

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
CON ENERGÍA SOLAR COMO PROPUESTA DE ADAPTACIÓN PARA
RIEGO EN RAYÓN, SONORA.

T E S I S

PRESENTADA POR
NATANAEL ELENES FÉLIX

Desarrollada para cumplir con uno de los
requerimientos parciales para obtener
el grado de Maestro en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS
HERMOSILLO, SONORA

DR. VICTOR H. BENITEZ B.
OCTUBRE DE 2012

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

RESUMEN

La escases de los recursos no renovables para la generación de energía, se ha vuelto un tema de interés en la sociedad actual, por ello, el uso de las fuentes alternativas (fuentes renovables) como insumo para la generación de energía, representa un área de oportunidad a explotar, en aras de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las futuras.

Actualmente, el gobierno de México, se encuentra en búsqueda de métodos para aprovechar los recursos naturales para la generación de energía, esto mediante el uso de las fuentes de energía alternativa, en particular la energía solar y el aire. Particularmente, es estado de Sonora, se encuentra catalogado como el de mayor potencial para la generación de electricidad debido a la cantidad de radiación solar que recibe anualmente.

Por lo anterior, este trabajo de tesis, proporciona el resultado de un análisis de mercado donde se identifica una necesidad requerida por parte de un cliente potencial. Un análisis de factibilidad técnica de donde se obtiene la información acerca de los recursos y herramientas, así como los factores a considerar para el desarrollo del proyecto. Un análisis de factibilidad operativa donde se obtienen y evalúan los componentes del sistema. Un análisis de factibilidad económica, donde se evalúan y obtienen todos los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar el sistema. Derivado de este análisis, por último, se expresa una propuesta que provee a un grupo de agricultores una opción viable de un sistema de generación de energía eléctrica, utilizando la energía solar para ser empleada en el bombeo de agua en el Municipio de Rayón, Sonora.

Palabras clave: Fuentes alternativas, energía solar, generación de energía.

ABSTRACT

The scarcity of non-renewable resources for power generation, has become a topic of interest in the society, therefore, the use of alternative sources (renewable) as input for energy generation, represents an area of opportunity to exploit, without compromising of present generations without compromising future ones.

Currently, the government of Mexico, it is searching methods to use natural resources to generate energy, that by using alternative energy sources, including solar and air. In particular, the state of Sonora, is listed as having the highest potential for electricity generation due to the amount of sunlight it receives annually.

Therefore, this dissertation provides the result of a market analysis which identifies a need required by a potential customer. A technical feasibility analysis where you get information about resources and tools as well as the factors to consider in the development of the project. An operational feasibility analysis where are assessed the component and an economic feasibility analysis, where were evaluated and obtain all the costs and financial resources to develop the system. Derived from this analysis, finally, expresses a proposal that provides a group of farmers a viable option for a system of power generation using solar energy to be used for pumping water in the Municipality of Rayon, Sonora.

Keywords: Alternative sources, Solar energy, Energy generation.

A mí esposa, María del Carmen Salazar Montaña, quien mostró un entusiasmo sin igual a lo largo de esta etapa, festejando como suyos los logros obtenidos y sufriendo los tropiezos a la par. Espero disfrutes este logro tanto como yo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la oportunidad que me ha dado para vivir esta gran experiencia.

A mis padres, por regalarme el don de la vida, por estar siempre en mí y ser un pilar en mi formación académica.

Al Dr. Víctor Hugo Benítez Baltazar, mi más sincero agradecimiento por su paciencia, conocimiento, dedicación y apoyo incondicional para realizar este proyecto.

A las personas que se encuentran en el anonimato dentro de esta tesis y sin embargo me brindaron su apoyo de información veraz y precisa.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI 2011) por su apoyo económico.

A mis compañeros y amigos de estudio Rafa, Dany, Maik, Salmón, Noel, Javier, Abril, Daniel, Gicela, por compartir conmigo su tiempo, su conocimiento y sobre todo, su amistad.

A mis amigas, Libertad, Tania, Ana y Reyna, por ser parte de este logro.

Y por último, agradezco a la Institución que me abrió la puerta y confió en mí potencial, a la Universidad de Sonora, especialmente al Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas.

¡GRACIAS!

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Alcances y delimitaciones.....	3
1.6. Justificación.....	3
1.7 preguntas de investigación.....	4
2. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Fuentes de energía.....	6
2.1.1. Energías no renovables.....	7
- Combustibles fósiles.....	7
- La energía nuclear.....	8
2.1.2. Energías renovables.....	9

2.2	Reseña histórica de tecnologías de captación solar y sus aplicaciones.....	11
2.2.1.	Aplicaciones en la actualidad.....	13
2.2.2.	Energía solar en México.....	15
	- Radiación solar para generación de electricidad.....	16
	- Radiación solar para aplicaciones térmicas.....	18
2.3.	Beneficios del uso de las fuentes alternativas para la generación de energía.....	19
2.4.	Marco legal, regulatorio y normativo en México.....	20
2.4.1.	Constitución.....	20
2.5.	Situación actual en el estado de sonora, México.....	22
2.5.1.	Aplicación del uso de la energía solar como recurso energético en Sonora, México.....	22
2.5.2.	Marco legal de las Energías Renovables en el estado de Sonora, México.....	23
3.	METODOLOGÍA.....	25
3.1.	Estudio de mercado.....	26
3.2.	Análisis de factibilidad.....	26
3.3.	Presentación de un estudio de factibilidad.....	27
4.	RESULTADOS.....	29
4.1.	Estudio de mercado.....	29
4.2.	Estudio Técnico.....	33
	- Macro localización.....	34
	- Características del mercado de proveedores.....	36
	- Disponibilidad de los recursos financieros.....	37
	- Tecnologías de producción.....	37
4.2.1.	Proceso productivo de un sistema fotovoltaico.....	37
	- Sistema de generación.....	38

- Sistema de acumulación.....	40
- Sistema de transformación.....	41
4.3. Estudio operacional.....	42
4.3.1. Sistema fotovoltaico dinámico o de seguimiento.....	43
- Seguidor solar pasivo.....	43
- Seguidor solar activo.....	43
4.3.2. Diseño de un sistema fotovoltaico estático.....	44
4.4. Estudio económico.....	48
4.4.1. Costos de inversión de un sistema fotovoltaico estático.....	49
5. CONCLUSIONES.....	54
5.1. Trabajos de investigación futuros.....	55
BIBLIOGRAFIA.....	56
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta generadora de energía nuclear.....	8
Figura 2. Concentrador de Lavoisier.....	12
Figura 3. Horno Solar de Odeillo.....	13
Figura 4. Horno Solar Centro de Investigación en Energía (CIE).....	17
Figura 5. Calentador solar de agua.....	18
Figura 6. Modelo de Formulación y evaluación de Proyectos.....	25
Figura 7. Promedio de Insolación anual en el estado de Sonora, México.....	34
Figura 8. División distrital del estado de sonora, México y ubicación de la región del desarrollo del proyecto.....	35
Figura 9. Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico.....	38
Figura 10. Componentes de un Panel Solar Fotovoltaico.....	39
Figura 11. Células de panel solar.....	40
Figura 12. Arreglo de un sistema fotovoltaico conectado en serie.....	44
Figura 13. Arreglo de un sistema fotovoltaico conectado en paralelo.....	44
Figura 14. Componentes de un sistema de seguimiento solar.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proveedores de herramienta y equipo.....	36
Tabla 2. Costos de inversión para un sistema de bombeo de alta inversión ...	50
Tabla 3. Costos de inversión para un sistema de bombeo de baja inversión...	50
Tabla 4. Costos de inversión para un sistema de seguimiento solar.....	53

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Utilización de los combustibles fósiles.....	7
Grafica 2: Número de siembras al año.....	30
Grafica 3: Porcentaje de personas con pérdidas económicas resultado de la siembra.....	30
Grafica 4: Problemáticas causantes de las pérdidas.....	31
Grafica 5: Porcentaje de personas que conocer las fuentes de energía alternativa.....	32
Grafica 6: porcentaje de personas con conocimiento de las fuentes alternativas aplicables a su comunidad.....	32
Grafica 7: Porcentaje de personas dispuestas a invertir.....	33

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para obtener el voltaje en un circuito abierto.....	45
Ecuación 2. Fórmula para obtener el voltaje máximo de una célula solar.....	46
Ecuación 3. Fórmula para obtener la corriente máxima de una célula solar.....	47
Ecuación 4. Fórmula para obtener el poder máximo de una célula solar.....	47

1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se presentan las condiciones bajo las cuales se va a realizar este proyecto de tesis. Se comienza describiendo la problemática en el apartado de antecedentes. A partir de ello, se plantea el problema, se define un objetivo general y dos objetivos específicos, se formula una hipótesis, se establecen los alcances y se presenta la justificación de la realización del proyecto.

1.1. Antecedentes.

En la actualidad, el gobierno de México ha reconocido que se encuentra con reservas probadas de petróleo suficientes solo para los próximos 10 años, por ello, investigadores Mexicanos, buscan métodos para aprovechar energías alternativas a partir de las fuentes de energía renovable (Chávez, 2008). Sin embargo, el mismo autor, menciona que México es el país latinoamericano con mayor potencial de generación de electricidad debido a la gran cantidad de radiación solar que recibe.

De acuerdo a Gámez et al (2008), el estado de Sonora es un área potencial para la generación de energía eléctrica a partir de la energía solar como fuente alternativa. Sonora en la actualidad se encuentra en vías de desarrollo y aplicación de tecnologías de captación de esta fuente de energía, teniendo como pionero en este ámbito al Municipio de Agua Prieta, que se encuentra desarrollando “El Proyecto de concentración solar Agua Prieta II” (Banco Mundial, 2009).

Actualmente en el Municipio de Rayón, en el estado de Sonora, el uso de las fuentes alternativas es un área que no ha sido explotada, ya que no cuenta con estudios formales del uso de estas que pueda proveer a los habitantes de información que fomente el uso de dicha tecnología. Debido a que existe una necesidad expresada por los agricultores de la región, referente a la disminución del consumo de energía eléctrica derivado de las actividades agrícolas, las cuales, de acuerdo a la

Enciclopedia de los Municipios de México, el estado de Sonora, cuenta con 1,993 hectáreas para el desarrollo de sus actividades agrícolas, de las cuales 1,720 son de riego y 273 son de temporal que son aprovechados para cultivos tales como cacahuate, pastura para el ganado, etc., mismas que durante el periodo de riego, representa un aumento considerable en el consumo de energía eléctrica para cumplir la demanda requerida para llevar a cabo esta actividad.

Por lo anterior, surge el interés de realizar un análisis de factibilidad técnica, operativa y económica de un sistema de captación de energía solar que pueda ser adaptado a un sistema de bombeo de agua convencional, que se utilice durante el periodo requerido por el agricultor como alternativa energética, obteniendo así los beneficios del uso de las fuentes de energía renovables aplicada directamente a un problema real en el Municipio de Rayón, Sonora.

1.2. Planteamiento del problema.

El impacto en el uso de la energía eléctrica, en su forma convencional, por parte de los agricultores de Rayón, Sonora, afecta la disponibilidad de los recursos para el cultivo y cuidado de sus siembras. Por ello, es importante promover el uso de las fuentes alternativas para generar energía eléctrica y de esta manera contribuir a la reducción en los gastos relacionados al cuidado del cultivo, así como en la disminución en la producción de contaminantes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general:

Analizar la factibilidad de adaptar un sistema generador de energía eléctrica a partir de la energía solar que pueda satisfacer la demanda requerida por los agricultores del Municipio de Rayón, Sonora.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Analizar la factibilidad técnica, operativa y económica de un sistema generador de energía eléctrica a partir de fuentes alternativas.
- Realizar una propuesta que provea al productor de información sobre los beneficios del uso de las fuentes de energía renovable para la producción de energía.

1.4. Hipótesis

El uso de las fuentes alternativas puede ser desarrollado en el Municipio de Rayón, Sonora.

1.5. Alcances y delimitaciones

El alcance de este proyecto se limita a la presentación de una propuesta a los agricultores, resultado del análisis de factibilidad técnica y económica, que provea información que les permita tomar una decisión. El monto disponible por los agricultores es de MN\$20000 pesos.

1.6. Justificación

Con el desarrollo de esta investigación, se pretende atender la solicitud por parte de los Agricultores de Rayón, Sonora, que consiste en determinar la factibilidad técnica y económica de la utilización de un sistema de generación de energía a partir de fuentes alternativas.

1.7. Preguntas de investigación.

- ¿Qué tecnologías existen de captación de energía solar para convertirla en energía eléctrica que puedan ser adaptadas a un sistema de bombeo de agua?
- ¿Cuál es el grado de conformidad de estas nuevas alternativas por parte de los productores?
- ¿Satisface la propuesta presentada resultado del análisis a los productores?

2. MARCO TEÓRICO.

En la actualidad, la tendencia mundial se enfoca al uso de energías renovables, mismas que son amigables con el medio ambiente, aprovechando los recursos naturales para generarlas (Vega, 2010). Las fuentes de energías renovables se han convertido en un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en muchas economías en desarrollo, gracias a sus efectos beneficiosos en las esferas económicas, sociales y ambientales (Del Sol, 2008). Así, se destaca la importancia de disponer de *fuentes alternativas* de energía para satisfacer la demanda de las grandes naciones al proporcionar la expansión del crecimiento en las *fuentes alternativas* (Vilela y Araújo, 2006).

De acuerdo a Bertinat (2004), esta tendencia requiere estar fundamentada en los siguientes pilares, condiciones y criterios:

- Seguridad en el abastecimiento de los diversos insumos energéticos.
- Reducción de la actual dependencia energética.
- Prevenir y revertir los impactos ambientales locales y globales, resultantes del actual sistema de producción y consumo de energía.
- Asegurar la cobertura y el acceso equitativo de toda la población a los recursos y servicios energéticos.
- Garantizar la participación democrática de la población en los procesos de decisión sobre las políticas y proyectos energéticos.

A partir de la gran importancia que ha tomado este tema, las políticas energéticas de los diferentes países se han enfocado en aumentar gradualmente el suministro de energía renovable, elaborándose para ello una estrategia de desarrollo que diversas regiones, tales como la Unión Europea, Sudamérica y Centroamérica busquen un modo de aprovechar los recursos naturales para la producción de energía, mismos que minimicen el impacto ambiental de la actividad humana sobre el ambiente natural (Bertinat, 2004).

De lo anterior, el uso de las fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica ha tomado un auge importante; en particular el uso de la energía solar, que mediante su utilización, se espera satisfaga la demanda de energía de diversas actividades humanas.

2.1. Fuentes de energía.

Las fuentes de energía se definen como “los recursos existentes en la naturaleza de los que la humanidad puede obtener energía utilizable en sus actividades (Meléndez, 2008).” A su vez, estas fuentes de energía, tienen su origen en las fuentes no renovables y renovables, esto de acuerdo al ritmo de consumo de energía que el ser humano requiere. Sin embargo, en la actualidad algunos problemas relacionados con el desarrollo económico mundial son concernientes con la capacidad energética de cada país (Hernández, 2006).

Existen diferentes fuentes de energía, las cuales se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- a) Fuentes no-renovables: las cuales están disponibles en cantidades limitadas y se agotan por su uso, como los combustibles fósiles (carbón mineral, petróleo, gas natural). Estas tienen la característica de que, una vez utilizadas para la generación de energía, no se pueden volver a usar.

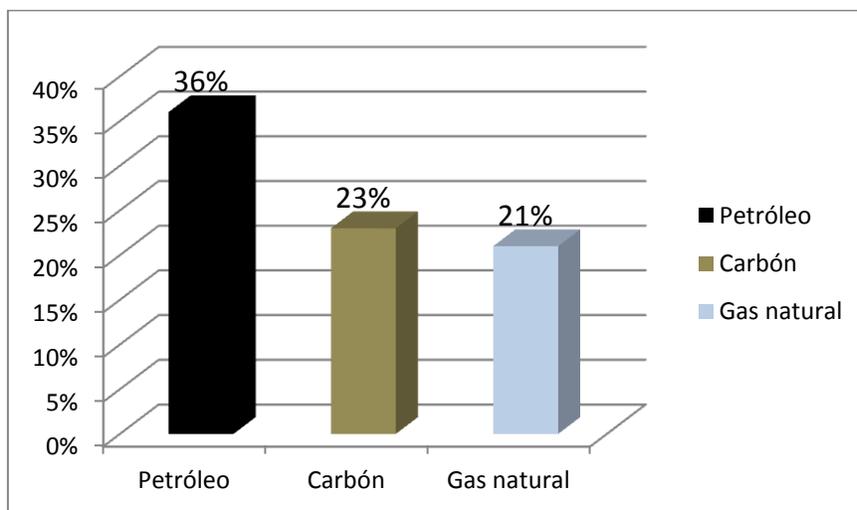
- b) Fuentes renovables: son todas aquellas que no se agotan por su uso, como la energía del viento y del sol. El agua y la biomasa también se incluyen en esta categoría, aunque son renovables bajo la condición de que la fuente se maneje en forma apropiada, por ejemplo, las cuencas hidrológicas y plantaciones de árboles.

2.1.1. Energías no renovables.

De acuerdo a la Agencia Valenciana de Energía (AVEN,2008), las energías no renovables se refieren a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, debido a que no existe un sistema de producción o extracción viable, la producción desde otras fuentes demasiado pequeñas como para resultar útil a corto plazo. A estas fuentes de energía corresponden los combustibles fósiles y los combustibles nucleares.

Combustibles fósiles.

La combustión de algunos materiales (carbón, petróleo y gas natural, por ejemplo) suministra a las personas una gran cantidad de energía para realizar actividades tecnológicas. El carbón y, más tarde, el petróleo, han sido los combustibles más empleados debido a la gran cantidad de energía proporcionada durante su combustión (Roldan, 2008). La dependencia de la utilización de fuentes de combustibles fósiles en el mundo se muestra en la gráfica 1, de las cuales el 36% es petróleo, el 23%, carbón y el 21%, gas natural (Hernández, 2006).



Grafica 1. Utilización de los combustibles fósiles (Hernández, 2006)

Por su parte, el carbón es el combustible fósil de más abundancia en el mundo. Se utiliza para la generación de electricidad, la cual ocurre cuando la energía guardada en el carbón se libera y emite calor. Sin embargo, el petróleo es el recurso de energía más popular en el mundo. Por otro lado, el gas natural es el más limpio de los combustibles fósiles y el que menos efectos causa sobre el ambiente y la salud (Del Sol, 2008).

El uso de estos combustibles puede realizarse de manera directa, quemándolo para producir energía térmica y energía mecánica, así como para la obtención de potencia eléctrica. Dentro de las ventajas que ofrecen el uso de estos combustibles se encuentran la facilidad de su uso, la disponibilidad, etcétera. Por otra parte, algunos de los inconvenientes principales son el no ser un recurso renovable y que su uso produce la emisión de gases que contaminan la atmósfera y resultan tóxicos para la vida (McNeill, s.f).

La energía nuclear.

Los combustibles nucleares son todos aquellos elementos químicos capaces de producir energía por fisión nuclear. La energía nuclear permite obtener una gran cantidad de energía a partir de poco combustible (obtenida del uranio y del plutonio, principalmente). En la figura 1, se muestra una planta de generación de energía nuclear.



Figura 1. Planta generadora de energía nuclear (Muñoz, 2010).

Una de las ventajas que se deriva de esta fuente se encuentra la nula generación de emisiones de gases de efecto invernadero. Por otra parte, dentro de los inconvenientes se menciona la dificultad para su almacenamiento, con lo cual se limita su uso (Sánchez, 1996).

Ante la crisis que amenaza al mundo por los elevados precios de los combustibles fósiles, la única respuesta viable a largo plazo, aseguran los expertos, consiste en desarrollar la tecnología necesaria para aprovechar otras fuentes de energía. La utilización de fuentes renovables es una alternativa frente a los combustibles fósiles o la energía nuclear. En general, las fuentes de energía renovables son menos contaminantes que las fuentes no renovables.

2.1.2. Energías renovables.

Las fuentes de energía renovable, son aquellas que por sus características se convierte en inagotable, aunque sea intermitente su disponibilidad, y su aprovechamiento no causa alteraciones graves al medio ambiente. Este tipo de energía, se define como aquella que administrada en forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente, es decir, su cantidad disponible no disminuye a medida que se aprovecha (Hermosillo, 1995).

De acuerdo a un comunicado de prensa este tipo de energía, tiene características importantes destacando principalmente su naturaleza inagotable y renovable, así mismo, es limpia, inagotable y es una alternativa a la actual dependencia del petróleo y de otras alternativas menos seguras y más contaminantes (Procobre.Org., 2008).

Existen varias fuentes de energía renovables, de las cuales se pueden mencionar:

- Energía mareomotriz
- Energía hidráulica
- Energía eólica
- Energía solar

- Energía de la biomasa

En 2009, la universidad de Stanford clasificó los sistemas de energía del mejor al peor, teniendo en cuenta su impacto en el calentamiento global, contaminación, consumo de agua, ocupación de terrenos, impacto en la vida silvestre y otros factores. El resultado fue el siguiente: 1- Eólica; 2- Solar concentrada con espejos; 3- Geotérmica; 4- Mareomotriz; 5- Solar fotovoltaica; 6- Olas; 7- Hidroeléctrica; 8- centrales de carbón con secuestro de gases; 9- Nuclear; 10- Gas natural; 11- Petróleo; 12- Etanol de maíz y celulósico (Vega, 2009).

Sin embargo, a pesar de la clasificación anterior, dentro de esas fuentes de energía renovable, destaca la energía solar, misma que nos proporciona luz y calor. Desde los albores de la historia, es una fuente inagotable de recursos para el hombre y los seres vivos. Misma que, en forma de luz solar, sustenta a casi todas las formas de vida en la Tierra (Murcia, 2008).

Es posible definir a la energía solar como “aquella obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. Esta es considerada como una fuente alternativa que consiste en el aprovechamiento de la energía de la luz radiante emitida por el sol y convertirla en corriente eléctrica, la cual, como recurso energético, está constituida por la cantidad de luz que emite el sol y es interceptada por la tierra. Así mismo, constituye un procedimiento limpio y exento de contaminación por lo que es conveniente al medio ambiente” (Cataño, 2010).

Cabe mencionar que el uso de las fuentes alternativas para la generación de energía ha ido desarrollándose a medida que las necesidades del ser humano se van acrecentando, así mismo, de la necesidad de la conservación de los recursos y del planeta. Desde sus inicios, con el descubrimiento del fuego, la humanidad comenzó a controlar y modificar muchos procesos que, hasta ese momento dependían de la naturaleza. Desde entonces, la energía ha sido un elemento indispensable en la satisfacción de las necesidades cotidianas (Del Sol, 2008).

Durante la mayor parte de la historia humana, el sistema energético dependió de los flujos naturales de energía, de la fuerza animal y humana para proveer los servicios requeridos en el modo de calor, luz y trabajo (Del Sol, 2008). Actualmente, podemos decir que las fuentes de energía son abundantes, entre las cuales destacan las fuentes de energía renovables, por su condición de extensas, no contaminantes y disponibles a nivel local.

2.2. Reseña histórica de tecnologías de captación solar y sus aplicaciones.

En el empleo de la energía solar como recurso energético a través de los procesos naturales, se debe considerar su característica de energía renovable e inagotable pero de disponibilidad cíclica y variable. Es posible utilizarla convirtiéndola en energía térmica y eléctrica para satisfacer las necesidades diarias en forma similar a la de las fuentes de energía más conocidas (Duran, 2005).

La idea de concentrar la radiación solar para obtener más energía fue realizada por el hombre desde sus comienzos, podemos mencionar ejemplos diversos, tales como el de Euclides, en el cual como consecuencia de sus trabajos de óptica establece que es posible obtener temperaturas elevadas mediante un espejo cóncavo. Es tradición popular que Arquímedes (287 – 212 A.C) quemó las naves Romanas que sitiaban la ciudad de Siracusa utilizando un espejo cóncavo. Después de Arquímedes, hubo poco progreso en la utilización de la energía solar.

El resurgimiento del uso de la energía solar ocurre con los trabajos de Leclerc (1707 – 1788), quien construyó el primero de los muchos hornos solares. En el año de 1747, Cassini (1677- 1756), diseñó una lente, con la cual pudo obtener temperaturas superiores a los 1000° C. Dicho diseño fue utilizado para fundir varillas de hierro y plata. Por su parte, Lavoisier (1743-1794) construyó un concentrador con un lente de

más de 1 metro de diámetro, que alcanzaba temperaturas de 1700°C con el que podía fundir platino (Castillo, 2007). Véase figura 2.

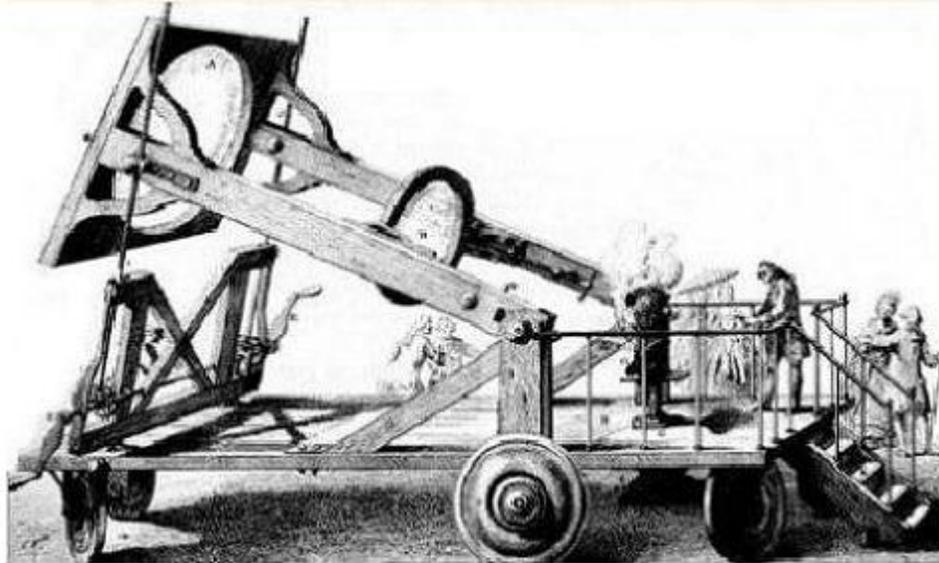


Figura 2. Concentrador de Lavoisier (Castillo, 2007)

Uno de los más notables avances en proyectos de colectores solares fue durante el siglo XVIII, donde Mouchot en 1895, construyó un horno en forma de reflector usando una geometría de cono truncado de 2,2 m de diámetro que utilizó primero en una caldera y después en una planta para bombear agua (Meinel, 1982). Un aparato construido más recientemente e importante, es el horno solar de Odeillo (figura 3) construido en la década de los 60's. Este horno, representa uno de los dos mayores hornos solares del mundo, con una potencia térmica de 1000 Kw (Castillo, 2007). Este modelo ha permitido ir desarrollando tecnología y proyectos actuales que han permitido el desarrollo de aplicaciones de concentración solar.



Figura 3. Horno Solar de Odeillo (Civantos, 2010).

2.2.1. Aplicaciones en la actualidad.

El uso intensivo de esta fuente de energía requiere el empleo de una serie de tecnologías de conversión más elaboradas, que han sido diseñadas en los últimos 30 años y que todavía se encuentran en estado de desarrollo, fundamentalmente para disminuir sus costos (Durán, 2005).

En la actualidad, el aprovechamiento de la energía solar con tecnologías simples ha tomado un gran auge, desde pequeños hornos solares, hasta las tecnologías más sofisticadas, como las plantas generadoras de energía, con tecnología de torre central. Los usos que se pueden dar a las tecnologías de concentración solar, son los siguientes:

- Calefacción domestica.
- Refrigeración.
- Calentamiento de agua.

- Destilación.
- Generación de energía.
- Bombeo de agua.
- Fotosíntesis.
- Hornos solares.
- Cocinas.
- Evaporación.
- Acondicionamiento de aire.
- Control de heladas.
- Secado de hierbas y frutas.
- Entre otras.

Algunos países se encuentran desarrollando programas y tecnologías de captación para la obtención de los beneficios mencionados. Dentro de las economías con más nivel de desarrollo, se puede destacar a Europa, la cual se encuentra creciendo de manera sostenida en el uso de estas tecnologías; basta mencionar que para finales del 2000, la superficie total de colectores solares instalados en países europeos asciende a 10,4 millones de metros cuadrados. De la superficie anteriormente mencionada, se debe destacar que tan sólo tres países, Alemania, Grecia y Austria participan del 75,3 % del total de la superficie instalada. Cabe señalar que Alemania y España, se encuentran a la cabeza en la producción mundial de este tipo de energía (Martínez, 2009).

India, en la actualidad, aporta solo el 0.1% de la energía solar que se produce en todo el mundo, sin embargo, desde el 2009 se encuentra en vías de desarrollo en la aplicación de programas y tecnologías que permitan aprovechar el recurso solar en aras de convertirse en uno de los mayores productores de energía solar (Martínez, 2009). En este mismo sentido, se encuentra Arabia Saudita, en la región del Golfo Pérsico, quien cuenta con enorme potencial para las plantas de energía solar, que a pesar de que se encuentra en sus inicios, de acuerdo a Red (2011), ya se cuenta con

el funcionamiento de una planta de energía solar en la isla de Farasan inaugurada en octubre de 2011.

En Latinoamérica, el uso de esta fuente de energía, se ha ido desarrollando en los últimos años. Ejemplos de éxitos claros se pueden mencionar los realizados en Colombia, Chile, Argentina, México, entre otros, los cuales, han sido dirigidos a diversas aplicaciones; por ende, se encuentran disfrutando de los beneficios que esta provee. Las aplicaciones más comunes en Colombia son orientadas al calentamiento de agua —para uso doméstico, industrial y recreacional (calentamiento de agua para piscinas) — y la generación de electricidad a pequeña escala. Otras aplicaciones menos difundidas son el secado solar de productos agrícolas y la destilación solar de agua de mar u otras fuentes de agua no potable (Murcia, 2008). Por su parte, Argentina se encuentra aprovechando este recurso para la producción de energía térmica y eléctrica, así como el secado de carnes y frutas y el cultivo en invernaderos (Durán, 2005).

En Chile, el uso de la energía solar es muy antiguo, siendo utilizada en las salitreras para desalinizar agua. Su principal uso está radicado en la zona norte de Chile y en zonas alejadas con carencia de energéticos tradicionales (Bertinat, 2004).

2.2.2. Energía solar en México.

Por su parte, en México, de acuerdo a la secretaria de Energía Georgina Kessel (2009), en su contexto energético actual, los beneficios económicos y sustentables de las energías renovables han adquirido creciente relevancia, y en ese mismo tenor, tiene que aprovechar su potencial energético proveniente de las energías renovables. Este potencial abre una gran oportunidad para contribuir a la seguridad energética, a la vez, que se suma al esfuerzo global de reducir el impacto ambiental e impulsar el desarrollo sustentable en el país.

Las Energías Renovables en México representan una respuesta importante a la demanda generalizada de un modelo sustentable de progreso que no afecte a las generaciones futuras. La utilización de estas fuentes de energía renovables se ha ido desarrollando de manera creciente; el uso de la energía solar como recurso energético ha representado una oportunidad de desarrollo social y tecnológico, misma que se ha ido desarrollando en dos vertientes:

- a) la utilización de la radiación solar para generación de electricidad.
- b) la utilización de la radiación solar para aplicaciones térmicas.

Radiación solar para generación de electricidad.

En las centrales de concentración solar, la radiación del sol calienta un fluido, que a su vez mueve una máquina térmica y un generador eléctrico. El calentamiento del fluido se hace por lo general por medio de dispositivos ópticos que concentran la radiación solar.

En México, se han desarrollado proyectos a gran escala, como ejemplos tangibles podemos mencionar el desarrollo del primer parque fotovoltaico de Latinoamérica llamado Parque Solar Fotovoltaico "Bicentenario" en el Estado de Aguas Calientes. Este proyecto tendrá una potencia de 1 Mega Watt y podrá generar 12 Mega Watts hora por año, lo que equivale al consumo de 833 viviendas. Así mismo, contribuye a la disminución del deterioro al medio ambiente, evitando la emisión de 800 toneladas de bióxido de carbono. Este parque Solar Fotovoltaico forma parte del Parque de Innovación y Transferencia Tecnológica (PITT) en donde se agruparán empresas nacionales e internacionales con actividades basadas en procesos de innovación con aplicación productiva y desarrollo tecnológico (Mora, 2010)

Otro de los principales proyectos en México, de acuerdo al Banco Mundial (2009), es "El Proyecto de concentración solar Agua Prieta II"; el cual contribuirá a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la instalación de un sistema solar integrado de ciclo combinado (ISCCS) con tecnología de canal

parabólico. Este proyecto se ha ido desarrollándose por medio de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en conjunto con empresas españolas.

Así mismo, con referencia a la Gaceta UNAM (2011), con el propósito de impulsar la generación de combustibles solares, el desarrollo tecnológico y el uso de energías renovables en el país, el Centro de Investigación en Energía (CIE) de la UNAM puso en marcha un horno solar, el cual es el primero en México y el único en su tipo en Latinoamérica.



Figura 4. Horno Solar Centro de Investigación en Energía (CIE, 2011).

Este Horno Solar, forma parte del Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar (LACYQS). Es un instrumento científico que usa la energía solar concentrada para investigación básica, aplicada y desarrollo tecnológico, así como en el estudio de varios procesos industriales y el desarrollo de componentes de tecnologías para la generación termosolar de potencia eléctrica,

entre otros. Así mismo, el LACYQS incluye la puesta en marcha de un campo de pruebas de heliostatos y una planta fotocatalítica para el tratamiento de aguas residuales.

Radiación solar para aplicaciones térmicas.

La radiación solar se aprovecha tradicionalmente para una gran variedad de aplicaciones térmicas tales como la calefacción o refrigeración pasiva de edificios, la producción de sal o el secado de ropa, grano, madera, pescado y carne, en magnitudes que no se han cuantificado. Existen asimismo diversas tecnologías comerciales para el calentamiento de agua u otros fluidos o bien para refrigeración. La principal tecnología para el aprovechamiento térmico de la radiación solar es el calentador solar de agua (Chávez, 2008). En la figura 5, se observa un calentador instalado en una casa habitación.



Figura 5. Calentador solar de agua (Solar Technology)

Actualmente, las Normas Mexicanas de Energía Solar expedidas con referencia a las aplicaciones térmicas son: *NMX-ES-001-NORMEX-2005-Energía Solar-Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua-Métodos de Prueba y Etiquetado*; *NMX-ES-002-NORMEX-2007-Energía Solar-Definiciones*

y Terminología; *NMX-ES-003-NORMEX-2007-Energía Solar-Requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos, para calentamiento de agua*. Existe un proyecto de Norma Mexicana de Energía Solar: *PROY-NMX-ES-004-NORMEX-2009-Energía Solar-Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua-Método de Prueba*.

Al igual que para el caso del aprovechamiento de la radiación solar para la generación de electricidad, el potencial técnico para el aprovechamiento térmico de la radiación es prácticamente ilimitado. Por ello, el potencial de desarrollo de esta tecnología depende más bien de la demanda para el calentamiento de fluidos a baja temperatura en los sectores residencial, comercial, de servicios, industrial y agrícola.

2.3. Beneficios del uso de las fuentes alternativas para la generación de energía.

De acuerdo al gobierno federal, por medio de la Secretaría de Energía publicado en el libro “Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2009”, el uso y aprovechamiento de este recurso contribuye a la conservación y uso eficiente de los recursos energéticos no renovables (Valle, 2009). De la misma manera, obteniendo así los diferentes beneficios que se pueden adquirir, entre los cuales podemos enlistar:

Beneficios económicos, entre los cuales se pueden mencionar:

- Reducción de los costos y los riesgos económicos de la energía.
- Contribución a la soberanía energética.
- Aumento de la seguridad en el abasto de energía.

Beneficios sociales:

- Desarrollo rural e industrial.
- Mayor acceso a servicios energéticos sustentables en áreas rurales.
- Fomento del desarrollo industrial y rural.

Beneficios ambientales globales y locales.

- Mitigación del cambio climático.
- Reducción de los impactos del sector energía sobre la salud y el medio ambiente.
- Las energías renovables pueden contribuir a la protección de bosques y selvas.

2.4. Marco legal, regulatorio y normativo en México.

Las normatividades y marcos legales son los lineamientos que permiten desarrollar este tipo de sistemas que benefician a la sociedad, bajo un esquema legal y regulatorio que satisfará tanto en cuestiones legales como sociales.

2.4.1. Constitución.

El aprovechamiento de las energías renovables se sustenta en varios artículos constitucionales, entre los cuales hay que resaltar los siguientes:

- El artículo 4º, que establece el derecho a un medio ambiente adecuado.
- El artículo 25, que señala que corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional, para garantizar que éste sea integral y sustentable y que fortalezca la Soberanía de la Nación.
- El artículo 27, que en su tercer párrafo otorga a la Nación el derecho de regular, en beneficio social, “el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación (incluyendo los energéticos no renovables), con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo

equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.”

- El artículo 28, que establece la necesidad de asegurar la eficacia de la prestación de los servicios y la utilización social de los bienes.

Así mismo, La Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y su reglamento son instrumentos legales que regulan el uso de las energías renovables. El 28 de noviembre del 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), la cual busca regular el aprovechamiento de las energías renovables para la generación de electricidad “con fines distintos a la prestación del servicio público (Alatorre, 2009).

La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) (2008), transforma a la CONAE en CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía) y establece la ejecución de un Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. La LASE está dirigida principalmente a la eficiencia energética pero incluye el aprovechamiento de las energías renovables para aplicaciones térmicas (Alatorre, 2009).

Cabe mencionar que entre las principales instituciones involucradas con las energías renovables, están la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), y diversas asociaciones que promueven la explotación de las fuentes de energía.

2.5. Situación actual en el estado de Sonora, México.

El estado de Sonora se encuentra enfocado en el desarrollo energético sostenible, y uno de los elementos fundamentales para ello es el aprovechamiento del gran potencial energético en los recursos renovables de energía que existe en la Entidad. Derivado de este gran potencial, podemos decir que la región costera puede proveer de energía del mar y del aire, la región serrana tiene grandes posibilidades en energía hidráulica y eólica, los valles pueden aportar cuerpos de agua para la mini hidráulica, y en la mayor parte de la extensión territorial de la entidad tiene una insolación de las más altas del mundo (Gámez et al, 2008).

2.5.1. Aplicación del uso de la energía solar como recurso energético en Sonora, México.

Sonora funge como uno de los pioneros en cuanto al uso de la energía solar, como recurso energético, tomando como referencia inicial al Proyecto de concentración solar Agua Prieta II (Banco Mundial, 2009).

De acuerdo a un comunicado de prensa de la Secretaría de Economía del estado de Sonora, con la reciente inauguración del Campo de Pruebas de Helióstatos del Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar (LACYGS) en Hermosillo, Sonora, el estado se convierte en el centro de aplicación de la energía solar en todo el país.

Así mismo, Gámez et al, (2008), mencionan que el desierto de Altar, es un área potencial en el estado de Sonora para la generación de energía eléctrica por medio de la energía solar debido a la alta radiación solar que recibe esta región del estado.

2.5.2. Marco legal de las Energías Renovables en el estado de Sonora, México.

Propuestas de iniciativas se han ido desarrollando, con el fin único de fomentar el uso de las energías renovables como un recurso para la generación de energía, por ende, la satisfacción de la demanda de estado. Como ejemplo tangible, se puede citar la iniciativa descrita de ley de fomento de energías renovables y ahorro de energía del estado de Sonora en el 2008. Partiendo de la misma perspectiva, en una versión más actual, con fecha 12 de abril de 2011, diputados del Partido Acción Nacional, integrantes de la Quincuagésima Novena Legislatura del Congreso del Estado de Sonora, presentaron su iniciativa con proyecto de Decreto que adiciona diversas disposiciones de la ley de fomento de energías renovables y ahorro de energía del estado de Sonora (Reina, 2011).

Debido al gran auge que ha tomado el desarrollo de productos y tecnologías que buscan la satisfacción de la demanda de energía que se requiere para determinada situación, y dada la necesidad de fomentar el uso de fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica y, adicionalmente, debido a que Sonora cuenta con el potencial para producir energía eléctrica a partir de la energía solar, surge la idea de realizar un análisis de factibilidad técnica, operativa y económica que permita tomar una decisión acerca de llevar a cabo o no, la adaptación de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable, en particular la solar, que pueda ser adaptado a un sistema de bombeo convencional dedicado al riego de siembras de temporal en el municipio de Rayón, Sonora.

Cabe mencionar que para efectos del presente trabajo, el enfoque será dirigido a la presentación de una propuesta del uso de la energía solar para la generación de energía eléctrica en el bombeo de agua para riego derivado de un análisis de los componentes de dicho sistema, esto, mediante la evaluación técnica, operativa y

económica, la cual permita tomar una decisión de ser llevado a cabo en la práctica por parte de este grupo de agricultores de la región.

3. METODOLOGÍA.

El desarrollo de tecnología de conversión de energía solar a eléctrica, se ha vuelto un tema de importancia a nivel mundial. Las aplicaciones son variadas, desde las más sencillas, como el secado solar de frutas, carne, etc., a las más complejas como lo es la generación de energía eléctrica con tecnología de torre central. Por ello, se puede decir, que el desarrollo de esta investigación está dirigido a la satisfacción de una necesidad expresada por parte de un grupo de personas, de una sociedad, etc.

Por lo anterior, se realizará un estudio de mercado y un análisis de factibilidad técnica, económica y operacional, que permita obtener información del desarrollo de un proyecto de conversión de energía solar a energía eléctrica, en el Municipio de Rayón, Sonora. La investigación se desarrollará bajo el esquema de Proyecto Factible, que tiene como objetivo central, el determinar la factibilidad técnica, económica y operativa un producto. La investigación se presentará en base al modelo de formulación y evaluación de proyectos (Blanco, 2001).

Este modelo se divide en:



Figura 6. Modelo de formulación y evaluación de proyectos (fuente: Elaboración propia del autor a partir de Blanco (2001))

3.1. Estudio de mercado.

Antes de llevar a cabo un proyecto, es necesario realizar un estudio en el cual deberán ser situadas las condiciones económicas y sociales en las cuales se desenvolverá éste, además de especificarse los objetivos del proyecto. Este, consiste en identificar la necesidad requerida de un cliente potencial, es decir, lo que ellos quieren, mediante la tipificación de las mismas (Romero, 2011). El estudio de mercado, es de vital importancia para el presente estudio de factibilidad, ya que determinará la continuidad de la investigación en base a los resultados que se obtengan de la realización del mismo.

3.2. Análisis de Factibilidad.

Para iniciar con este análisis es necesario conocer el concepto de factibilidad, el cual se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados. Este estudio sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión, correspondiente a dar continuidad al desarrollo o implementación.

Este estudio, tiene como objetivo principal lo siguiente:

- Cubrir una necesidad con los recursos actuales en las áreas técnicas, económicas y operativas.

Mediante el cumplimiento de este objetivo, se pretende obtener un beneficio de la utilización de las energías renovables, que permitan al agricultor reducir sus costos de operación.

El análisis de factibilidad se apoya en tres aspectos básicos:

- Factibilidad Técnica.

- Factibilidad Operativa.
- Factibilidad Económica.

La *Factibilidad Técnica* se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. La *Factibilidad Económica* se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse. Por último, La *Factibilidad Operativa* se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos) (León, 2009).

3.3. Presentación de un estudio de Factibilidad.

Un estudio de factibilidad requiere ser presentado con todas la posibles ventajas para la empresa, organización o inversionistas, pero sin descuidar ninguno de los elementos necesarios para que el proyecto funcione. Para esto dentro de los estudios de factibilidad se complementan dos pasos importantes en la presentación del estudio:

- *Requisitos Óptimos*: se refiere a presentar un estudio con los requisitos óptimos que el proyecto requiera, estos elementos deberán ser los necesarios para que las actividades y resultados del proyecto sean obtenidos con la máxima eficacia.
- *Requisitos Mínimos*: consiste en un estudio de requisitos mínimos necesarios que el proyecto debe tener para cumplir las metas y objetivos, este paso trata de hacer uso de los recursos disponibles de la empresa para minimizar cualquier gasto o adquisición adicional.

Un estudio de factibilidad debe representar gráficamente los gastos y los recursos disponibles de la empresa o los inversionistas para minimizar cualquier gasto o adquisición adicional.

Cabe mencionar que dentro de un análisis de factibilidad un punto importante se desprende del análisis económico, ya que, de acuerdo a Sánchez, et al (2008), un sistema puede ser factible desde el punto de vista técnico y operacional, pero si no es factible económicamente para la organización o inversionistas, no puede ser implantado.

Dado que uno de los principales objetivos de este proyecto es la presentación de una propuesta que les provea una reducción en los costos de sus actividades agrícolas, el aspecto económico representa un área de gran interés. Por lo anterior, y prestando un grado de atención mayor a este análisis, el siguiente paso es la aplicación de la metodología, dando inicio al estudio de mercado.

4. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MERCADO, ANÁLISIS TÉCNICO, ECONÓMICO Y OPERACIONAL.

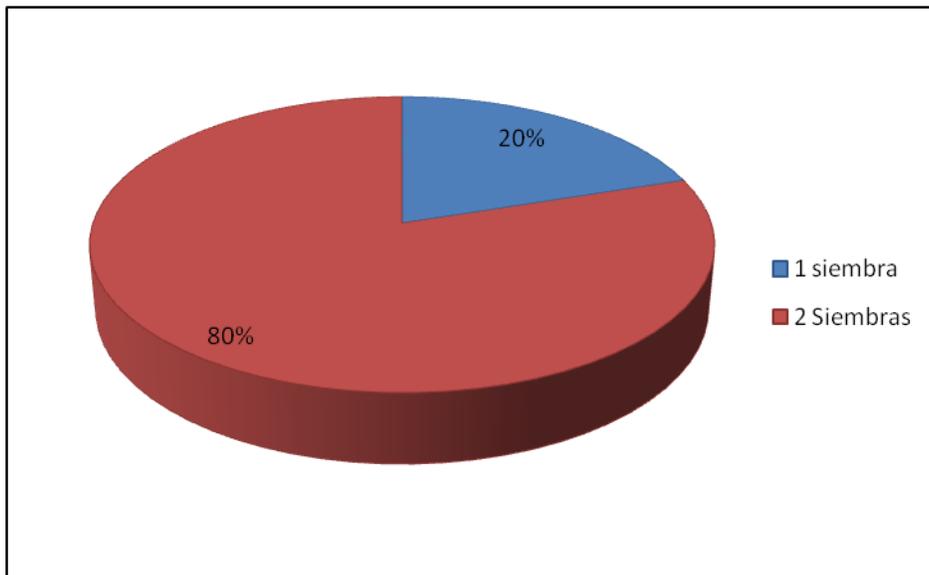
Una vez aplicada la metodología expresada anteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales, se expresan a continuación.

4.1. Estudio de mercado.

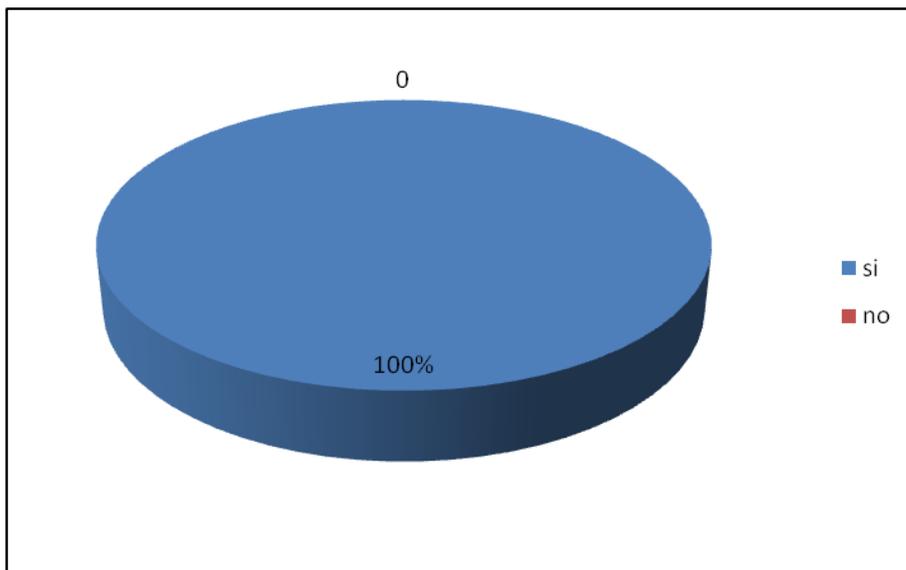
En esta etapa, la identificación de la necesidad se ha manifestado y expresado por un grupo de personas dedicadas a la siembra de diversos cultivos acordes al tipo de tierra y temporales de esa región. De lo anterior, se realiza un par de encuestas (ver anexo I y II) a un grupo de 10 que representan el total de la población de personas interesadas en el desarrollo una propuesta con la finalidad de pasar de lo cualitativo a lo cuantitativo, así mismo, que permita conocer información general de los agricultores y entender la problemática a partir de otra perspectiva (preguntas 1-4). Así mismo, sirva como referencia para conocer el estado actual de conocimiento del tema por parte de los agricultores.

De la encuesta aplicada a los agricultores pertenecientes al grupo de personas interesadas en desarrollar este proyecto, se obtienen los siguientes resultados:

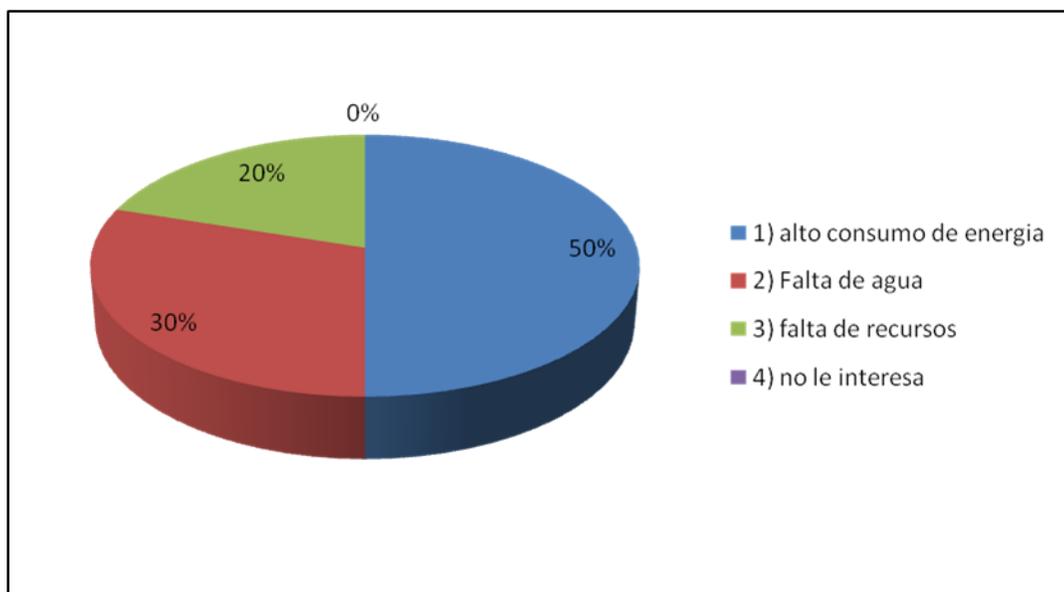
- Que el 80% de ellos, realiza dos siembras al año (gráfica 2), sin importar el tipo de producto (frutas, hortalizas, pastura, etc.),
- Que el 100% de los encuestados (gráfica 3) ha visto mermadas sus ganancias y,
- Que el 50% de ellos ha sufrido de pérdidas económicas debido al alto consumo de energía eléctrica (gráfica 4).



Gráfica 2: Número de siembras al año



Gráfica 3: Porcentaje de personas con pérdidas económicas resultado de la siembra

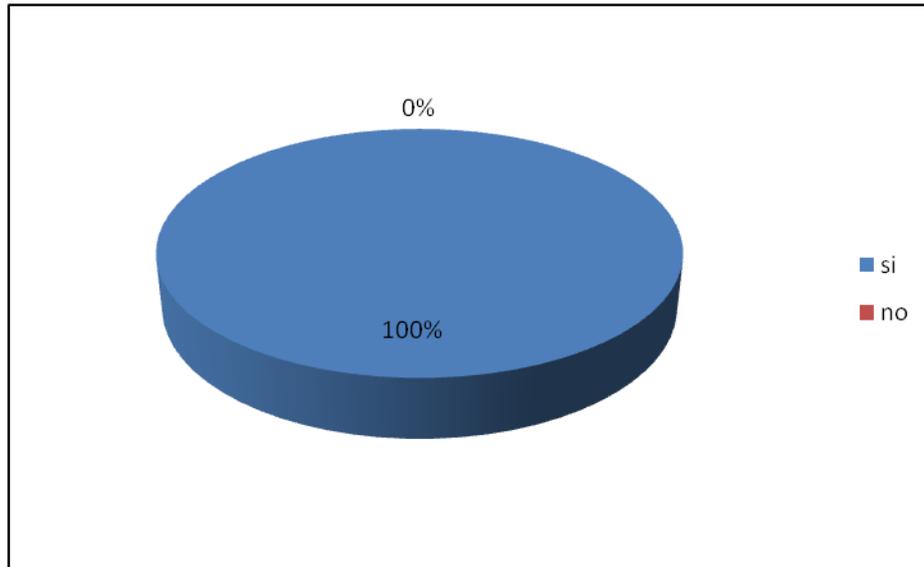


Gráfica 4: Problemáticas causantes de las pérdidas

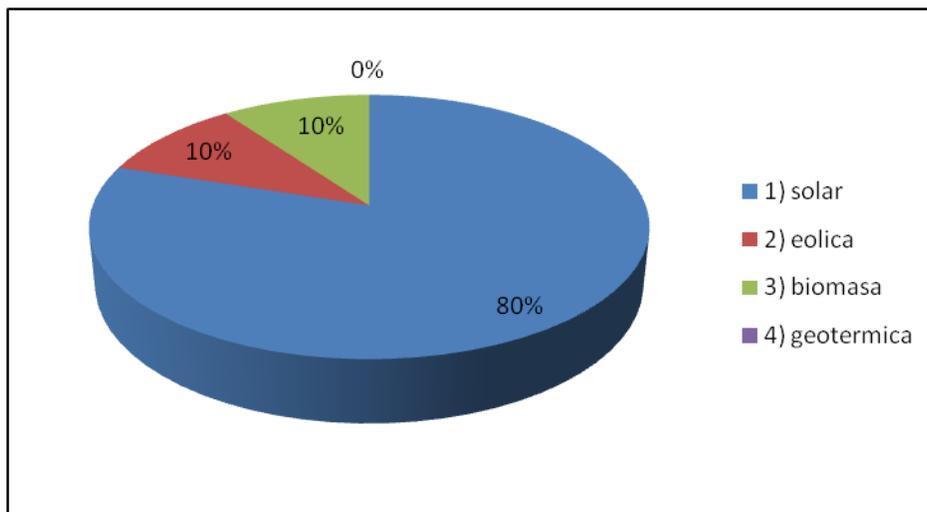
Una vez detectada la problemática de manera cuantitativa, dentro de la misma entrevista (anexo II), se realizó una encuesta dirigida a identificar el conocimiento de los agricultores acerca de las diferentes y diversas alternativas a las que pueden recurrir con objeto de minimizar costos en sus actividades.

De las preguntas realizadas, se obtuvo la siguiente información:

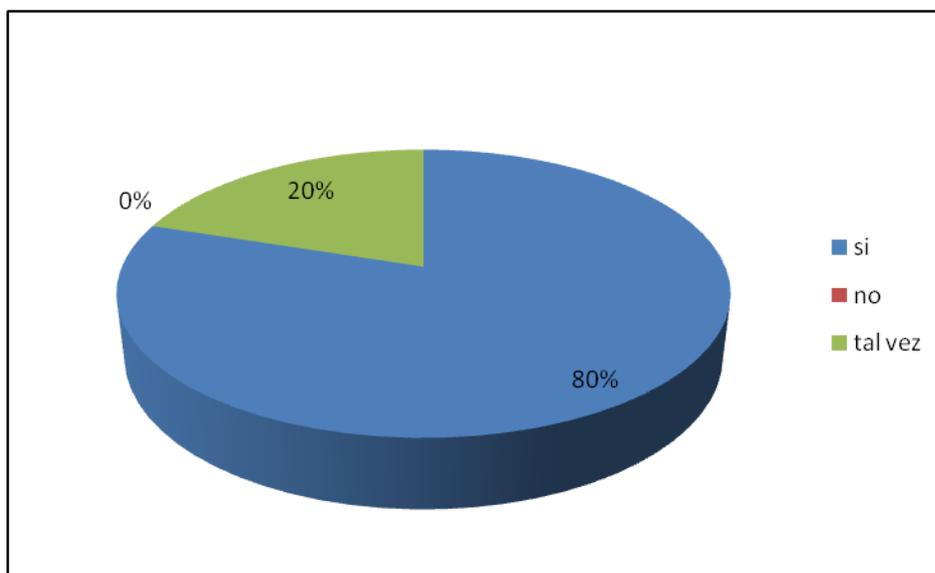
- El 100% de los encuestados conoce acerca de las fuentes alternativas para la generación de energía (gráfica 5),
- Que el 100% de los encuestados conoce cuáles son las fuentes que pueden ser aplicadas en su comunicad (gráfica 6); y,
- Que el 80% de los encuetados está dispuesto a invertir en estas fuentes alternativas para la generación de energía, en caso de ser viable técnica y económicamente, mientras que el 20% tal vez podría llevar a cabo la inversión (gráfica 7).



Gráfica 5: Porcentaje de personas que conocer las fuentes de energía alternativa



Gráfica 6: Porcentaje de personas con conocimiento de las fuentes alternativas aplicables a su comunidad



Gráfica 7: Porcentaje de personas dispuestas a invertir

De los resultados anteriores, se puede apreciar que es viable continuar con la primera etapa del análisis de factibilidad; el estudio técnico.

4.2. Estudio Técnico.

Debido a que una vez realizado este estudio se obtendrá información acerca de los recursos y herramientas, así como los factores a considerar para el desarrollo del proyecto, de igual forma, adquiere un mayor grado de importancia, ya que definirá la viabilidad del mismo.

Dentro de los factores a considerar y que es de mayor importancia es la insolación que recibe la región en la cual se pretende instalar el sistema de generación de energía eléctrica a partir de la energía solar. De acuerdo a los datos estadísticos de insolación anual para el estado de Sonora, corresponde a una mínima de 3.9 KWh/m²-día y una máxima de 8.6 KWh/m²-día con un promedio de 6.0 KWh/m²-día (Véase Figura 7) (Almanza, 1992).

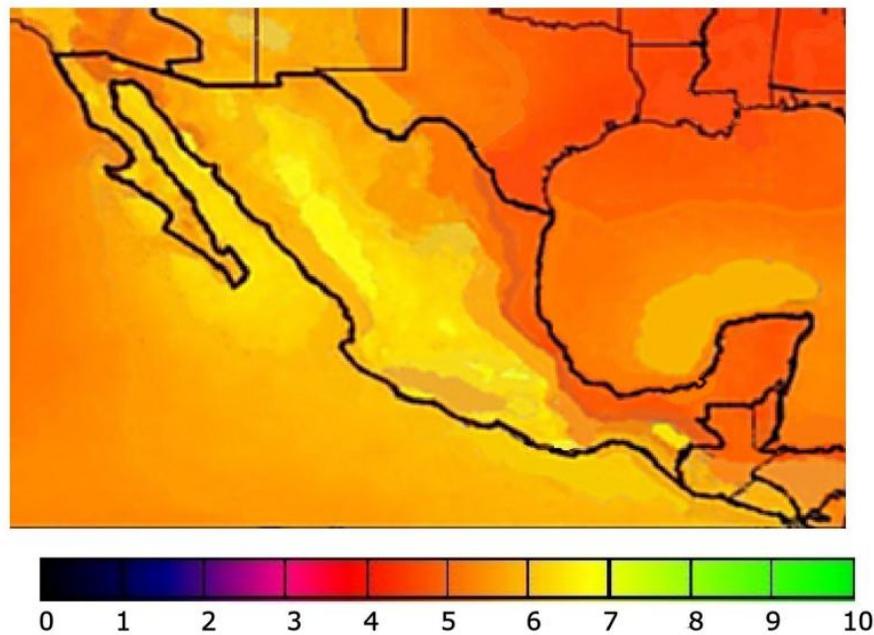


Figura 7: Promedio de Insolación anual en el estado de Sonora, México (Almanza, 1992).

Macrolocalización.

Con referencia al promedio mencionado anteriormente, la disponibilidad energética es un hecho en esta región y puede ser aprovechada a partir de un sistema de generación de energía. El Municipio de Rayón (figura 8), cuenta con la infraestructura necesaria referente a servicios públicos tales como agua, teléfono, vialidades, etc., Por lo anterior, podemos decir que la región de estudio, representa un área de oportunidad para explotar esta fuente de energía. De la misma manera, que el estado de Sonora en sí, representa un área de oportunidad para el aprovechamiento de este recurso.

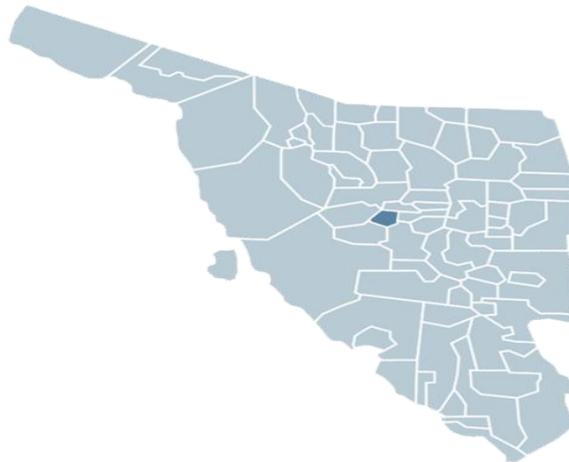


Figura 8: División distrital del estado de Sonora, México y ubicación de la región del desarrollo del proyecto (Roberto, 2010)

Una vez definida la ubicación y factibilidad del proyecto con referencia a la cantidad de insolación que recibe el estado de Sonora, corresponde seguir con el análisis, en el cual, se describen diferentes aspectos relacionados con las características técnicas del proyecto.

Dentro de estos aspectos podemos mencionar los siguientes:

- a) Proveedores de componentes para el sistema.
- b) Disponibilidad de los recursos financieros.
- c) Tecnologías de producción.

Estas características, permitirán, obtener evidencias de que la planeación ha sido elaborada cuidadosamente, contemplando todos y cada uno de los aspectos que puedan influir positiva o negativamente en el funcionamiento del sistema a desarrollar.

Características del mercado de proveedores.

En el estado de Sonora y partes aledañas, se cuenta con una serie de proveedores de componentes de maquinaria, equipo, herramienta, entre otros, de los cuales, podemos mencionar los siguientes (ver tabla 1):

EMPRESA	GIRO	DIRECCIÓN
Solar; Energías alternativas	Empresa dedicada a la venta e instalación de sistemas de generación de energía eléctrica a partir de las fuentes de energía renovable.	Yáñez #443 Esq. José S. Healy. Tel/fax: (662)2106171. Correo: saguirreg@sol-ar.com.mx Hermosillo, Sonora, México.
Tecu: Tecnología sustentable	Proyectos de ahorro de energía, módulos solares.	Perimetral norte #1125 entre Guatemala y Belice. Col. Álvaro Obregón, tel: 3019923 Correo: tecnologiasustentable.mx@gmail.com. Hermosillo, Sonora, México.
Ipecsolar	www.ipecsolar.com	Ipec solar llc - ocala, florida - productos solares y accesorios. Teléfono: 1.352.209.1568
Grainger	Empresa dedicada a la venta de equipos y maquinaria para la industria.	Rio Sonora #138. Colonia: La Mosca. Tel: 6621-366189
Hidromax	La solución para su líquido vital. Proveedor de bombas y cisternas para almacenar agua	Cel.: 6622 822652. Email. Hidromax.hmo@gmail.com. Hermosillo, Sonora.

Tabla 1: Proveedores de herramienta y equipo (Fuente: Elaboración propia del autor)

Mediante la comunicación directa con cada uno de los proveedores anteriormente mencionados, la disponibilidad de los recursos para llevar a cabo este proyecto se satisface, así mismo, ellos son los proveedores de la mano de obra calificada para la puesta en marcha del sistema a desarrollar. En referencia a calidad y eficacia, se verá reflejada en base de la inversión y tamaño que el agricultor lo desee.

Disponibilidad de los recursos financieros.

Este proyecto se desarrollará con recursos de los agricultores y con financiamiento a adquirir en dependencias gubernamentales, bancos y/o instituciones que puedan proveer el recurso financiero. Estos no se consideran como una limitante ya que el costo de la inversión, puede ser sufragado en su totalidad por el agricultor.

Tecnologías de producción.

La tecnología que se utilizará será acorde a la propuesta del proveedor. Los componentes a adquirir serán de tecnología conocida por los técnicos de las empresas proveedoras, que sean de fácil instalación y que provea la capacitación adecuada para el uso e instalación del sistema. Así mismo, que pueda ser operado por parte de los agricultores en el área en la cual desempeñaran sus actividades de producción agrícola.

4.2.1. PROCESO PRODUCTIVO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Es el resultado de la integración de varios bloques funcionales, con el fin de suplir, diariamente la energía eléctrica requerida por la carga, el cual, deberá de mantener un balance energético entre la cantidad generada y la consumida que pueda ser utilizado en el bombeo de agua de pozo.

El análisis será de tipo cualitativo, ya que el propósito es la presentación de una propuesta para los agricultores. Este sistema, constará de tres secciones (véase figura 9): En la primera sección (Sistema de Generación) se encontrará un bloque de

generación, el cual consiste en el panel fotovoltaico y anexo al mismo, se colocará una protección contra rayos. En la segunda sección (Sistema de Acumulación / Almacenamiento) constará de un control de carga, fusible de protección y un monitor de carga. Por último, en una tercera sección (Sistema de acondicionamiento de potencia / transformación) se encontrará una caja de entrada con fusibles, la cual se encontrará conectada a tierra (Gasquet, s.f.). Este sistema, será el encargado de proveer la energía requerida por la bomba que hará la succión del agua, misma que ira directo a una cisterna, de donde será distribuida acorde a la necesidad de flujo del productor.

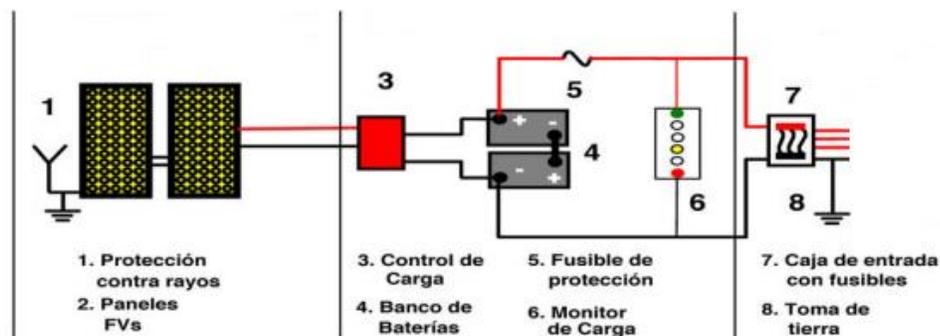


Figura 9: Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico (Gasket, 2004).

Sistema de Generación.

Este bloque es formado por paneles fotovoltaicos, que serán los encargados de captar la luz solar. El número de ellos, dependerá de la cantidad de células que se requieran para generar la energía necesaria para operar el sistema.

Nota. Es importante que estos paneles tengan una efectiva protección contra rayos.

A continuación, se presenta un esquema del diseño de un panel fotovoltaico:

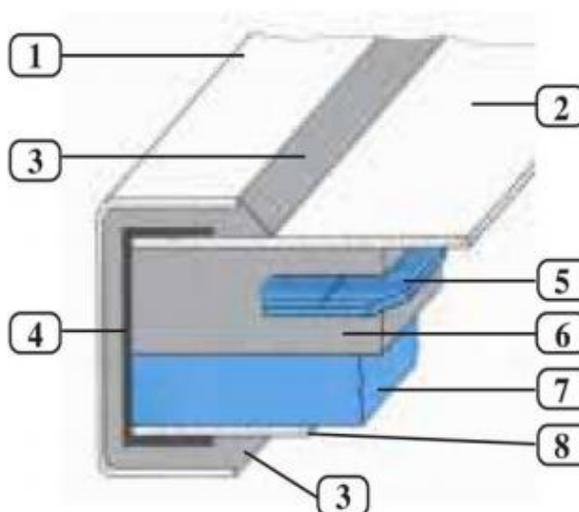


Figura 10. Componentes de un Panel Solar Fotovoltaico (Gasket, 2004).

Primeramente, cuenta con un marco de aluminio anodizado (1), el cual evita su oxidación, así mismo, su rigidez provee la presión necesaria para mantener juntas las partes que lo integran. La superficie colectora (silicio) (2) tiene un vidrio templado o plástico de alto impacto, con un alto valor de transmisión para la luz. Un material esponjoso (3) el cual protege los bordes del vidrio o plástico y provee un cierre hermético para el panel a lo largo del perímetro de la estructura. La junta selladora (4) contribuye a evitar la presencia de agua (humedad) dentro del panel. Las células fotovoltaicas (5) son cubiertas con material encapsulante (6) de alta transparencia, es común el uso de acetato de etil-vinilo, el cual se aplica en capas muy finas. La rigidez del panel se incrementa con el uso de un sostén rígido (7), plástico o metálico, al que se conoce como substrato. La cara posterior al panel (8) tiene una superficie de sostén, que en algunos tipos son plásticos y en otros metálicos (aluminio) (Gasquet, s.f)

Nota: en principio, se necesitaría conectar un mínimo de 24 células en serie para alcanzar un voltaje nominal de salida determinado (12V). Los paneles comerciales actualmente tienen un mayor número de ellas (36 o más) como se puede apreciar en la figura 11, por lo que el voltaje nominal de salida corresponde a 18V.

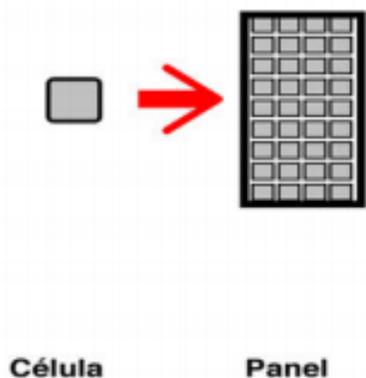


Figura 11. Células de panel solar (Gasket, 2004)

Sistema de acumulación.

Es un conjunto de celdas electroquímicas conectadas en serie, cuya función es la de almacenar la energía eléctrica en forma química cuando se carga para después ceder esta energía al exterior de la batería en forma de electricidad a lo que llama descarga.

Los acumuladores de ciclado profundo están especialmente diseñados para soportar un alto número de descargas profundas, y ser recargados sin afectar su desempeño, a diferencia de los acumuladores automotrices, que al ser sometidos a condiciones de descargas profundas, pierden más rápidamente su capacidad.

Estos, están contruidos con materiales activos de alta densidad con aditivos especiales, además de aleaciones en sus placas que cumplen con el propósito de lograr un mejor desempeño en sus ciclos de carga y descarga profunda. Con esto disminuyen el reblandecimiento y desprendimiento del material activo de las placas positivas, prolongando la vida del acumulador sometido a dichas condiciones.

Estos acumuladores son utilizados principalmente, para proveer energía eléctrica a equipos que no tienen un sistema de generación propia, como pueden ser: pequeños

vehículos eléctricos, luces, equipos de navegación o de comunicación, casas móviles, sistemas de energía solar, entre otros.

El sistema de acumulación consta de tres componentes:

- Control de carga.
- Banco de baterías.
- Fusible de protección.

El *control de carga*, tiene la función de evitar la descarga y sobrecarga de las baterías, proveer un régimen de carga más apropiado para determinado acumulador, proveer funciones auxiliares, como la del monitoreo del nivel de carga del banco de reserva. De acuerdo con el voltaje de la batería, el regulador ajustará la corriente de carga y decidir cuándo dejar de suministrar lo cual evitara una sobrecarga. Este sistema, también contará con un *fusible de protección* el cual es incorporado como un elemento de seguridad. Cabe mencionar que, aun cuando el banco consista en solo una batería, un corto circuito accidental puede provocar una explosión y/o acortar la vida útil de las mismas.

Sistema de transformación.

Éste, comprende los circuitos de entrada y alimentación del sistema que recibirá la energía eléctrica ya transformada a partir de la energía solar.

Con los elementos mencionados anteriormente, se puede organizar el sistema que será adaptado al sistema de bombeo actual.

En busca de diferentes alternativas que puedan proveer a los agricultores de opciones que les permitan obtener ahorros en sus actividades, la viabilidad de la utilización de sistemas de generación de electricidad a partir de las fuentes de energía renovable, en particular, la energía solar en el municipio de Rayón, Sonora, como resultado del estudio técnico, representa una opción adecuada de acuerdo al

lugar y el tipo de actividad, por ello, se realiza un análisis de factibilidad operativa, continuando con la metodología planteada al inicio de este capítulo.

4.3. Estudio operacional.

El desarrollo de esta investigación, se hará en base a un sistema fotovoltaico estático, debido a que, representa una herramienta de menor costo, en comparación con un sistema con seguimiento solar. Este sistema estático es de fácil instalación, ya que consta de paneles con una orientación e inclinación estática y el rendimiento depende exclusivamente de una orientación óptima de los módulos y de la radiación solar que recibe la localidad en la que se instale. Este tipo de sistema, es capaz de proporcionar la energía suficiente para ser utilizada en diversas actividades, así mismo, permite lograr un considerable ahorro en el consumo de la energía.

Cabe mencionar que de acuerdo a Gasquet (2004), en el noroeste de la republica mexicana, lugar donde se encuentra situado el estado de Sonora, un día solar, es decir, el tiempo que la radiación solar incide en su punto máximo, corresponde a:

- 6 horas en primavera, lo cual produciría 1.2 kw /m²/día.
- 6 horas en verano, lo cual produciría 1.2 kw /m²/día.
- 6 horas en otoño, lo cual produciría 1.2 kw /m²/día.
- 5.5 horas en invierno, lo cual produciría 1.1 kw /m²/día.

Por lo anterior, un sistema estático, representa una opción viable para la realización de la propuesta que se pretende realizar. Sin embargo, existe la posibilidad de contar con un sistema con seguimiento, el cual permite obtener un mayor aprovechamiento de las horas del sol.

4.3.1. Sistema fotovoltaico dinámico o de seguimiento.

El objetivo de este tipo de sistemas, es orientar la posición de los paneles hacia el sol para conseguir la máxima exposición, esto se puede lograr mediante dos tipos de seguidores solares.

- a) Seguidor solar pasivo
- b) Seguidores solares activos

Seguidor solar pasivo.

Es un seguidor de un eje polar que carece de un control electrónico para su funcionamiento, su diseño se basa en el cambio de densidad de un líquido de bajo punto de ebullición, regularmente freón. El líquido se encuentra en dos tanques alineados de este a oeste e interconectados entre sí. Cuando recibe los rayos solares el líquido contenido se evapora y la diferencia de pesos provoca el movimiento, los paneles se colocan de manera tal que se encuentra balanceado el peso y adicionalmente se colocan amortiguadores hidráulicos para contrarrestar la fuerza del viento (Zomeworks, 2007).

Seguidores solares activos.

Este tipo de seguidores utiliza un control electrónico para ubicar la posición aparente del Sol, este control se retroalimenta a base de sensores o por cálculos numéricos y utilizan algún actuador para realizar el movimiento del seguidor (Pastrana, 2006).

Con estos sistemas, se consigue que los paneles fotovoltaicos tengan la máxima captación de energía durante todo el día y también de acuerdo al cambio de la posición del sol en las estaciones. Una de las características importantes a destacar, es que este tipo de sistemas de seguimiento, aumenta en un 29% el rendimiento con respecto a un sistema estático (Beltrán, 2007).

Cabe mencionar que para el desarrollo de esta investigación, se hará en base a un sistema fotovoltaico estático, dado que representa una solución muy conocida y económicamente viable, debido a la cantidad y tiempo de operación en la que se requiere.

4.3.2. Diseño de un sistema fotovoltaico estático.

El diseño de un sistema fotovoltaico, puede ser a partir de la conexión de las células solares en serie (ver figura 12) o en paralelo (ver figura 13) o ambas, para obtener el voltaje y corriente requerida.

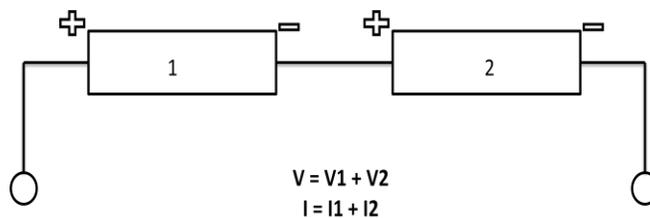


Figura 12: Arreglo de un sistema fotovoltaico conectado en serie (Goswami, 2000).

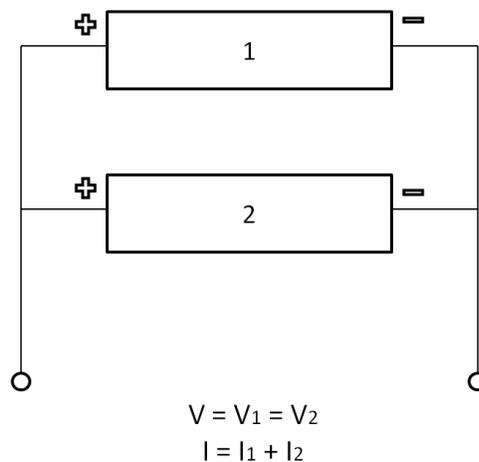


Figura 13: Arreglo de un sistema fotovoltaico conectado en Paralelo (Goswami, 2000).

Cabe mencionar que para tener la certeza del número de células solares que se requieren para el funcionamiento del sistema, es necesario conocer los siguientes datos de una célula:

- El voltaje del circuito eléctrico.
- El voltaje máximo.
- La corriente máxima.
- La potencia máxima.

Un sistema de bombeo requiere de 100 watts a 12v., el diseño fotovoltaico usará células de 6cm². Asumiendo que la densidad de corriente de una célula solar a 40°C es 1.8x10⁻⁸ A/m² (Goswami, 2000); con una densidad de corto circuito de 200 A/m², se puede partir de la ecuación 1, para obtener el voltaje de circuito abierto:

$$V_{oc} = \frac{KT}{e_0} \ln (j_s / j_0 + 1) \quad (1)$$

Donde:

K = Constante de Boltzman's

T = Temperatura

e₀ = Carga de un electrón

ln = logaritmo natural

j_s = corto circuito de la corriente

j₀ = unión actual

Dado que e₀ y KT deben ser evaluados por separado, despejando dichos términos de la ecuación 1,

Nota:

Para un circuito cerrado, V = 0 y J_L = J_s

Para un circuito abierto, J_L = 0 Y V = V_{oc}

Obtenemos que:

$$e_0/KT = \ln (j_s/j_0 + 1)$$

Sustituyendo valores:

$$e_0/KT = 37.06V^{-1}$$

Entonces:

$$V_{oc} = (1/ 37.06) \ln (200/1.8 \times 10^{-8} + 1)$$

Por lo tanto:

$$V_{oc} = 0.624V$$

El voltaje máximo (V_m), de una célula solar, puede ser evaluado usando la ecuación 2:

$$\exp (e_0 V_m / KT) (1 + e_0 V_m / kT) = (1 + j_s / j_0) \quad (2)$$

Donde:

V_m = Voltaje máximo

e_0 = Carga de un electrón

K = Constante de Boltzman's

$j_0 = 1.8 \times 10^{-8} \text{ A/m}^2$

$j_s = 200 \text{ A/m}^2$

$T = 40^\circ\text{C} = 313 \text{ k}$ (Angrist, 1976)

Por lo tanto:

$$\exp(37.06 V_m) (1+37.06 V_m) = 1 + 200/1.8 \times 10^{-8} \text{ ó } V_m = 0.542 \text{ V.}$$

Se obtiene que, el voltaje máximo en las condiciones más favorables corresponda a $V_m = 0.542 \text{ V}$

La máxima densidad de corriente se obtiene partiendo de la ecuación 3:

$$j_{L,m} = (e_0 V_m / KT) / (1 + (e_0 V_m / KT)) (j_s / j_0) \quad (3)$$

Sustituyendo:

$$((37.06)/(0.542)/1+(37.06)/(0.542))(200 + 1.8 \times 10^{-8}) \text{ A/m}^2$$

Obtenemos que $j_{L,m}$ es 190.5 A/m^2

Por último, la potencia máxima se obtiene a partir de la ecuación 4:

$$P_{max} = (V_m)(j_m)(A) \quad (4)$$

despejando:

$$P_{max}/(A) = (0.542 \text{ v})(190.5 \text{ A/ m}^2)$$

$$= 103.25 \text{ W / m}^2$$

De lo anterior, se establece que la mayor eficiencia se obtiene de la siguiente forma:

Dado que:

$$V_m = 0.542 \text{ V}, L_m = (190.5 \text{ A/m}^2) (6 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 0.1143 \text{ A}.$$

$$\text{Poder/célula} = (0.542 \text{ V}) (0.1143 \text{ A}) = 0.062 \text{ W}$$

$$\text{Número de células requeridas} = 100 \text{ W} / 0.062 \text{ W/célula} = 1692$$

El número de células requeridas conectadas en serie se determina con el voltaje del sistema / voltaje de las células.

$$\text{Por lo tanto} = 12 \text{ V} / 0.542 \text{ V} = 22.14 = 23 \text{ células conectadas en serie.}$$

Así mismo, el número de células requeridas conectadas en paralelo es igual a:
 $= 1692 / 23 = 70.12$ células.

El análisis anterior, indica el tamaño del arreglo fotovoltaico que se debería diseñar para este caso. Sin embargo, dado que en el mercado existen paneles que permiten satisfacer la demanda de voltaje y de potencia para este caso, se propone sean utilizados dos paneles solares, los cuales, satisfarán la necesidad requerida.

Por lo anterior, en la composición del sistema, el panel solar es el que representa mayor inversión, partiendo del análisis operacional, la viabilidad de invertir en un sistema conectado en serie lo reduce a dos piezas y se incrementa la posibilidad de llevar a cabo el proyecto. Para ello, con el análisis económico que se realizará, se tiene la certeza que el sistema deberá contar con dos paneles solares.

4.4. Estudio económico.

Esta fase de la investigación, se hará en base al costo de los materiales, por lo cual se realizará un análisis de cada uno de los componentes. El resultado de este análisis se espera que sirva como base para la toma de decisiones más concretas a partir del monto de inversión, la cual desde el punto de vista económico, se puede

definir como el acto de incurrir en un coste inmediato con la esperanza de obtener recompensas futuras (Valero, 2005).

4.4.1. Costos de inversión de un sistema fotovoltaico estático.

El costo de los paneles y las baterías en este tipo de sistema son los que más influyen en el costo de adquisición. La vida útil de los paneles excede los 20 años, de manera que el costo a largo plazo estará influenciado por el costo de reemplazo del banco de baterías, las cuales cuentan con un periodo de vida útil de 10 años, por lo que deberá considerarse que se cambiara al menos una vez (se hace esta referencia ya que el panel solar y los acumuladores representan la inversión más alta de este sistema).

Por ello, la búsqueda de componentes del sistema que cuenten con estándares de calidad y precio accesible para los agricultores es importante para la generación de una propuesta concreta y funcional, que les permita obtener el beneficio que se busca y una solución a su problemática.

Del análisis anterior, surgen tres propuestas importantes que el agricultor puede considerar para realizar el diseño del sistema de bombeo de agua, las cuales corresponden a lo siguiente:

- Inversión alta.
- Inversión baja.
- Inversión distinta a costo alto.

A continuación, se presentan descritas las propuestas anteriormente mencionadas:

La propuesta numero uno, consiste en una inversión alta (véase tabla 2), esta se desglosa de la siguiente manera: 2 paneles solares, 1 control de carga, 1

acumulador, 1 cisterna de capacidad de 2500 litros, 1 bomba centrífuga eléctrica para agua, con el cableado correspondiente.

Alto Costo				
Material	Generación	Acumulación	Transformación	Operación
Panel Fotovoltaico	\$3400			
Control de carga		\$750		
Batería		\$1602		
Cisterna				\$2870
Bomba				\$2670
Cableado			\$2002.5	
Total: MX\$ 13294.5				

Tabla 2. Costo de inversión para un sistema de bombeo de alto costo

La propuesta numero 2, es una inversión económica o de bajo costo. Su diferencia principal es la capacidad de almacenamiento y la calidad de los productos para su elaboración (véase tabla 3).

Bajo Costo				
Material	Generación	Acumulación	Transformación	Operación
Panel Fotovoltaico	\$3,400			
Control de carga		\$750		
Batería		\$1,602		
Cisterna				\$670
Bomba				\$1,335
Cableado			\$667.50	
Total: MX\$ 8425				

Tabla 3. Costo de inversión para un sistema de bombeo de bajo costo

Esta propuesta consiste en: 2 paneles solares, 1 control de carga, 1 acumulador, una cisterna de capacidad de 450 litros, una bomba eléctrica para agua, centrífuga 1/2 Hp, con el cableado correspondiente.

Por último, una opción distinta y con una inversión hasta cierto punto alta, para iniciar con la implementación de este sistema representa la compra del Kit solar: Bomba solar sumergible 12V-24V ofrecida por IPECSOLAR en su página electrónica, la cual cuenta con los siguientes componentes:

- 1 Bomba solar sumergible (hasta 70m)
- 2 Kit Modular para construir el panel solar (70w)
- 1 multímetro
- 1 tubo de estaño
- 2 conectores para panel solar
- 2 diodos
- 1 regulador / optimizador
- 1 pluma flux
- 1 video para ensamblar el panel solar

El costo total de inversión es de usd \$975, correspondiente a MX\$ 13016.25 pesos

Nota: Los costos están en pesos mexicanos (MX\$). El tipo de cambio al 08 de Mayo del 2012 es: MX\$ 13.35 = US\$ 1.00. Fuente: CNN (2012).

Una vez realizado el estudio económico, se puede apreciar que en base a las diferentes propuestas presentadas como resultado de esta sección, se puede decir que existe la viabilidad económica para el desarrollo del proyecto. Un punto importante es que en las propuestas 1 y 2 el proveedor realiza la instalación del sistema en campo.

Cabe mencionar que, si se desea que cuente con un sistema de seguimiento, el costo de inversión en cualquiera de los casos aumenta, para ello, se hace a continuación un análisis de los costos de los componentes de un sistema de seguimiento (ver figura 14) que puede ser adaptado al sistema propuesto anteriormente.

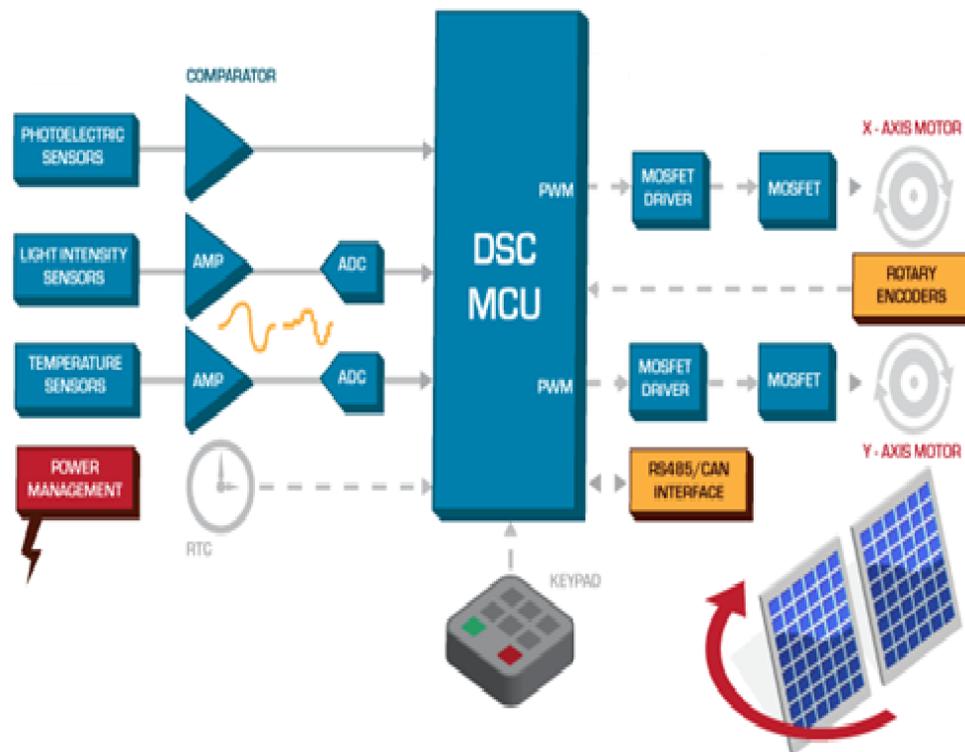


Figura 14. Componentes de un sistema de seguimiento solar (Zomework)

Cabe mencionar que la descripción de cada uno de los ítems, así como los costos fueron obtenidos directamente del distribuidor NEWARK partiendo de su página electrónica: <http://mexico.newark.com>, donde los componentes se encuentran en disponibilidad inmediata y los precios mostrados a continuación se encuentran actualizados.

Buscando obtener el costo mínimo para un sistema con seguimiento, por parte de los inversionistas, se presenta a continuación una propuesta estimada del mismo (ver tabla 4).

Producto	Unidad	Cantidad	Costo USD\$	Costo MX\$
sensor fotoeléctrico	Pza.	1	1.35	17.52
sensor de intensidad de luz	Pza.	1	3.95	51.27
sensor de temperatura	Pza.	1	3.7	48.03
fuelle de poder	Pza.	1	14.63	189.90
comparador	Pza.	1	10.88	141.22
Amplificador de seña	Pza.	2	14.36	186.39
convertidor	Pza.	2	8.76	113.70
DSC	Pza.	1	6.11	79.31
Entrada	Pza.	1	145.16	1884.18
Mosfet driver	Pza.	2	3.46	44.91
Mosfet para motor	Pza.	1	0.21	2.73
sensor de seguimiento solar	Pza.	1	1.33	17.26
motor de paso	Pza.	2	98.6	1279.83
Total			USD \$312.5	MX \$4056.25

Tabla 4. Costos de inversión para un sistema de seguimiento solar.

Nota: Los costos están en pesos mexicanos (MX\$). El tipo de cambio al 08 de Septiembre del 2012 es: MX\$ 12.98 = US\$ 1.00. Fuente: CNN (2012).

La inversión que se muestra es relativamente económica, sin embargo, el costo de instalación, de ingeniería y programación, no se incluye en la tabla anterior, por lo que es un costo a considerar en su implementación.

Por último, la decisión de ser adaptado, dependerá de la capacidad económica del agricultor.

5. CONCLUSIONES.

Como resultado del desarrollo y evaluación de la metodología planteada en el capítulo tres, se obtienen las siguientes conclusiones:

El análisis de mercado, expresa cuantitativamente el interés de buscar alternativas por parte de un grupo de agricultores, que les provea una solución a la problemática del alto consumo de energía eléctrica, derivado de su aplicación para el bombeo de agua de los pozos. Así mismo, el interés por invertir en el desarrollo de un sistema de bombeo de agua a partir de la energía solar si la propuesta es económicamente viable.

El análisis técnico arroja como resultado que el municipio de Rayón, así como el estado de Sonora en sí, representa un área de oportunidad para el aprovechamiento de la energía solar, debido a que el promedio de insolación que recibe anualmente satisface la demanda requerida por el sistema para su operación. Así mismo, la cercanía con la capital del estado, Hermosillo, Sonora, permite contar con una serie de proveedores que cuentan con los componentes mencionados en las diferentes propuestas para construir el sistema de bombeo de agua con energía solar. Así mismo, es posible aprovechar la infraestructura que la Ciudad le ofrece.

Del análisis operativo, se obtiene que si el sistema cuenta con dos paneles solares, será suficiente para satisfacer la demanda que se requiere para operar el sistema. Se puede decir también que, si el agricultor lo desea, puede aumentar el número de paneles que le permita crear un banco de baterías que pueda utilizar en otros periodos del temporal.

El análisis económico, arrojó tres propuestas para un sistema estático y una para un sistema con seguimiento a las cuales, el agricultor puede acceder para la elaboración de su sistema; la eficiencia del sistema elegido, dependerá de la capacidad de inversión que se pretenda realizar.

Por último, se puede decir que a partir de la investigación efectuada y de los resultados anteriormente descritos, la realización del proyecto es factible, así mismo, que es posible reducir el impacto del costo de operación de los agricultores mediante el uso de las fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica. También, podemos decir que la hipótesis planteada al inicio de esta investigación se acepta, ya que es posible desarrollar proyectos con energía solar para la generación de energía eléctrica en el Municipio de Rayón, Sonora.

5.1. Trabajos de investigación futuros.

Para investigaciones futuras, se requiere la implementación de este sistema que provea a los agricultores los beneficios mencionados con anterioridad. Así mismo, se requiere determinar el mejor lugar para la instalación del sistema. Así mismo, si se requiere de un sistema de seguimiento solar, se abre la posibilidad de incursionar en el área de la automatización del sistema fotovoltaico.

BIBLIOGRAFÍA

Alatorre, C. (2009). Energías renovables para el desarrollo sustentable en México. Secretaria de energía. Septiembre. México Distrito Federal.

Agencia Valenciana de Energía (2008). Energías no renovables. Disponible en <http://www.aven.es/>. Recuperado el 10 de Octubre de 2011.

Almanza, R. Estrada, V. Barrientos, J. (1992). Actualización de los mapas de irradiación global solar en la republica mexicana. Series del instituto de ingeniería No. 543, UNAM.

Angrist, S. (1976). Direct Energy Conversion. 3rd Edition. Allyn and Bacon, Inc. Boston, MA.

Banco Mundial, (2009). Información sobre el proyecto térmico solar Agua Prieta II. Disponible en <http://www.tinyurl.com/AguaPrieta>. Recuperado el 15 de octubre de 2011.

Beltrán, J. (2007). Prototipo fotovoltaico con seguimiento del sol para procesos electroquímicos. Tesis de maestría en ciencias, México: Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Bertinat, P. et al. (2004). Desafíos para la sustentabilidad energética en el cono sur. Santiago, Chile.

Blanco, A. (2001). Formulación y evaluación de proyectos. Fondo editorial tropy- kos. 2da edición. México.

Castillos, C. (2007). Colectores Solares. Autoconstrucción de cocinas y calentadores de agua. Tercer encuentro nacional de energía solar. Guichón, Colombia.

Cataño, M. (2010). ¿Qué es la Energía Solar?. Disponible en: http://www.articulo.org/articulo/27384/que_es_la_energia_solar.html. Recuperado el 03 de Septiembre del 2011.

Chávez, M, & Cerda, A. (2008). La energía alternativa ya está aquí. Contenido, 540, pp. 68-76.

CIE, (2011). Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar. Disponible en <http://xiuhcoatl.cie.unam.mx/lacyqs/en/> Recuperado el 15 de Septiembre de 2012.

Civantos, D. (2010). El horno solar de Odeillo: 40 años concentrando el Sol hasta fundir el acero. Disponible en <http://blogs.lainformacion.com/futuretech/2010/12/07/odeillo/> Recuperado el 20 de febrero de 2012.

CNNMoney.com. Cable News Network. Disponible en: <http://money.cnn.com/data/currencies/>. Consultado el 08 de mayo de 2012.

CNNMoney.com (b). Cable News Network. Disponible en <http://money.cnn.com/data/currencies/>. Consultado el 08 de Septiembre de 2012.

Del Sol, N, & Cabrera Fernández, E. (2008), 'Energía renovable y no renovable. Tono: Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, S.A, 5, 2, pp. 85-89.

Durán, J.C. & Godfrin, E.M., (2005). Aprovechamiento de la Energía Solar en la Argentina y en el Mundo. , pp.33-44.

Gámez, A. Cabrera, J. Castañeda, E. López, F. Morera, M. & Cruz, O. (2008). Control con dos sensores para energías eólica y solar. Revista de Ingeniería Energética, 30, 3, pp. 39-45.

Gasquet, H. (2004). Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos. Vol. 52. El Paso, Texas.

Goswami, Y. (2000). Principles of Solar Engineering. 2nd Edition. Taylor and Francis. University of Colorado.

Hermosillo, J. (1995). Energía Solar. Programa de la asignatura. Departamento de procesos tecnológicos e industriales, división de ingeniería. Instituto tecnológico y de estudios superiores de occidente.

Hernández, G.R. (2006). Análisis de la competitividad y productividad de las ramas y subramas de la agroindustria en México 1994-2004. Tesis profesional Departamento de Ingeniería agroindustrial, UACH.

León, G. (2009). Planeación y distribución de Instalaciones. Unidad III: Visión. Programa de la asignatura. Planeación y distribución de instalaciones de la Universidad autónoma de Tamaulipas.

Martínez, D. (2009). La India apostará por la energía solar. Disponible en <http://www.ecologiaverde.com/la-india-apostara-por-la-energia-solar/>. Recuperado el 03 de Noviembre de 2011.

Meinel, A.B. & Meinel, M.P. (1982). Aplicaciones de la energía solar, Reverte. Disponible en <http://books.google.com/books?id=pxEjgDdLlaoC&pgis=1>. Recuperado el 15 de Octubre de 2011.

McNeill, John. "Efectos medioambientales del uso de combustibles fósiles". Disponible en teleformacion.cujae.edu.cu/repositorios/.../. Recuperado el 04 de octubre de 2011.

Meléndez, J. (2008). La importancia de la energía en nuestro planeta. Disponible en <http://cuidandolanaturaleza.blogspot.es/>. Recuperado el 18 de Septiembre del 2011.

Mora, M. (2010). Aguas Calientes; Se inaugura el primer módulo del Parque Solar Fotovoltaico. Disponible en <http://www.oem.com.mx/elsoldelbajo/notas/> Recuperado en Julio de 2011.

Muñoz, N. (2010). Construirán una planta de energía nuclear en Estados Unidos. CPU-e. Revista de Economía y finanzas. Disponible en <http://www.economiafinanzas.com/2010/02/18/construiran-una-planta> Recuperado el 10 de enero de 2012.

Naciones Unidas, (2007). Estrategia energética sustentable centroamericana 2020. Secretaría general. América latina y el Caribe.

Pastrana, Y. (2006). Diseño y construcción de un circuito de control para seguidores solares electrónicos. Grupo de Materiales y Física Aplicada, Departamento de Física, Universidad de Córdoba, Montería.

Procobre (2008). Uso de energía solar en el mundo. CPU-e, Comunicado de prensa. Disponible en <http://www.procobre.org/procobre/pdf>. Recuperado el 03 de Septiembre del 2011.

Red, M. (2001). ¿La Arabia Saudita de la energía solar?. Disponible en <http://empleospetroleros.org/BFla-arabia-saudita-de-la-energia-solar/>. Recuperado el 07 de noviembre de 2011.

Reina J. et al. (2011). Decreto que adiciona diversas disposiciones de la ley de fomento de energías renovables y ahorro de energía del estado de sonora. Pp1-9.

Roberto, J. (2010). Rayon Sonora map. Disponible en http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rayon_Sonora_map.png Recuperado el 20 de mayo de 2012.

Roldan, J. (2008). Fuentes de Energía. Disponible en http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=1VSdl7o_t2kC&pgis=1. Recuperado el 10 de Octubre de 2011.

Romero, L. (2011), Cadenas Productivas y de Servicios. Unidad II: Ciclo de Vida de Desarrollo de los Productos y Servicios. Programa de la asignatura. Maestría en ciencias de la Ingeniería de la Universidad de Sonora.

Sánchez, D. (1996). Fuentes de energía: La necesidad de energía. Tecnología y Sociedad. Ed. Santillana. México, DF.

Sánchez, V. Bárbara, S. Valdés, Y. (2008). Diseño de Sistemas de Información Documental. Consideraciones teóricas. Ciencias de la información, vol. 39, núm. 3, Septiembre. pp. 21-29. La Habana, cuba.

Solar technology. Disponible en: <http://zacatecascity.olx.com.mx/calentadores-solares-para-agua>. Recuperado el 20 de Marzo de 2012.

Universidad Nacional Autónoma de México, (2011). El primer horno solar de México. Gaceta UNAM, pp.5-6.

Valero, D. (2005). Estudio de factibilidad técnico económico financiero para la instalación de una fábrica de bolsas plásticas. Tesis de especialidad en economía empresarial. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas. Venezuela.

Valle, J. (2009). Energías renovables para el desarrollo sustentable en México. Disponible en http://www.sener.gob.mx/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf. Recuperado el 20 de agosto de 2011.

Vega, J. (2009). Calentamiento global y un plan para salvar al mundo. *Agro Enfoque*, 24, 167, pp. 22-25.

Vega, L. (2010). Diseño del producto. Disponible en <http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieriaindustrial/disenodelproducto.asp>. Recuperado el 16 de Septiembre de 2011.

Vega, V. (2010). Apuestan a proyectos de sustentabilidad energética. Disponible en <http://www.invdes.com.mx/suplemento-noticias/1085-apuestan-a-proyectos-de-sustentabilidad-energetica>. Recuperado el 20 de Octubre de 2011.

Vilela, D., Araújo, P. (2006). Contribuições das câmaras setoriais e temáticas à formulação de políticas públicas e privadas para o agronegócio. Brasília, DF: MAPA/SE/CGAC, 2006.

Zomeworks Track Rack, Passive Energy Products. Disponible en www.zomeworks.com. Recuperado el 08 de Septiembre de 2012.

ANEXOS

1. Encuesta de datos generales
2. Encuesta para conocer el estado de conocimiento actual sobre las fuentes de energía alternativa y su utilización en la región.

ANEXO 1. ENCUESTA DE DATOS GENERALES.

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA: INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROYECTO DE INVESTIGACION: PROMOCIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR EN
EL MUNICIPIO DE RAYÓN, SONORA

FICHA DE DATOS GENERALES.

Nombre: _____

Sexo: _____ Edad: _____ años

Estado civil: _____ Lugar de origen: _____

¿Trabajas en actividades agrícolas? _____

¿Trabajas en actividades no relacionadas al campo? _____

**ANEXO 2: ENCUESTA PARA DETECTAR LA PROBLEMÁTICA Y CONOCIMIENTO DEL
TEMA DE LOS AGRICULTORES.**

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA: INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROYECTO DE INVESTIGACION: PROMOCIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR EN
EL MUNICIPIO DE RAYÓN, SONORA

1. ¿cuántas veces al año, realiza actividades agrícolas?
2. ¿Qué tipo de siembra realiza?
3. ¿En los últimos años, ha visto mermadas sus ganancias? ¿por qué?
4. ¿Debido a qué surge la necesidad de buscar una alternativa que provea una propuesta para el desarrollo de sus actividades?
5. ¿Conoce usted acerca de las fuentes de energía alternativa?
6. Mencione aquellas que usted conoce.
7. ¿Estaría dispuesto a invertir en la creación y/o adaptación de un sistema con energía alternativa que pueda reducir los costos que se derivan de los aspectos que merman su ganancia? ¿por qué?