

4. MARCO TEÓRICO

Desde que el hombre descubrió el fuego y utilizó su energía para la producción de calor y luz, existe una estrecha relación entre el progreso económico de los pueblos y la energía que consumen. Durante muchos años y aproximadamente hasta inicios del siglo XVIII, la economía de los pueblos se fundamentó en la agricultura y la energía que procedía fundamentalmente del esfuerzo muscular de hombres y animales, así como la fuerza motriz procedente del viento, el agua y el vapor. A partir del siglo XVIII se inició lo que comúnmente se denomina revolución industrial y las energías citadas fueron reemplazadas por la energía procedente de los combustibles tales como el carbón mineral, el gas natural, el gasoil y la gasolina (Censolar, 2010).

4.1. Conceptos de energía

Hay tres elementos centrales en el dimensionamiento de los sistemas energéticos:

- la **cantidad de energía** que se puede obtener de una fuente dada,
- la **potencia** con la que se requiere entregar esa energía y,
- la **eficiencia** con la que puede ser transformada para una aplicación útil” (De Buen, 2010).

Cada uno de estos aspectos resulta relevante cuando se considera la planeación e implementación de cualquier sistema que provea energía. De esta manera, se tiene que:

- **“Energía:** Se define como la capacidad para realizar un trabajo.
- **Trabajo:** Producto de una fuerza que empuja ‘algo’ por la distancia que recorre ese ‘algo’ ”.
- **“Potencia:** Cantidad de trabajo que se efectúa por unidad de tiempo.
- **Eficiencia:** Facultad para hacer algo determinado” (De Buen, 2010).

Con estos conceptos es posible entender que, para mover o influir en un objeto, se debe que usar una fuerza. Es decir, se requiere de una energía que

pueda proporcionar la seguridad de realizar un trabajo. Aquí es donde entra la importancia que se le ha dado desde hace siglos a las fuentes de energía.

La energía tiene varias formas, por lo que se puede manifestar de distintas maneras. Sin embargo, como la mayoría de las cosas, ésta necesita ser medida para conseguir un mayor y adecuado aprovechamiento; además de que esto también nos permitirá conocer los métodos más eficaces en cuanto a su uso. Para tener referencias acerca de las dimensiones de la energía, las cuales son de vital importancia, la tabla 1 muestra con las unidades de medida de energía más comunes.

Tabla 1. Unidades de medida de la energía y sus valores. Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de la Secretaría de Energía.

Conversión			
Medida	Joule	BTU	Watt-hora
1 joule	1	0.001	0.0003
1 BTU	1 055	1	0.293
1 watt-hora	3 600	3.41	1

A través de estas unidades, se demuestra el rendimiento que tiene la energía en cualquier tipo de proceso que se realice para mejorar la calidad de vida humana (cocción de alimentos, alumbrado público, aparatos electrodomésticos, industrias, entre otros.) Esto ayuda a tener referencias palpables cuando medidas como el gramo, el litro o el metro se vuelven inútiles. Se anexan a continuación definiciones para facilitar el entendimiento de este trabajo: “**Joule:** Trabajo realizado por la fuerza de un newton, para un desplazamiento de 1 metro. **BTU:** Es una unidad de energía inglesa. Es la abreviatura de *British Thermal Unit*. Un BTU representa, en términos térmicos, la cantidad de energía que se requiere para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit. **Watt-hora:** Abreviado Wh, es una medida de energía utilizada, principalmente, para energía eléctrica” (De Buen, 2010).

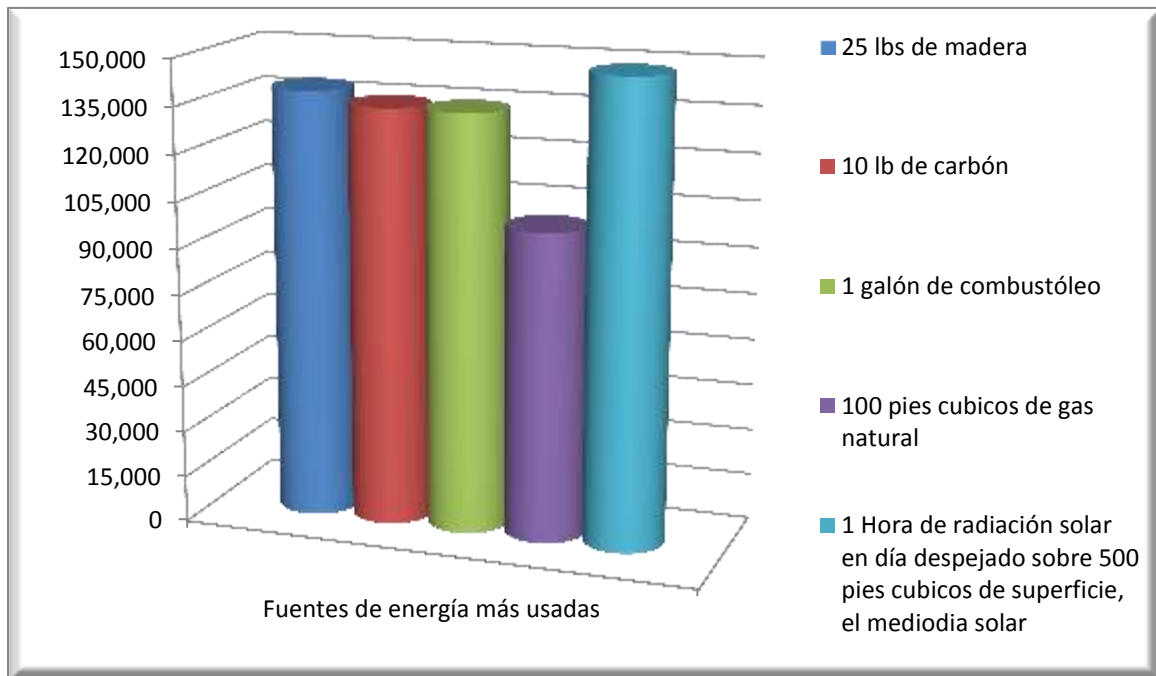


Figura1. Valor energético de ciertas clases de combustibles (unidades: BTU de calor producido).
Elaboración propia de datos de MONTGOMERY (1979).

La figura 1 ilustra la producción de energía de los combustibles más usados en el mundo, en BTU de calor producido.

4.2. Antecedentes

Todos los seres vivos necesitan energía para desarrollar sus actividades y la obtienen a través de la alimentación. El hombre también aprovecha otros tipos de energía que encuentra en la naturaleza para facilitar sus tareas y mejorar su forma de vida. Sin lugar a dudas, la energía es esencial para la vida. La ausencia de ella impediría la realización de muchas de las actividades cotidianas como es trasladarse, climatizar casas y edificios o preparar los alimentos, entre otras. Además sería imposible producir la gran cantidad de productos que fabrican diversas empresas como la alimenticia o las metalúrgicas. Esto muestra que existe una correlación entre el desarrollo y el consumo de energía.

Por ello, un país en desarrollo requiere diversas fuentes energéticas para continuar su progreso y, a lo largo de los años, México ha cambiando muchas veces estas fuentes de energía a modo de ir mejorando en su eficiencia. Algunas

han dejado de aplicarse pero otras permanecen como parte de la matriz energética, tal es el caso de la madera, que en el siglo XVIII era usada como principal fuente de energía. Hoy 300 años después, la madera sigue siendo parte de la matriz energética de este país, sobre todo para generar calor y el uso en algunos casos en las comunidades más pobres. Entre 1750 y 1850, el combustible por excelencia era el aceite de ballena. En esta época, alrededor de 1850, entró en plenitud la matriz energética, y en tan solo 9 años la mayoría de los edificios eran iluminados con carbón o con petróleo. Carbón, petróleo y gas siguen siendo parte fundamental de la matriz energética, lo eran a final del siglo XX, y lo son en el arranque del siglo XXI (Meade, 2011). Sin embargo estas fuentes de energía son muy contaminantes, lo que ha ocasionado cambios climáticos y enfermedades. Por ello, el verdadero reto es integrar el crecimiento económico, uso de energía y el impacto del uso de energía sobre el ambiente (Meade, 2011).

4.3. México en la actualidad

México hoy tiene diferentes fuentes de energía, ya que este país ha sido privilegiado. En él se encuentran gran diversidad de climas y, por ende, de flora y fauna, encontrando en esto diversas fuentes de energía. Además, México fue agraciado con la más importante fuente de energía que utiliza el ser humano hoy en día, el petróleo. Sin embargo, este recurso es finito por lo tanto tenderá a agotarse.

4.3.1 Hidrocarburos

Los hidrocarburos o petróleo, como es mejor conocido, es actualmente la principal fuente energética no sólo para México sino para todo el mundo. Éste se forma en yacimientos generados por la descomposición de grandes acumulaciones de restos de vegetales que se reúnen en el fondo de mares antiguos, comprimidos por movimientos geológicos y sometidos a la acción de las bacterias así como presión y temperatura elevada. Sin el proceso adecuado, el petróleo tal y como se obtiene del yacimiento tiene muy pocas aplicaciones. Para

la obtención de productos derivados más rentables, es necesario efectuar una serie de operaciones que reciben el nombre de refinación de petróleo, para ello existe una operación básica que es la destilación, con la cual se obtiene el petróleo bruto y además productos que van desde gases y gasolinas a los asfaltos y al coque. Debido a que la destilación no puede proporcionar más que productos que se encuentren en el crudo original, es necesario emplear otras técnicas como el craqueo o pirólisis para la generación de otros derivados con utilidad comercial (aven, 2009).

Sin embargo, investigaciones recientes muestran que México actualmente cuenta con una reserva total de hidrocarburos de 43 Mil 74 Millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMbpce), igual a 31 años de producción. De ellas, 32% corresponde a reservas probadas, lo que representa 13,796 MMbpce; 35 % a probables (15,013 MMbpce) y 33% a posibles (14,264 MMbpce). Lo anterior se establece en el informe de reservas al 1 de enero de 2011, el cual especifica que la relación reserva-producción de crudo equivalente es de 31.1 años para la reserva posible, 20.8 años para la reserva probable y 10 años para la reserva probada. Este indicador resulta de dividir la reserva actual entre la producción promedio de 2010 (El universal, 2011).

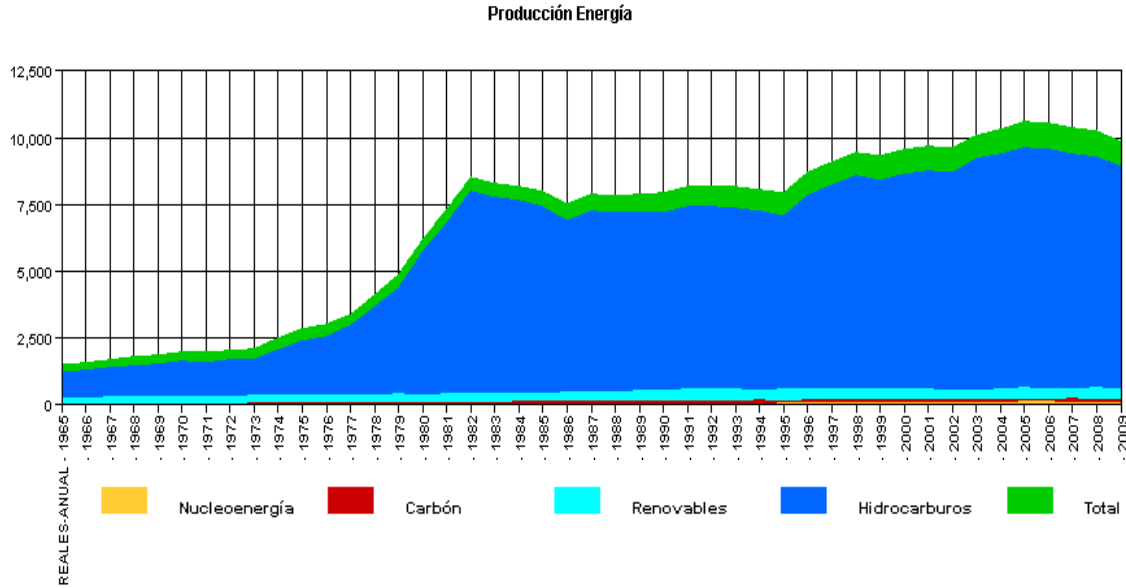


Figura 2. Producción de energéticos en México. Fuente: SIE 2011

La figura 2 ilustra como ha sido la producción de las principales fuentes energéticas de nuestro país, mostrando dos aspectos importantes. El primero es que los hidrocarburos son la principal fuente de energía de este país y que México dependemos en gran medida de su explotación para seguir avanzando en la producción de energía y el desarrollo económico. El segundo aspecto, es su inminente decadencia, debido a que es un recurso finito. Esto llama a pensar en el futuro, cuando las reservas de hidrocarburos se agoten.

México no ha desarrollado alguna fuente de energía alterna al petróleo en la cual pueda basar su desarrollo en caso de escasear el petróleo. Y esto podría tener diversas razones, una de ellas es la política de este país, ya que “La constitución establece claramente que el petróleo y el gas natural son patrimonio nacional. También establece que corresponde exclusivamente a la nación: generar, conducir, transportar, distribuir y abastecer energía eléctrica, que tenga por objeto la prestación del servicio público” (Sánchez, 2007). esto da una breve explicación del porqué en el país no se han desarrollado nuevas fuentes de energía como ha sucedido en otros países del mundo.

Otro aspecto importante por el cual es importante pensar en disminuir la dependencia del petróleo y sus derivados es porque este se encuentra en un incremento constante de su precio, y en media que vaya escaseando, éste ira elevando su valor (Banamex, 2011)

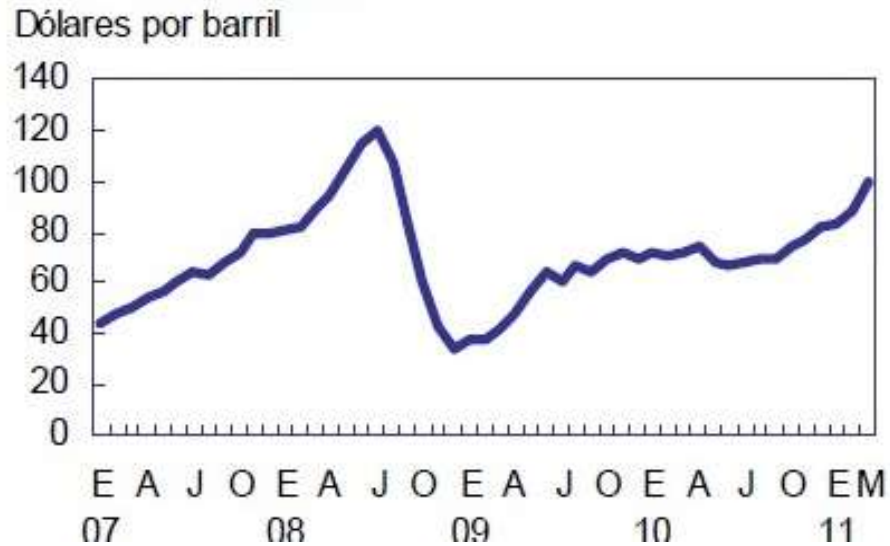


Figura 3. Precios del petróleo: Mezcla Mexicana. Fuente: Banamex con datos de BLOOMBER

La figura 3 muestra el comportamiento del precio del petróleo de 2007 a la fecha.

Por éste y por otros motivos es importante desarrollar nuevas fuentes de energía en México.

4.3.2 Carbón

Los componentes principales del carbón son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y una cantidad variable de nitrógeno, azufre y otros elementos. Su formación en la naturaleza es a partir de la descomposición de la material vegetal residual acumulada en los pantanos o desembocaduras de ríos. Se estima de la duración de las reservas actuales de carbón es alrededor de los 300 años. Actualmente es utilizado para la producción de electricidad, como fuente de alimentación, de calefacción y en determinados giros industriales (aven, 2009).

El carbón recuperable mundial total está estimado en 844 066 millones de toneladas métricas (Wallace), la estimación para México es de 1 211 millones, en tanto que la estimación para Estados Unidos es de 239 298 millones. Esto sigue demostrando que México sigue sin ser productor de energía importante, a pesar de contar con diversas fuentes energéticas.

Su principal desventaja, el carbón al usarse como energético es que tiene un factor de emisión de CO₂ (dióxido de carbono) muy elevado y las partículas emitidas en suspensión son causa de la denominada lluvia ácida, entre otras cosas (aven, 2009).

4.3.3. Energía nuclear

La núcleo-energía es la energía producida en centrales nucleares, se crea a partir del uranio-235, que se encuentra en una cantidad del 0.7% de todo el uranio disponible en la naturaleza (Echarri, 1998). El proceso para producir electricidad a partir de esta fuente de energía no renovable es el siguiente: el uranio es sometido a fisión nuclear en los reactores, en donde el núcleo del átomo de uranio es bombardeado de neutrones y se rompe originándose dos átomos y liberando de dos a tres neutrones, los cuales vuelven a romperse originándose así una reacción en cadena. Esta fisión controlada del uranio-235 libera una buena cantidad de energía que se usa en la planta nuclear para convertirla en vapor y esta posteriormente pasarla por una turbina generadora de electricidad (Echarri, 1998).

Este mineral radioactivo es limitado y escaso, además que es la fuente no renovable que genera mayor rechazo en la sociedad ya que genera muchos residuos radioactivos los cuales afectan al planeta (Echarri, 1998).

4.3.4. Energías renovables

Se llaman energías renovables a las fuentes de energía que se obtienen de fuentes naturales de las cuales son inagotables, unas porque existe una inmensa cantidad de energía que obtienen y otras porque son capaces de renovarse continuamente mediante medios naturales.

Existen diversas fuentes de energías renovables aunque las más conocidas y desarrolladas en nuestro país son la energía hidráulica, la energía geotérmica, la energía eólica, la biomasa y la energía solar. En los siguientes subcapítulos se hará una breve explicación de cada una de estas fuentes de energía, poniendo mayor énfasis en la última.

Producción de Energía Renovable en México

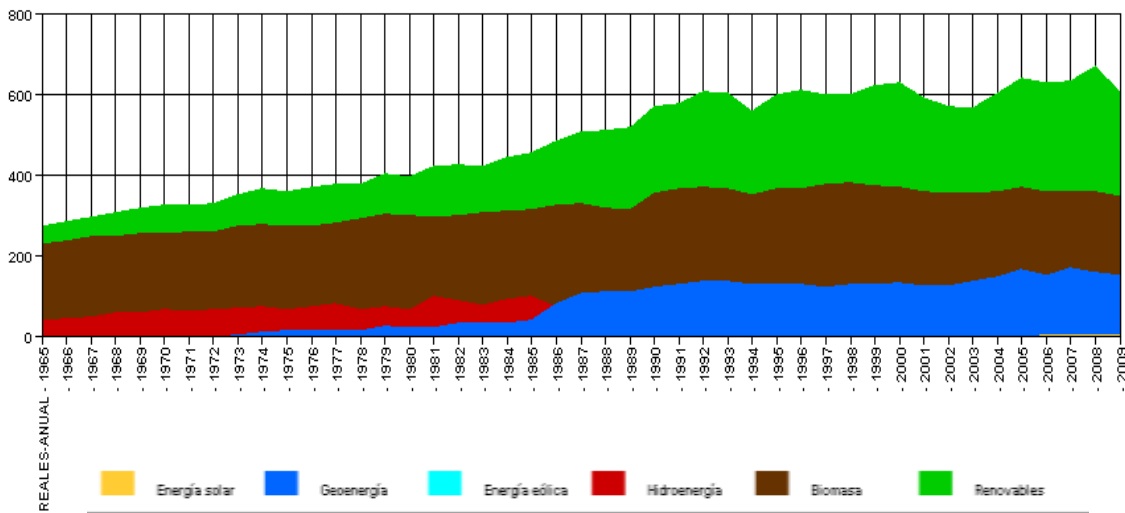


Figura 4. Producción de energía renovable en México. Fuente: SIE 2011

En la figura 4 se ilustra el total de la producción de la llamada energía renovable que se produce en el país, así como las proporciones con las que se produce, destacando la producción de biomasa, que en México, se refiere a leña y el bagazo de caña.

4.3.4.1 Energía hidráulica

La hidro-energía como también es conocida, “Es la que aprovecha los principios físicos más elementales para convertir la energía potencial del agua almacenada en energía cinética en recirculación” (Echarri, 1998) Esta energía se produce pasando el agua mediante turbinas hidráulicas las cuales se utilizan para convertir la energía del agua que fluye, en energía eléctrica o mecánica utilizable. A pesar de que se han utilizado corrientes de agua naturales para la generación de energía hidráulica, el principal método con que se almacena el agua y aumenta su elevación para aumentar la energía potencial son las presas (Echarri, 1998). La función de una presa de almacenamiento es acumular el agua que fluye a través de una sección determinada, en un periodo determinado de tiempo durante la cual, no se puede utilizar, esta se emplea por lo general en periodos en los cuales la demanda de energía aumenta y en periodos de exceso la almacena para después restituirla durante periodos faltantes (Enríquez, 1982).

4.3.4.2. Energía geotérmica

El principal elemento de la geoenergía consiste en aprovechar el calor que procede del magma de la tierra. Esta energía se puede utilizar de manera directa para calentar edificaciones o producir electricidad a través del vapor que expulsa o mediante el calentamiento del agua para generar vapor. Las desventajas de este tipo de energía renovable es que no es práctica para todos los lugares. Para poder aprovechar esta energía los lugares deben estar ubicados a lo largo de las márgenes de las placas tectónicas donde el magma llega cerca de la superficie. Además, aunque la mayor parte de esta energía es benigna en términos ambientales, el calor excesivo puede provocar problemas de calor térmica, también es preocupante la contaminación potencial debido al H₂S (sulfuro de hidrógeno) que contienen los gases expulsados, así como los metales pesados en el agua, debido a que requiere de una gran inversión para controlarlos (Davis, 2005).

4.3.4.3. Energía eólica

Como antecedente de las primeras aplicaciones de la energía eólica fueron las que se usaron para la molienda de granos y del bombeo de agua, no fue sino hasta finales del siglo pasado que se empleó la generación de energía eléctrica a partir de esta fuente renovable. Actualmente las turbinas eólicas son las que convierten la energía cinética del viento en electricidad a través de generar movimiento en aspas o hélices que las hacen girar sobre un eje central conectado, mediante una serie de engranajes a un generador eléctrico (Solís & Gutiérrez, 2010).

Existen varias ventajas competitivas de la energía eólica con respecto a otras opciones, entre las que destacan las siguientes: (Baird, 2004)

- El tiempo de construcción es menor a comparación de otras opciones de energía.
- Al ser plantas modulares, son convenientes cuando se requiere tiempo de respuestas de crecimiento rápido.

- La reducción de la dependencia de combustibles fósiles.
- Las tecnologías de la energía eólica están lo suficientemente desarrolladas como para competir con otras opciones.

Sin duda con esto, es posible destacar que la energía eólica es una de las energías renovables más importantes que existen y México tiene un potencial enorme, más de 71 mil Mw. Con ese potencial, se puede tener a lo eólico como una matriz importante de energía. Hoy se aprovecha solo el 5% del ese potencial.

4.3.4.4. Biomasa

Se denomina biomasa a toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra. Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos. De origen vegetal o animal, que incluye los materiales que proceden de la transformación natural o artificial. Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del CO₂ del aire y de otras sustancias simples, aprovechando la energía del sol.

La energía que se puede obtener de la biomasa proviene de la luz solar, la cual gracias al proceso de fotosíntesis, es aprovechada por las plantas verdes mediante reacciones químicas en las células, las que toman CO₂ del aire y lo transforman en sustancias orgánicas, según la ecuación (1)



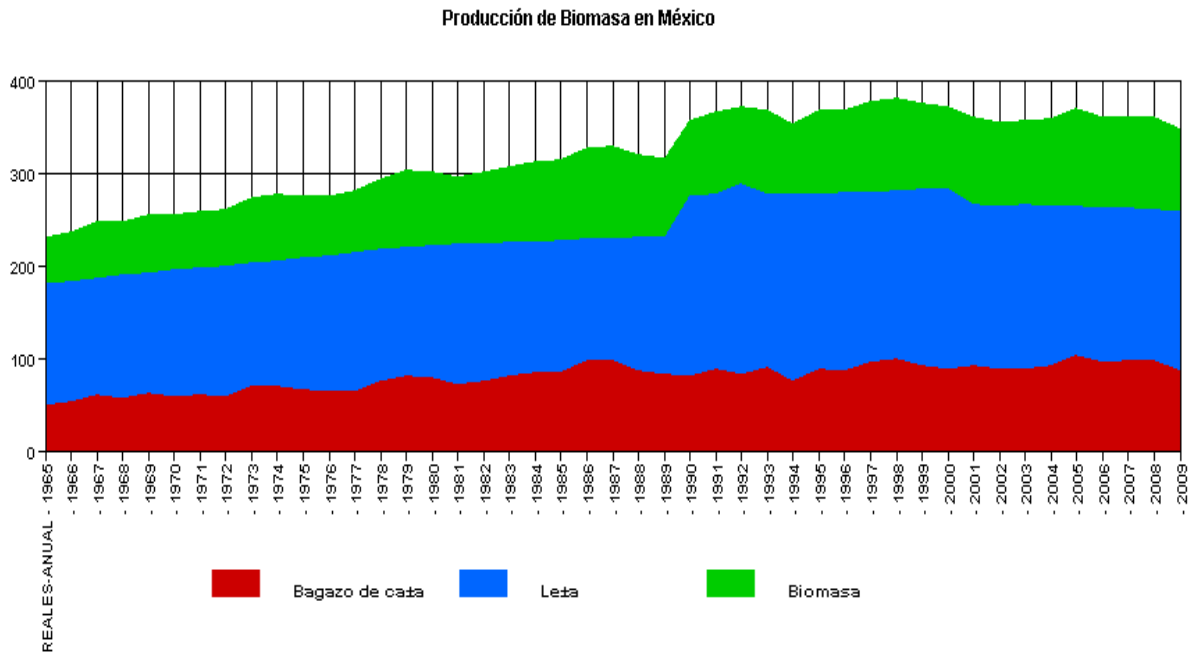


Figura 5. Producción de biomasa en México. Fuente: SIE 2011

En México solo se aprovecha como biomasa solo el consumo de leña y el bagazo de caña como se muestra en la figura 5, aun no se han implementado nuevas tecnologías para producir energía por medio de diferente biomasa.

4.3.4.5 Energía solar

La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse por su capacidad para calentar algo (como agua y/o aire), o bien para generar electricidad. La potencia de la radiación varía según la latitud del sitio, el momento del día y las condiciones atmosféricas que la amortiguan. Se puede suponer que en la superficie terrestre, en un día claro, al medio día solar y en un plano normal (línea perpendicular a los rayos del sol) a los rayos solares, la potencia de la radiación es cercana a los 1000 W/m² (De Buen, 2010).

Dicha radiación recibe el nombre de irradiancia. La razón por la que hay un gran interés en la investigación y el desarrollo de la energía solar, es porque el Sol es una fuente de energía renovable; de cuya captura y uso para nuestro provecho, no da lugar a emisión de contaminantes como lo hacen los combustibles fósiles que ahora utilizamos (Ramos, 2006).

Actualmente, la Tierra absorbe alrededor de 1021 Joules anuales de luz solar, con lo que sólo se debería convertir 0,02% de esta cantidad para satisfacer todas las necesidades energéticas” (Baird, 2004).

Como se mencionó anteriormente, se habló acerca de la radiación solar que llegaba a la Tierra. Para que la energía proveída por los rayos solares pueda ser utilizada, es necesario primero conocer los dos tipos de radiación que existen: **Radiación Directa.** La radiación directa es la que llega del Sol sin reflexiones o refracciones intermedias (De Buen, 2010).

Radiación Difusa. Es la radiación que es absorbida por la atmósfera en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, y que es emitida por la bóveda celeste diurna, gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar (De Buen, 2010).

Sin embargo, para poder tener provecho de dicha fuente de energía, es necesario convertirla de manera que pueda ser útil; es decir, transformar los rayos del Sol en otras formas de energía. Esto es, lo que se conoce como conversión de la energía, la cual bien puede ocurrir por dos mecanismos:

Conversión térmica. La radiación solar, especialmente su componente infrarroja, la cual alcanza la mitad de su contenido de energía, es capturada como energía calorífica por algún material absorbente (un ejemplo es una superficie metálica brillante, que se calienta cuando se la expone a la radiación solar (Hernández, 2010).

Foto conversión. La absorción de fotones asociados a los componentes ultravioleta, visible e infrarrojo cercano a la luz solar, da lugar a la excitación de electrones del material absorbente a niveles energéticos superiores, promoviendo cambios físicos o químicos (en lugar de provocar una simple disipación de calor) (Hernández, 2010).

Si bien la energía fotovoltaica es otra derivación de la utilización de la energía solar, en este proyecto se dará solamente enfoque a la energía térmica.

Por mencionar algunas de las ventajas de la energía solar son:

- Es libre y muy abundante.
- Tiene un impacto ambiental bajo.
- Sus costos de operación son bajos.
- No requieren grandes suministros ni centrales, ni redes de distribución caras.
- Tiene aceptación pública como fuente de energía 'natural' (Baird, 2004).

Del mismo modo, es importante conocer no sólo las ventajas, sino también las desventajas a las cuales se enfrenta el usuario al implementar un sistema que si bien no es nuevo, todavía está comenzando a expandirse por el mundo. Por este mismo motivo, las investigaciones y pruebas relacionadas todavía no son de un número muy considerable, lo que hace factible el hecho de que todavía haya aspectos a mejorar en la tecnología solar. Las desventajas de la energía solar son:

- Su disponibilidad es intermitente y, por tanto, requiere un almacenaje eficiente o la construcción de sistemas de retroceso, con el fin de que el suministro de energía sea continuo.
- Es una fuente de energía difusa. Provee una energía de baja densidad por unidad de superficie de captación, con lo que se necesitan grandes áreas para captar energía (en promedio, un kilovatio requiere un metro cuadrado).
- Para la construcción del captador de energía y para su almacenaje, se requieren elevados costos de capital; esto contrarresta la naturaleza 'libre' de la energía durante varios años, hasta que la inversión se recupera.
- No recibe ayudas económicas ni créditos en buenas condiciones de los gobiernos que reconozcan el bajo nivel de contaminación y de emisiones de gases invernadero que ocasiona respecto al uso de combustibles fósiles" (Baird, 2004).

4.4 Calentadores en el mercado

La Comisión Nacional para el uso de la Energía (CONUEE) está en la realización de una transformación del mercado para la implementación de manera masiva de calentadores de agua donde su objetivo es por un lado, demostrar que la implementación del uso de calentadores solares puede representar un ahorro significativo de energía y, por el otro, fomentar el uso de energía renovable, como es en este caso la energía solar en lugar de utilizar el gas LP (Ramos, 2006).

En función al tipo de energía que utilizan, los calentadores solares de agua para viviendas se clasifican en: los que exclusivamente consumen gas, los que utilizan la electricidad, y los que aprovechan la energía solar. En el caso de los calentadores solares, existen tres tipos: (Ramos, 2006)

- *Los calentadores de agua instantáneos*: son conocidos también como calentadores de paso, estos cuentan con un serpentín a través del cual circula el agua a una temperatura uniforme en cuanto se abre la llave del agua.
- *Calentadores de agua de almacenamiento*: son los que calientan el agua contenida en un estanque. Cada vez que ésta es extraída se reemplaza por agua a temperatura ambiente, la cual vuelve a ser calentada al entrar al sistema.
- *Calentadores de agua de rápida recuperación*: es una combinación de los dos anteriores, el funcionamiento consiste en que mediante un pequeño depósito en donde se mantiene al agua a una temperatura uniforme, y en cuanto se enciende, el calentador la calienta de manera continua, a través de uno o más intercambiadores de calor.

Así mismo, los calentadores solares se dividen en dos tipos dependiendo en función del material empleado para la captación de la irradiación solar (Ramos, 2006).

- *Colectores solares planos*: cuentan como elemento captador una placa de cobre. Por sus características, se les conoce como calentadores de baja temperatura, pues sólo alcanzan entre 30 y 60°C.
- *Colector de tubos evacuados*: utilizan como colector solar un arreglo de dos tubos concéntricos de cristal, con un vacío entre ambos. En el interior está provisto de una capa que absorbe el calor. Estos calentadores son llamados de alta temperatura debido a que pueden alcanzar hasta los 80°C.

A su vez, desde el punto de vista operacional los colectores solares se dividen en: (Ramos, 2006)

- *Termosifónicos*: es el que comúnmente se utiliza en el sector residencial, y debe su nombre a que hace que fluya el agua entre el elemento captador y el tanque, sin necesidad de algún elemento mecánico más que la misma forma de los elementos. Es por ello que también es conocido como termotanque.
- *Intercambiador de calor*: conocidos también como circulación forzada, toman el calor de un fluido, que circula en el colector solar y lo llevan a un depósito, el cual a su vez, transfiere el calor al agua. En algunos casos este termotanque es complementado con una resistencia eléctrica, la cual calienta al agua cuando la temperatura desciende a un nivel determinado.
- *Sistema de respaldo integrado*: funciona igual que el termosifónico, excepto que el termotanque se encuentra una resistencia eléctrica que calienta el agua mediante un sistema de control o cuando el usuario lo solicita.

4.4.1 Aspectos Económicos

Para poder cuantificar si adquirir un calentador solar es rentable se tiene que tomar en cuenta distintos puntos. El primero es conocer el consumo de gas que se requiere para calentar el agua en una casa. Se sabe que en los hogares el consumo de gas tiene tres usos principales: la cocción de alimentos, calentamiento de agua y la calefacción (Ramos, 2006).

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), realizó para Petróleos Mexicanos (Pemex) un estudio sobre el consumo de gas para usos finales en el sector doméstico de la zona metropolitana de la ciudad de México. Este estudio abarcó varios conceptos: el consumo del gas en el calentador, en la estufa y en los pilotos; tiempos de utilización de agua caliente, la temperatura común para el baño, el lavado de mano y trastos. Teniendo como resultados los siguientes: (Ramos, 2006).

- Promedio de miembros por familia: 4.5 personas.
- Estufa (incluye cuatro pilotos): 7 horas con 31 minutos de uso diarias, 2.05 litros de gas LP/día.
- Piloto de estufa (tomando en cuenta que regularmente la estufa tiene más de uno): 0.18 L GLP/día.
- Consumo de gas en un calentador de gas LP: calentador de almacenamiento 2.46 L GLP/día, calentador de paso: 2.12 L GLP/día.
- Mezcla de agua: en el baño 65% de caliente y 35% de fría y en el lavado de manos, trastes y lavadora de ropa: 50% y 50%
- Tiempo de uso al día: lavado de trastos: 23 min (34%), lavado de manos: 5 min. (6%), lavado de ropa: 40 min. (60%). Total de uso por día 68 min.

Con base a la información anterior y considerando que el consumo de agua caliente de acuerdo con los fabricantes del calentador de almacenamiento es de 2.5 litros por minuto, se obtiene: (Ramos, 2006).

- Consumo de agua caliente: 398 litros/día (68 min. X 9 L. X 0.65% de agua caliente).
- Tiempo que se encuentra encendido el calentador = 159 min/día (398 L/día/2.5 l/min.)
- Consumo de gas = 1.33 kilos de gas LP/día (0.0083 kg/min X159 min).

Una vez sabiendo cuanto gas se ocupa diariamente, se requiere saber en cuanto se encuentra el precio del gas y multiplicarlo por el consumo diario.

Tomando en cuenta que el consumo diario de agua caliente en casa es de 398 lts., en sus siguientes usos finales: (Ramos, 2006)

- Baño: 208 L (46 L/persona)
- Lavado de trastos 135 L.
- Lavado de manos 25 L.

El siguiente paso es calcular el ahorro de gas al utilizar un calentador solar. Este consta en realizar los siguientes tres pasos: determinar la cantidad de energía requerida en volumen de agua caliente, definir el tamaño del colector solar y para finalizar se calcula el ahorro de gas (Ramos, 2006).

Lo primero que se requiere es definir en litros, el volumen de agua que se requiere calentar a partir de la ecuación (2): (Ramos, 2006).

$$L = (M)(Cp)(Tc - Tf) \quad (2)$$

Dónde:

L= cantidad de energía requerida en agua caliente (kJ/día).

M= Cantidad de agua caliente requerida (L/día).

Cp= Calor específico del agua (4.2 kJ/kg °C)

Tc= Temperatura del agua caliente requerida en el colector (50°C)

Tf= Temperatura del agua de la red pública (20°C) (en el sitio).

Una vez que se calcula la energía requerida en el agua caliente, se procede a determinar el tamaño del colector solar, aplicando la ecuación (3): (Ramos, 2006).

$$A = \frac{L}{(nsolar)(I max)} \quad (3)$$

Dónde:

A= área del colector solar requerido (m²)

L= Cantidad de energía que debe contener el agua caliente (kJ/día)

nsolar= Eficiencia del colector solar (%)

Imax= radiación solar máxima diaria (kJ/m²/día) (en el sitio)

Ya calculada el área del colector solar, se determina el ahorro anual de energía, mediante la expresión (4) (Ramos,2006).

$$Ae = \frac{(A)(I_{prom})(nsolar)}{ncalentador} \quad (4)$$

Dónde:

Ae= Ahorro anual de energía (kJ/año)

A= Área del colector solar plano (m²)

I_{prom}= Radiación solar promedio diario (kWh/m²/día)

ncalentador= Eficiencia del calentador de agua (boiler) (%)

Para calcular el consumo total de gas, necesario para calentar 150 L. de agua al día, se utiliza la ecuación (5) (Ramos, 2006).

$$Qs = \frac{L}{ncalentador} \quad (5)$$

Dónde:

Qs= Cantidad de calor que se consume en forma de combustible (gas LP)

L= Cantidad de energía para calentar el agua (kJ/día)

ncalentador= Eficiencia del calentador de agua (calentador) (%)

Así se observa que utilizando un calentador de gas a lo largo del año en el consumo de gas LP será de 349 L. sin embargo, una vez instalado el colector

solar de agua, el sistema de respaldo será el calentador de gas. Éste solo consumiría la mitad de combustible, es decir, 95 L de gas LP (Ramos & Patiño, 2006)

Por último es posible calcular el tiempo de recuperación de la inversión y para ello se emplea la ecuación (6) (Ramos & Patiño, 2006).

$$t = \frac{c}{(Ae)} \quad (6)$$

Dónde:

t= Tiempo de retorno de la inversión (en años)

c= Costo del sistema (pesos)

Ae= Ahorro de energía (pesos por año)

Si se supone un requerimiento de 150 L. de agua caliente por día, con una temperatura de 50°C e iniciándola a 20°C, una eficiencia del colector solar del 52% (la comúnmente usada) y la eficiencia típica un calentador de gas común de 74%, una radiación solar promedio de 4.4 kWh/m²/día y máxima de 6.1 kWh/m²/día (esta depende del sitio donde se instala el colector), se requerirán 6.8 millones de kJ/años, los cuales se logran con un colector solar de 1.65 m². Ahora, si se considera que el poder calorífico del gas LP es de 26,727 kJ/L., se verá que al utilizar un colector solar se dejaran de consumir 254 L de gas LP al año (Ramos & Patiño, 2006).

Cabe mencionar que el tamaño del colector solar se calculó con la irradiación máxima, lo que confirma que en el mejor día se alcance de calentar el volumen máximo requerido que en este caso fue de 150 L., en tanto que los ahorros se calcularon tomando la irradiación promedio, lo que significa que no todos los día se llegue a calentar el volumen requerido. Esto implica que la diferencia resultante sea calentada mediante el sistema de gas licuado o gas natural (Ramos & Patiño, 2006).