovoltaica instalada y del consumo eléctrico de la casa, se puede ser más o menos autónomo de energía eléctrica. Esto se comprueba calculando la diferencia entre ambos contadores. Los beneficios para las compañías eléctricas al utilizar un sistema fotovoltaico conectado a la red son los siguientes:

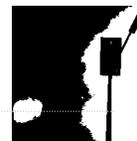
- Refuerzo de las líneas eléctricas. La presencia de instalaciones fotovoltaicas conectadas en líneas eléctricas sobrecargadas representa un alivio durante las horas diurnas, cuando la energía eléctrica solar generada ayuda a mantener la tensión de servicio. Hay que tener en cuenta que el consumo pico de energía eléctrica se presenta durante el día, y que día a día, las horas pico anuales provocan una debilidad generalizada en ciertas épocas del año, como en diciembre, por la instalación de foquitos y adornos navideños por ejemplo.



- Incremento de la vida del transformador. La producción eléctrica fotovoltaica en una línea de baja tensión reduce la demanda general a la línea principal y, por lo tanto, descarga al transformador que la abastece, lo cual aumenta su durabilidad y retrasa la fecha de su saturación.
- Reducción de pérdidas de transporte. Toda la energía generada descentralizadamente evita que una cantidad equivalente sea transportada a gran distancia, con pérdidas añadidas.
- Incremento de la disponibilidad y capacidad de las líneas eléctricas. Por la misma razón, se reduce la saturación de las líneas de transporte hasta el consumidor final.
- Mejora de la calidad de servicio a los clientes finales. La generación de energía durante las horas de mayor demanda (en el periodo diurno), suaviza el descenso de tensión que se suele producir en los extremos de las líneas de distribución en baja tensión durante las horas de consumo punta.
- Aplana la curva de demanda. La coincidencia entre la producción fotovoltaica máxima y la punta de demanda eléctrica ayuda a aplanar la curva de demanda sin necesidad de utilizar la potencia de lejanas centrales eléctricas que funcionen solo durante estas horas, a un precio muy alto comparado con la electricidad de las horas valle (horas en que el consumo eléctrico es bajo).
- Energía verde. La electricidad generada mediante placas fotovoltaicas es una energía limpia, procedente de una conversión directa de luz solar en electricidad útil. No produce emisiones de efecto invernadero, ni favorece la destrucción de la capa de ozono, ni genera lluvia ácida. Tampoco produce ruido, ni calor residual que exija refrigeración. La necesidad de transporte de esta electricidad es mínima y, por lo tanto, ni precisa grandes líneas de transporte, ni sobrecarga las existentes.

Aunque todas las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica tienen características parecidas, las dimensiones de las mismas determinan modelos con diferencias sustanciales:

- Mini instalaciones. Estas instalaciones se forman por pocos paneles fotovoltaicos y disponen de un pequeño ondulator. No tienen otro dispositivo, no contador. Es la mínima expresión de una instalación fotovoltaica y su función es cubrir un cierto consumo de base de la casa durante las horas diurnas. La ventaja es que es barata, y se puede instalar, por ejemplo, en un balcón. Por otro lado, no hay que esperar un ahorro del recibo de la luz superior al 10%, y proporcionalmente siempre será menos rentable a la larga que una instalación mayor y preparada para cobrar por la energía cedida a la red.
- Instalaciones de hasta 5 kW
- Instalaciones de 5-100 kW
- En un extremo superior se encuentran las grandes centrales eléctricas. Se trata de centrales de un orden de magnitud de megavatios, que transportan la energía generada a través de una línea de alta tensión a la red de distribución. Se distinguen de los otros modelos en que, como es lógico, ocupan un espacio importante.



La instalación fotovoltaica autónoma es energéticamente menos eficiente y, por consiguiente, la energía que genera también es más cara que la de una instalación fotovoltaica de la misma potencia pero conectada a la red.

Los consumos o cargas que el sistema fotovoltaico ha de satisfacer (luminarias, batidoras, radio, tv, etc.) pueden ser en corriente continua (DC) o en corriente directa (AC). Los consumos DC de bajo voltaje (bajo voltaje significa 12 a 48 V) pueden conectarse directamente al sistema de baterías a través de un regulador de carga. La ventaja de usar aparatos DC incluye el hecho de que normalmente son más eficientes energéticamente (como lámparas DC, TV DC, ordenadores portátiles o frigoríficos DC), pero por el contrario el usuario se encuentra con un coste más elevado que sus equivalentes AC, además de que son más difíciles de encontrar. Otra restricción reside en el hecho de que los sistemas de bajo voltaje están limitados en la práctica a relativamente bajas demandas de consumo.

La razón estriba en que un consumo de varios kW necesitaría corrientes muy elevadas lo que conduciría a pérdidas elevadas en el cableado o a la utilización de secciones de conductores muy grandes.

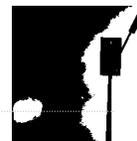
Para operar aparatos AC es necesario disponer de un inversor ya que el inversor necesita dimensionarse para soportar los picos de consumo combinado con el bajo rendimiento que presentan operando muy por debajo de su potencia nominal, no es raro encontrar sistemas FV que combinan consumos en DC con consumos en AC (por ejemplo iluminación en DC y el resto de los consumos de potencia en AC).

Los inversores son el tipo más común de los denominados dispositivos de acondicionamiento de potencia. No obstante existen otras variedades para otro tipo de aplicaciones específicas, como son los convertidores DC/DC. Los convertidores DC/DC pueden resultar necesarios cuando se pretenda modificar la relación voltaje/corriente de una fuente DC. La situación más común se presenta en el acoplo de un generador fotovoltaico a una bomba de agua DC. Dependiendo del tipo de motor y el tipo de bomba utilizada, puede resultar difícil acoplar la salida de un generador FV a la entrada eléctrica requerida por el motor. La red eléctrica convencional es AC.

El sistema fotovoltaico puede cumplir con la doble función de generación energética y sustitución de elementos constructivos convencionales, presentando al mismo tiempo un elevado grado de integración arquitectónica.

Dentro de éstos grados de integración en edificios, se pueden diferenciar instalaciones de revestimiento, cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente del edificio, de cerramiento, cuando los módulos fotovoltaicos en sí mismos constituyen el tejado o la fachada del edificio y elementos de sombreado, cuando los módulos fotovoltaicos protegen al edificio de la sobrecarga térmica causada por los rayos del sol, formando parte integral del concepto de arquitectura bioclimática de la edificación<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Alonso Abella Miguel, **Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño...**



Principales beneficios al utilizar un sistema fotovoltaico como cerramiento:

- Protección de los elementos climáticos exteriores (lluvia, viento, temperaturas extremas).
- Filtro de luz solar
- Filtro de ruidos exteriores
- Filtro de radiaciones electromagnéticas
- Aislamiento térmico
- Transmisión de luz natural controlada
- Aportación térmica

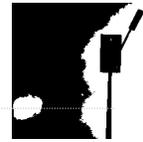
El usuario de la instalación debe encargarse de las siguientes tareas<sup>17</sup>:

- Supervisión general. Simple observación de los equipos. Comprobar periódicamente que todo está funcionando. Para ello basta observar los indicadores del ondulator que señalan su estado de funcionamiento. La verificación periódica de las cifras de electricidad generada nos permitirá bajadas imprevistas de producción, que serían síntoma de un mal funcionamiento.
- Limpieza. Siempre es preferible que el campo solar sea accesible sin excesivas dificultades, lo cual facilita su inspección y limpieza. Es recomendable disponer de una toma de agua cerca que permita la limpieza a presión cuando el campo es grande y no totalmente accesible a una limpieza manual.
- Verificación visual del campo fotovoltaico. Con el objetivo de comprobar eventuales problemas de las fijaciones de la estructura sobre el edificio, aflojamiento de tornillos en la misma, o entre ésta y las placas, aparición de zonas de oxidación, etc.
- Monitorización. Se recomienda tomar nota de las lecturas y enviar periódicamente una tarjeta estándar con los datos de interés (emplazamiento, lectura de todos los contadores, estado actual del ondulator, etc.)
- Comunicación urgente en caso de mal funcionamiento o averías al servicio técnico.

Para calcular una instalación solar fotovoltaica debemos conocer la ubicación geográfica de la instalación (cálculo de la radiación incidente) y la demanda diaria de energía de los receptores. **La ubicación de la instalación** depende directamente de la situación geográfica y la orientación de la instalación, así como de las condiciones meteorológicas particulares de cada lugar, que una vez determinada permite calcular la radiación media anual de la instalación solar fotovoltaica. La unidad que se emplea como medición de la energía solar es el langley (caloría por centímetro cuadrado). La orientación de los paneles solares es muy importante para el funcionamiento de todo el sistema, en México corresponde a orientación sur y la inclinación óptima es la latitud del lugar donde se colocará el sistema.

---

<sup>17</sup> SEBA (Servicios Energéticos Básicos Autónomos), *Tejados Fotovoltaicos. Energía solar conectada a la red eléctrica*



## 4.3 Costos de la energía solar fotovoltaica

El costo para introducir un sistema de energía solar fotovoltaica depende de factores como el tipo de aplicación (aislado o conectado), el tamaño y el tipo de tecnología, el desarrollo de los procesos de fabricación y las condiciones de mercado, así como de otros factores menos concretos como la entrada de nuevas firmas en el mercado<sup>18</sup>.

Los sistemas fotovoltaicos requieren de una importante inversión inicial, y a cambio, tienen unos gastos de mantenimiento muy bajos. Evidentemente el costo por kWh de un sistema fotovoltaico es mayor al costo por kWh que se genera actualmente con fuentes convencionales de energía; y sin embargo, la importancia de introducir una estrategia energética con base en un sistema solar fotovoltaico no se debe al costo económico, sino al gran costo ambiental que pagamos todos los días al utilizar fuentes de energía convencional. Y para aclarar este punto, veamos la siguiente frase:

*Con una tonelada de petróleo, a través de las refinerías, etc., se generan 4.3 MWh, con una tonelada de carbón se generan 2.8 MWh, con una tonelada de uranio (5g de uranio 235) se generan 120 MWh y con una tonelada de residuos de silicio de la industria electrónica (900 Kg de silicio cristalino) se generan 2300 MWh<sup>19</sup>.*

El análisis de la economía de un sistema fotovoltaico es complejo y es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cada aplicación debe ser contemplada en su contexto particular, evaluando condiciones locales como la posible normatividad, la radiación solar y el espacio disponible, entre otras.
- Para realizar una comparación correcta es necesario hablar de valor de la energía producida ya que la calidad de energía producida por una fuente fotovoltaica no es la misma que la de las fuentes tradicionales (por el impacto ambiental, la intermitencia de la energía, etc.)
- En algunos casos, la inversión inicial se amortiza por el hecho de que el costo para electrificar la zona es superior al de la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

Cabe mencionar que la rentabilidad de un sistema fotovoltaico depende mucho de la ayuda y posibles incentivos que propongan las administraciones públicas.

<sup>18</sup> [www.amper.org.mx](http://www.amper.org.mx)

<sup>19</sup> SEBA (Servicios Energéticos Básicos Autónomos), **Tejados Fotovoltaicos. Energía solar conectada a la red eléctrica**



## 5.1 Antecedentes tecnológicos en el estado de Guanajuato

### 5.1.1 Investigación y desarrollo tecnológico sobre energías alternativas en el Estado de Guanajuato

Hasta este momento, hemos visto cómo se ha desarrollado y evolucionado la energía y sobre todo la energía solar fotovoltaica en nuestro país. Ahora veremos el papel que juega la energía solar fotovoltaica en el Estado de Guanajuato, en la ciudad de León, y analizaremos la factibilidad tecnológica, económica y social al realizar un proyecto de introducción de energía solar fotovoltaica en una vivienda de interés social, por supuesto, apoyado en el marco legal correspondiente. Es muy importante señalar que a nivel nacional existe un gran esfuerzo y preocupación por establecer un marco normativo acorde a nuestras necesidades tecnológicas, y es por esto que el 22 de marzo del presente año, el comité Nacional de Normalización en gestión tecnológica aprobó la nueva norma mexicana en sistemas de gestión de la tecnología (PYE-NMX-052-IMNC) donde se establecen los conceptos de **innovación tecnológica<sup>1</sup>** e **invención tecnológica<sup>2</sup>**.

Por otra parte, la educación ambiental en el Estado de Guanajuato según el Art. 67<sup>3</sup> es competencia del Ejecutivo del Estado y promoverá la transformación del desarrollo de las actividades económicas hacia la *sustentabilidad*, mediante información, capacitación y promoción de la cultura ambiental en la entidad, y aun más importante es señalar que se dirigirá a **todos los sectores de la población**. El programa Estatal de Desarrollo 2000-2025 establece un mayor aprovechamiento eficiente y racional de los recursos naturales y propone fomentar la investigación tecnológica en todos sus aspectos. Dentro de la visión al 2025 por parte del SIDTEEG<sup>4</sup> se menciona que el Estado de Guanajuato *“tiene un desarrollo científico y tecnológico en materia de energía...”*<sup>5</sup> Al respecto podemos decir que las 22 instituciones que actualmente desarrollan investigación tecnológica en energía dentro del Estado de Guanajuato, canalizan sus proyectos a la agricultura y a la industria del calzado entre otros, solo dos Instituciones consideran algún aspecto relacionado con las Energías Renovables dentro de sus líneas de investigación; el IMP representado en Salamanca, y La Facultad de Arquitectura de La Universidad de Guanajuato, ésta última dentro de sus líneas de investigación incluye a los sistemas solares pasivos, y sin embargo, los proyectos que realiza están ligados a la historia y a la conservación de sitios y monumentos principalmente y sobre sistemas pasivos no existe proyecto que se lleve a cabo en la actualidad.

<sup>1</sup> Entendida como el proceso desarrollado por una organización productiva que conjuga una oportunidad de mercado con una necesidad y una invención tecnológica que tiene por objeto la producción, comercialización y explotación de un nuevo proceso, producto, actividad comercial, modelo de negocio, modelo de logística o servicio al cliente.

<sup>2</sup> Definida como la generación de un conocimiento original desarrollado por un inventor, un centro de investigación o una empresa susceptible de ser protegida intelectualmente, el cual se incorpora en la empresa en cualquier fase de reproducción, para su posible producción, comercialización y explotación en el mercado.

<sup>3</sup> Los artículos que cito en este subcapítulo pertenecen a la Ley para la protección y preservación del ambiente del Estado de Guanajuato.

<sup>4</sup> Sistema de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía del Estado de Guanajuato

<sup>5</sup> [www.concyteg.gob.mx](http://www.concyteg.gob.mx), documento “sistemas de investigación y desarrollo tecnológico en energía del estado de Guanajuato, p. 15



*“...Guanajuato cuenta con recursos humanos de alta capacidad para desarrollar soluciones propias a problemas específicos e **incorporar** con rapidez desarrollos tecnológicos en materia energética provenientes de otras partes del mundo”<sup>6</sup>*

La frase anterior marca claramente una preocupación por incorporar la tecnología energética (en el Estado de Guanajuato) que se puede generar en otras partes del mundo para otras culturas y para otras necesidades que no son mexicanas. Es evidente que en México se desarrollan diversas culturas en cada Estado de la República, y cada una de ellas a su vez establece sus propias necesidades, por lo que el desarrollo de la tecnología en cualquier aspecto debe regirse por éstas. **La educación tecnológica hoy debe responder a la realidad de la tecnología en el mundo actual.** Es muy importante, en el plano educativo, evitar transmitir una imagen distorsionada o idealizada de la naturaleza de la tecnología. En este sentido, siguiendo a autores como Wiebe Bijker o Thomas Hughes, cada vez son más numerosas las voces que, desde la literatura especializada, reclaman una comprensión no reduccionista de la naturaleza de la tecnología. Esta no puede seguir siendo entendida de un modo intelectualista o artefactual, es decir, únicamente como un cuerpo de conocimiento científico aplicado o como una colección de artefactos y procesos técnicos.

La tecnología no es una colección de ideas o de máquinas sujetas a una evolución propia, que se exprese en los términos objetivos del incremento de eficiencia. Toda tecnología es lo que es en virtud de un contexto social definitorio, un contexto que incluye productores, usuarios, afectados, interesados, etc. Es en ese contexto donde se define lo eficiente o ineficiente en virtud de unos objetivos que, en última instancia, responden a valores no técnicos. Por ejemplo, una bomba manual de agua no sólo funciona bien o mal dependiendo de las características técnicas del artefacto, sino también del uso que de la misma se haga en un contexto social determinado. Como señala Arnold Pacey en *La cultura de la tecnología*<sup>7</sup>, la gran cantidad de bombas que fallaron en los años 70 en aldeas de la India, casi un tercio de las 150 mil instaladas, no sólo se debió a defectos estructurales de los artefactos, sino principalmente a la omisión de las condiciones locales de uso por parte de los responsables técnicos del proyecto. Además de un problema ingenieril, el desarrollo e instalación de un artefacto es un problema **cultural y administrativo**.

Esa desconsideración de los aspectos no técnicos de los artefactos tecnológicos es lo que ha llevado al fracaso de numerosos proyectos de transferencia de tecnologías y podemos darnos cuenta entonces de la importancia que adquiere la tecnología en nuestras manos. Una vez que se ha establecido la importancia cultural y política de los artefactos tecnológicos, analicemos entonces la introducción de la tecnología solar fotovoltaica en el Estado de Guanajuato. Cabe mencionar que la investigación y el desarrollo tecnológico sobre las energías alternas son un tema relativamente reciente en el Estado de Guanajuato, y puede ser abordada desde dos puntos de vista:

- Programas de Gobierno del Estado
- Organismos no dependientes de gobierno del Estado

<sup>6</sup> ibidem, p. 19

<sup>7</sup> Pacey Arnold, *La cultura de la tecnología, México, Fondo de cultura Económica, 1990.*



## **Programas de Gobierno del Estado**

En cumplimiento a la **Ley de planeación para el Estado de Guanajuato y a la Ley de fomento a la investigación científica, tecnológica y a la innovación para el estado de Guanajuato**, publicada en el Diario Oficial en el año 2002, se crea el Programa Estatal de Ciencia y Tecnología Guanajuato 2030 que enuncia las políticas para impulsar y fortalecer el quehacer científico, tecnológico y de innovación en este Estado.<sup>8</sup> Dentro de los objetivos estratégicos de este Programa se pretende Incidir en el Desarrollo sustentable y sostenido de Guanajuato a través del impulso en el desarrollo y utilización de tecnologías limpias.

El Programa Estatal de Ciencia y Tecnología Guanajuato 2030 (PECYT GTO 2030) hace énfasis en los problemas del sector empresarial y en general, sus objetivos se determinan en base a este punto. La tecnología, innovación, desarrollo e investigación tecnológica se ven desde un punto de vista de crear investigadores e incorporar todos los adelantos tecnológicos para generar riqueza en el estado a través del sector empresarial. No desde un punto de vista de mejor calidad de vida en la vivienda por ejemplo. Se habla de proteger el medio ambiente usando tecnología en la industria y trata sobre el cuidado que debemos tener por la creciente contaminación ambiental que producen las industrias. Este programa enfoca su contenido principalmente en la modernización tecnológica y en proyectos y procesos productivos.

El PECYT GTO 2030 cuenta con 5 objetivos estratégicos donde se resalta la importancia de contar con una política de estado con visión social a través de una base de datos que permita tener un antecedente de empresas que no usan la tecnología y poder apoyar su introducción, documentos de apoyo y seguimiento a proyectos tecnológicos y fortalecimiento a la ley de innovación tecnológica para el Estado de Guanajuato. También se pretende que el CONCYTEG destine un mayor presupuesto a las actividades de difusión y divulgación de la ciencia y la tecnología y la innovación, pero entre el gremio tecnológico, ya sea investigador, empresa o estudiantes de todos los niveles. Y lo que me parece más importante es **impulsar programas que fomenten la incorporación de los desarrollos tecnológicos en la vida cotidiana de la sociedad**, sin embargo, este objetivo no tiene una acción recomendada para ser llevada a cabo. Entre las áreas prioritarias para la innovación tecnológica se encuentra la energía renovable.

El PECYT GTO 2030 solo es un documento indicativo que define objetivos y líneas estratégicas que se deben tomar en cuenta para elaborar programas anuales del CONCYTEG.

Una vez analizado el documento del PECYT GTO 2030, cabe señalar que si bien se trata de una iniciativa que toma el Gobierno del Estado de Guanajuato para introducir, mejorar y desarrollar tanto las líneas de investigación, como la práctica tecnológica, en este caso, a través de las energías renovables, en todo el Estado de Guanajuato, no podemos minimizar el esfuerzo realizado y sobre todo, podemos decir que se trata de crear las bases que nos permitan impulsar y desarrollar con eficiencia el uso de la tecnología en nuestro Estado.

<sup>8</sup> Fuente de información: portal del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato.



Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.1 Ejemplo de introducción de tecnología fotovoltaica en zonas rurales del estado de Gto. A la izquierda, Xichú y a la derecha Vergel de Bernalejo, San Luis de la Paz

Como parte de un programa de gobierno del Estado de Guanajuato, se introduce energía solar fotovoltaica en algunas comunidades rurales en el noreste del Estado. En la imagen 5.1 se muestran dos ejemplos.



## **Organismos no dependientes de Gobierno del Estado**

En 1996 se crea el CONCYTEG, un organismo público descentralizado, responsable de planear, establecer y llevar a cabo todas las acciones encaminadas a fortalecer políticas y programas estatales en materia de ciencia, tecnología e innovación. Las principales áreas de investigación son las ciencias naturales y exactas (física, química, biología, matemáticas); ingeniería y tecnología; ciencias agrícolas, ciencias de la salud y ciencias sociales. Como parte de sus logros más importantes se encuentra ser el primer Estado en tener una comisión estatal de energía aprobada por el gobernador y el congreso desde el año 2005.

Proyectos apoyados por CONCYTEG desde el año 2001 y relacionados directamente con la generación eléctrica utilizando energías renovables:

1. Diseño de un sistema para obtención de energía eléctrica con el uso de energías renovables
2. Sistema innovador para la generación de energía eléctrica
3. Desarrollo de una familia de convertidores CD/CD y CD/CA para aplicaciones en fuentes de energías renovables
4. Sistemas de iluminación para el ahorro de energía eléctrica<sup>9</sup>

Dentro de los esfuerzos que realiza el CONCYTEG para lograr la diversificación y eficiencia energética se encuentra la introducción de un programa integral de disseminación de calentadores solares en los sectores productivos del estado de Guanajuato. La implementación de dicho programa contempla la normalización y certificación de los dispositivos comercializados en el estado; capacitación y certificación de instaladores para los distintos niveles de uso en que se pueden aplicar los calentadores solares; formas de financiamiento accesibles para los guanajuatenses para adquirir estos equipos; y la propuesta de normatividad a fin de que se tenga la seguridad de que al instalar un equipo solar, no se construya infraestructura aledaña que pueda evitar la correcta insolación de la superficie de calentamiento solar.

Como podemos darnos cuenta hasta este momento, existe un esfuerzo de ocupación integral por crear las bases que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos con que se cuenta en el Estado de Guanajuato, y en palabras de la propia Dra. Ernestina Torres: *“La diversificación y eficiencia energética es uno de los compromisos del Gobierno del Estado, tanto para apoyar la competitividad de las empresas, como para coadyuvar con los esfuerzos globales para la mitigación del cambio climático.”*

Es importante señalar que las acciones de aprovechamiento de energías renovables en el Estado de Guanajuato se dan primordialmente en el sector productivo, muy probablemente por su capacidad económica y por la posibilidad de amortiguar en un menor plazo la inversión total de una estrategia energética alternativa y estos puntos son desfavorables para el sector doméstico.

<sup>9</sup> Información proporcionada por la Dra. Ernestina Torres Reyes, Directora de Vinculación del CONCYTEG



Sin embargo, y como veremos más adelante, el sector doméstico representa a un potencial consumidor de energía eléctrica en el estado de Guanajuato, lo que lo convierte en uno de los sectores más vulnerables a cualquier cambio y por otra parte, tal vez no se logre amortiguar fácilmente la inversión por implementar una nueva estrategia energética pero es igual o más importante implementar una estrategia energética alternativa en el sector doméstico desde el punto de vista que representa una cultura de ahorro y eficiencia energética a la mano del mayor número de personas en el estado de Guanajuato.

Foto por cortesía de Ing. Álvaro Zorrilla



Imagen 5.2 Instalación fotovoltaica realizada por un grupo de investigadores independientes.

En el Estado de Guanajuato, existen pocos grupos de investigadores sobre temas energéticos y tecnológicos independientes. Uno de estos grupos forma la empresa ET3M, cuya principal actividad se relaciona con la investigación y desarrollo de sistemas fotovoltaicos y fototérmicos. La imagen 5.2 es un ejemplo de una instalación fotovoltaica para un salón de usos múltiples, realizada por la empresa tecnológica ET3M, cuyas bases son mástiles giratorios y articulados.

Evidentemente no existe un gran número de organismos no dependientes de Gobierno del Estado que se dediquen a la innovación tecnológica y sin embargo, considerando el rezago a nivel nacional sobre el tema, podemos decir que es muy importante el trabajo realizado en el Estado de Guanajuato sobre temas energéticos y tecnológicos desde el punto de vista de dar a conocer y utilizar innovaciones tecnológicas.



## 5.1.2 Prospectiva de energía eléctrica

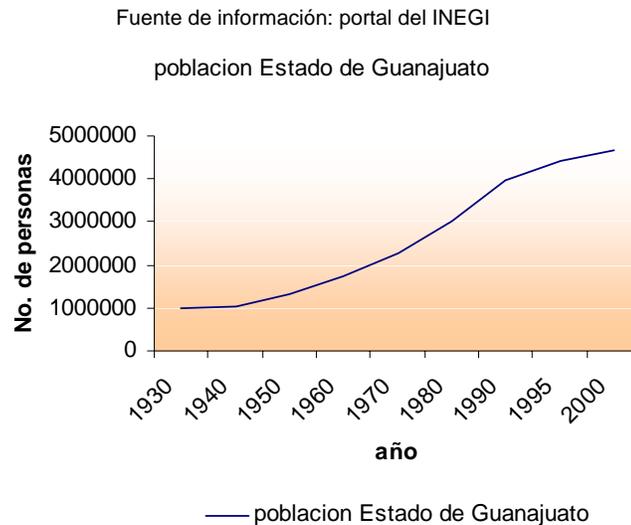
### 5.1.2.1 En el Estado de Guanajuato

Dentro del Programa Estatal de Desarrollo 2000-2025, se establecen dos principales puntos:

- Infraestructura y servicios de clase mundial para la población
- Medioambiente sustentable. Basado en el rescate y aprovechamiento eficiente y racional de los recursos naturales.

Como principales objetivos en este Programa son, por una parte utilizar energía solar fotovoltaica y eólica en zonas rurales, y por otra parte, consolidar y desarrollar la investigación tecnológica ambiental, destacando las modalidades de apoyo en innovación y desarrollo tecnológico. En lo que respecta al último punto, se propone también “incorporar con rapidez desarrollos tecnológicos en materia energética provenientes de otras partes del mundo”, pero ¿es necesario incorporar en el estado de Guanajuato tecnología proveniente de otras partes del mundo? ¿Cuáles son las bases culturales, tecnológicas y políticas para hacer tal afirmación? Como podemos ver, hasta este punto, no existen las bases fundamentales para hacer una afirmación de esta magnitud.

Para iniciar el análisis del uso de la energía en el Estado de Guanajuato, debemos partir del hecho del desmedido incremento poblacional, que es un indicador del incremento del uso de la energía en todos sus aspectos. La gráfica 5.1 nos indica cómo históricamente se incrementa la población en el estado de Guanajuato.



Gráfica 5.1



Fuente de información: Portal de la Secretaría de Energía  
**Crecimiento medio anual del consumo de electricidad**  
**(escenario de planeación)**  
**(tmca)**

	Prospectiva 2006-2015	
	1996-2005 %	2005-2015 %
<b>Consumo nacional</b>	<b>4.7</b>	<b>4.8</b>
Consumo autoabastecido	10.5	1.7
Ventas	4.1	5.1
Desarrollo normal	3.6	4.7
Residencial	4.1	4.7
Comercial	3.0	5.7
Servicios	2.0	2.9
Agrícola	1.9	1.4
Industrial	4.7	5.6
Empresa mediana	5.7	5.2
Gran industria	3.1	6.2

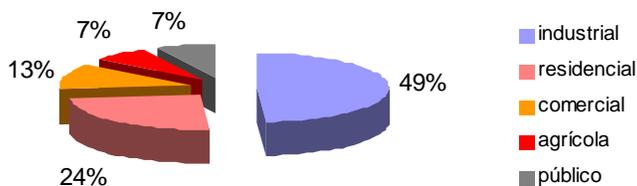
Fuente: CFE.

Imagen 5.3

La prospectiva tomada del portal de la Secretaría de Energía nos indica un incremento a nivel nacional del consumo eléctrico (imagen 5.3).

Datos tomados del portal del Sistema de Información Energética de Guanajuato

**Productos de la venta de energía eléctrica en Gto.**  
**Año 2003**



Gráfica 5.2

El consumo energético en el estado de Guanajuato se abastece de la central termoeléctrica ubicada en la ciudad de Salamanca desde 1971 y que tan solo en el 2006

generó 3082 GWh<sup>10</sup>. Por otra parte, el uso de la energía en el Estado de Guanajuato durante el año 2003 nos indica la importancia que tiene para la sociedad guanajuatense el suministro eléctrico y que es resultado de las actividades industriales, comerciales y sobre todo de sus hábitos de consumo eléctrico en el hogar.

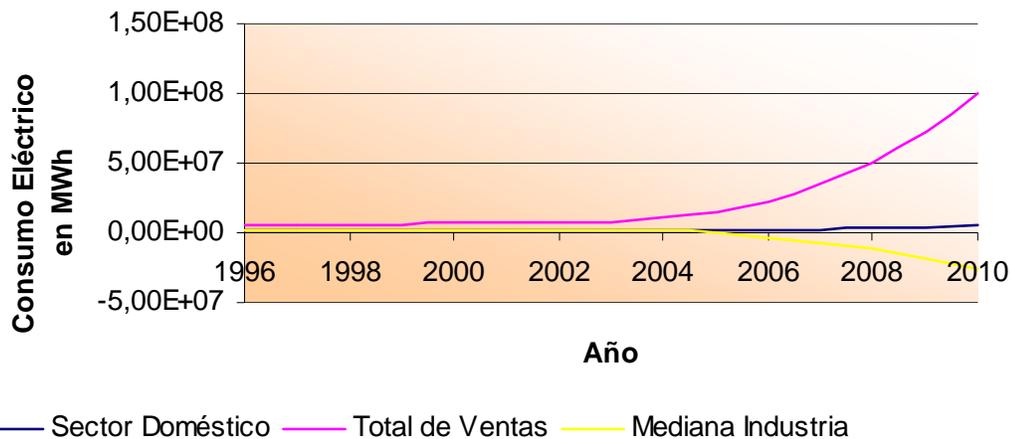
<sup>10</sup> Fuente de información: www.cfe.gob.mx



La prospectiva en consumo eléctrico a nivel nacional, indica que habrá un incremento mayor al 12 % para la zona residencial (Imagen 5.3). Ahora veamos la prospectiva eléctrica para el estado de Guanajuato en la siguiente gráfica:

Fuente de información: portal de la Comisión Federal de Electricidad

Prospectiva Energética en el Estado de Guanajuato



Gráfica 5.3

Esta prospectiva eléctrica se ha realizado siguiendo el método matemático de la parábola cúbica y en ella podemos darnos cuenta del gran incremento de consumo eléctrico al que nos afrontamos. Evidentemente el sector doméstico juega un papel clave en este incremento; por tal motivo, existe una preocupación por asegurar el abastecimiento de tal cantidad de energía eléctrica.

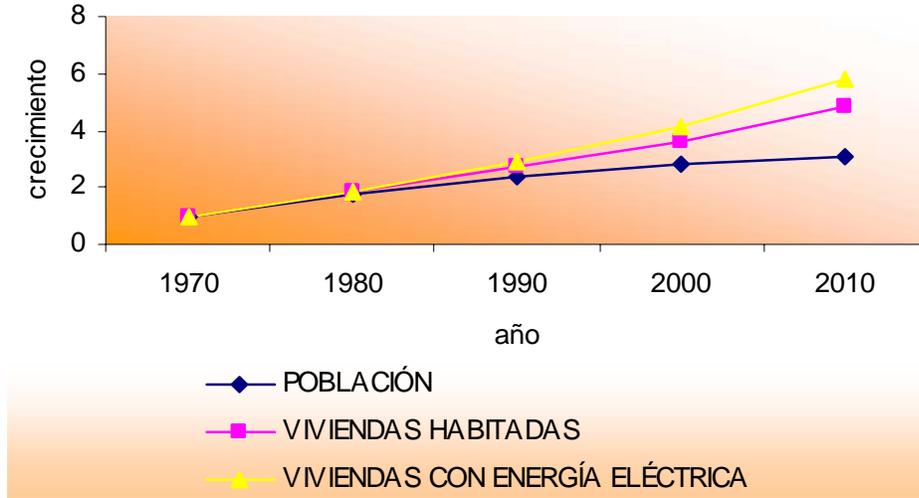
Ya hemos visto que las acciones que toma el Estado de Guanajuato para implementar el aprovechamiento de las energías alternas se proponen exclusivamente para el sector productivo; sin embargo, el sector doméstico representa un cliente potencial de energías renovables y específicamente de energía fotovoltaica desde el punto de vista que existe un mayor número de viviendas que podrían utilizar un sistema fotovoltaico mucho menos complejo que el que se podría utilizar en una industria, debido al uso de maquinaria pesada para el calzado por ejemplo. Evidentemente el sector productivo cuenta con un mayor poder adquisitivo que no debemos menospreciar, y desde este punto de vista, el sector doméstico tiene la desventaja de necesitar programas de apoyo de gobierno para el mejoramiento de la vivienda que actualmente no son viables para el sector doméstico urbano.

A pesar de las desventajas económicas para implementar energía solar fotovoltaica que enfrenta el sector doméstico en nuestros días, debemos destacar la importancia de contar con una alternativa en energía eléctrica para uno de los sectores más desprotegidos socialmente como lo es la vivienda de interés social.



### 5.1.2.2 En la ciudad de León

Fuente de información: Portal de la Comisión Federal de Electricidad



Gráfica 5.4

El panorama no es muy diferente para la ciudad de León, ya que la gráfica anterior nos indica que el consumo eléctrico se incrementará considerablemente por lo que destaca la importancia de contar con una alternativa que nos asegure la satisfacción de nuestras necesidades eléctricas.

Una vez demostrada la importancia que se da en nuestros días al consumo eléctrico y que en los próximos años aumentará considerablemente, no solo a nivel nacional, sino estatal y local, analicemos entonces algunas consideraciones importantes para establecer una estrategia energética en la ciudad de León.



## 5.2 La ciudad de León Guanajuato

Imagen tomada del portal de la Cd de León Gto, fines didácticos



Foto de © vtarq con fines didácticos

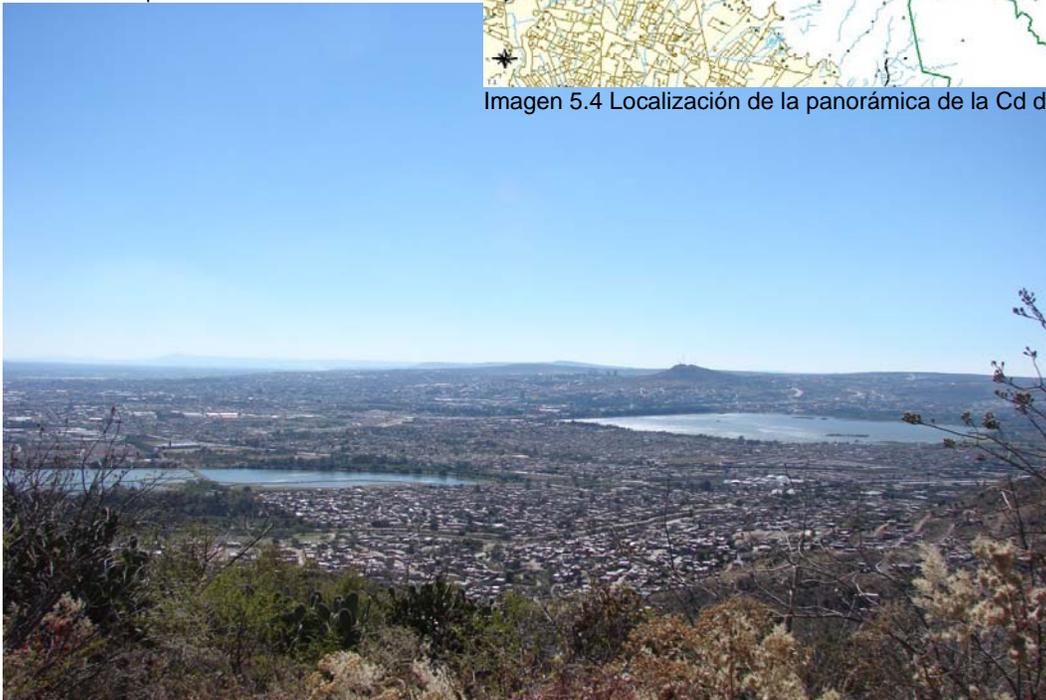


Imagen 5.4 Localización de la panorámica de la Cd de León

Imagen 5.5 panorámica de la ciudad de León Guanajuato desde la comunidad de Ibarilla (F1)

La ciudad de León ofrece ventajas competitivas que le han permitido servir como punto de comunicación con el resto del país. La visión prospectiva indica un desarrollo tecnológico que podemos enfocar hacia la calidad de vida y mejoramiento del ecosistema urbano por medio de la energía solar y particularmente la introducción de tecnología fotovoltaica en un sector donde es factible y permisible<sup>11</sup> un cambio, como lo es el **sector doméstico**. La ciudad de León representa más del 24%<sup>12</sup> de la población total del estado de Guanajuato, en el municipio hay 217, 992 viviendas<sup>13</sup> de las cuales el 90.50% se ubican en la ciudad y de éstas el 98.4% cuentan con energía eléctrica. Se estima un incremento anual de consumo eléctrico del 3.9% dentro de las expectativas sobre el sector eléctrico que contempla el municipio de León, donde el sector doméstico ocupa el segundo lugar en ventas. Y precisamente aquí radica la importancia de proponer **una alternativa energética que nos permita asumir el acelerado incremento eléctrico en el sector doméstico.**

<sup>11</sup> En este punto me refiero a las políticas ambientales, educativas y culturales dentro del Edo. De Gto. que permiten que en la ciudad de León se generen estrategias energéticas como la que en esta investigación propongo.

<sup>12</sup> datos obtenidos del Censo General de Población y vivienda, actualizados hasta fines del 2003.

<sup>13</sup> Dato proporcionado por la presidencia municipal de León hasta fines del 2003.



## 5.2.1 Sistemas solares fotovoltaicos utilizados en la ciudad de León

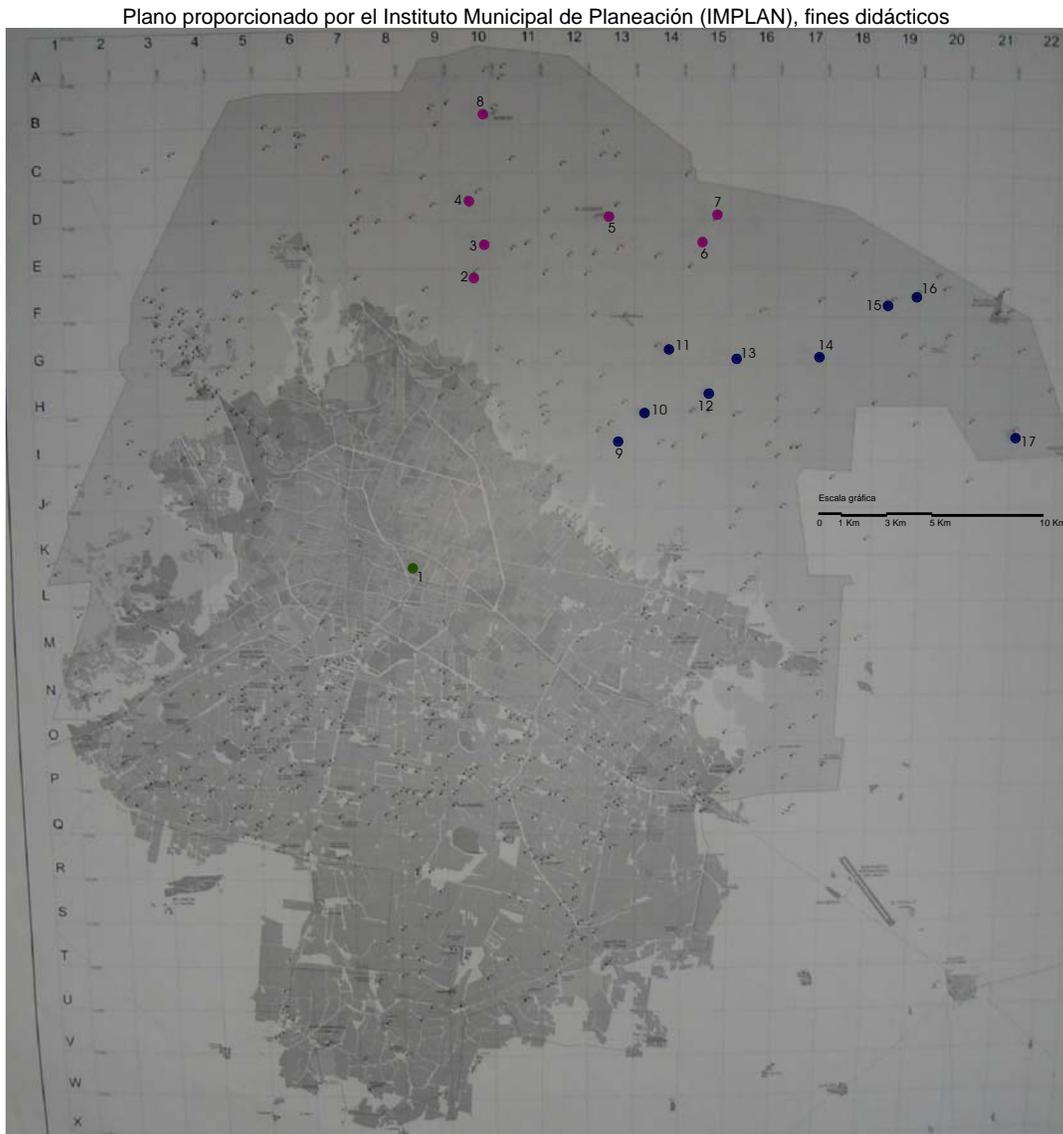


Imagen 5.6 Los puntos de colores indican la localización donde se han instalado sistemas solares fotovoltaicos en la ciudad de León, Gto.

Los sistemas solares fotovoltaicos instalados en la ciudad de León se limitan al norte y noreste del territorio municipal. En la imagen 5.6 podemos distinguir la mancha urbana de la ciudad de León (en tono más oscuro) y la zona rural (gris claro), por lo que fácilmente y con el fin de explicar más a detalle estas instalaciones podemos dividir la localización de los sistemas solares en dos grupos:

- zona urbana
- zona rural



### 5.2.1.1 Zona urbana

Imagen tomada del portal de la Cd de León Gto, fines didácticos



Foto de ©vtarq fines didácticos

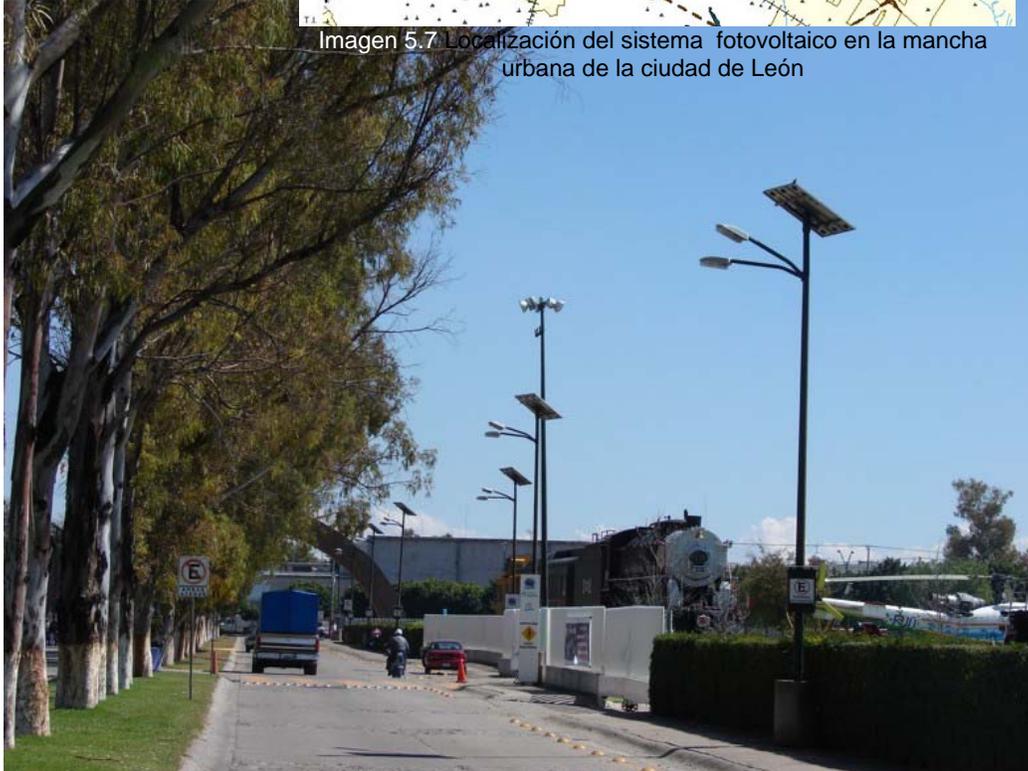


Imagen 5.7 Localización del sistema fotovoltaico en la mancha urbana de la ciudad de León

Imagen 5.8 Acceso al parque recreativo Explora (F2)

El primer sistema fotovoltaico que analizaremos es el que se localiza en el parque interactivo Explora, que fue creado en el año 1993 por el patronato de la feria de la ciudad de León, con el fin de brindar a la sociedad leonesa un espacio recreativo y educativo, ya que en sus instalaciones cuenta con un museo de ciencia y tecnología. Más tarde se incorporan paneles solares para su propio alumbrado público y así se convierten en el primer sistema fotovoltaico instalado en un espacio público en todo el estado de Guanajuato. Los principales componentes de cada panel solar instalado en este parque son los siguientes:



Imagen proporcionada por Ing. Álvaro Zorrilla con fines didácticos

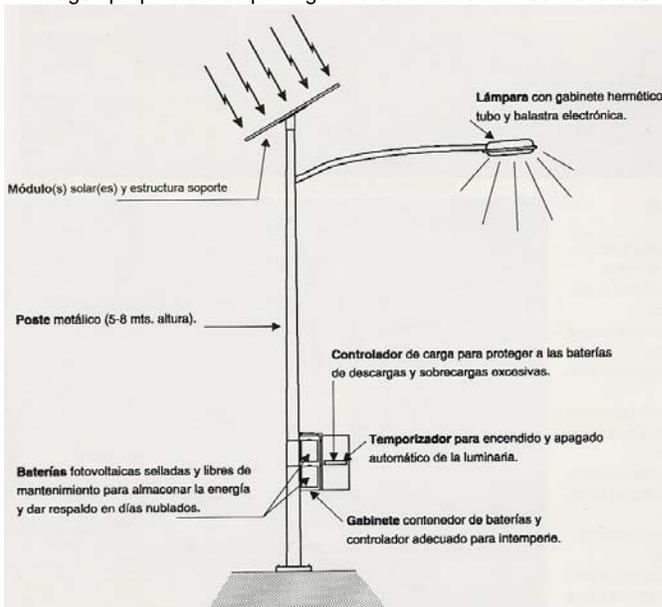


Imagen 5.9 Esquema de funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico para alumbrado público

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.10 Sistema solar fotovoltaico instalado en el parque Explora (León, Gto.)

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.11 Instalaciones del parque Explora en León, Gto.

Las características eléctricas de este sistema fotovoltaico no se encuentran al alcance de esta investigación. Sin embargo, podemos analizar otras características muy importantes para el correcto funcionamiento e integración de sistemas similares a la cultura leonesa. En realidad, el impacto urbano y social del sistema fotovoltaico en un espacio público pasa inadvertido por la sociedad leonesa, ya que a pesar de convivir directamente con este sistema energético alternativo, no conoce ni entiende su funcionamiento, muy probablemente debido a la nula promoción sobre sistemas energéticos no convencionales por parte del mismo

municipio, de la empresa Conдумex (responsable de haber instalado estos paneles solares) y de los responsables de este Parque recreativo e interactivo cuya finalidad es integrar y dar a conocer a la sociedad leonesa avances científicos y tecnológicos que mejoren nuestra calidad de vida sin alterar (o procurando alterar lo mínimo posible) el ambiente natural que nos rodea.



Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.12 Detalle de panel solar instalado en el parque Explora

El impacto ambiental que provocan estos paneles solares se relacionan directamente con las aves que habitan el parque Explora, ya que éstas han aceptado el sistema fotovoltaico a tal grado de utilizarlo como paradero. La imagen inferior a la izquierda puede parecernos inocente y hasta divertida, al observar cómo las aves se han integrado a los paneles solares; sin embargo esta imagen puede llegar a ser un grave problema para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico e incluso se puede llegar a generar una apraxia

tecnológica ya que si observamos la imagen inferior a la derecha, podemos observar a detalle la sombra que provocan las aves y sus desechos orgánicos, situación que en un mediano plazo puede generar problemas técnicos y disminuir en gran medida su capacidad de generación y por lo tanto la posibilidad de seguir promocionando y utilizando esta alternativa energética en la ciudad de León y en todo el estado de Guanajuato.

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.13 Impacto ambiental de los paneles solares fotovoltaicos en Explora

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.14 Detalle del daño a un panel solar provocado por las aves

Existen otros ejemplos de instalaciones fotovoltaicas en la ciudad de León, como se muestra en el salón de usos múltiples de la imagen 5.15; sin embargo, estos ejemplos son lamentablemente muy pocos y de pertenencia particular.

A manera de resumen hasta este momento, podemos considerar a la introducción de sistemas alternos de energía (en zonas urbanas del estado de Guanajuato) como hechos aislados; desde el punto de vista que este esfuerzo por promover la edificación sustentable en el municipio de León no representa una evolución para la cultura local, por falta de conciencia, de conocimiento y sobre todo de un programa social de cultura ecológica local y estatal.

Foto de © Álvaro Zorrilla, fines didácticos



Imagen 5.15 Instalación fotovoltaica en salón de usos múltiples. León Gto.



### 5.2.1.2 Zona rural

Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.16 A la izquierda (F3) una vista desde el interior de la zona norte, al centro (F4) panorámica que nos permite observar la altura de la zona norte y relativa planicie de la mancha urbana de la ciudad de León, y a la derecha (F5) vista de la zona noreste, al centro de la imagen observamos el cerro denominado “El gigante”

Información proporcionada por IMPLAN, fines didácticos

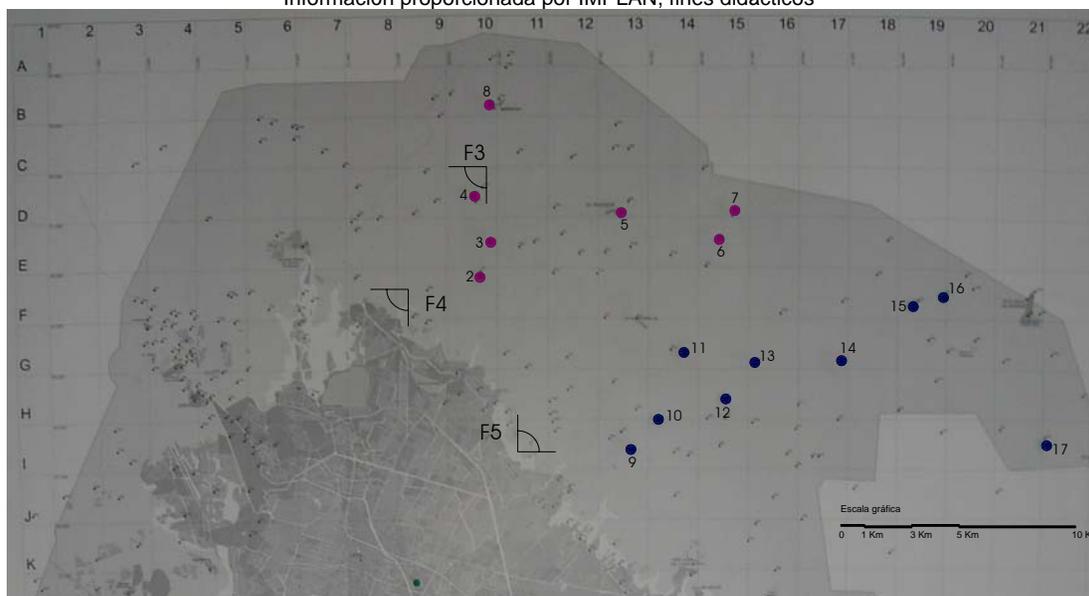


Imagen 5.17 Los puntos de colores representan la localización de las comunidades rurales donde se han instalado paneles solares en el municipio de León

En 1992, el Ing. Carlos Medina Plascencia, a través del Fideicomiso de Desarrollo Rural (FIDER)<sup>14</sup> propone la introducción de un sistema alternativo de energía que proporcionaría luz eléctrica a zonas rurales de difícil acceso para la infraestructura convencional. Si observamos la imagen 5.17 observamos que la ubicación de las comunidades rurales donde se instalaron los sistemas fotovoltaicos corresponde exclusivamente al norte y noreste del municipio de León; que precisamente coinciden con los puntos más altos del municipio y zona de sierra de la región. Para efectos de organizar la información, he dividido en dos zonas, las comunidades rurales donde se instalaron los sistemas fotovoltaicos como sigue:

- zona norte
- zona noreste

<sup>14</sup> Información proporcionada por el Ing. Álvaro Zorrilla, responsable de la colocación de los sistemas fotovoltaicos en estas comunidades rurales.



## Zona Norte

Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.18 A la izquierda, parte de la vegetación e instalación de un panel solar (F6); al centro (F7), entorno natural y a la derecha (F8) infraestructura y camino de terracería por el que se accede a la zona norte del municipio de León, Gto.

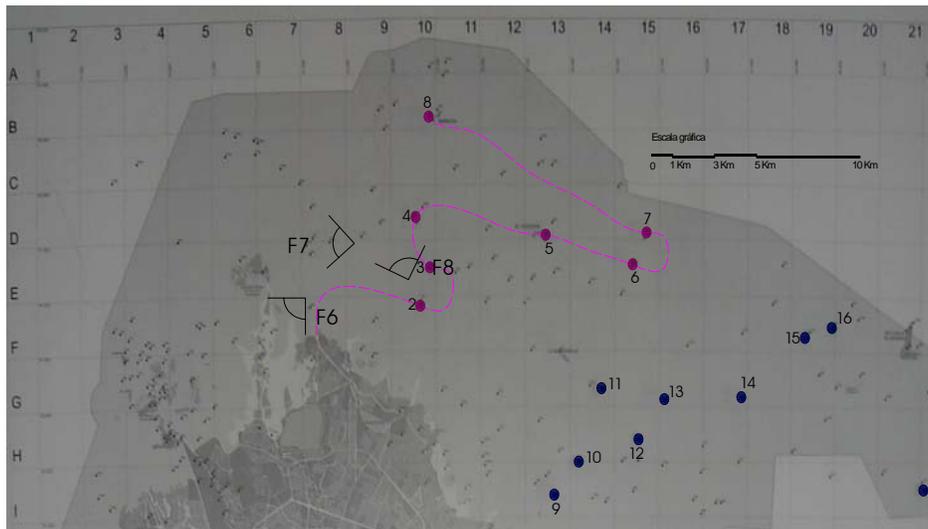


Imagen 5.19 Detalle de los puntos de localización donde se instalaron sistemas fotovoltaicos, zona norte

La línea punteada indica la ruta de acceso a cada una de las comunidades rurales donde se instalaron paneles solares, y que pertenecen a la zona norte. La numeración del 2 al 8 corresponde a los siguientes nombres:

2. Mesa de Ibarrilla
3. Media Luna
4. Cerro Alto
5. Huizache
6. Rincón Grande
7. Fundiciones
8. Barbosa<sup>15</sup>

El programa FIDER consistió en instalar un sistema fotovoltaico tipo estándar, incluye un panel solar de 50 w, una batería, 4 lámparas ahorradoras de energía y un control.



Imagen 5.20 Sistema fotovoltaico instalado en una vivienda rural

<sup>15</sup> Información proporcionada por personal de la dirección general de Desarrollo Rural del municipio de León, Gto., 2007.



Este sistema es suficiente para alimentar 4 lámparas, una televisión y un radio, los usuarios se sometieron a un estudio socioeconómico para establecer una cuota de cooperación por la implementación de este sistema.<sup>16</sup>

Fotos de © vtarq, fines didácticos



Imagen 5.21 Infraestructura en la comunidad rural Media Luna

Si consideramos que un sistema fotovoltaico tiene una vida útil entre 40 y 50 años, podemos decir que los que han sido instalados en las zonas rurales del municipio de León no han alcanzado la mitad de su vida útil, ya que cuentan hasta el día de hoy con 14 años de funcionamiento aproximadamente. Como ya sabemos, un sistema híbrido consiste en utilizar dos fuentes diferentes de energía para proporcionar luz eléctrica a un mismo usuario, o a determinado número de usuarios.

En este caso, la imagen 5.21 podría referirse a un sistema híbrido implementado para complementar las exigencias energéticas del usuario; sin embargo, y considerando que en las comunidades rurales la exigencia energética per cápita disminuye considerablemente en relación a la zona urbana, se trata de la implementación del sistema energético convencional por parte del mismo municipio que 14 años atrás, abasteció a estas mismas comunidades rurales de un sistema fotovoltaico y que ahora les ha proporcionado, sin así pretenderlo, un sistema híbrido que por supuesto no es bien utilizado y que representa un despilfarro energético en el sentido de contar con dos

sistemas y rezagar uno de ellos. Afortunadamente estos sistemas híbridos solo se presentan en 2 de las 7 comunidades que pertenecen a la zona norte.

La estrategia energética utilizada en la zona rural del municipio de León resulta muy contradictoria, y crea confusión en los usuarios, ya que desconocen la tecnología fotovoltaica y debido a que en la zona urbana las viviendas cuentan solamente con energía eléctrica convencional, consideran a la energía alterna como un evento temporal. Éste representa uno de los principales problemas de los sistemas fotovoltaicos instalados en zonas rurales.

Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.22 Estas imágenes corresponden a los sistemas solares instalados en las comunidades rurales de Media Luna, Mesa de Ibarrilla y Cerro Alto, respectivamente.

<sup>16</sup> Específicamente en la zona norte, la cooperación varía entre los \$1000 y \$3500 pesos, según los usuarios entrevistados.



Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.23 Detalle de algunos p neles instalados en la zona norte

No es coincidencia que otro de los problemas que presentan las instalaciones fotovoltaicas sea precisamente la falta de limpieza periódica o el mal trato de algunos p neles como lo muestra la imagen 5.23, y precisamente las imágenes que observamos corresponden a Mesa de Ibarrilla y Media Luna, comunidades rurales que ya cuentan con la instalación de energía convencional.

Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.24 Instalación fotovoltaica en buen estado

Sin embargo, no todos los sistemas fotovoltaicos instalados en las comunidades rurales representan un mal ejemplo. La instalación que observamos en la imagen 5.24 pertenece a la comunidad de Cerro Alto, y en este caso, todo el sistema fotovoltaico se encuentra en buenas condiciones y funciona perfectamente, los usuarios de esta vivienda se han adaptado a un sistema alternativo de energía y sobre todo, procuran darle un mantenimiento periódicamente.



## Zona noreste:

Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.25 A la izquierda, camino de terracería (F9); al centro (F10) parte del entorno natural de la zona y a la derecha (F11), ubicación de una de las viviendas donde se instalaron sistemas fotovoltaicos en la zona noreste del municipio

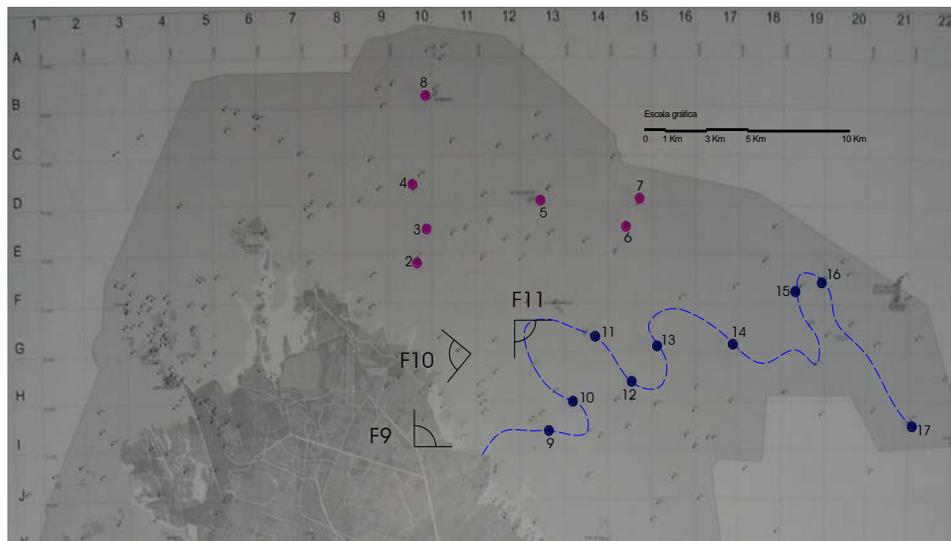


Imagen 5.26 Detalle de las comunidades rurales donde se instalaron paneles fotovoltaicos, zona noreste

9. El Gigante
10. San Antonio del Gigante
11. San José Otates norte
12. San José Otates sur
13. Los Alisos
14. Llano grande
15. Sauz seco
16. Canelas
17. El derramadero

En la imagen anterior podemos observar las comunidades rurales donde se instalaron sistemas fotovoltaicos (numeración del 9 al 17), y su ruta de acceso en línea punteada.



Fotos de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.27 Representación de algunos sistemas fotovoltaicos instalados en la zona noreste del municipio de León, Guanajuato. De izquierda a derecha, Llano grande, El Gigante y San Antonio del Gigante, respectivamente.

En el noreste del municipio de León, la instalación de los sistemas fotovoltaicos no es muy diferente a la que se presenta en el norte ya que si observamos la imagen del centro, podemos observar la introducción de energía eléctrica convencional. Sin embargo, al realizar la visita física se presentaron algunos fenómenos que bien podemos mencionar.

Fotos de © vtarq con fines didácticos



5.28 Detalle de algunas instalaciones fotovoltaicas instaladas en el noreste del municipio de León.

En esta zona, existen muchos paneles que ya no funcionan correctamente, debido a que algunos usuarios incrementaron la carga eléctrica sin asesoría y esto genera una sobrecarga que disminuye la capacidad y horas útiles de los paneles. El desconocimiento por parte de los usuarios acerca de la tecnología que se les ha instalado en sus viviendas llega a tal grado, que éstos mismos han alterado el sistema adecuando otro tipo de batería que no cubre los requerimientos del panel y en el peor de los casos, el sistema completo simplemente no funciona y se desperdicia tanto la inversión del mismo municipio y de los usuarios que

adquirieron el sistema fotovoltaico, como el trabajo especializado para introducir esta tecnología en la ciudad, además se genera de nueva cuenta, una apraxia tecnológica. Por otra parte, y si observamos la imagen 5.28, nos podemos dar cuenta que existen casos de mala ubicación de los paneles solares, ya que otras instalaciones de la vivienda generan una sombra permanente y durante la mayor parte del año, lo que nuevamente puede generar una disminución al rendimiento de todo el sistema fotovoltaico, y con ello, la descalificación por parte de los usuarios a seguir utilizando energía alternativa como respuesta a sus necesidades energéticas. A manera de resumen podemos decir que los sistemas fotovoltaicos utilizados en la ciudad de León presentan una latente posibilidad de experimentar una apraxia tecnológica originada principalmente por el desconocimiento y la desafortunada ubicación de la tecnología fotovoltaica, y que por supuesto puede mejorar atendiendo a una correcta planeación y estrategia energética en futuros proyectos.



## 5.2.2 Energía solar fotovoltaica para una vivienda de interés social en la ciudad de León Gto. Caso práctico: Convive

### 5.2.2.1 La colonia Convive



Imagen 5.29 Localización y vista panorámica de la colonia Convive. León Gto (F12)

La colonia convive pertenece al cinturón de pobreza del municipio de León Guanajuato. Fue creada a principios de los años noventa como solución a la demanda excesiva de vivienda y con el fin de disminuir los asentamientos irregulares que se presentan en el noroeste del municipio de León. Este predio fue donado por el Instituto de IVEG, consta de una superficie de aproximadamente 40 Ha y originalmente el IMUVI desarrolló un proyecto de lotificación (dividido en tres etapas), para ser ofertado como lotes de “raya de cal”<sup>17</sup> debido a que el concepto del proyecto contemplaba el uso de nuevos sistemas en la racionalización del uso del agua y el tratamiento de los desechos como alternativas para la introducción de los servicios básicos de agua potable y drenaje sanitario, ya que en esta zona no se contemplaba la dotación de infraestructura hidráulica y sanitaria.

Originalmente, estas viviendas se ofrecieron entre las familias instaladas en asentamientos irregulares de la misma zona, y para adquirir una vivienda en esta colonia, los usuarios (que no pertenecían a esta zona) se sometieron a un estudio socioeconómico que demostrara la necesidad de obtener una vivienda a bajo costo.

<sup>17</sup> Entiéndase sin los servicios básicos como drenaje, etc.



Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.30 Casa tipo en la colonia Convive

Para poder ofrecer un bajo costo, el IMUVI sugirió la intervención de un integrante de familia<sup>18</sup> por cada vivienda para colaborar en la construcción mejor dicho, autoconstrucción de su propia vivienda, siempre bajo la supervisión de personas calificadas. Una vez terminado el proceso de construcción, los usuarios ocuparon las viviendas.

La idea original del proyecto pretendía impulsar el desarrollo sustentable en la edificación, sobre todo por la lejanía de esta nueva colonia a la mancha urbana del municipio y por ende, a los servicios de infraestructura; sin embargo, cabe mencionar que los nuevos sistemas para racionalizar el agua y el tratamiento de los desechos no funcionaron y unos años más tarde, el municipio intervino bajo la presión de los usuarios, para instalar agua potable y servicios sanitarios, lo que provocó un despilfarro de recursos, ya que se realizaron modificaciones a cada vivienda no consideradas en el proyecto inicial.

Este fraccionamiento solamente es uno de los muchos ejemplos de construcción reciente para familias de escasos recursos en la ciudad de León; motivo por el cual se ubica el caso práctico de esta investigación en una colonia con estas características, además de contar con acceso a la información del proyecto original y sobre todo, al interés por introducir nuevos adelantos tecnológicos que mejoren la calidad de vida de los usuarios que socialmente son los más desprotegidos.

---

<sup>18</sup> Y cabe mencionar que en el mayor de los casos no se trataba de personas calificadas para realizar este tipo de trabajos



## 5.2.2.2 El proyecto arquitectónico

### Proyecto original

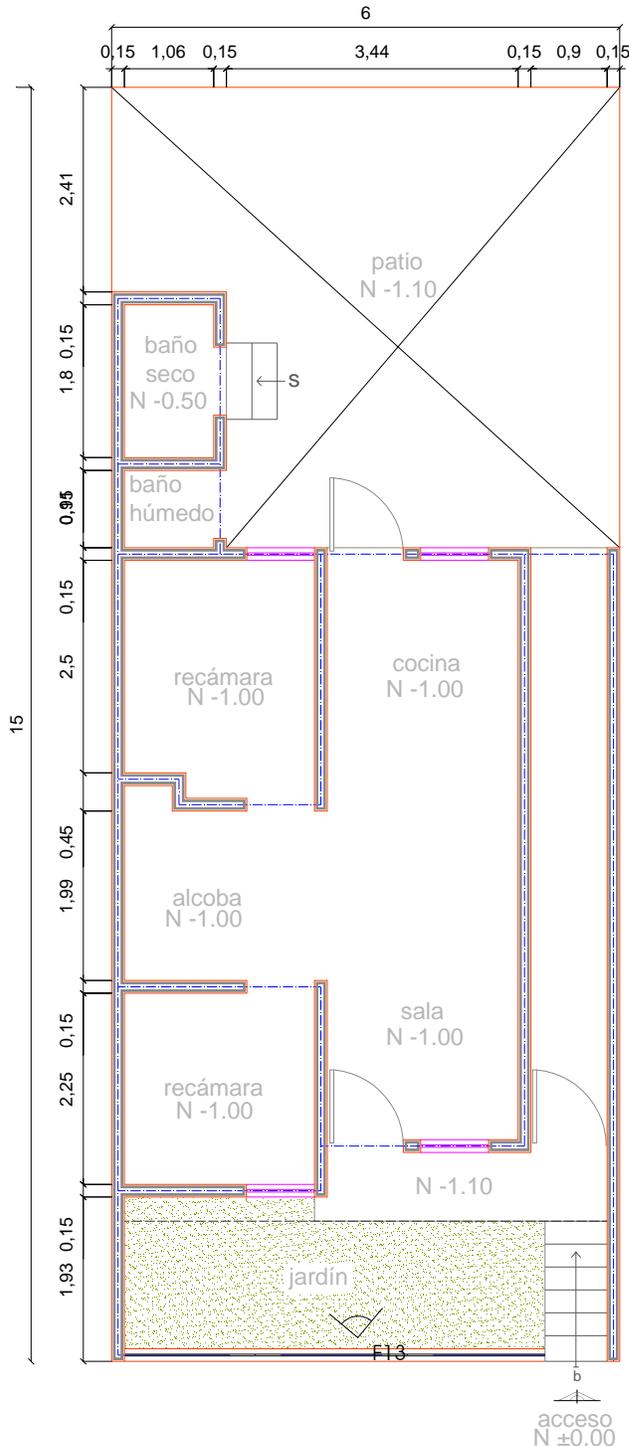


Imagen 5.31 Proyecto tipo en la colonia Convive

Foto de © vtarq con fines didácticos



Imagen 5.32 Aspecto actual de una vivienda tipo en la colonia Convive (F13)

El proyecto arquitectónico original consiste en una vivienda tipo de dimensiones reducidas y con tendencia a futuro crecimiento (imágenes 5.31 y 5.32).

Este proyecto presenta algunos errores arquitectónicos considerando el tipo de vivienda a desarrollar; por ejemplo, observemos a la izquierda, en la imagen 5.31 el pasillo considerado para servicios, que por supuesto ocupa un espacio privilegiado y que bien se podría utilizar como estrategia para incrementar el espacio en el resto de la vivienda ya que en la mayoría de los casos, este acceso es clausurado. La división en el baño de la zona húmeda y la zona seca, servía perfectamente al proyecto original de tratar los desechos orgánicos para utilizarlos como abono en el mejoramiento de la tierra, sin embargo, debido al fracaso de estas estrategias, este espacio

representa una de las primeras modificaciones que el usuario realiza al ocupar su vivienda y por lo tanto, un desembolso adicional a la propia adquisición de la vivienda.



## Caso de estudio

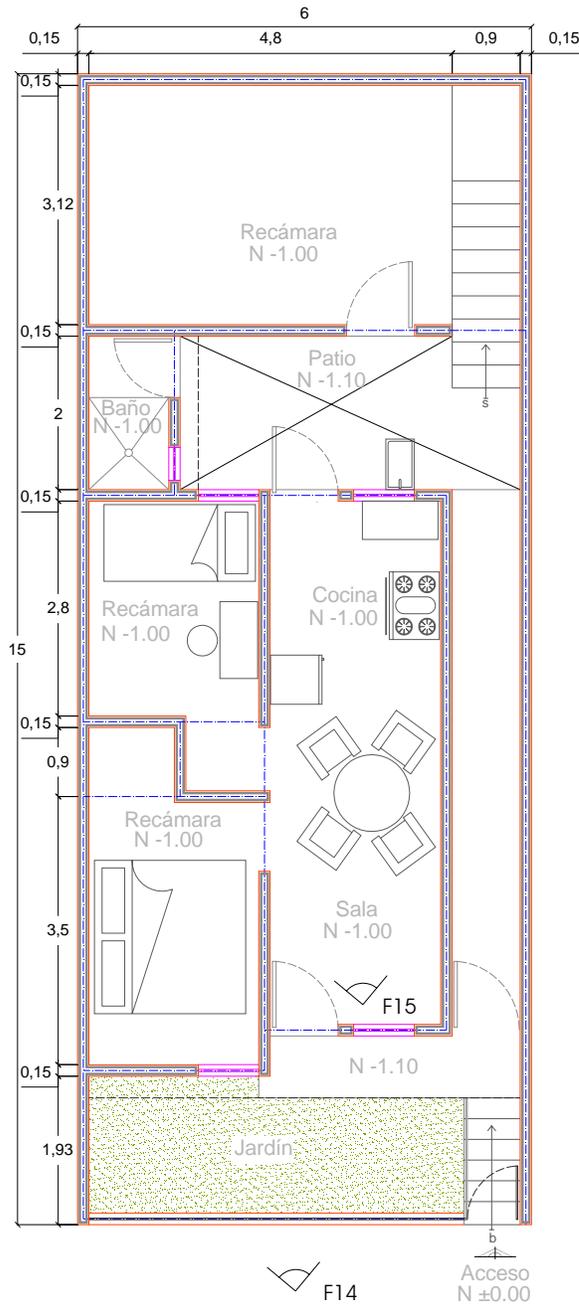


Imagen 5.33 Estado actual de la planta arquitectónica en una vivienda tipo de la colonia Convide



Imagen 5.34 Estas imágenes corresponden a la fachada (F14) e interior (F15) de una vivienda tipo en la colonia Convide

lo que por supuesto refleja una mayor inversión y un mínimo mejoramiento al espacio interior de la vivienda.

Para acotar el caso de estudio se propone una vivienda tipo con cuatro integrantes de familia; esta vivienda ha sufrido las modificaciones básicas que realizan los usuarios de este fraccionamiento. Las imágenes 5.33 y 5.34 nos muestran el estado actual de esta vivienda. La escasez de espacio al interior de la vivienda, provoca que los usuarios modifiquen el proyecto original conforme a sus necesidades sin el apoyo profesional conveniente,

Es común encontrar fallas constructivas como las que se presentan en la parte inferior de la imagen 5.34 que corresponden a un mal uso de los materiales, y en algunos casos a fallas en la losa de cimentación. Considerando el estado actual de la vivienda y con el fin de no alterar la estructura y la inclinación de sus losas, se acota la estrategia de crecimiento y mejoramiento de la vivienda como se muestra a continuación.



## Propuesta arquitectónica

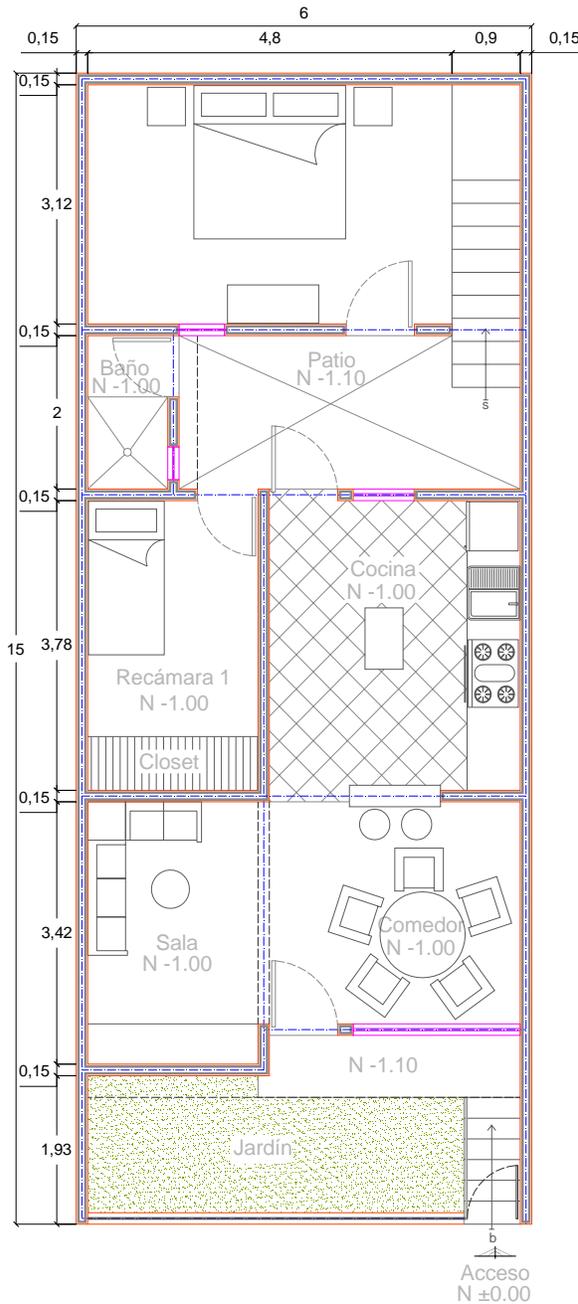


Imagen 5.35 Planta baja

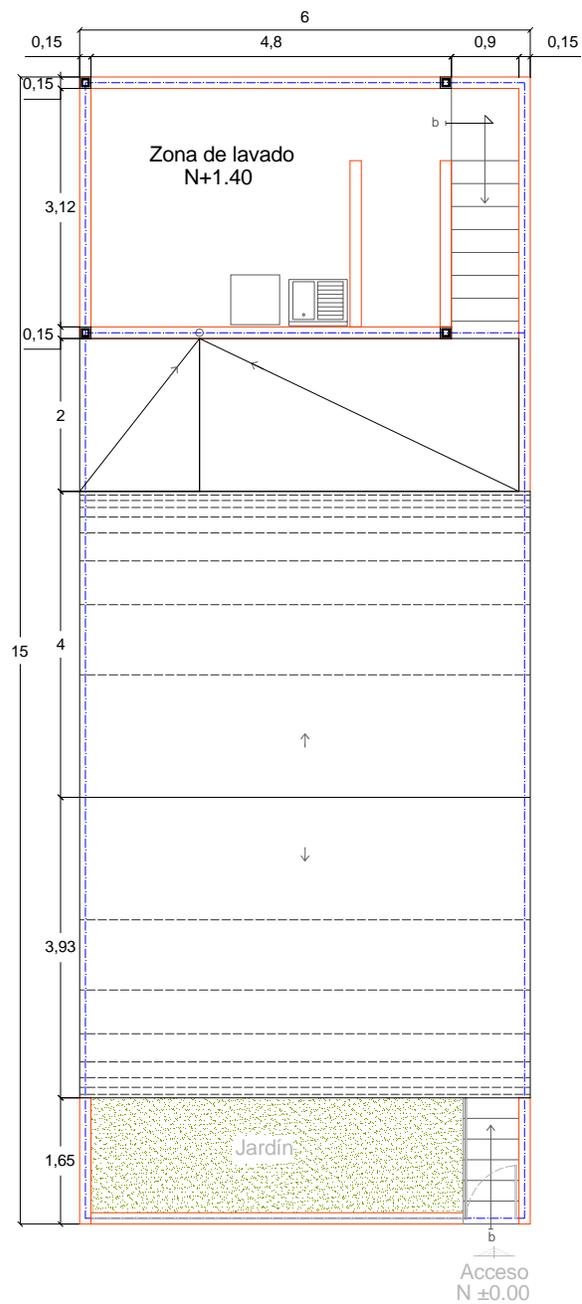


Imagen 5.36 Primer nivel

El principal concepto para realizar esta alternativa arquitectónica fue la separación entre las áreas pública e íntima, por supuesto, en la medida que el proyecto original lo permitiera, y es por ello que consideré la creación de un patio interno que a la vez puede ser considerado como vestíbulo para el área íntima de la familia. Entre los cambios más notorios se encuentran un mayor aprovechamiento de algunas áreas de transición con la eliminación del “pasillo de servicio”, y la unificación de las áreas húmeda y seca del sanitario, además de la creación de espacios independientes para cocinar, comer y estar. Se ha pensado en considerar la zona de lavado en un primer, como lo indica la imagen 5.36.



## Instalación eléctrica

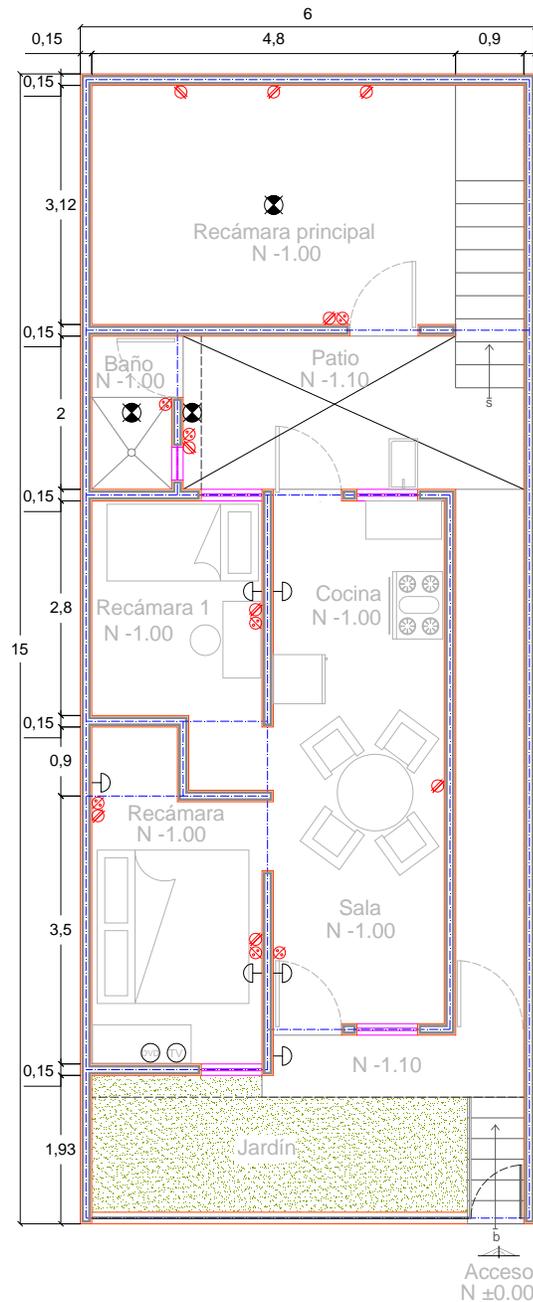


Imagen 5.37 Instalación eléctrica actual

Evidentemente, la instalación eléctrica juega un papel muy importante en este proyecto, es por esto que en la imagen 5.37 se muestra el estado actual de dicha instalación y por otra parte, las imágenes 5.38 y 5.39 representan la propuesta de instalación eléctrica cuyo fin es mejorar la estrategia de iluminación y disminuir cualquier despilfarro energético que se pueda presentar.



## Propuesta de instalación eléctrica

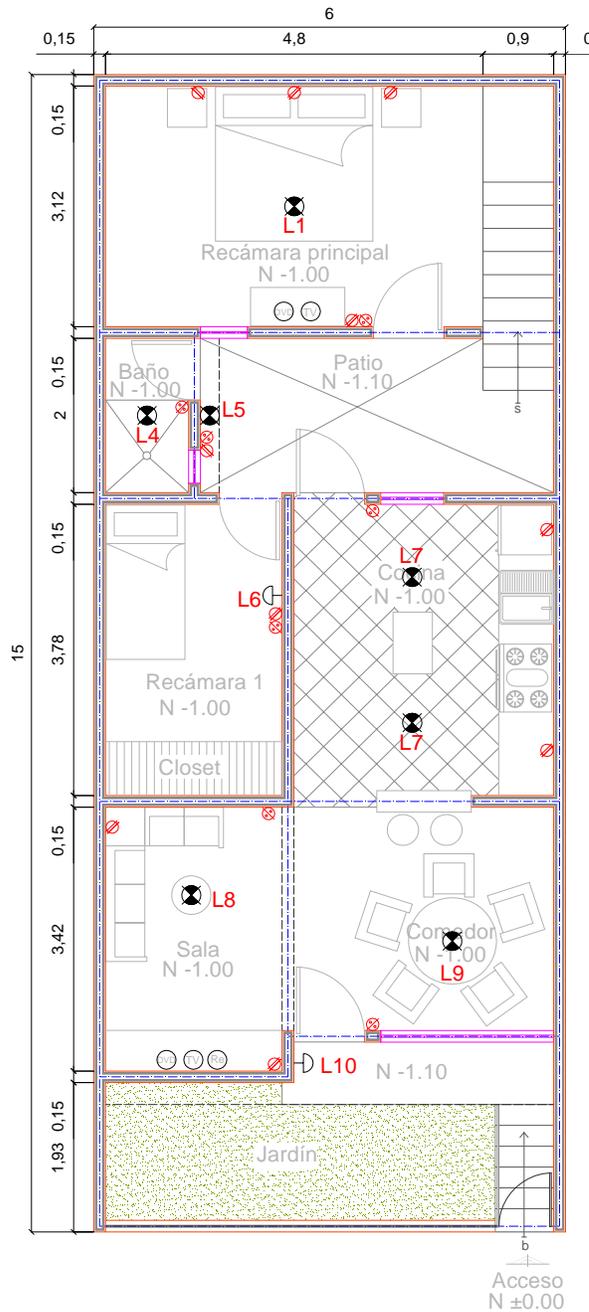


Imagen 5.38 Propuesta de instalación eléctrica

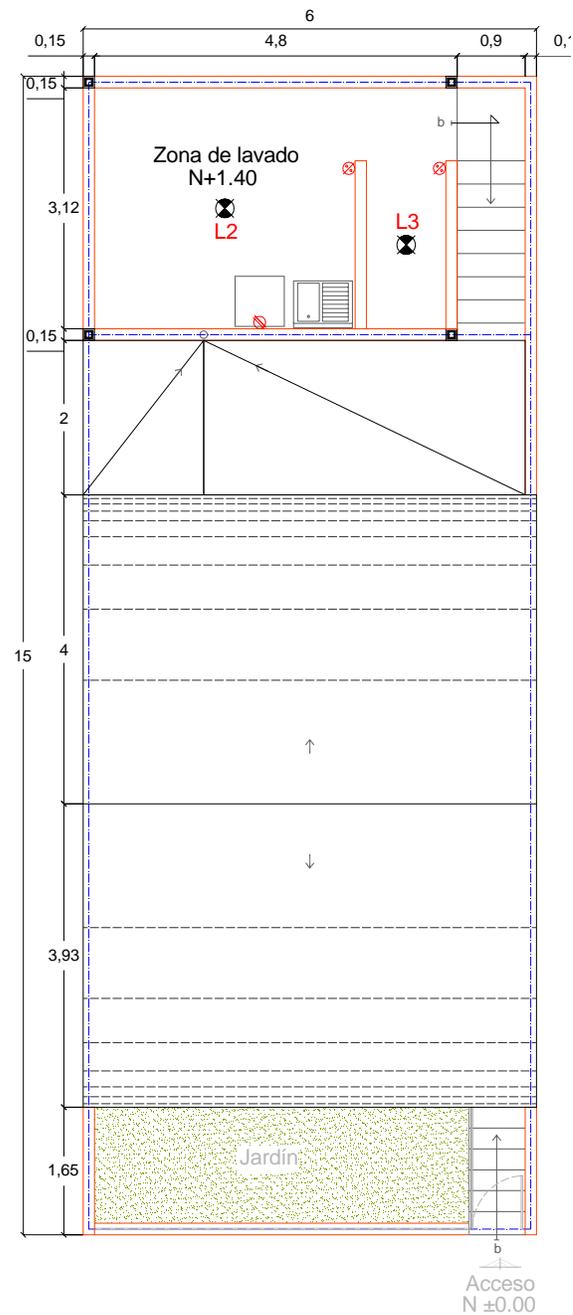


Imagen 5.39 Segundo nivel

Si comparamos la propuesta con el estado actual de la instalación eléctrica, podremos observar que la estrategia consiste en alterar en lo más mínimo la instalación actual mejorando algunas ubicaciones y tipo de luminarias que nos permitan un verdadero ahorro energético.



Para establecer el diseño de luminarias se han considerado varias fuentes bibliográficas como lo muestra la tabla 5.1.

<b>Tabla de especificación de luminarias</b>											
No.	Ubicación	A (Área en m <sup>2</sup> )	Lux establecidos por espacio		Total de lux		Promedio en Lux	<b>Luminarias propuestas</b>			
			ITE*	MA**	ITE*	MA**		Tipo de luminaria	No. de luminarias	Lumen por luminaria	Watt por luminaria
L1	Recámara principal	14,97	120	100	1796,4	1497	1646,7	Mini spiral 26 marca LG	1	1750	26
L2	Zona de lavado	10,76	100	100	1076	1076	1076	Triple biax20 marca LG	1	1100	20
L3	Equipo fotovoltaico	3,27	120	100	392,4	327	359,7	Doble biax9 marca LG	1	480	9
L4	Baño	2,11	100	300	211	633	422	Doble biax9 marca LG	1	480	9
L5	Patio	8,99	100	100	899	899	899	Mini spiral 15 marca LG	1	950	15
L6	Recámara 1	8,47	120	100	1016,4	847	931,7	Mini spiral 15 marca LG	1	950	15
L7	Cocina	9,83	200	300	1966	2949	2457,5	Mini spiral 20 marca LG	2	1300 (2)	20 (2)
L8	Sala	6,49	200	100	1298	649	973,5	Circulight 22 marca LG	1	1000	22
L9	Comedor	9,56	200	100	1912	956	1434	Mini spiral 26 marca LG	1	1750	26
L10	Acceso	2,67	200	100	534	267	400,5	Doble biax9 marca LG	1	480	9

\* Valores tomados de la fuente bibliográfica Instalaciones Técnicas en Edificios...

\*\* Valores tomados de la fuente bibliográfica Manual del alumbrado...

Nota: Todas las luminarias propuestas son fluorescentes compactas

Tabla 5.1



### 5.2.2.3 La propuesta tecnológica

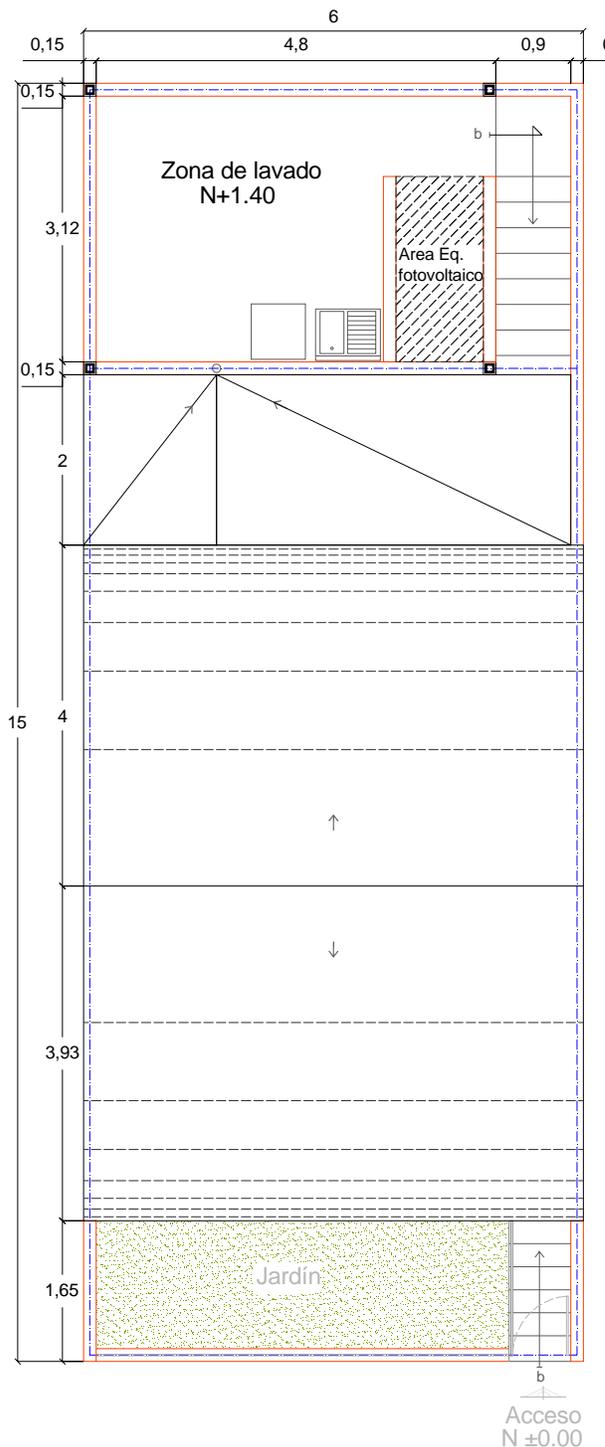


Imagen 5.40 Primer nivel

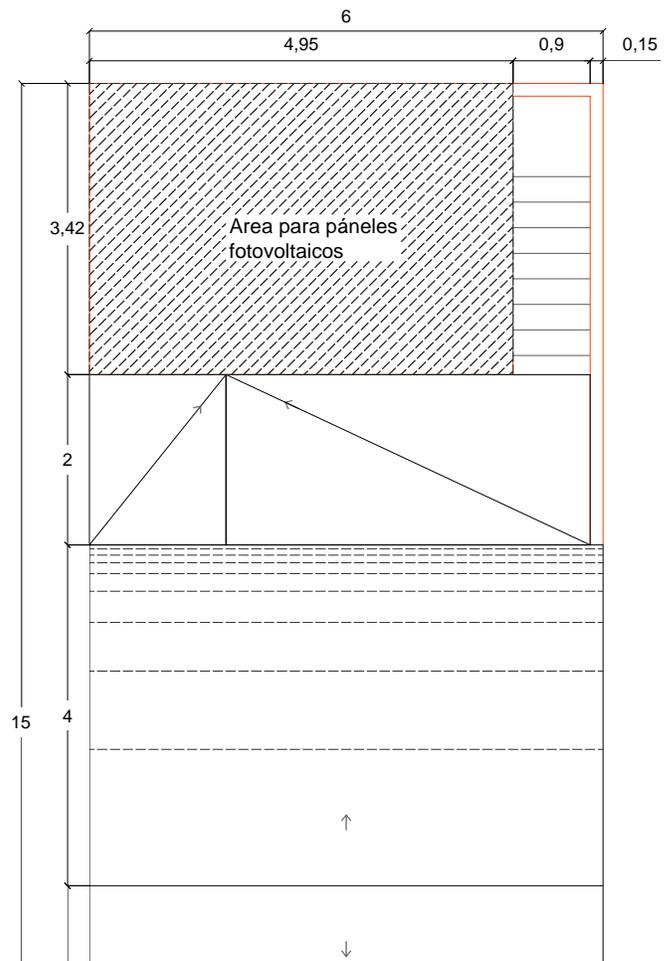


Imagen 5.41 Segundo nivel

**La propuesta tecnológica consiste en crear una estrategia de transición energética para los usuarios.**

Originalmente se pensó en proponer una estrategia energética aislada completamente del sistema convencional instalado por la CFE<sup>19</sup>, con el objetivo de descentralizar y obtener una estrategia energética “democrática” respecto al actual sistema energético en nuestro país. Sin embargo, y con el fin de aprovechar la red convencional con que contamos en estos momentos, la

propuesta tecnológica gira alrededor de un sistema fotovoltaico conectado a la red convencional, para que ésta a su vez, funcione como el sistema de baterías que requiere el proyecto y así se disminuya el costo total del sistema.

<sup>19</sup> Comisión Federal de Electricidad



Como bien sabemos, la experiencia de sistemas fotovoltaicos en la ciudad de León nos indica que debemos considerar un cambio paulatino, claro, además de una plática informativa para los usuarios del sistema que se pretende instalar en su vivienda. Por lo anterior, y principalmente considerando que los usuarios son de escasos recursos, se pretende instalar un sistema híbrido en tres etapas:

**Primera etapa.** Instalación de un sistema fotovoltaico que alimente solamente la recámara que originalmente no fue considerada en la instalación eléctrica convencional del proyecto original (Planta baja) y la zona de lavado (Primer nivel) que se muestran a detalle en la imagen 5.42. En esta etapa, el resto de la vivienda continúa abasteciéndose del sistema eléctrico convencional<sup>20</sup>.

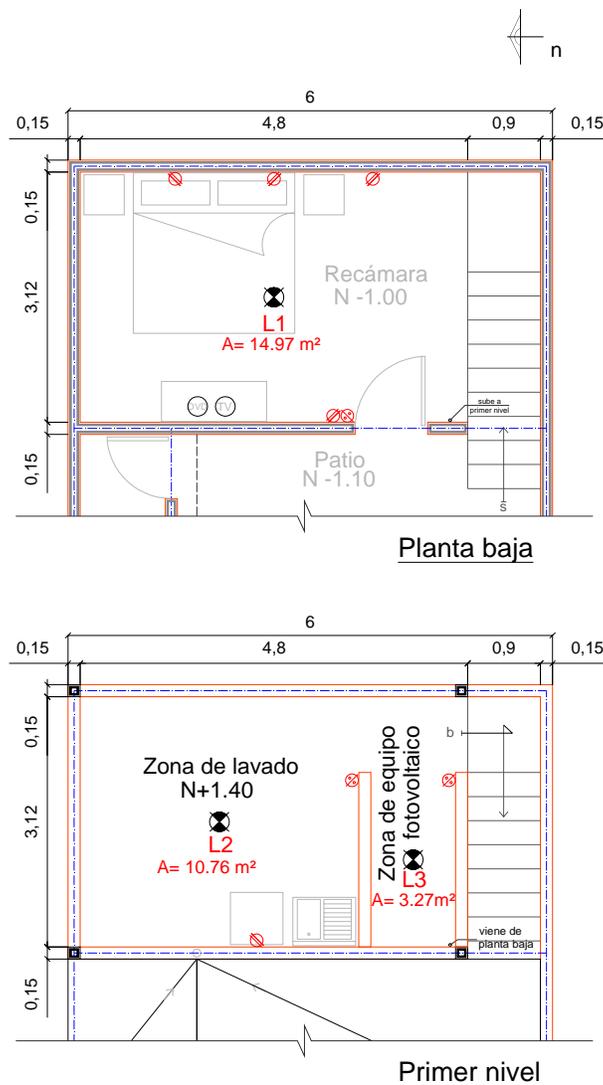


Imagen 5.42 Propuesta de instalación eléctrica

<sup>20</sup> Red energética convencional a cargo de la Comisión Federal de Electricidad



**Segunda etapa.** Una vez que se encuentre en funcionamiento el sistema fotovoltaico que se menciona en la primera etapa, se considera el incremento de paneles fotovoltaicos para abarcar el alumbrado general de la vivienda. En esta etapa, el sistema convencional solo se utiliza para aparatos electrodomésticos de uso común y cuya energía no pueda ser cubierta por la generada por los paneles solares.

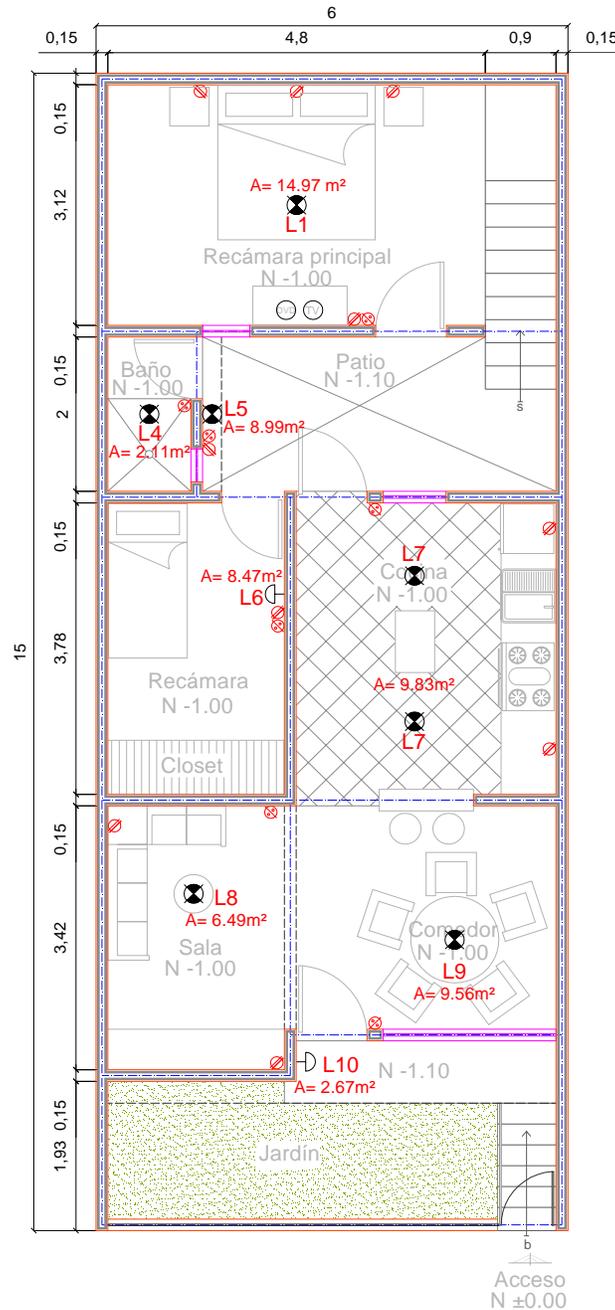


Imagen 5.43 Propuesta de instalación eléctrica



**Tercera etapa.** En esta etapa, el usuario ya conoce perfectamente su sistema fotovoltaico y podemos proponer la inversión final para incrementar el número de paneles y de generación eléctrica necesaria para operar los aparatos electrodomésticos de uso común y por lo tanto, disminuir el consumo eléctrico utilizando una alternativa energética no convencional.

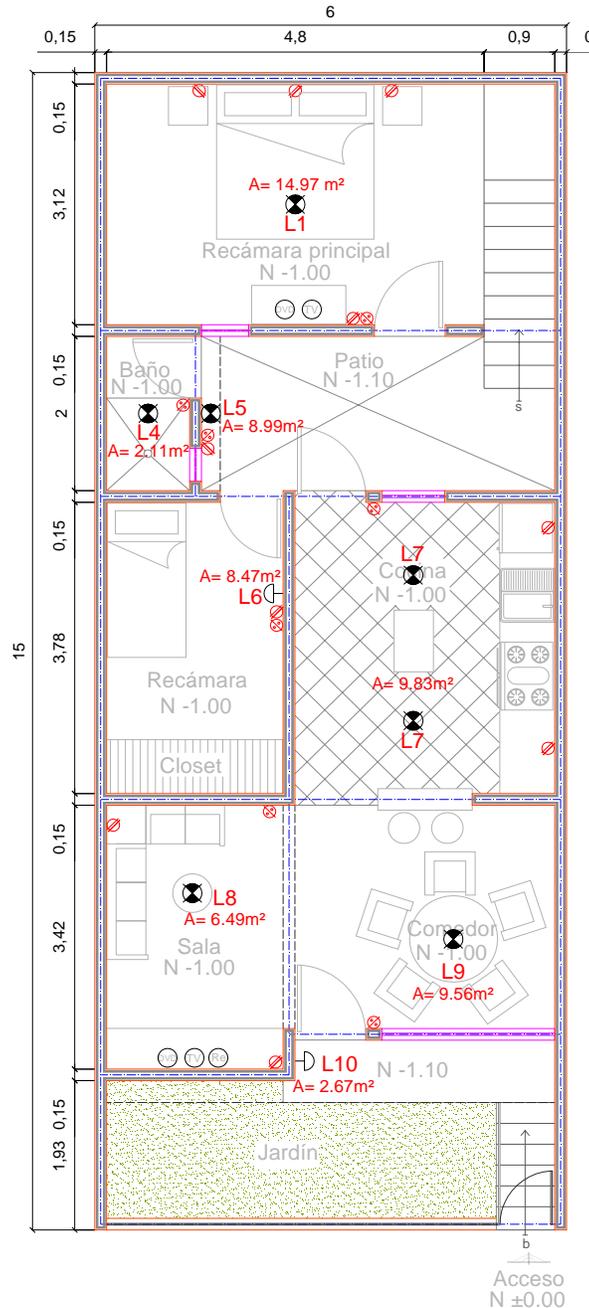


Imagen 5.44 Propuesta de instalación eléctrica

Una vez establecidas las tres etapas, veremos a continuación las necesidades eléctricas en cada una de éstas, para después determinar las necesidades tecnológicas.



<b>Tabla de necesidades eléctricas por etapas</b>						
<b>Etapa</b>	<b>Aparatos eléctricos</b>	<b>cantidad</b>	<b>Potencia en Watt</b>	<b>Horas al día</b>	<b>Subtotal en Watt*hr</b>	<b>Potencia total en Watt</b>
<b>Primera etapa</b>	<b>Iluminación</b>					
	Lámparas fluorescentes:					
	L1 (Recámara principal)	1	26	6	156	
	L2 (Zona de lavado)	1	20	4	80	
	L3 (Equipo fotovoltaico)	1	9	6	54	
	<b>Recreación</b>					
	TV de 21" marca Samsung	1	110	4	440	
	DVD marca Samsung	1	12	2	24	
	<b>Consumo promedio diario en Watt*hr</b>				<b>754</b>	<b>177</b>
<b>Segunda etapa</b>	<b>Iluminación</b>					
	Lámparas fluorescentes:					
	L1 (Recámara principal)	1	26	6	156	
	L2 (Zona de lavado)	1	20	4	80	
	L3 (Equipo fotovoltaico)	1	9	6	54	
	L4 (Baño)	1	9	4	36	
	L5 (Patio)	1	15	4	60	
	L6 (Recámara 1)	1	15	6	90	
	L7 (Cocina)	2	20	6	240	
	L8 (Sala)	1	22	6	132	
	L9 (Comedor)	1	26	6	156	
	L10 (Acceso)	1	9	4	36	
	<b>Recreación</b>					
	TV de 21" marca Samsung	1	110	4	440	
	DVD marca Samsung	1	12	2	24	
	<b>Consumo promedio diario en Watt*hr</b>				<b>1504</b>	<b>313</b>
<b>Tercera etapa</b>	<b>Iluminación</b>					
	Lámparas fluorescentes:					
	L1 (Recámara principal)	1	26	6	156	
	L2 (Zona de lavado)	1	20	4	80	
	L3 (Equipo fotovoltaico)	1	9	6	54	
	L4 (Baño)	1	9	4	36	
	L5 (Patio)	1	15	4	60	
	L6 (Recámara 1)	1	15	6	90	
	L7 (Cocina)	2	20	6	240	
	L8 (Sala)	1	22	6	132	
	L9 (Comedor)	1	26	6	156	
	L10 (Acceso)	1	9	4	36	
	<b>Recreación</b>					
	TV de 21" marca Samsung	2	110	4	880	
	DVD marca Samsung	2	12	2	48	
	<b>Confort</b>					
	Ventilador marca Master Craft	2	6	4	48	
	<b>Refrigeración</b>					
	Refrigerador de 7' mca Whirlpool	1	290	6	1740	
	<b>Consumo promedio diario en Watt*hr</b>				<b>3756</b>	<b>737</b>

Tabla 5.2



Para conocer el voltaje nominal del sistema, es conveniente definir el inversor que se utilizará. En este caso, se ha elegido un inversor fotovoltaico de 1 kW GC-1000 bajo la marca de Advanced Energy Inc. Con las siguientes características:

Foto de © vtarq con fines didácticos



Bajo las características técnicas, se define el voltaje nominal del sistema a 60 V, debido a que se ha pensado que el sistema fotovoltaico trabajará interconectado a la red, el Voltaje nominal de cada módulo es múltiplo de 15 V.

Imagen 5.45 Aspecto de un inversor GC-1000 instalado en el Centro de Investigaciones en Energía de la UNAM

<b>DC Input</b> Input Range* ..... 48 V/60 V MPP nominal; 100 V max.; 1200W DC max. Operating Input Range ..... 47.5 to 92 VDC standard; 35.5 to 92 VDC low-voltage MPPT Range..... 47.5 to 68 VDC standard; 35.5 to 52 VDC low-voltage Utility Feedback Current..... 15 A max. Array Short-Circuit Current.... 25 A max. total	
<b>AC Output</b> Output Voltage ..... 120 V nominal; 106 to 130 VAC operating Output Frequency..... 60 Hz nominal; 59.3 to 60.5 Hz operating Output Current..... 8.0 A max.; <5% THD	
<b>Performance</b> Temp. Range..... -40 to +60°C Efficiency ..... 93% max. Tare Losses..... 2.4 Watts	<b>Mechanical</b> Weight ..... 43 lbs. net, 45 lbs. ship Dimensions ..19"x8"x6.5" inverter alone .....28.5"x8"x6.5" with string combiner Enclosure ....Outdoor rated

Imagen 5.46 Características técnicas del inversor GC-1000



<b>Tabla de propuesta tecnológica</b>										
<b>Etapa</b>	<b>Ec</b> (energía consumida por aparatos en Watt-hr)	<b>Fs</b> (Factor de sobredimensionamiento)	<b>Rs</b> (recurso solar en hr)	<b>Nm</b> (eficiencia de acoplamiento del módulo caliente NOTC= 50°C)	<b>Nt</b> (Eficiencia global en el sistema de energía)	<b>Pafv= (Ec*Fs)/(Rs*Nm*Nt)</b> Potencia requerida del arreglo fotovoltaico en W-p)	<b>Pm</b> (potencia del módulo seleccionado en W)	<b>N= Pafv/Pm</b> (número de módulos requeridos)	<b>Vn voltaje nominal</b> (requerimiento del inversor)	Requerimientos por voltaje nominal del inversor de 1 kW
Primer etapa	754	1,05	5	0,9	0,81	217,202	75	3	60	4
Segunda etapa	1504	1,05	5	0,9	0,81	433,251	75	6	60	8
Tercera etapa	3756	1,05	5	0,9	0,81	1081,975	75	14	60	16

Tabla 5.3

El módulo elegido es de silicio monocristalino de 75 W (AstroPower AP-75) con 36 celdas en serie y 1 en paralelo, y para resumir sus características técnicas observemos la siguiente tabla:

<b>Tabla de módulo seleccionado</b>										
<b>Etapa</b>	<b>Vn del sistema</b>	<b>Pafv</b>	<b>Pm</b> (potencia del módulo seleccionado en watt)	<b>material</b>	<b>Im</b> (corriente del módulo seleccionado en A)	<b>Vm Voltaje del módulo</b> (condiciones de operación en V)	<b>Corriente a generar por el arreglo fotovoltaico lafv en amper</b>	<b>NS= Vn/Vm</b> (número de paneles en serie)	<b>NP= lafv/Im</b> (número de paneles en paralelo)	<b>Total de paneles</b>
Primer etapa	60	217,202	75	silicio monocristalino	4,4	15	4	4	1	4
Segunda etapa	60	433,251	75		4,4	15	7	4	2	8
Tercera etapa	60	1081,975	75		4,4	15	18	4	4	16

Tabla 5.4

La potencia total del sistema fotovoltaico es de 737 Watt por lo que es inferior a la potencia del inversor seleccionado. Los diagramas de funcionamiento pueden simplificarse como sigue:

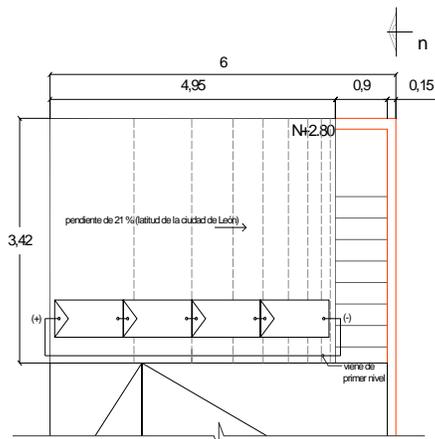


Imagen 5.47 Representación de la primera y segunda etapas en la instalación del sistema fotovoltaico

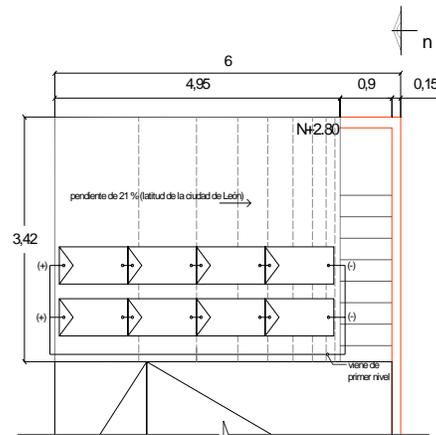


Imagen 5.47 Representación de la primera y segunda etapas en la instalación del sistema fotovoltaico

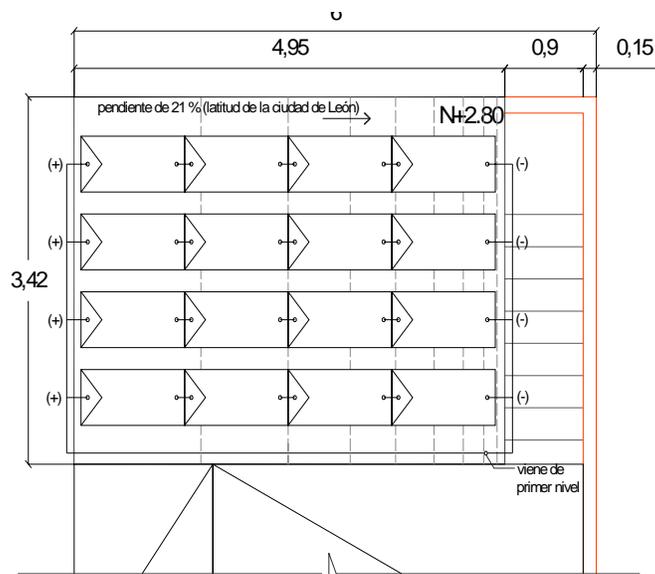
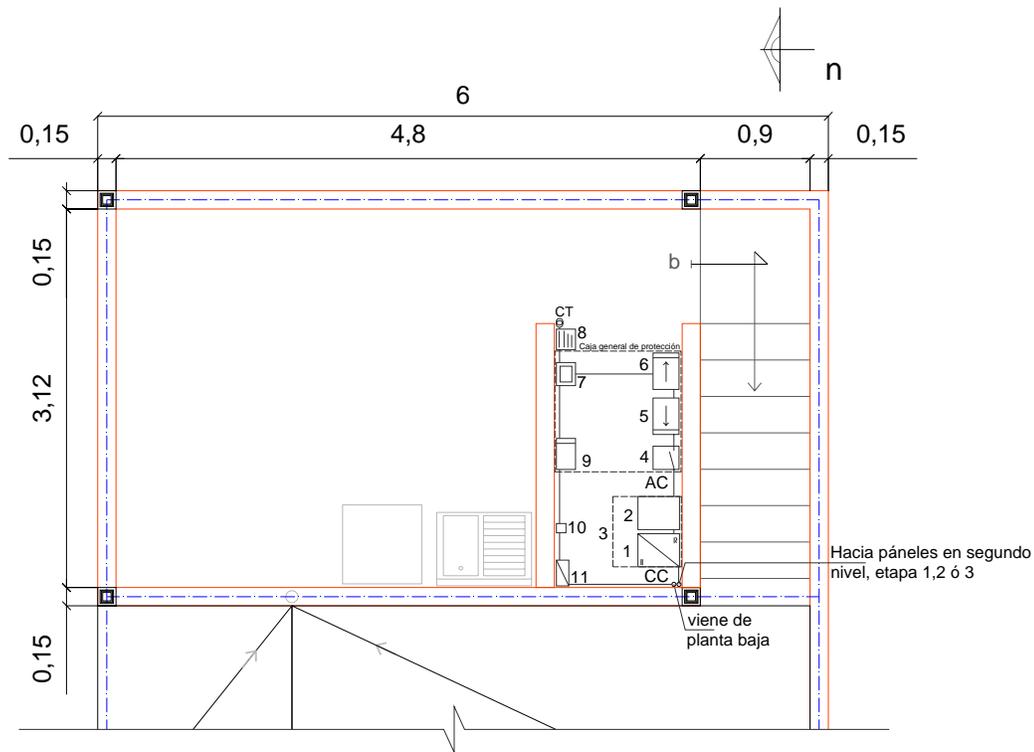


Imagen 5.48 Representación de la tercera etapa en la instalación del sistema fotovoltaico



1. Inversor
2. Protecciones. Éstas pueden estar integradas en el inversor
3. Unidad de acondicionamiento de potencia
4. Interruptor general
5. Contador de compra
6. Contador de venta
7. Fusibles de protección
8. Caja de embarrado (empresa distribuidora)
9. Contador de suministro
10. Interruptor de control de potencia (ICP)
11. Cuadro de distribución

### Primer nivel

Imagen 5.49 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico propuesto

Para llevar a cabo un mayor ahorro y evitar los despilfarros energéticos que puede producir un sistema solar fotovoltaico aislado, se propone conectarlo a la red, como lo indica el diagrama unifilar de la imagen anterior. Esto con el principal objetivo de aprovechar al máximo la capacidad de generación eléctrica.



#### 5.2.2.4 Presupuestos sobre el caso de estudio

Existe una gran diferencia en cuanto a costos entre un sistema conectado a la red y un sistema aislado de la red (a base de baterías), ya que el sistema de baterías generalmente es la parte más costosa al integrarse a un sistema fotovoltaico y además las baterías requieren de un mantenimiento y reemplazo en corto tiempo (la vida útil de una batería varía dependiendo de la capacidad y la marca entre 5 y 7 años máximo).

Para conocer el verdadero precio de un sistema fotovoltaico conectado a la red como el que hemos visto anteriormente, se ha pedido a algunas empresas dedicadas a instalar sistemas fotovoltaicos a nivel nacional, un presupuesto con el propósito de comparar los precios entre sí y obtener algunos datos importantes en cuanto al costo de los sistemas fotovoltaicos en terreno nacional.

Las empresas a las cuales se ha pedido el presupuesto son las siguientes:

- FISIÓN INGENIERÍA S.A. DE C.V.
- ARIAN SOLAR S.A. DE C.V.

A continuación, veremos los presupuestos de los diferentes proveedores y una tabla comparativa entre los diferentes precios que manejan los mismos.



**PROVEEDOR: FISION ENERGÍA S.A. DE C.V.**

		Poniente 126-A N°43 Nva. Vallejo, D.F. 07750 Tel/fax 53689010/1458/8919/8922 Tel Fax	N° de cotización: <b>FIS-RE-07-012</b>
<p><b>COTIZACION</b></p>			
Cliente Arq. Claudia E. Vázquez T.		Fecha: 24-Abr-07 Atención: Arq. Claudia E. Vázquez Representante: GENARO SAUCEDO L.A.B: CD. DE MEXICO	
Cantidad	Descripción	Precio unitario	TOTAL
18	Modulos Fotovoltaicos de 85W,24V, Modelo Q85MI Marca CONERGY. Primer etapa	\$6,500.00	\$117,000.00
18	Modulos Fotovoltaicos de 85W,24V, Modelo Q85MI Marca CONERGY. Segunda etapa	\$6,500.00	\$117,000.00
24	Modulos Fotovoltaicos de 85W,24V, Modelo Q85MI Marca CONERGY. Tercer etapa	\$6,500.00	\$156,000.00
1	Inversor conectado a la Red, Modelo Sunny Boy 1800 Potencia 1800W, Tension entrada 139 a 400VCD Salida de 106 a 132VCA, eficiencia maxima 93% Frecuencia de 59.3 a 60.5Hz. Este inversor es el más pequeño en potencia que podemos ofrecer, ademas que la tensión de entrada mínima de 139VC heche que se tengan que conectar 6 modulos de 24V en serie. Lo que implica que se tengan seis veces mas modulos de lo considerado originalmente.	\$30,000.00	\$30,000.00
4	Bastidor de aluminio anorizado para 5 modulos. 1er Etapa	\$2,370.00	\$9,480.00
4	Bastidor de aluminio anorizado para 5 modulos. 2a Etapa	\$2,370.00	\$9,480.00
5	Bastidor de aluminio anorizado para 5 modulos. 3er Etapa	\$2,370.00	\$11,850.00
5	Protección de sobretensiones ST-120, Mca Phoenix Contac	\$500.00	\$2,500.00
1	Interruptor de 1x20A, para corriente directa, 10kA de capacidad interruptiva, Modelo PLS6-C20-DC-MW, MCB Xpole20/1	\$100.00	\$100.00
1	Interruptor de 1x20A, para corriente directa, 10kA de capacidad interruptiva, Modelo PLS6-B20-MW, MCB Xpole20 / 1 Polo	\$60.00	\$60.00
2	Equipo de Medición EMM-4De, Marca Contrel Incluye transformadores de corriente.	\$4,250.00	\$8,500.00
1	Tablero de Distribución en caja de policarbonato para nueve circuitos de de 1 polo de 10A. CD9PT	\$700.00	\$700.00
1	Instalación y puesta en servicio 1er etapa	\$54,000.00	\$54,000.00
1	Instalación y puesta en servicio 2a etapa	\$37,944.00	\$37,944.00
1	Instalación y puesta en servicio 3er etapa	\$37,944.00	\$37,944.00
Tiempo de entrega: 8 semana. No incluye Flete, los equipos son puesto en la Cd. De México Los precios están cotizados en Moneda Nacional, más IVA y tienen una vigencia de 15 días a partir de esta fecha,			
		Subtotal	\$592,558.00
		IVA	\$88,883.70
		<b>TOTAL</b>	<b>\$681,441.70</b>
			PESOS
Detalles de pago <input checked="" type="radio"/> 50% DE ANTICIPO Y 50% CONTRA AVISO DE DISPONIBILIDAD <input type="radio"/> <input type="radio"/>			
Ing. Genaro Saucedo Division Energías Renovables			
			
			

Imagen 5.50



Este proveedor considera que si se pretende aislar el sistema fotovoltaico se requieren 12 baterías de 6V, descarga profunda marca Surrrette tipo ácido-plomo con una vida útil entre 5 y 7 años y se debe considerar que cada 5 años se deben sustituir las baterías durante los años que correspondan a la vida útil de los paneles solares. El costo total del sistema se incrementaría en un 20 %.

Si analizamos la información proporcionada por FISION nos daremos cuenta que el presupuesto está sobrado, por lo que se han ajustado a las necesidades reales en la siguiente tabla:

Etapa	Equipo elegido	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Primera etapa	Módulo fotovoltaico 85 W Modelo Q85MI marca CONERGY	4	\$6.500,00	\$26.000,00
	Inversor modelo GC-1000 de 1kW DC-AC	1	\$20.000,00	\$20.000,00
	protección de sobretensiones ST-120 marca Phoenix Contac	1	\$500,00	\$500,00
	Equipo de medición EMM-4De marca Cortel	2	\$4.250,00	\$8.500,00
	Instalación y puesta en servicio	1	\$54.000,00	\$54.000,00
Segunda etapa	Módulo fotovoltaico 85 W Modelo Q85MI marca CONERGY	4	\$6.500,00	\$26.000,00
Tercera etapa	Módulo fotovoltaico 85 W Modelo Q85MI marca CONERGY	8	\$6.500,00	\$52.000,00
				<b>\$187.000,00</b>

Tabla 5.5 Costo del equipo fotovoltaico según FISION



**PROVEEDOR: ARIAN SOLAR S.A. DE C.V.**

México, D.F. a 21 de Mayo del 2007

**Cotización ARNSOL150/2007-a**

Arq. Claudia Vázquez  
Tel. 044 55 28 86 51 17

Por medio de la presente se envía la cotización para el proyecto de un Sistema Fotovoltaico en 3 etapas, de acuerdo a los datos proporcionados.

Etapa 1, para una capacidad de 754 Wh/día:

Partida	Parte	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Importe
1	75W/P	Modulo Solar 75 Watts - 12 VCD Mca. Q Cell's	4	Pz	\$ 4.875,00	\$ 19.500,00
2	ACC-SOL	Accesorios para Instalación	1	Lote	\$ 3.986,21	\$ 3.986,21
3	AS-MO	Mano de Obra instalación	1	Lote	\$ 5.922,20	\$ 5.922,20
<b>Sub Total</b>					<b>\$</b>	<b>29.408,41</b>
<b>15 % IVA</b>					<b>\$</b>	<b>4.411,26</b>
<b>Total MN</b>					<b>\$</b>	<b>33.819,67</b>

Etapa 2, para una capacidad de 1,504 Wh/día:

Partida	Parte	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Importe
1	75W/P	Modulo Solar 75 Watts - 12 VCD Mca. Q Cell's	8	Pz	\$ 4.875,00	\$ 39.000,00
3	PR3030	Controlador 30A-12V-24VCD Mca. STECA	3	Pz	\$ 1.892,00	\$ 5.676,00
5	ACC-SOL	Accesorios para Instalación	1	Lote	\$ 6.572,42	\$ 6.572,42
6	AS-MO	Mano de Obra instalación	1	Lote	\$ 13.239,90	\$ 13.239,90
<b>Sub Total</b>					<b>\$</b>	<b>64.488,32</b>
<b>15 % IVA</b>					<b>\$</b>	<b>9.673,25</b>
<b>Total MN</b>					<b>\$</b>	<b>74.161,57</b>



Etapa 3, para una capacidad de 3,756 Wh/día:

Partida	Parte	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Importe
1	75W/P	Modulo Solar 75 Watts - 12 VCD Mca. Q Cell's	8	Pz	\$ 4.875,00	\$ 39.000,00
3	PR3030	Controlador 30A-12V-24VCD Mca. STECA	3	Pz	\$ 1.892,00	\$ 5.676,00
5	ACC-SOL	Accesorios para Instalación	1	Lote	\$ 6.572,42	\$ 6.572,42
6	AS-MO	Mano de Obra instalación	1	Lote	\$ 13.239,90	\$ 13.239,90
<b>Sub Total</b>					<b>\$</b>	<b>64.488,32</b>
<b>15 % IVA</b>					<b>\$</b>	<b>9.673,25</b>
<b>Total MN</b>					<b>\$</b>	<b>74.161,57</b>

Términos y Condiciones:

- El modulo solar tiene una garantía por escrito por 2 años por Arian Solar y 18 años por el fabricante y una expectativa de vida de más de 30 años en condiciones normales de operación, medio ambiente y demanda de energía
- Baterías de Ciclo Profundo tiene una garantía por escrito por 2 años por Arian Solar y 3 años por el fabricante tiempo de vida arriba de 7 años en condiciones normales de operación, medio ambiente y demanda de energía
- Inversor y Controlador 1 año de garantía en condiciones normales de operación, medio ambiente y demanda de energía
- Tiempo de instalación aproximado 1 a 2 semanas dependiendo de la etapa contadas a partir de la liquidación y presentación física total del equipo y accesorios.
- A partir de 1<sup>o</sup> de enero del 2005 y de acuerdo al régimen fiscal del cliente, podrá ser deducible el 100% de la inversión en maquinaria y equipo para generación de energía proveniente de fuentes renovables en un sólo ejercicio fiscal, conforme lo establece el artículo 40 fracción XII de la LISR.
- El sistema se liberará en los siguientes 60 días posteriores a la terminación de la instalación concluida la estabilización de sistema FV
- Vigencia de esta cotización 30 días.
- 70% a la firma del contrato entre cliente-Arian Solar y 30% al inicio de la instalación con copia de ficha en firme del depósito:
  - Bancomer (pesos) cuenta No. 0153793362 suc. 3436 Clabe: 012180001537933625
  - HSBC (pesos) cuenta No. 4032814238 suc. 598 Clabe : 021180040328142389
  - HSBC (USD dólares) cuenta No. 07002438208 suc. 598 Clabe : 021180070024382086
  - Scotiabank Inverlat (pesos) cuenta No. 0106045952 suc. 085 Clabe: 044180001060459521

Estos precios son exclusivos para este sistema, se requiere variar las condiciones o cambiar el proyecto se volverá a recotizar.

Atentamente

Lorena Castillo Miranda  
[lcastillo@arian.com.mx](mailto:lcastillo@arian.com.mx)  
[www.arian.com.mx](http://www.arian.com.mx)  
 Tel. (55) 56 36 04 00



En resumen, veamos la siguiente tabla:

Etapa	Equipo elegido	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Primera etapa	Modulo Solar 75 Watts - 12 VCD Mca. Q Cell's	4	\$4.875,00	\$19.500,00
	Controlador 20A-12V- 24VCD Mca. STECA	1	\$1.600,00	\$1.600,00
	Inversor 1000W/12VCD/127VCA Mca. Power Master	1	\$6.730,00	\$6.730,00
	Accesorios para Instalación	1	\$2.693,11	\$2.693,11
	Mano de Obra instalación	1	\$3.251,60	\$3.251,60
Segunda etapa	Modulo Solar 75 Watts - 12 VCD Mca. Q Cell's	4	\$4.875,00	\$19.500,00
	Accesorios para Instalación	1	\$3.986,21	\$3.986,21
	Mano de Obra instalación	1	\$5.922,20	\$5.922,20
Tercera etapa	Modulo Solar 75 Watts - 12 VCD Mca. Q Cell's	8	\$4.875,00	\$39.000,00
	Controlador 30A-12V- 24VCD Mca. STECA	3	\$1.892,00	\$5.676,00
	Accesorios para Instalación	1	\$6.572,42	\$6.572,42
	Mano de Obra instalación	1	\$13.239,90	\$13.239,90
				<b>\$127.671,44</b>

Tabla 5.6 Costo del equipo fotovoltaico según ARIAN

El precio de nuestro sistema fotovoltaico oscila entre los \$150 000 en promedio, hecho que lo hace sumamente costoso para las familias que habitan viviendas de interés social, ya que en algunos casos la inversión económica para un sistema fotovoltaico como el que acabamos de estudiar, equivaldría a la mitad del costo total en la adquisición de una vivienda de interés social, por lo que evidentemente, para instalar un sistema fotovoltaico como el que acabamos de estudiar o similar, se requiere de un apoyo gubernamental como el que actualmente se da a las viviendas rurales además de créditos blandos que permitan a estas familias contar con una alternativa energética.



## 5.3 Análisis y factibilidad tecnológica

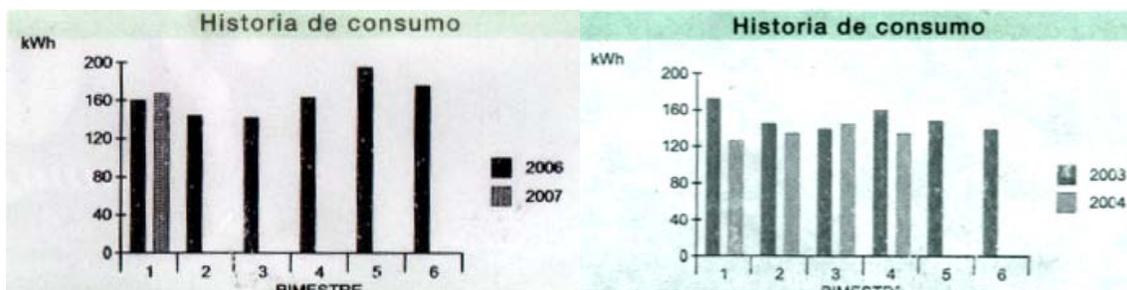
Una vez realizada la propuesta, debemos asegurarnos que el marco normativo vigente en el Estado de Guanajuato, permita la realización de este proyecto, y precisamente sobre el tema, la política ambiental del Estado de Guanajuato establece dentro de la Ley para protección y preservación del ambiente del Estado que podemos aprovechar los recursos naturales **renovables** si aseguramos el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad (Art. 15 párrafo VIII). También se establece en el Estado y los municipios sistemas de manejo ambiental y ahorro energético (Art. 73) siempre y cuando no se afecte a los ecosistemas del lugar (Art. 103).



Imagen 5.49 Historial de consumo eléctrico en la vivienda de interés social donde se propone la instalación del sistema fotovoltaico

El artículo 36 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica establece que podemos generar energía eléctrica **independiente o de autoabastecimiento** mientras el consumo no exceda los 3 MW

en un área determinada por la Secretaría y en el caso de no exceder los 0.5 MW no se requiere de permiso alguno (Art. 39). La imagen 5.49 nos muestra el historial eléctrico de nuestro caso de estudio, ahora veamos, en otra imagen, una comparativa entre los historiales de los años 2003, 2004, 2006 y 2007 en la siguiente imagen:



5.50 Comparativa de historial eléctrico para el caso de estudio



Como podemos darnos cuenta en la imagen anterior, durante el 2006 se registraron consumos eléctricos que rebasaron los consumos registrados durante años pasados, lo cual afirma las prospectivas que se realizaron que donde se prevé un incremento en consumo eléctrico para el sector doméstico en la ciudad de León.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red energética convencional, en este caso de la Comisión Federal de Electricidad, son un tema relativamente nuevo en nuestro país, sin embargo en Europa y específicamente en España, se tienen datos que favorecen el uso de estos sistemas, por lo que la factibilidad tecnológica no depende de las técnicas sino de la tecnología; es decir, del conjunto de procedimientos, teorías y resultados que se aplican para establecer la estrategia energética.

Fuente: Aplicaciones de la Energía Solar

TON	FUENTE	ENERGÍA EN MWh
1	Petróleo	4,3
1	Carbón	2,8
1	Uranio (5 g U 235)	120
1	Silicio (cristalino)	2300

Tabla 5.7 Comparativa de energía obtenida a través de diferentes fuentes

Por último, observemos la tabla 5.7, en la que nos podemos dar cuenta que al utilizar una fuente energética no convencional como el silicio cristalino, se genera más cantidad de energía que la generada por petróleo, y esto a su vez puede reducir las emisiones a la atmósfera por lo que se comprueba también una factibilidad ambiental.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los avances tecnológicos sobre energía solar existen, y para ello contamos con ejemplos como España o Alemania; sin embargo, podemos resumir que para asegurar la aplicación futura de la energía solar en México se debe generar un marco regulatorio claro que nos permita aplicar legalmente los sistemas fotovoltaicos, e incentivos fiscales y créditos blandos con el fin de promover y hacer más atractivos económicamente a los sistemas solares entre todos los sectores de la población.

Las plantas eléctricas pequeñas (como nuestro caso de estudio) ofrecen una forma competitiva en los mercados eléctricos. Aun cuando la electricidad que generan es más cara en la fuente, no está sujeta a las grandes pérdidas de transmisión que tienen lugar en el proceso de llegar a los usuarios finales; pero en nuestro país existen varias barreras a su aprovechamiento, por lo que es necesario, en primer lugar, llamar la atención de quienes influyen en la toma de decisiones sobre sus aspectos positivos y, en segundo lugar, iniciar la exploración sobre las formas en las que mejor se adapte a las condiciones locales.

Un mayor uso de las energías alternas entre todos los sectores de nuestro país trae consigo la disminución del control de la industria petrolera que, bajo intereses propios, no permite el uso masivo del recurso solar en nuestro país. En México contamos con un mercado fotovoltaico desde hace muchos años, pero se sabe poco al respecto, a pesar de los esfuerzos por parte de la CFE por desarrollar sistemas fotovoltaicos tanto aislados como conectados a la red energética convencional<sup>1</sup>, desafortunadamente, estos esfuerzos se realizan bajo la falta de una política nacional y hasta hace algunos años podían ser considerados como hechos aislados.

El despilfarro no solo confunde, detiene el avance tecnológico, por lo que debemos contar con una política ambiental, económica y social acorde a nuestras necesidades energéticas actuales y la parte gubernamental, tanto federal, estatal y municipal, tienen un papel muy importante en este caso.

Evidentemente, el costo de los sistemas energéticos juega un papel primordial para poder establecer una estrategia, y al respecto, sabemos que los sistemas fotovoltaicos representan una gran inversión para los usuarios sobre todo si hablamos de usuarios de viviendas de interés social, pero consideremos también que afrontamos un cambio climático abrupto y que los actuales sistemas energéticos no representan una solución a nuestras necesidades eléctricas en un mediano plazo, bajo estas circunstancias, se acotan las soluciones para asegurar nuestro gasto energético y evidentemente las personas que habitan esas viviendas de interés social (y que representan un gran número de personas no solo en el Estado de Guanajuato, sino a nivel nacional) representan también al grupo social más desprotegido<sup>2</sup>, por lo que debemos considerar

---

<sup>1</sup> Como en el caso de Mexicali, Baja California, donde se instalaron 50 sistemas fotovoltaicos en viviendas urbanas durante este mismo año.

<sup>2</sup> Bajo el punto de vista que tiene las mismas desventajas económicas de las viviendas rurales y además cuentan con las mismas necesidades energéticas de una vivienda de interés medio o residencial.

¿qué representará un mayor problema para el gobierno en un mediano plazo, el costo ambiental o el costo económico para generar electricidad?.

Es claro que no hay un punto de comparación, o mejor dicho, no debería haber duda sobre la importancia que tiene el costo ambiental sobre el costo económico de estos sistemas si buscamos asegurar un futuro energético afectando en un menor grado el impacto al ambiente natural. Como caso de estudio, en el Estado de Guanajuato, y en todo el país, necesitamos un cambio de cultura no solo en lo económico a través de la inversión en desarrollo de la tecnología, sino también en la forma de ver nuestras necesidades y de cómo traducirlas en beneficios para el futuro.

Dentro de nuestro Estado existen viviendas con más de 100 años de haber sido construidas; si consideramos un promedio de vida útil para una vivienda en la ciudad de León de 60 años, sabremos entonces que las viviendas que actualmente están construidas y en proceso de construcción, enfrentarán las crisis y escasez de recursos naturales que necesitamos para satisfacer nuestros requerimientos energéticos. Éstas viviendas seguirán en pie una vez que se haya agotado el petróleo y no habrá otra forma de obtener electricidad mas que con alguna alternativa energética.

Desde este punto de vista y considerando los antecedentes para introducir un sistema nuevo en la sociedad leonesa, los sistemas fotovoltaicos son ideales para implementar en la vivienda de los guanajuatenses y contamos con el tiempo justo para establecer un programa de cultura ecológica y lograr que la gente se acostumbre y tome como parte de su vida a un sistema diferente a lo que está acostumbrada. Y si además, consideramos que si personas que habitan viviendas de interés social son de escasos recursos, es fácil comprender que dado el momento, será más difícil para ellos adaptarse a un cambio tecnológico que para cualquier otro sector de la sociedad.

Esta investigación marca claramente la situación en que nos encontramos actualmente en la ciudad, existe una inquietud por introducir tecnología solar y sin embargo no atendemos los aspectos sociales, culturales y de apoyo técnico para una correcta adaptación por parte del usuario, y que esto genere a su vez un mayor interés por invertir en aspectos tecnológicos en todo el Estado, que como bien sabemos, traería beneficios económicos para el país. Para la ciudad de León Guanajuato, existe una desinformación total, tanto por los mismos proveedores de sistemas fotovoltaicos, como por los usuarios que finalmente son quienes utilizarán éstos sistemas; claro, excepto algunos casos en que se instala un sistema fotovoltaico de manera independiente de cualquier órgano de gobierno.

El municipio de León necesita reestructurar o plantear nuevas estrategias que no le provoquen despilfarro, sino que representen un fortalecimiento a los programas que ya han sido implementados por ellos mismos y además, deben contar con un taller (o curso de introducción) para los usuarios, del sistema que se les va a proporcionar para que conozcan su sistema energético, lo cuiden y le den el mantenimiento adecuado y claro que cuando haya una falla, tengan una persona a la cual se puedan dirigir para que se les auxilie técnicamente.

La potencia total en Watt es de 737 para una familia de 4 miembros en promedio, y según el cálculo realizado, podemos utilizar un inversor de 1kW, para determinar el voltaje nominal del sistema que es de 60 V. El precio de nuestro sistema fotovoltaico oscila entre los \$150 000 en promedio, hecho que lo hace sumamente costoso para las familias que habitan viviendas de interés social, ya que en algunos casos la inversión económica para un sistema fotovoltaico como el que acabamos de estudiar, equivaldría a la mitad del costo total en la adquisición de una vivienda de interés social, por lo que evidentemente, para instalar un sistema fotovoltaico como el que acabamos de estudiar o similar, se requiere de un apoyo gubernamental como el que actualmente se da a las viviendas rurales además de créditos blandos que permitan a estas familias contar con una alternativa energética.

Los datos y la información expuestas tienden a confirmar la hipótesis de esta investigación, ***Un mejor aprovechamiento de la riqueza natural en nuestro país, mejora la calidad de vida y reduce los costos que actualmente se pagan al implementar una estrategia energética no convencional en una vivienda de escasos recursos económicos***, ya que si analizamos el sistema fotovoltaico que se propone implementar en nuestro caso de estudio, encontraremos que al proponer un sistema fotovoltaico conectado a la red convencional, se reduce un tercio del costo total de un sistema fotovoltaico aislado. Así, aprovechamos tanto la infraestructura de la red convencional y las ventajas geográficas y climatológicas que nos permiten contar con un recurso solar privilegiado.

Y bajo estos resultados, quedamos satisfechos de aportar desde un punto de vista teórico-científico, el conocimiento de una alternativa para solucionar la necesidad energética (enfocada a viviendas de interés social) que actualmente amenaza abruptamente al ambiente natural y pone en riesgo nuestra estancia en el planeta logrando con ello el aprovechamiento de los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad ambiental.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>BM</b>	Banco Mundial
<b>CAT</b>	Construcción-Arrendamiento-Transferencia
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>CONAE</b>	Comisión Nacional de Energía
<b>CONAGUA</b>	Comisión Nacional del Agua
<b>CONCYTEG</b>	Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato
<b>CRE</b>	Comisión Reguladora de Energía
<b>FV</b>	Fotovoltaicos
<b>GEC</b>	Grupo Europeo de Cogeneración
<b>GWh</b>	Giga Watt Hora
<b>IGCC</b>	gasificación Integrada a Ciclos Combinados
<b>IMP</b>	Instituto Mexicano del Petróleo
<b>IMUVI</b>	Instituto Municipal de Vivienda
<b>IVEG</b>	Instituto de Vivienda del Estado de Guanajuato
<b>Kg</b>	Kilo gramo
<b>kW</b>	Kilo Watt
<b>LFC</b>	Luz y Fuerza del Centro
<b>MW</b>	Mega Watt
<b>MWh</b>	Mega Watt hora
<b>OIEA</b>	Organismo Internacional de la Energía Atómica
<b>OPEP</b>	Organización de Países Exportadores de Petróleo
<b>PECYT</b>	Programa Estatal de Ciencia y Tecnología
<b>PEMEX</b>	Petróleos Mexicanos
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>PIE</b>	Productor Independiente de Energía
<b>PND</b>	Plan Nacional de Desarrollo
<b>PSE</b>	Programa Sectorial de Energía
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>SIDTEEG</b>	Sistema de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía del Estado de Guanajuato
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>V</b>	Volts

# Fuentes bibliográficas. Parte 1

- Jacques Ellul, **La noción de ambivalencia de la técnica**, traducción de Andrés Felipe Peralta Sánchez.
- Quintanilla Miguel A., **Tecnología: un enfoque filosófico**, México, Fondo de Cultura Económica, 2005.
- Winner Langdon, **Tecnología Autónoma: la técnica incontrolada como objeto del pensamiento político**, Barcelona, Gustavo Gili, 1979.
- Wolfgang Palz, **Electricidad Solar, estudio económico de la Energía Solar**, UNESCO, Ed. Blume, 1978, 261 p.

## Referencias electrónicas:

- [www.buscon.rae.es](http://www.buscon.rae.es)
- [www.eati.upaep.mx](http://www.eati.upaep.mx)
- [www.funtener.org/pdfs/apagon.pdf](http://www.funtener.org/pdfs/apagon.pdf) , Odón de Buen R., Artículo: **El apagón en Nueva York**
- [www.lablaa.org](http://www.lablaa.org)
- [www.terra.com.mx](http://www.terra.com.mx)

## Fuentes bibliográficas. Parte 2

- Adame Miranda Julián, et al, ***El sector eléctrico de México***, México. Fondo de Cultura Económica, 1994, 727 p.
- Wolfgang Palz, ***Electricidad Solar, estudio económico de la Energía Solar***, UNESCO, Ed. Blume, 1978, 261 p.
- Schoijet Mauricio, **Artículo: Movimientos antinucleares y las respuestas del aparato estatal: de la lucha contra las centrales nucleares a los conflictos sobre desechos**, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- León de los Santos Gabriel, **Artículo: Políticas públicas para la promoción de la cogeneración eléctrica en México.**
- Lester R. Brown, **El Estado del Mundo, un informe del instituto Worlwoth acerca del progreso hacia una sociedad perdurable**, México, Fondo de Cultura Económica, 1988, 437 p.

### Referencias electrónicas y revistas:

- Revista Latinoamericana de economía: **Problemas del Desarrollo**, Vol. 35, No. 137, 122p.
- Revista Energía a Debate, Artículo: **Los retos de la generación energética**, Vol. II, No. 11, 2005.
- [www.amper.org.mx](http://www.amper.org.mx)
- [www.cfe.org.mx](http://www.cfe.org.mx)
- [www.ies-def.upm.es](http://www.ies-def.upm.es)
- [www.lajornada.unam.mx](http://www.lajornada.unam.mx), Artículo: **Desastroso copiar fórmulas en apertura del sector energético**. Fecha: 28 de octubre del 2005.
- [www.lajornada.unam.mx](http://www.lajornada.unam.mx), Artículo: **El problema central del sector energético**, publicado el 6 de noviembre del 2005
- [www.sener.org.mx](http://www.sener.org.mx)

## Fuentes bibliográficas. Parte 3

- Aden B. Meinel y Marjorie P. Meinel, ***Aplicaciones de la energía solar***, España, Reverté S.A., 1982, 699 p.
- Alonso Abella Miguel, ***Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica***, España, Neografis S.L. Impresiones, 2005, 619 p.
- B.J. Brinkworth, ***Energía solar para el Hombre***, Madrid, H. Blume Ediciones, 1982, 243 p.
- Carlos E. López Campos, ***Física de la Energía Solar***, México, Universidad Autónoma Chapingo, 1991, 131 p.
- Casanova Colás José (coordinador), ***Curso de Energía Solar***, Valladolid, Cooperación de Artes Gráficas, 1993, 606 p.
- Gimeno Sales Fco. J., al, ***Convertidores electrónicos: Energía solar fotovoltaica, aplicaciones y diseño***, España, Editorial de la UPV, 388 p.
- Hans Rau, ***Energía Solar, aplicaciones prácticas***, España, Boixareu Editores, 1981, 215 p.
- J. B. I. Wilson, ***La energía solar***, México, Alambra Mexicana, S. A., 1982, 225 p.
- Jiménez Cisneros B. E., ***La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada***, México, Limusa, 2001, 926 p.
- Ken Tutti y John Perlin, ***Un hilo dorado. 2500 años de arquitectura y tecnología solares***, España, Nueva comunicación S.A., 1985, 289 p.
- ***La situación ambiental en México, programa universitario de medio ambiente***, compiladora: G. Toledo Cortina, México, Ed. O. Rivero Serrano et al, 1996, 910 p.
- M. Ibáñez Plana, et al, ***Energías renovables, tecnología solar***, México, Mundi-prensa, 2005, 544 p.
- Nestor Quadri; ***Energía Solar***, Buenos Aires, Alsina, 2003, 166 p.
- Rafael Almanza Salgado et al, ***Ingeniería de la Energía Solar***, México, Cromocolor, S.A. de C.V., 2003, 418 p.

- SEBA (Servicios Energéticos Básicos Autónomos), **Tejados Fotovoltaicos. Energía solar conectada a la red eléctrica**, España, PROGENSA, 2004, 128 p.
- Sylvanus G. Morley, **La civilización Maya**, México, Fondo de Cultura Económica, 1947, 527 p.
- Vittorio Silvestrini, **Uso de la Energía Solar**, España, Del Serbal, 1981, 140 p.
- Williams J. R., **Tecnología y aplicaciones de la Energía Solar**, España, Librería técnica Bellisco, 1976, 150 p.
- Wolfgang Palz, **Electricidad Solar, estudio económico de la Energía Solar**, UNESCO, Blume, 1978, 261 p.

#### Referencias electrónicas:

- [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)
- [www.astrocosmo.cl](http://www.astrocosmo.cl)
- [www.ciencia.nasa.gov](http://www.ciencia.nasa.gov)
- [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)
- [www.lajornada.com.mx](http://www.lajornada.com.mx)
- [www.sep.gob.mx](http://www.sep.gob.mx)
- [www.sodis.ch/files/Fiche\\_tech\\_05.pdf](http://www.sodis.ch/files/Fiche_tech_05.pdf)
- [www.textoscientificos.com](http://www.textoscientificos.com)
- [www.unam.mx](http://www.unam.mx)

## Fuentes bibliográficas. Parte 4

- Alonso Abella Miguel, **Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica**, España, Neografis S.L. Impresiones, 2005, 619 p.
- Gimeno Sales Francisco J. et al, **Convertidores electrónicos: energía solar fotovoltaica, aplicaciones y diseño**, España, U.P.V., 2002, 338 p.
- Jiménez Cisneros B. E., **La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada**, México, Limusa, 2001, 926 p.
- SEBA (Servicios Energéticos Básicos Autónomos), **Tejados Fotovoltaicos. Energía solar conectada a la red eléctrica**, España, PROGENSA, 2004, 128 p.
- **Sistemas de energía fotovoltaica. Manual del instalador**, España, Artes gráficas Gala, S. L., 2005.

### Referencias electrónicas:

- [www.amper.org.mx](http://www.amper.org.mx)
- [www.greenpeace.es](http://www.greenpeace.es)

## Fuentes bibliográficas. Parte 5

- Dirección de Desarrollo Rural del municipio de León, Guanajuato.
- Konrad Sage, **Instalaciones técnicas en edificios**, España, Gustavo Pili S.A., 1971, 227 p.
- Pacey Arnold, **La cultura de la tecnología**, México, Fondo de Cultura Económica, 1990.
- Westinghouse, **Manual del alumbrado**, España, Dossat S.A., 1976, 255 p.

### Referencias electrónicas:

- [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)
- [www.concyteg.gob.mx](http://www.concyteg.gob.mx)
- [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)
- [www.sieg.gob.mx](http://www.sieg.gob.mx)