

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE
APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR COMO ALTERNATIVA
EN APLICACIONES DOMESTICAS EN LA CIUDAD DE ANACO, ESTADO
ANZOÁTEGUI

Elaborado por:

Lugo C., Adeymig L.

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito
para optar al Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Anaco, Mayo 2016

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE
APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR COMO ALTERNATIVA
EN APLICACIONES DOMESTICAS EN LA CIUDAD DE ANACO, ESTADO
ANZOÁTEGUI

Revisado por:

MSc. Bousquet, Juan C.
Asesor Académico

Anaco, Mayo 2016

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE
APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR COMO ALTERNATIVA
EN APLICACIONES DOMESTICAS EN LA CIUDAD DE ANACO, ESTADO
ANZOÁTEGUI

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

APROBADO

MSc. Bousquet, Juan C.
Asesor Académico

Esp. Córdova, David
Jurado Principal

MSc. Domínguez, Juan
Jurado Principal

Anaco, Mayo 2016

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009) según comunicación CU-034-209:

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE
APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR COMO ALTERNATIVA
EN APLICACIONES DOMESTICAS EN LA CIUDAD DE ANACO, ESTADO
ANZOÁTEGUI**

Autor: Lugo C., Adeymig L.
Tutor: MSc. Bousquet, Juan C.

RESUMEN

El siguiente trabajo de grado tuvo por objetivo estudiar la factibilidad técnico-económica de aprovechamiento de la energía solar como alternativa en aplicaciones domésticas a través del uso del sistema fotovoltaico. Este estudio se sustentó en una investigación de nivel descriptiva y un diseño documental. Para el desarrollo del trabajo de grado, se realizó una descripción de la situación actual de la ciudad de Anaco, donde se desarrolló en tres niveles de forma sistemática: Nacional, regional y local. El Sistema Nacional Eléctrico cuenta con una capacidad instalada de 27.496 MW (centrales hidro y termoeléctricas) donde el mayor porcentaje de energía eléctrica lo generan las plantas hidroeléctricas siendo insuficientes para la demanda existente. Seguidamente, se identificaron las características de consumo eléctricas de viviendas promedio de acuerdo a resultados ofrecidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Posterior a esto, se realiza una selección de equipos necesarios para la implementación del sistema solar fotovoltaico. Finalmente, se establecen los costos asociados a la adquisición de los equipos en conjunto con los relacionados al consumo actual de las viviendas por lo que se procedió a determinar la factibilidad económica de invertir en la implantación del sistema, y se estimó un periodo de retorno.

Palabras claves: sistema fotovoltaico, consumo eléctrico, factibilidad.

DEDICATORIA

A mi adorada madre, Adenis Elizabeth Cabello Guzmán, mujer ejemplar y de nobles sentimientos, quien con amor, paciencia y constancia supo inculcar en mí valores y principios que hoy me llenan de orgullo y respeto hacia ella; mi Madre, quien creyó en mí y me dio su apoyo incondicional, sin ella no lo hubiese logrado. Es mi ejemplo por su tesón, amor al trabajo y a la responsabilidad... ¡A Ella!... La mejor madre que Dios pudo darme.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, que me dio la sabiduría y fortaleza física y espiritual para culminar mis estudios.

A mi madre, Adenis Cabello, quien siempre me apoyó y animó a superar los obstáculos.

A mi familia, y en especial a mis tíos, Jesús, Francisco, Marvellys, Vanessa, Haidee y Delvalle; pilares fundamentales y ejemplo de lucha y superación.

A la Universidad de Oriente (UDO), Extensión Anaco, por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A mis profesores, que a lo largo de mi carrera aportaron sus conocimientos para mi formación profesional.

A mi tutor, MSc. Ing. Juan Carlos Bousquet, por su orientación, consejos y visión crítica en todas sus asesorías... Por creer en mí.

A los Ingenieros Miguel Ramírez, Vanessa Camacho y Juven Blanco, por su dedicación, conocimiento y capacidad de orientación de mis ideas.

A mis amigos, con quienes compartí tantos momentos especiales.

A todos... ¡Gracias!

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESOLUCIÓN	iv
RESUMEN.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I.....	17
EL PROBLEMA	17
1.1.- Planteamiento del problema.....	17
1.2.- Objetivos de la investigación.....	20
1.2.1.- Objetivo general.....	20
1.2.2.- Objetivos específicos	21
1.3.- Alcance	21
1.4.- Justificación de la investigación	21
1.5.- Limitaciones de la investigación.....	22
1.6.- Reseña histórica de la ciudad de Anaco.....	22
CAPÍTULO II	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1.- Antecedentes de la investigación.....	24
2.2.- Bases teóricas.....	27
2.2.1.- Energía	28
2.2.2.- Energías naturales	28
2.2.2.1.- Importancia de la energía solar	29
2.2.3.- Energía fotovoltaica.....	30
2.2.4.- Sistema Fotovoltáico	31
2.2.4.1.- Funcionamiento de los paneles solares.....	31
2.2.5.- Constante solar.....	32
2.2.6.- Energía solar fotovoltaica	33
2.2.6.1.- Clasificación de las instalaciones	34
2.2.7.- Paneles fotovoltaicos	37
2.2.7.1.- Tipos de paneles solares	38
2.2.7.2.- Estructura de los paneles fotovoltaicos.....	40
2.2.7.3.- Características de los paneles	40
2.2.8.- Orientación y conexiones de los colectores solares.....	41
2.2.9.- Energía eléctrica	42
2.2.10.- Ahorro eléctrico	43

2.2.11.- Procesos operativos asociados al servicio de energía eléctrica	44
2.2.12.- Fallos en el sistema eléctrico	46
2.2.13 Fundamentos de tecnología fotovoltaica.....	46
2.2.14.- Suministro de electricidad en Venezuela.....	48
2.3.- Bases legales	51
CAPÍTULO III	58
MARCO METODOLÓGICO	58
3.1.- Nivel de Investigación	58
3.2.- Diseño de la investigación	59
3.3.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.3.1.- Técnicas de recolección de datos.....	59
3.3.2.- Instrumentos de Recolección de Datos.....	60
3.4.- Técnicas de análisis de datos	60
3.4.1.- Análisis de datos	60
3.4.2.- Análisis costo-beneficio.....	61
3.4.3.- Análisis cualitativo de datos	61
3.5.- Procedimiento metodológico	62
3.5.1.- Descripción de la situación actual de la ciudad de Anaco en materia de energía eléctrica.....	62
3.5.2.- Identificación de las características de consumo eléctrico esenciales de la vivienda promedio de la ciudad de Anaco.	63
3.5.3.- Selección de los equipos necesarios para la satisfacción del consumo de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar.....	63
3.5.4.- Determinación de la factibilidad económica del sistema planteado.	64
CAPÍTULO IV	65
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	65
4.1.- Descripción de la situación actual de la ciudad de Anaco en materia de energía eléctrica.	65
4.1.1.- Perspectiva nacional del sistema eléctrico.....	66
4.1.1.1.-Plantas termoeléctricas	68
4.1.1.2 Plantas hidroeléctrica	70
4.1.2.- Perspectiva regional del sistema eléctrico	74
4.1.3.- Perspectiva local del sistema eléctrico	76
4.2.- Identificación de las características de consumo eléctrico esenciales de la vivienda promedio de la ciudad de Anaco.	80
4.3.- Selección de los equipos necesarios para la satisfacción del consumo de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar.	84
4.3.1.- Descripción del sistema fotovoltaico	87
4.3.1.1.- Subsistema de captación	87
4.3.1.2.- Subsistema de regulación	92
4.3.1.3.- Subsistema de almacenamiento	94
4.3.1.4.- Subsistema de componentes auxiliares.....	97

4.3.1.5.- Subsistema de adaptación de corriente	101
4.3.2.- Equipos Seleccionados para el sistema fotovoltaico	105
4.3.2.1.- Cantidad de paneles	108
4.3.2.2.- Cantidad de baterías.....	109
4.3.2.3.- Selección del Inversor.....	111
4.4.- Determinación de la factibilidad económica del sistema planteado	112
CAPITULO V	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1.- Conclusiones	117
5.2.- Recomendaciones	118
REFERENCIAS.....	120
ANEXOS	123
Anexo A	124
Cantidad de habitantes por municipio.....	124
Anexo B	125
Tabulador de consumo eléctrico por equipos.....	125
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Instalación aislada.....	35
Figura 2.2 Instalación con conexión a red.	36
Figura 2.3 Instalación Híbrida.....	37
Figura 2.4 Panel Fotovoltaico.	38
Figura 2.5 Panel Solar Monocristalino.....	38
Figura 2.6 Panel Solar Policristalino.....	39
Figura 2.7 Panel Solar Amorfo.	40
Figura 2.8 Esquema de Central Eléctrica con ciclo a turbina de gas	50
Figura 2.9 Esquema de una Central térmica de Ciclo Combinado	51
Figura 4.1 Planta Termoeléctrica Josefa Camejo – Estado Falcón	69
Figura 4.2 Complejo Termoeléctrico Gral. Rafael Urdaneta – Estado Zulia.....	69
Figura 4.3 Central Termoeléctrica Argimiro Gabaldón – Estado Lara.....	70
Figura 4.4 Planta Centro – Estado Carabobo	70
Figura 4.5 Planta Hidroeléctrica Simón Bolívar “El Guri”- Estado Bolívar	72
Figura 4.6 Central Hidroeléctrica Antonio José de Sucre - Estado Bolívar.....	72
Figura 4.7 Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda – Estado Bolívar.....	73
Figura 4.8 Elementos de un Sistema Fotovoltaico.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Características de los paneles.....	41
Tabla 4.1 Distribución de viviendas ocupadas familiares Municipio Anaco.....	80
Tabla 4.2 Características de la vivienda promedio	80
Tabla 4.3 Descripción de los artículos de una vivienda promedio	81
Tabla 4.4 Viviendas que cuentan con un servicio eléctrico	82
Tabla 4.5 Frecuencia de Uso de equipos disponible en viviendas promedios	83
Tabla 4.6 Descripción del consumo de energía eléctrica para una vivienda estudio	106
Tabla 4.7 Paneles Fotovoltaicos.....	106
Tabla 4.8 Características Principales del Panel Seleccionado	107
Tabla 4.9 Baterías para el Sistema Fotovoltaico	111
Tabla 4.10 Características Principales de la batería seleccionada	111
Tabla 4.11 Características Principales del Inversor Seleccionado.....	112
Tabla 4.12 Estimación de Costos de los equipos requeridos para el Sistema Fotovoltaico	112
Tabla 4.13 Estimación de costo de dispositivos adicionales	113
Tabla 4.14 Estimación de costo de consumo de energía eléctrica en la vivienda.....	114

INTRODUCCIÓN

Venezuela ha sido tradicionalmente considerada como un país con una reserva inagotable de recursos energéticos y esto ha influido en los hábitos de los pobladores, hasta el punto de llegar a convertirse en el país con mayor consumo de energía eléctrica residencial por persona en Sudamérica. Y no solo se atribuye el alto nivel de consumo al crecimiento poblacional sino también al desarrollo desmedido de la tecnología que ha permitido que los habitantes sean exigentes en cuanto a la comodidad con la que viven, lo cual se traduce en mayor variedad en la adquisición de equipos e instalaciones, y en consecuencia, en una demanda creciente de energía.

El objetivo principal radica en explicar y entender que la energía eléctrica, es un recurso muy necesario en esta época, pero que se ha hecho evidente que poco se le presta atención y está sufriendo una especie de desabastecimiento, a causa de la demanda exagerada por parte de los usuarios de las compañías de electricidad; además, de las condiciones climáticas que se enfrentan en la actualidad lo que ha hecho también que las fuentes primarias disminuyan su nivel. El consumo de energía eléctrica pasó de ser un tema de derroche a un tema de irracionalidad e inconciencia por parte de los usuarios.

Por lo tanto, en los últimos tiempos, gran parte de esa demanda desmedida corresponde a usos completamente innecesarios, tal como la gran existencia de equipos encendidos sin que nadie los esté utilizando, la poca importancia asignada a las tarifas de electricidad (con la más baja según expertos), y la adquisición de una cantidad cada vez mayor de aparatos eléctricos para el hogar y la oficina. Todo esto ha conducido a una total indiferencia hacia un conveniente ahorro de la energía, con la conciencia de que pareciera un recurso de cantidades infinitas, y siempre disponible; se ha demostrado que no es así.

Si bien es cierto, la población que demanda este servicio está tan inmersa en los beneficios que este ofrece y que, sólo en momentos de averías, fallas y colapso, es que resulta evidente darse cuenta de lo indispensable que resulta para la realización de las actividades cotidianas y se comprende lo poco que se lograría si éste llegara a faltar.

Ahora bien, la energía solar se presenta como una alternativa importante ante el aumento del consumo energético a nivel mundial, debido a que, la cantidad de energía del sol, que llega a la superficie terrestre en un día, es considerablemente diez veces más que la energía total consumida en el planeta durante un año. A través del efecto fotovoltaico la energía contenida en la luz del sol esta puede ser convertida directamente en energía eléctrica. Ante esto, se resalta que hay muchas aplicaciones para sistemas de energía solar, pero también hay muchas limitaciones a ellas. A esto se refiere, la relación costo beneficio es baja para los sistemas de energía solar que se utilizan ampliamente para alimentar viviendas, empresas, o incluso artefactos individuales.

Aunque el problema principal que encierran los paneles fotovoltaicos es que la eficiencia de los sistemas de energía solar sigue siendo pobre, y los costos no son competitivos, en la mayoría de los casos, contra fuentes primarias tradicionales. Por tanto, mediante el desarrollo de este proyecto de investigación se buscó mostrar los resultados y determinar beneficios que ofrece la implementación de un sistema fotovoltaico como un alternativa viable en periodo de tiempo específicos basados en la demanda actual del consumo de energía eléctrica y los fuertes cambios que se aproximan en cuanto a las generaciones de este servicio.

Ante tal necesidad, se desarrolló la investigación titulada Estudio de Factibilidad Técnico-Económica de Aprovechamiento de la Energía Solar como Alternativa en Aplicaciones Domésticas en la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui la

cual sostuvo la caracterización de una conducta situacional en cuanto al consumo eléctrico a través de fuentes hidroeléctricas y termoeléctricas, y el mismo estuvo constituido por cinco (05) capítulos:

Capítulo I. El Problema: en este apartado se dieron a conocer los conocimientos básicos de la investigación como lo fueron: el planteamiento del problema, objetivo general y específicos, se indicó el alcance de la investigación donde se define la alternativa existente para el aprovechamiento de la energía solar, se planteó la justificación de la investigación y seguidamente especificaron las imitaciones y finalmente, se culmina con una breve reseña de la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui.

Capítulo II Marco Teórico: se describieron los antecedentes de la investigación considerados necesarios para la realización de este proyecto mencionando el aporte para este trabajo, luego se redactaron los fundamentos teóricos necesarios para la comprensión de los términos manejados a lo largo del trabajo desarrollado y finalmente, se hizo mención al marco legal relacionado.

Capítulo III Marco Metodológico: en esta sección se describió la metodología que enmarca esta investigación, se indicaron las técnicas de recolección y técnicas de análisis consideradas para el estudio y finalmente, y de forma breve, se mostraron las diferentes estrategias utilizadas sistémicamente para el alcance efectivo de los objetivos

Capítulo IV Análisis de los Resultados: constituido esencialmente por el análisis de todos los resultados presentados planteando como parte del cierre una propuesta de aprovechamiento de energía solar para la generación de energía eléctrica como una alternativa de uso doméstico orientada en su totalidad a beneficios en su

implantación a través de las nuevas tendencias que se aproximan en el área del servicio eléctrico.

Finalmente, se presenta el Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones: donde se describe un compendio de conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado las cuales son necesarias para dar como culminado esta investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1.- Planteamiento del problema

A través del tiempo el hombre se ha valido de varios servicios en la búsqueda de su confort; un caso tal es la energía eléctrica que ha tenido un papel importante y predominante en el desarrollo de la sociedad, debido a que permite el avance de la tecnología en la vida moderna, y al mismo tiempo ofrece equipos que son cada vez más sofisticados y brindan entretenimiento y comodidades, solicitando mayor cantidad de energía, como los electrodomésticos y aires acondicionados, que en el entorno residencial representan un rol importante, ya que cada vez son más necesarios para simplificar las labores en el hogar y en el trabajo.

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado a un ritmo superior en relación al crecimiento económico, ya que suple las necesidades del aparato productivo, porque está relacionado con mayores niveles de vida y propósitos no materializados. La crisis energética, es un problema que afecta a todas las personas indistintamente de la clase a la que pertenezca, y un ejemplo de esto es el aumento de los costos, el mal uso y la despreocupación que se tiene sobre la energía eléctrica, la falta de mantenimiento y así como la falta de inversión para mejorar dicho servicio.

Es por esto que, recientemente, ha surgido un gran interés por buscar alternativas que permitan reducir estos costos, y para esto pueden existir dos caminos: el primero, usar de forma eficiente y consiente la energía, esto a través de dispositivos eléctricos y electrónicos eficientes, aplicando medidas de ahorro como por ejemplo: apagar las luces que no se están utilizando, desconectar los equipos eléctricos, entre otros. El segundo camino, es utilizar algún tipo de energía alternativa disponible de

forma natural (solar, eólica, hidráulica, mareomotriz, undimotriz, geotérmica, entre otros) y que pueda ser aprovechada para convertirla en energía eléctrica.

En la actualidad, treinta y ocho (38) países en todo el mundo están haciendo uso de la energía solar a través de sistemas fotovoltaicos, los cuales la mayoría se han diseñado y construido para operar de forma aislada en aplicaciones remotas, como son casas y ranchos en zonas rurales, donde el consumo de potencia es muy bajo para contribuir a satisfacer la demanda creciente en los sistemas eléctricos.

A futuro se espera que las llamadas energías renovables puedan jugar un papel importante en la sustitución de las energías fósiles no renovables, no solo por su posible extinción, sino también por la contaminación que produce. Dentro de estas energías renovables, la llamada energía solar fotovoltaica es una forma confiable y limpia de producción en pequeña y mediana escala.

A partir de esta premisa, en muchos lugares del mundo han impulsado el uso de la energía solar como fuente alternativa de producción de energía eléctrica libre de emanaciones contaminantes como suplemento a los medios convencionales a través de paneles solares ya que en los años recientes ha habido un mejor desarrollo tecnológico en la tecnología solar fotovoltaica que ha permitido una mayor confiabilidad en estos sistemas y un abaratamiento de los mismos en forma directa a través de una mejor eficiencia, aspecto que ante los problemas ambientales ha hecho que se tienda a incrementar el uso de esta tecnología. A finales de 2013, se habían instalado en todo el mundo cerca de 140 GW de potencia fotovoltaica, convirtiendo esta alternativa como la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica.

En Venezuela, se ha evidenciado un rápido crecimiento en su población sin la correspondiente expansión en la provisión pública de infraestructura de las plantas eléctricas ya que gran parte de la energía eléctrica proviene de plantas hidroeléctricas que, a pesar de que son capaces de proveer energía con un mínimo de contaminación, su construcción destruye ecosistemas fluviales existentes y altera las cuencas hidrográficas de la zona. En un porcentaje aún más elevado, por encima del 80%, están las plantas termoeléctricas convencionales que contribuyen con el calentamiento global a través de la emisión de gases tóxicos al ambiente, dejando un pequeño pero creciente porcentaje para las fuentes renovables como alternativa libre de contaminación y amigable con su entorno.

Es importante destacar que, siendo el deterioro de la capa de ozono y el calentamiento global producto de la actividad humana, por el uso desmedido e indiscriminado de los recursos naturales en las industrias, comercios, el agro y también en las actividades cotidianas de los hogares, profundizando aún más el problema ambiental; los daños serán irreparables para el planeta si no se tiene un uso consciente y racionalizado de estos recursos.

Venezuela está ubicada en una zona tropical y según el nivel del mar su temperatura varía en todo el territorio desde los 16°C hasta los 42°C aproximadamente, prevaleciendo esta última en casi todo el territorio, hecho que tiene como consecuencia el uso desmedido de la energía eléctrica.

En el municipio Anaco, estado Anzoátegui, es notable que el rendimiento de la red o servicio eléctrico existente es deficiente; esto debido a múltiples factores bien sean técnicos, o intransigencia por parte del colectivo. En enero del año 2013 se hizo entrega la nueva Sub Estación Eléctrica “El Roble”, con el propósito de estabilizar el sistema eléctrico como parte de una solución estructural; sin embargo, se evidenció que dicho proyecto no cumplió su propósito, debido a que, posterior puesta en

marcha, los cortes tanto programados como no programados del servicio eléctrico se han mantenido generando. Agregándose a esta problemática también se encuentra el tema del crecimiento poblacional e industrial, lo que genera aun mayor demanda de dicho servicio, por ende se produce una desmejora en la calidad del mismo, trayendo como consecuencia una excesiva cantidad de apagones que han generado daños en equipos eléctricos (lavadoras, neveras, aires acondicionados, entre otros), fallas en transformadores, afectando de forma directa y negativa a la actividad comercial.

De esta necesidad surge la idea de realizar un proyecto donde se evalúe una modalidad distinta de producción de energía renovable, como lo es la solar, que permita complementar a las fuentes de uso común, y así lograr cubrir la necesidad actual. Esta alternativa permitirá la disminución de la demanda del servicio de energía eléctrica, debido a que en la ciudad de Anaco se cuenta con un clima tropical semi-árido e isotermo de sabana el cual es favorable para el diseño y futura implementación del trabajo de grado que lleva por título: “Estudio de factibilidad técnico-económico para el aprovechamiento de la energía solar como alternativa en aplicaciones domésticas en la ciudad de Anaco, Edo- Anzoátegui.”

1.2.- Objetivos de la investigación

1.2.1.- Objetivo general

Estudiar la factibilidad técnico-económica para el aprovechamiento de la energía solar como alternativa en aplicaciones domésticas en la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui.

1.2.2.- Objetivos específicos

- Describir la situación actual de la ciudad de Anaco en materia de energía eléctrica.
- Identificar las características de consumo eléctrico esenciales de la vivienda promedio de la ciudad de Anaco.
- Seleccionar los equipos necesarios para la satisfacción del consumo de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar.
- Determinar la factibilidad económica del sistema planteado.

1.3.- Alcance

Esta investigación abarca el estudio de factibilidad del aprovechamiento de la energía solar como alternativa en aplicaciones domésticas orientado a implementar un aporte al sistema eléctrico del municipio Anaco y que de esta formase logre cubrir su demanda, y que como resultado estimule el desarrollo económico y social de la zona.

Con este proyecto se pretende demostrar que existen métodos alternativos de energía que pudieran generar los mismos beneficios que la energía eléctrica en un mismo periodo de tiempo, enmarcado en las condiciones, necesidades y limitantes actuales de la comunidad.

1.4.- Justificación de la investigación

Debido al alto nivel de fallas en el sistema eléctrico que en la actualidad enfrenta Venezuela resulta indispensable buscar estrategias que ayuden a disminuir estos índices relacionados con el consumo de la energía eléctrica y que de esto se deriven todos los resultados que satisfagan las necesidades de todos los habitantes de

las zonas que requieran del servicio. Esta investigación tiene por finalidad enfatizar los beneficios que ofrece el aprovechamiento de la energía solar no solo económica sino ambiental, constituyendo un amplio pilar que sustente el desarrollo tecnológico.

1.5.- Limitaciones de la investigación

Las limitaciones de este proyecto de investigación estuvieron orientadas a la dificultad para obtener datos exactos en relación al régimen del consumo de energía eléctrica en las diferentes zonas del municipio Anaco que fueron objeto de estudio.

1.6.- Reseña histórica de la ciudad de Anaco

Anaco, es la capital del municipio de Anaco perteneciente a estado Anzoátegui, Venezuela. Está localizada a 220 m de altitud, en una mesa que se extiende por los Llanos altos orientales. Constituye un punto nodal de la carretera que une Gran Barcelona con El Tigre y Ciudad Bolívar y las de Maturín y Aragua de Barcelona. Se ha beneficiado desde 1942 por la explotación petrolera, a la que apoya con su industria de suministros diversos, servicios y comercio. Es centro de distribución de petróleo y gas natural, siendo cabecera de la Nueva Red Nacional de Gas.

En su zona de influencia son importantes las actividades agropecuarias de maíz, sorgo y ganadería bovina. En su lugar de asiento surgieron las misiones de Santa Bárbara (1734) y Santa Ana de Anaco (1735), que conformaron ulteriormente esta ciudad. Población (1990), 61.386 habitantes.

Para el año 2011 (censo 2011) cuenta con una población de 134.083 habitantes, logrando así colocarse como la cuarta ciudad con más habitantes del estado Anzoátegui.

El nacimiento de Anaco se produjo de una serie de acontecimientos ocurridos durante un tiempo no medible que terminó con la consolidación de un caserío que evolucionó en el tiempo y las circunstancias hasta formarse la actual ciudad. La fundación de esta ciudad gasífera (como es conocida en la actualidad) data aproximadamente desde el año 1940, pero en la realidad, cuando tomó cuerpo de pueblo fue en el año 1945, fecha en que las compañías petroleras se establecieron definitivamente en esta región, en el comienzo el pueblo estaba constituido por ranchos de construcción de tablas y techos de zinc, hasta transformarlo en un importante caserío en 1948. En 1965 Anaco es elevado a distrito de la ciudad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Dentro del marco teórico se presenta inicialmente una serie de antecedentes que fueron fuente de información necesaria y de vital importancia para el desarrollo del trabajo de investigación, la consulta a varios trabajos de grado se hace con el objetivo de reunir toda la información necesaria para fortalecer los aspectos teóricos requeridos para la entera comprensión de términos utilizados a lo largo de esta investigación.

2.1.- Antecedentes de la investigación

Marco A., y Uva M. (2015) “Propuesta del Desarrollo de un Proyecto de Inversión para una Planta Fabricadora de Hielo Destinado al Consumo Humano en la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui”. En este proyecto de inversión donde se manejó una investigación de campo tipo descriptiva, se analizó la factibilidad de establecer una planta fabricadora de hielo destinada al consumo humano en la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui. Se desarrollaron las herramientas necesarias, bajo la metodología de Baca Urbina, donde se manejan recursos apropiados para abordar este tipo de estudio. Para llevar a cabo el desarrollo de los objetivos, se tuvo como pilar fundamental un estudio de mercado que fundó las bases del desarrollo de este proyecto. En el estudio técnico se determinó la localización óptima, se describió el proceso productivo, seleccionó la maquinaria, equipos e insumos necesarios, se realizó la distribución de las instalaciones y determinó la estructura organizativa, lo que dio pie a determinar diversos detalles del proceso de inversión inicial y determinación de los costos. Una vez determinadas las factibilidades de mercado y técnica, los resultados obtenidos de la evaluación económica para un horizonte de

cuatro años fueron: inversión requerida 61.112.131,05 Bs.F de los cuales 24.444.852,42 Bs.F son aporte propio y 36.667.278 Bs.F son aporte de terceros. El valor presente neto dio un resultado de 149.967.652,20 Bs.F lo que representa que el proyecto es factible.

El siguiente proyecto de investigación fue considerado como un aporte valioso para esta investigación ya que permitió conocer métodos de análisis de situaciones para la realización de un estudio de factibilidad y de cómo deben abordarse las situaciones actuales para ser considerados en un proyecto de este marco metodológico.

Ramírez, M. (2013) “Estudio De Factibilidad Técnico-Económica De Aprovechamiento De Energía Eólica Con Generador Automotriz Para Uso En Aplicaciones Domesticas”. La presente investigación tuvo como objetivo el estudio de la factibilidad técnica y económica del aprovechamiento del viento, mediante el uso de turbinas eólicas, utilizando como dispositivo de generación un alternador de vehículo común, para aplicaciones domésticas. Para la consecución del objetivo planteado se establecieron las características de la vivienda promedio, la cual sirvió como referencia en cuanto a los parámetros de consumo y sus magnitudes; se identificaron los dispositivos necesarios para la producción de energía eléctrica mediante el aprovechamiento del viento para luego detectar las zonas en las que el potencial eólico fuera favorable para su explotación. Seguidamente se consideraron los equipos y dispositivos que serían necesarios para cubrir la demanda de energía eléctrica previamente estimada y cuales debían ser sus características en el sistema; posteriormente de esto se hicieron cálculos de referencia para determinar la factibilidad técnica y por último, utilizando el método de análisis de costo-beneficio se determinó la factibilidad económica de la propuesta.

Este trabajo sirvió de ejemplo para la realización de la propuesta de factibilidad del sistema planteado, así como de referencia para determinar las características esenciales de una vivienda y los equipos a ser considerados al momento de realizar el estudio. También fue de apoyo para la redacción y estructuración del proyecto.

Meneses., J (2009). “Propuesta de una Vivienda Unifamiliar con Sistema Sustentable para un Clima Tropical”. Esta investigación tuvo como objetivo, la propuesta de una vivienda unifamiliar con arquitectura sustentable siendo esta un modo de concebir el diseño arquitectónico buscando como aprovechar los recursos naturales de tal modo de minimizar el impacto ambiental de las construcciones sobre el ambiente natural y los habitantes. Se diseñó a nivel de ingeniería conceptual un sistema de captación de energía solar a través de paneles solares, para generar energía eléctrica y un sistema de tratamiento natural para el agua proveniente de lavamanos, lavador, duchas y fregadero (llamadas aguas grises) para su reutilización, en el riego de áreas verdes. Para las aguas negras, también se propuso un sistema de tratamiento natural para que su efluente fuera absorbido por el subsuelo. Se analizaron diversos sistemas de tratamientos naturales para llegar al diseño más eficiente del sistema, estudiando los diferentes procesos que se llevan a cabo en cada una de las unidades que lo integran. Se determinó que el sistema más adecuado para el diseño del sistema, cumplía con los parámetros principales y los criterios de diseño establecidos en la literatura, tal como lo es la reducción de DBO5. Además se determinó que la ubicación general del sistema de tratamiento obedece al espacio físico adecuado para su futura instalación. Al analizar las diferentes fuentes de energías naturales renovables, se tomaron en consideraciones las diversas formas de obtención, siendo la más favorable la del sistema solar, ya que es una fuente que perdura por casi 8 horas continuas, así como se señalan en estudios y análisis de trabajos sobre la energía solar.

Este trabajo de grado permitió conocer cuáles son los tipos de energías renovables existentes, además sirvió para obtener información teórica de gran ayuda fundamentó ser guía de suma importancia para analizar el diseño más eficiente del sistema.

Bermúdez., G (2008). “Especificaciones de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica usando Paneles Fotovoltaicos y Convertidores DC/AC”. En esta investigación se propuso un diseño para un arreglo solar fotovoltaico con carácter didáctico para alimentar un motor de inducción monofásico y que además permita conectarse a la red para entregar energía eléctrica a esta o bien absorber energía de la misma para cargar el banco de baterías o alimentar la carga conectada al sistema. En este trabajo se describe una metodología para el diseño de este sistema y posteriormente a la selección de la topología más adecuada para el sistema se especificaron cada uno de los componentes del mismo en cuanto a cantidad y características. Se mencionan también las obras civiles necesarias para la instalación del sistema y se plantea un estimado de costos.

El siguiente trabajo de investigación sirvió de apoyo para identificar los elementos del sistema fotovoltaico además de guía para la realización del estudio de los costos de dicho sistema. De igual forma aportó gran beneficios como guía para la redacción y establecimiento metodológico de este proyecto de investigación.

2.2.- Bases teóricas

Arias, F. (2006), expresa que las bases teóricas de la investigación: “implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p.36).

2.2.1.- Energía

Según Sergio (2010) “es la capacidad de realizar trabajos, fuerzas, movimientos, entre otros. Es una propiedad asociada a los objetos y sustancias. Es lo que permite que suceda casi todo en el universo” (p. 37). Es una magnitud cuya unidad de medida es el Joule (J).

La energía no se forma ni se pierde sino que se transforma, no se la puede crear ni destruir, y cuando se cree que desaparece solo se ha convertido en otra forma de energía.

2.2.2.- Energías naturales

De acuerdo al autor Sergio (2010) “las energías ecológicas o naturales son aquellas que se obtienen por el aprovechamiento de procesos energéticos como lo son la fuerza del viento, del agua o de la radiación solar, entre otras”. (p. 37)

Sus ventajas principales son que no producen residuos contaminantes (por eso se dice que es limpia) y que prácticamente inagotable.

Dentro de la energía natural se pueden clasificar las siguientes:

- **Energía Solar**

Es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas:

- Conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico)

- Conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

- **Energía Mareomotriz**

Es la producida por el movimiento de las masas de agua provocado por las subidas y bajadas de las mareas, así como por las olas que se originan en la superficie del mar por la acción del viento.

- **Energía Hidráulica**

Es la producida por el agua retenida en embalses o pantanos a gran altura (que posee energía potencial gravitatoria). Si en un momento dado se deja caer hasta un nivel inferior, esta energía se convierte en energía cinética y, posteriormente, en energía eléctrica en la central hidroeléctrica.

- **Energía Eólica**

Es la energía cinética producida por el viento. Esta posteriormente se transforma en electricidad mediante el uso de equipos llamados aerogeneradores (molinos de viento especiales).

2.2.2.1.- Importancia de la energía solar

La Energía solar es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta

temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores.

La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio).

2.2.3.- Energía fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica según Sergio (2010)

Se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas cuyo funcionamiento se fundamenta en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. (p. 45)

Esta transformación se realiza mediante celdas fotovoltaicas con un área de pocos centímetros cuadrados, básicamente estas celdas se encuentran en un estado sólido constituido por una unión diodo de tipo p-n ubicada cerca de la superficie de la celda. Generalmente se suelen colocar varias celdas interconectadas entre sí sobre un módulo con la finalidad de generar la potencia necesaria.

2.2.4.- Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de dispositivos cuya función es transformar la energía solar directamente en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada. Los componentes principales de un sistema fotovoltaico son:

- Paneles solares fotovoltaicos
- Inversor de corriente
- Controlador de carga
- Banco de baterías

James (2011),

En un sistema típico, el proceso de funcionamiento es el siguiente: la luz solar incide sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es transformada en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares; esta energía es recogida y conducida hasta un controlador de carga, el cual tiene la función de enviar toda o parte de esta energía hasta el banco de baterías, en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y sobre descarga; en algunos diseños, parte de esta energía es enviada directamente a las cargas. (p. 98)

2.2.4.1.- Funcionamiento de los paneles solares

Las células fotovoltaicas se fabrican con semiconductores. Los semiconductores son elementos que tienen una conductividad eléctrica muy pequeña, pero superior a la de un aislante. Los más utilizados son los de silicio, este es un material muy abundante, de ahí su bajo costo. Cuando los rayos del sol inciden sobre

las células, la unión P – N de los semiconductores de ella junto con su metal conductor ayuda a producir energía. En esta coyuntura, la unión PN son cargas positivas y negativas que ayudan a producir corriente eléctrica, debido a una diferencia de potencial que se crea cuando se ilumina la célula.

Cuando se cortocircuita la célula (es decir, se unen las regiones P y N mediante un conductor con resistencia nula) los electrones de la región N se desplazan a través del conductor y se unen con los huecos de la región P produciendo electricidad gracias al flujo de electrones, esta corriente se mantendrá mientras la célula esté iluminada.

2.2.5.- Constante solar

Según Enríquez, G. (2011) la radiación solar incide sobre la superficie terrestre después de atravesar nuestra atmósfera, en la que se debilita como consecuencia de los reflejos y la absorción de energía en las nubes, las cuales presentan diferentes estados que determinan la magnitud de la recibida. La necesidad de cuantificar tal energía para poder dimensionar las instalaciones receptoras terrenas conforme a los requerimientos de sus usuarios, ha dado lugar a la denominada constante solar, con la que se indica la energía incidente de la atmósfera, por m^2 . Si se tiene en cuenta, el sol irradia cada segundo en todas las direcciones una energía correspondiente a 4×10^{26} Joule y que la distancia que nos separa tiene un valor medio de 149,50 millones de kilómetros, se da:

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \cong 1,35Kw/m^2 \quad \text{Ec 2.1}$$

Dónde:

P = Energía del Sol (J).

d^2 = Distancia Sol-Tierra (m).

Pero, dado que su trayectoria es una elipse, la distancia de separación tiene los siguientes límites:

- En el Solsticio de verano = 1,07 d (23° de latitud sur).
- En el Solsticio de invierno = 0,987 d (10 a 23° de latitud norte).

El valor de la irradiación $1,35 \text{ Kw}/m^2$ se ha dado en aproximación por tal motivo. No obstante, teniendo en cuenta el valor medio, su valor de referencia es de $1,367 \text{ Kw}/m^2$. Sin embargo, la constante solar también se puede indicar en calorías/ $m^2 \cdot \text{min.}$, con lo que:

$$1,367 \text{ Kw}/m^2 = 1,367 \text{ Joule}/m^2 * s = 1,367 * 0,24 \text{ Cal}/m^2 * s \quad \text{Ec 2.2}$$

2.2.6.- Energía solar fotovoltaica

Según Enríquez, G. (2011) se denomina energía solar fotovoltaica a una forma de obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.

Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por 120 dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos.

A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica,

operación que es muy rentable económicamente pero que precisa todavía de subvenciones para una mayor viabilidad.

El proceso, simplificado, sería el siguiente: se genera la energía a bajas tensiones (380-800 V) y en corriente continua. Se transforma con un inversor en corriente alterna. Mediante un centro de transformación se eleva a Media tensión (15 ó 25 kV) y se inyecta en las redes de transporte de la compañía.

En entornos aislados, donde se requiere poca potencia eléctrica y el acceso a la red es difícil, como estaciones meteorológicas o repetidores de comunicaciones, se emplean las placas fotovoltaicas como alternativa económicamente viable. Para comprender la importancia de esta posibilidad, conviene tener en cuenta que aproximadamente una cuarta parte de la población mundial no tiene acceso a la energía eléctrica.

2.2.6.1.- Clasificación de las instalaciones

Según González, y otros (2009), “Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables” las instalaciones basadas en los paneles solares fotovoltaicos están clasificadas en tres versiones en correspondencia con su arquitectura y utilización. Tales versiones son descritas a continuación:

- Instalaciones aisladas de la red: Las instalaciones fotovoltaicas destinadas a la obtención de energía eléctrica (ver figura 2.1) para cualquier aplicación, que no tengan ningún punto de conexión con las redes públicas de distribución de energía para inyectar en ellas corriente, se denominan aisladas. Tales aplicaciones, se derivan a su vez en dos tipos:

- Instalaciones centralizadas: son las que cubren la necesidad de un conjunto de viviendas, y cuya justificación está en la reducción del impacto ambiental y en motivos económicos.
- Instalaciones descentralizadas: corresponden a las que cubren la necesidad de un solo usuario, ya sea vivienda, repartidor, entre otros.

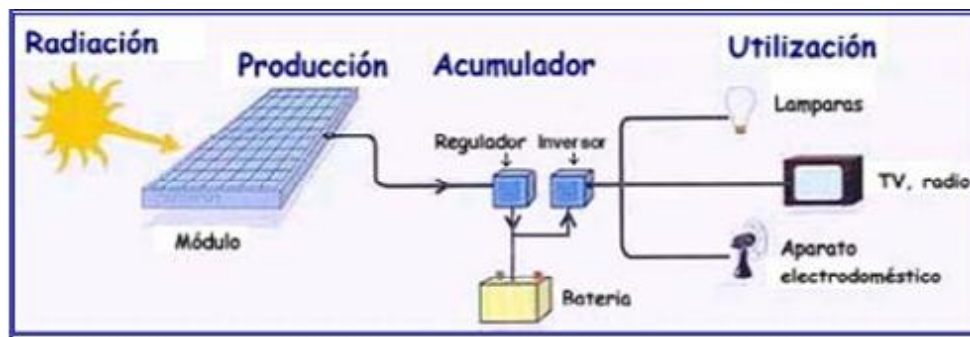


Figura 2.1 Instalación aislada.
Fuente: González y otros (2009)

- Instalaciones con conexión a la red: Corresponden tales instalaciones a las que están conectadas a la red pública de distribución de energía para dos posibles finalidades, que son:
 - Venta de la totalidad de la energía eléctrica generada.
 - Venta de la energía eléctrica sobrante con respecto a la necesidad del lugar de generación.

En tales instalaciones intervienen dos nuevos componentes no empleados en la versión anterior, los cuales son:

- Un inversor de red, cuya finalidad es sincronizar la fase de la energía a inyectar con la de la red pública, único modo que permite el aporte energético.

- Un contador de energía eléctrica para medir la inyección de energía a la red a efectos de cobro (ver figura 2.2).

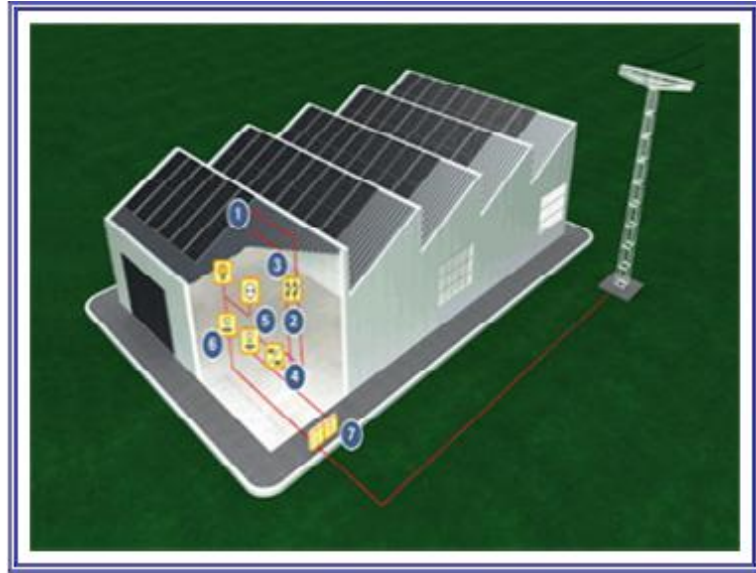


Figura 2.2 Instalación con conexión a red.

Fuente: González y otros (2009)

- Instalaciones Híbridas: Se consideran híbridas las instalaciones que incorporan diferentes fuentes generadoras de energía eléctrica, para una misma aplicación.

La finalidad es la de obtener el máximo aprovechamiento de los recursos energéticos en todo momento, y así reducir la dependencia de las condiciones atmosféricas y de las franjas horarias del sol.

Considerando que tales instalaciones están dotadas de paneles fotovoltaicos, dos son las fuentes adicionales que pueden complementarlas, las cuales son:

- Aerogeneradores: su energía se suma a la de los paneles fotovoltaicos en condiciones de presencia de vientos y durante el día, para ser el suministrador principal durante la noche, cuando los paneles cesen su actividad.

- Generadores: están basados en un motor alimentado con combustible, los cuales pueden entrar en funcionamiento de modo automático cuando la energía disponible procedente del sistema fotovoltaico sea inferior a la que requiere la aplicación.

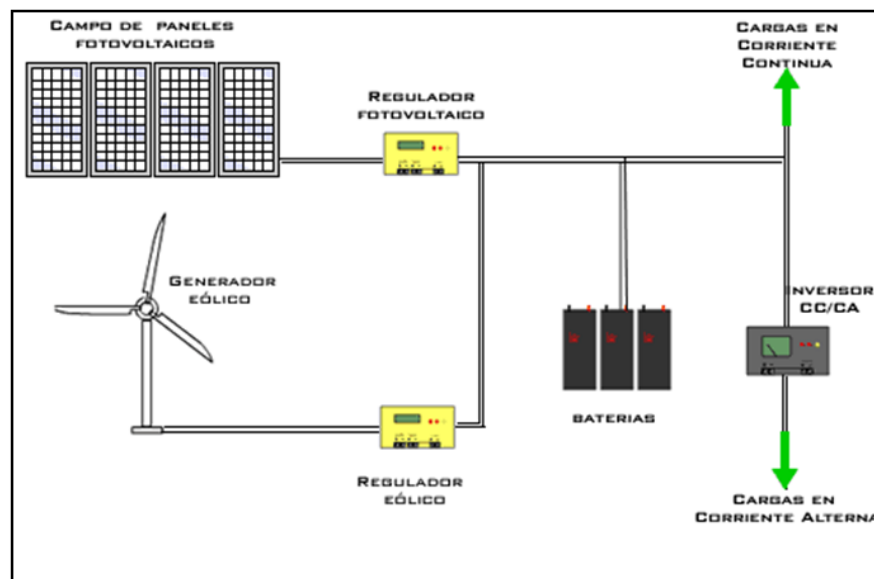


Figura 2.3 Instalación Híbrida
Fuente: González y otros (2009)

2.2.7.- Paneles fotovoltaicos

González, J; y otros (2009), define el panel o módulo fotovoltaico, como un sistema captador de la energía solar en la que tiene lugar una conversión directa, para proporcionar corriente eléctrica. Su tamaño (superficie de captación) el rendimiento de sus componentes semiconductores, la irradiación solar en un momento dado y el ángulo sobre el que se proyectan los rayos del sol determinan la potencia proporcionada.

El componente principal del panel es la célula solar, cuyo número y modo de conexión entre ellas determina sus características eléctricas de tensión y corriente (ver figura 2.4).

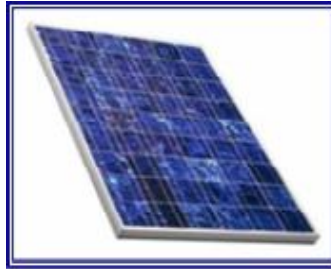


Figura 2.4 Panel Fotovoltaico.
Fuente: González y otros (2009)

2.2.7.1.- Tipos de paneles solares

Según González y otros (2009), tres tipos de paneles solares en función de los materiales:

- Silicio Monocristalino

Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza con rendimientos máximos del 24,7% (ver figura 2.5).



Figura 2.5 Panel Solar Monocristalino.
Fuente: González y otros (2009)

- Silicio Policristalino.

Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos (en laboratorio del 19.8% y en los módulos comerciales del 14%). Ver figura 2.6

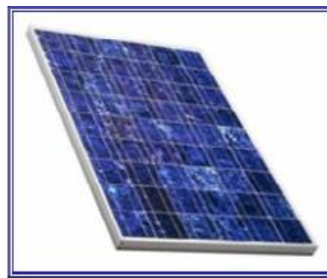


Figura 2.6 Panel Solar Policristalino.
Fuente: González y otros (2009)

- Silicio Amorfo. (TFS)

Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8% (ver figura 2.7).



Figura 2.7 Panel Solar Amorfo.
Fuente: González y otros (2009)

2.2.7.2.- Estructura de los paneles fotovoltaicos

Según Enríquez, G. (2011) las células del tipo Monocristalino y Policristalino, cuya forma es seudo cuadrada, están hechas sobre sustrato que da al conjunto unidad. El número de células sobre sustrato y el conexionado entre ellas determinan la potencia y la tensión a proporcionar. Se pueden observar en cualquier panel fotovoltaico comercial las células y las conexiones a modo de pistas que las unen, formando un circuito de configuraciones semi-paralelo, pistas que finalizan, en la denominada caja de conexiones, que es su comunicación con el exterior.

2.2.7.3.- Características de los paneles

Al respecto Enríquez, G. (2011) El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos expresa que los paneles fotovoltaicos se definen por un conjunto de parámetros expresados en las condiciones denominadas TONC (Temperatura de operación nominal de la célula) o en la SRC (Condición de prueba estándar), cuyos valores son mostrados en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características de los paneles

Condiciones	TONC	SRC
Irradiación	800 W/m ²	1000 W/m ²
Distribución Espectral	AM 1.50	
Temperatura Ambiente	20 °C	25 °C
Velocidad del Viento	1 m/s	

Fuente: Enríquez, G. (2011)

2.2.8.- Orientación y conexiones de los colectores solares

Según Enríquez, G. (2011) la instalación de los colectores solares, como componentes principales del sistema, requieren atención sobre tres puntos básicos, que son:

- Integración arquitectónica: se tenderá a emplear los colectores solares y elementos de sujeción más adecuados para conseguir la mejor integración en el entorno, colocándolos, si se dan las condiciones adecuadas, de modo paralelo a la envoltura del edificio y, no es posible esta solución, al menos mantener la alineación de sus ejes principales.
- Orientación e inclinación: los colectores se orientarán al sur en el hemisferio norte y al norte en el hemisferio sur, teniendo en cuenta que no se proyecten sombras sobre ellos, lo que repercutiría en el rendimiento, con una inclinación respecto al sol que depende de tres condiciones que son: 1.) El valor de la longitud geográfica del lugar para instalaciones de utilización en todas las estaciones del año. 2.) +10° respecto de lo anterior, si la utilización principal se produce sólo durante el invierno. 3.) -10° si la utilización principal es sólo durante el verano.

No siempre es posible orientar los paneles solares al punto geográfico indicado, que corresponde al de máxima captación. Razones

arquitectónicas pueden imposibilitar esa orientación, por ejemplo porque los paneles deban estar dispuestos sobre las tejas o situaciones similares. En tal circunstancia se producen pérdidas cuyo valor depende del grado de alejamiento o punto óptimo. Su cálculo puede ser experimental. Midiendo para ello la irradiación presente en el lugar proyectado para la instalación de los paneles.

- Energía calorífica necesaria: la superficie de captación y el rendimiento energético de los colectores elegidos para la instalación debe corresponder con la demanda energética prevista. De tal cálculo se desprende la superficie en m^2 a instalar, lo que puede requerir más de un colector por razones de temperatura a alcanzar y por el valor del caudal a suministrar.

2.2.9.- Energía eléctrica

Es una de las formas de energía más empleadas en la vida cotidiana, y gracias a ella podemos usar un ordenador, iluminar casas, mantener los alimentos frescos en un frigorífico, así como incontables aplicaciones. San Miguel (2008) la define como “el producto de la potencia por el tiempo” (p.14). El cálculo de la energía eléctrica consumida por un receptor es muy interesante, especialmente por los consumidores, ya que sobre él se establecen los costos que facturan las compañías eléctricas.

La unidad de consumo de energía de un dispositivo eléctrico se mide en watt-hora (vatio-hora), o en kilowatt-hora (kWh) para medir miles de watt. Donde normalmente las empresas que suministran energía eléctrica a la industria y el hogar, en lugar de facturar el consumo en watt-hora, los hacen en kilowatt-hora.

2.2.10.- Ahorro eléctrico

Puede ser también conocido dicho concepto como Ahorro Energético, en vista de que gran parte de la Energía que se utiliza hoy en día que se presenta en forma de Energía Eléctrica. Ahorrar energía es definido por varios autores.

Según Agreda, A. (2004) “ahorra energía significa proteger el medio ambiente y mirar por nuestro bien. Significa tener buenos hábitos y equipos eficientes” (p. 3)

Monterrey (2005) define “ahorrar energía no significa vivir en la oscuridad, sino moderar su consumo” (p. 17). Además indica “debido a la facilidad con que podemos usarla (a la energía eléctrica), hay ocasiones en que olvidamos el inmenso valor que tiene. Es necesario pensar en la economía familiar: el mal uso de los aparatos electrodomésticos da por resultado un elevado pago de luz” (p. 161)

Ayuntamiento (2002) indica lo siguiente “la energía eléctrica no contamina cuando la consumimos, pero su producción y distribución si causan impactos en el medio ambiente. Ahorra energía también significa conservar la naturaleza” (s/p)

Sevilla (2004) establece lo siguiente:

El uso eficiente de los aparatos eléctricos no significa disminuir nuestra calidad de vida, por el contrario, se trata de reflexionar y hacer un cambio de hábito y actitud que favorezca una mayor eficiencia de nuestro entorno natural. En concreto, significa optimizar el uso de cada artefacto, por ejemplo, usar la lavadora con carga completa, planchar una vez a la semana, apagar las luces que no se están utilizando, calibrar a la temperatura necesaria el refrigerador y evitar abrirlo excesivamente. No olvide que los artefactos que producen calor consumen más electricidad. (p. 11)

2.2.11.- Procesos operativos asociados al servicio de energía eléctrica

La electricidad se produce en plantas o centrales eléctricas de distintos tipos, dependiendo del tipo de generación, siendo las más utilizadas en Venezuela las centrales térmicas (plantas accionadas con motores alimentados con derivados del petróleo o turbinas a gas) y las centrales hidroeléctricas (turbinas por la energía cinética de las aguas de ríos). Los procesos operativos asociados al servicio de energía eléctrica son cuatro fundamentalmente: Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización.

- **Generación**

El ciclo de generación térmica se fundamenta en el movimiento giratorio de turbinas a vapor, movidas por el vapor de agua producido al quemar combustibles fósiles en recipientes cerrados llamados calderas. Un generador se encuentra acoplado a la turbina, el cual también gira cuando el vapor golpea sus aspas o álabes. Cuando el generador gira, convierte la energía cinética y mecánica en energía eléctrica, a través de efectos electromagnéticos entre el rotor y el estator del generador. Por otro lado, la generación hidroeléctrica consiste en el aprovechamiento del potencial energético del agua. Al represar un río, se forma un lago artificial, cuyas aguas al dejarlas caer chocan contra los álabes de una turbina, produciendo el movimiento rotatorio de los mismos, haciendo girar el eje acoplado también a un generador.

- **Transmisión**

Las grandes cantidades de energía que salen de las centrales deben ser llevadas hasta el usuario final, quien por lo general está ubicado lejos de las plantas. La energía producida en los generadores es llevada a transformadores ubicados en las

plantas para aumentar los niveles de voltaje y transportarla a través de líneas de transmisión sin que se produzcan grandes pérdidas por calentamiento de los conductores.

- Distribución

Los grandes bloques de energía se transportan hasta las subestaciones de distribución, donde se encuentran otros transformadores que reducen el voltaje a niveles adecuados para distribuir el fluido eléctrico en las ciudades, antes de entregarlo a las casas, comercios e industrias. Mediante líneas y postes a lo largo de calles, aceras y caminos se lleva a los centros de consumo, reduciéndose una vez más el nivel de voltaje en transformadores de distribución sobre los postes o de tipo compacto dentro de casetas a valores aptos para su uso final.

- Comercialización

La Comercialización consta a su vez de cinco subprocesos: la Medición de la energía eléctrica que consume cada cliente, la cual es cuantificada a través de un medidor, instrumento de precisión de alta tecnología, instalado en su domicilio; La Lectura, realizada por personal calificado de la empresa, quien lee y registra mensualmente su consumo en una computadora portátil y posteriormente introduce estos datos en la computadora principal de la empresa; La Facturación, recibo de electricidad elaborado con el insumo de la lectura del medidor; La Cobranza, cuando el cliente se dirige a las oficinas de recaudación de la empresa a cancelar el monto adeudado por este servicio y la Atención al Cliente, proceso a través del cual se canalizan y atienden en el menor tiempo posible los reclamos técnicos y no técnicos de los suscritores. Seguidamente se analizan algunas conceptualizaciones teóricas que

han dado origen a las explicaciones del crecimiento poblacional actualmente empleadas.

2.2.12.- Fallos en el sistema eléctrico

Según Jiménez (2009), en muchas zonas del mundo las instalaciones locales o nacionales están conectadas formando una red. Esta red de conexiones permite que la electricidad generada en un área se comparta con otras zonas. Cada empresa aumenta su capacidad de reserva y comparte el riesgo de fallos.

Estas redes son enormes y complejos sistemas compuestos y operados por grupos diversos. Representan una ventaja económica pero aumentan el riesgo de una falla generalizada, ya que si un pequeño cortocircuito se produce en una zona, por sobrecarga en las zonas cercanas se puede transmitir en cadena a todo el país. Muchos hospitales, edificios públicos, centros comerciales y otras instalaciones que dependen de la energía eléctrica tienen sus propios generadores para eliminar el riesgo de apagones.

2.2.13 Fundamentos de tecnología fotovoltaica

Es posible convertir directamente energía solar en energía eléctrica por un proceso fotovoltaico. La fotovoltaica es una tecnología basada en semiconductores (Foto= luz, Voltaico =voltaje) que convierte energía proveniente de la luz solar directamente en corriente eléctrica, y se puede usar ya sea en forma inmediata o almacenada en una batería por ejemplo, para su uso posterior. El efecto fotovoltaico es la generación de una fuerza electromotriz como resultado de la absorción de la radiación ionizante.

Los dispositivos para conversión de la energía que se usan para cambiar la luz solar en electricidad por efecto fotovoltaico, son conocidos como celdas fotovoltaicas o celdas solares. Una celda solar es un transductor que convierte la energía radiante del sol directamente en electricidad y es básicamente un diodo semiconductor capaz de desarrollar un voltaje de 0.5-1.0V y una densidad de corriente de 20-40 mA/cm², dependiendo de los materiales usados y de las condiciones de luz solar.

El efecto fotovoltaico se puede observar en forma natural en una variedad de materiales, pero los que tienen un mejor desempeño en la luz solar son los semiconductores. Cuando los fotones de la luz del sol son absorbidos en un semiconductor, se crean electrones libres (y agujeros) con energías más altas que los electrones que proporcionan la vinculación en la base de cristal. Una vez que estos pares de huecos o agujeros de electrones libres son creados, debe haber un campo eléctrico para inducir estos electrones de energías más altas a fluir fuera del semiconductor para desarrollar un trabajo útil. En una celda solar típica esto se puede hacer mediante el uso de uniones. Es sabido que si un campo eléctrico existe a través de una unión, este campo recoge a los electrones en una dirección y a los agujeros en otra.

Las celdas fotovoltaicas están hechas de materiales semiconductores, usualmente silicio, para las celdas solares se tienen una especie de obleas delgadas de semiconductor especialmente tratadas para formar un campo eléctrico positivo de un lado y negativo del otro.

La corriente producida por la celda fotovoltaica es una corriente directa (C.D.), la cual se puede convertir cuando es necesario en corriente alterna (C.A.) con la ayuda de un equipo apropiado (inversor). La principal diferencia entre el sistema fotovoltaico y otros tipos de energía solar es que el fotovoltaico usa la energía del sol directamente en la forma de luz solar, en tanto que otras tecnologías solares usan el

calor del sol; las celdas fotovoltaicas tienen un mantenimiento bajo y una larga vida, no tienen partes en movimiento y sus componentes son de electrónica del estado sólido, esto hace posible usar los sistemas fotovoltaicos en sitios remotos en donde los recursos son escasos.

En general, el costo de la energía fotovoltaica es relativamente alto, sin importar que existan ciertas aplicaciones para las cuales la tecnología fotovoltaica es más barata y que en ciertos casos esta tecnología es preferida sobre otras debido a sus beneficios de mínimo impacto ambiental para generar electricidad sin contaminar el ambiente o producir ruido.

2.2.14.- Suministro de electricidad en Venezuela

En Venezuela, el sistema de suministro eléctrico se nutre fundamentalmente de dos fuentes de energía primaria: la Energía Hidráulica y los Hidrocarburos, siendo la hidráulica la predominante durante por lo menos las tres últimas décadas. Sin embargo, la energía hidráulica está sujeta a variaciones climáticas, las cuales evidentemente es muy inestable, mientras que buena parte de los hidrocarburos empleados para la generación de electricidad son exportables a precios mucho más altos para cuantificar las transferencias entre los entes involucrados.

Debido a la reciente crisis en el suministro debido a la sequía, han sido muchos quienes han planteado la conveniencia de utilizar el carbón y los hidrocarburos extra-pesados como fuentes de energía primaria. El planteamiento luce racional en primera instancia, pero al tomar en consideración los costos de conversión, podrá determinarse que el costo final de la electricidad producida a partir de esas fuentes, eventualmente resultará más costosa.

El ciclo de vapor también puede utilizar hidrocarburos ligeros, incluido el gas natural, así como también todo tipo de biomasa, energía geotérmica y energía nuclear, su costo por kilovatio instalado varía en función del tratamiento a que deba ser sometido el combustible y los efluentes que genera. La eficiencia energética también tiene su costo.

Cuando la fuente de energía primaria es un hidrocarburo ligero, sea gas natural o un refinado blanco, el equipo necesario para su conversión es relativamente sencillo, ello debido a que los logros de la tecnología aeronáutica han sido aprovechados para aplicaciones fijas de las turbinas de gas. El factor correspondiente a los bienes de capital tiene un peso determinante, efecto que es significativamente menor en la turbina de gas de ciclo simple. El ciclo simple de turbina de gas descarga (ver figura 2.8) en la atmósfera, cuando expulsa los gases de combustión, importantes cantidades de energía térmica que, además de constituir un desperdicio, afecta negativamente el clima. Esa circunstancia puede ser corregida a tiempo que se aprovecha mejor la energía mediante la instalación de ciclos combinados que usando la energía liberada por la turbina de gas, alimentan un ciclo de vapor para producir más energía eléctrica, sin consumir energía primaria adicional. El efecto contaminante de los combustibles fósiles ha llevado a exigir una serie de previsiones en las instalaciones de conversión energética a objeto de minimizar su efecto, pero ello implica el incremento de los bienes de capital utilizados, lo que a su vez implica un incremento en el costo real de la energía eléctrica obtenida. Dependiendo del costo real de la energía primaria utilizada, varían las ventajas de los ciclos de conversión.

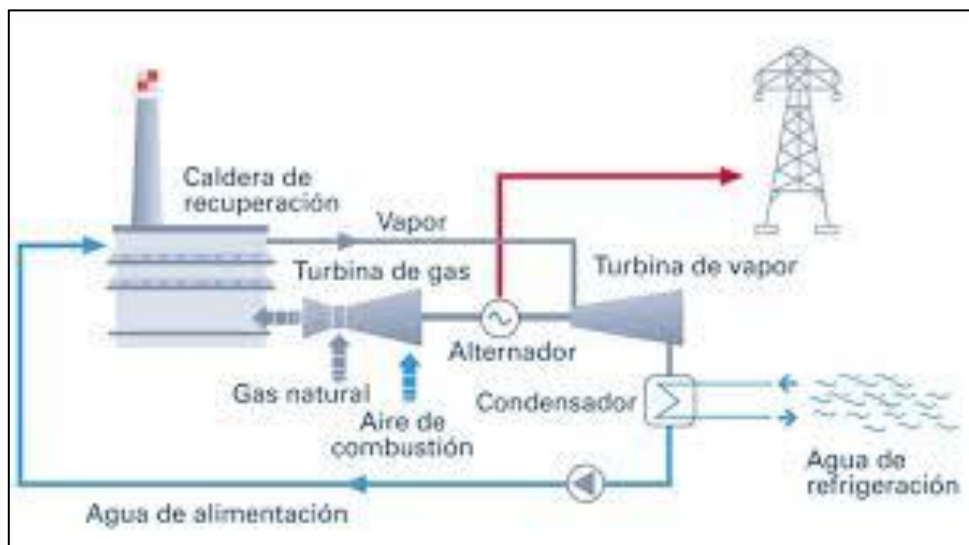


Figura 2.8 Esquema de Central Eléctrica con ciclo a turbina de gas

Fuente: Rosales, C. (2012)

Sin embargo, el ciclo combinado (ver figura 2.9) permite obtener más energía eléctrica (kilovatios-hora) de la misma cantidad de energía primaria consumida, pero a expensas de mayores costos financieros por los bienes de capital adicional que se requieren. Una planta de ciclo combinado en Venezuela requiere para su financiamiento de la exportación de cantidades adicionales de hidrocarburos. El tema de los costos, precios y subsidios es fundamental en la formulación de una Política Energética Integral, pero escapa al alcance del presente trabajo. Si se debe destacar ahora y se reitera más adelante, el hecho de que la forma actual como se aplican los subsidios y se determinan los precios de los energéticos puede dar margen a decisiones inadecuadas.

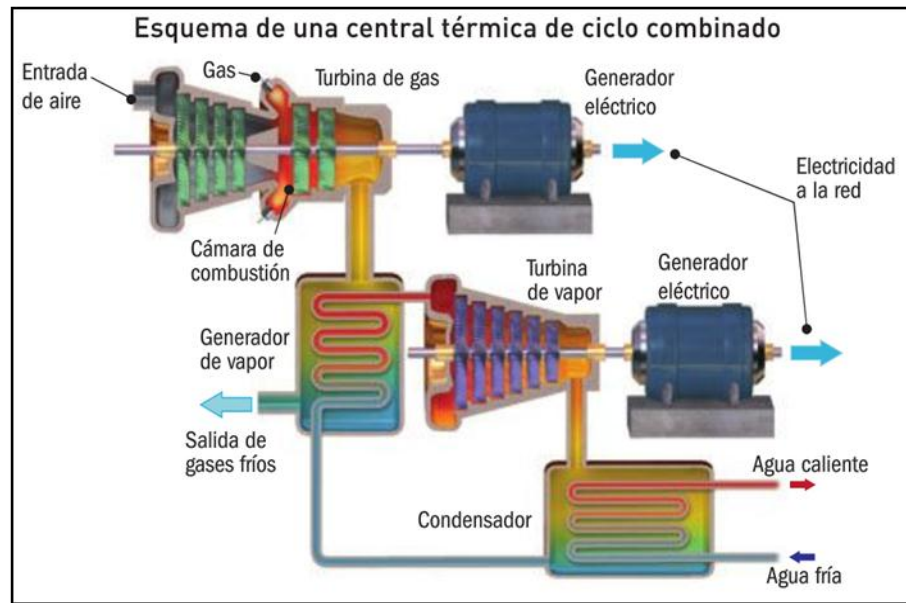


Figura 2.9 Esquema de una Central térmica de Ciclo Combinado
Fuente: Rosales, C. (2012)

2.3.- Bases legales

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

Gaceta Oficial N° 36.860 del 30 de diciembre de 1999

Capítulo IX

De los Derechos Ambientales

Artículo 127 “Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado...” (p. 31) el estado como también los ciudadanos son los encargados de velar por el medio ambiente.

Del artículo anterior se logra inferir que todos y cada uno de los habitantes de una zona son los responsables de garantizar un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado, por lo que aporta para esta investigación un beneficio más para realizar el estudio ya que en la actualidad el uso de los recursos naturales y la exploración de tierras promueve al desequilibrio ecológico tras los impactos que se le ocasionan al ambiente y que los sistema de paneles fotovoltaicos no producen.

Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico (2010)

Gaceta Oficial N° 39.573 del 14 de diciembre de 2010

Capítulo I. Principios Rectores y Aspectos Fundamentales

Del Título I. Disposiciones Fundamentales

Artículo 6. Declaratorias de acceso universal y de servicio público. Interpretando el espíritu de la Constitución de la República, se reconoce el acceso universal al servicio eléctrico, el cual será garantizado por el Estado a todas las personas, quienes tienen el deber de hacer uso racional y eficiente del mismo. Se declaran como servicio público las actividades de generación, transmisión, despacho del sistema eléctrico, Distribución y comercialización. (p. 2)

Artículo 9. Modelo de Gestión Socialista, Todas las actividades del Sistema Eléctrico Nacional para la prestación del servicio se realizarán bajo el modelo de gestión socialista que está contemplado en el Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación. Los recursos deberán estar orientados a la satisfacción de las necesidades de suministro eléctrico para toda la población, garantizando la participación protagónica y corresponsable de los trabajadores y trabajadoras del operador y prestador del servicio, los usuarios, así como las organizaciones del Poder Popular. El Estado procurará que la prestación del servicio eléctrico se realice bajo criterios de igualdad, continuidad, flexibilidad, integralidad, imparcialidad,

transparencia, participación, confiabilidad, eficiencia, corresponsabilidad, solidaridad, equidad y sustentabilidad económica y financiera, contribuyendo a lograr la mayor suma de felicidad posible. (p. 2)

Artículo 13. Transferencia Tecnológica, El Estado, a través de los órganos competentes, promoverá la ejecución de los acuerdos de transferencia tecnológica incluidos en los convenios internacionales ratificados por la República, dirigidos al desarrollo y consolidación del sector eléctrico nacional, con la intención de afianzar la soberanía tecnológica descrita en el Artículo 10 de esta Ley.

En tal sentido, los ministerios con competencia en materia de energía eléctrica, en ciencia y tecnología e industrias intermedias, garantizarán que en los convenios internacionales que se suscriban se incluyan las condiciones específicas para la transferencia de tecnología utilizada en la construcción de obras y en la producción de bienes y servicios para el sector eléctrico. Asimismo, velarán porque se haga efectivo su cumplimiento. (p. 4)

Artículo 15. Obligación de protección y resguardo. Todos los ciudadanos y ciudadanas están en la obligación de proteger y resguardar las instalaciones eléctricas, en tal sentido deben denunciar ante el operador y prestador del servicio o las autoridades competentes cualquier acto que atente contra la prestación del servicio eléctrico. (p. 15)

De acuerdo a lo establecido en los artículos anteriormente citados, es vital comprender que la nación está en la obligación de generar y suministrar el servicio eléctrico garantizando el buen servicio. Sin embargo, es compromiso del estado y la población nacional garantizar el buen estado de las instalaciones. Por tanto, el aporte que ofrece la consulta de estos artículos se orienta a que se planteará una propuesta de

un sistema alternativo generador de corriente eléctrica donde el estado podrá evaluar la adquisición del mismo para uso doméstico y/o industrial.

Capítulo IV. De los Usuarios

Del Título II. De las personas que intervienen en la prestación del servicio eléctrico

Artículo 33. El usuario, El usuario es la persona natural o jurídica que hace uso del servicio eléctrico como titular de un contrato de servicio o como receptor directo del mismo, sujeto a los derechos, obligaciones y sanciones que establece esta Ley y demás normas que la desarrollen. (p. 18)

Artículo 34. Derechos de los usuarios, Los usuarios tienen los siguientes derechos:

1. Obtener el suministro de energía eléctrica oportuno y de calidad por parte del operador y prestador del servicio;
2. Organizarse para participar en la fiscalización de la calidad del servicio eléctrico; así como en la protección y seguridad de las instalaciones destinadas a la prestación del servicio eléctrico;
3. Recibir respuesta oportuna y adecuada de sus reclamos, en primera instancia del operador y prestador del servicio y en segunda instancia del Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de energía eléctrica;
4. Exigir y recibir del operador y prestador del servicio información completa, precisa y oportuna para la defensa de sus derechos;
5. Obtener, por parte del operador y prestador del servicio, la compensación adecuada por fallas en la calidad del servicio eléctrico y el resarcimiento de los daños causados por fallas en el suministro de energía eléctrica, de acuerdo con lo que establezcan las normas aplicables en esta materia;

6. Obtener, por parte del operador y prestador del servicio, el reembolso de lo cobrado en exceso, si la tarifa aplicada fue indebidamente cambiada o por errores de medición, lectura o facturación, de acuerdo a las normas que regulen las relaciones entre el operador y prestador del servicio y los usuarios.

7. Los demás que establezca esta Ley, su Reglamento y las normas que la desarrollen. (p. 18)

A través del planteamiento de una nueva alternativa de un sistema generador de corriente eléctrica como es el sistema fotovoltaico es posible garantizar de alguna u otra forma la estabilidad en el sistema eléctrico dando garantía a los artículos descritos anteriormente.

Ley Penal del Ambiente (2012)

Gaceta Oficial 39.913 del 02 de mayo de 2012

Artículo 1. Tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Así mismo determina las medidas precautelativas, de restitución y de reparación a que haya lugar. Esta ley busca estandarizar todo delito que violente las normas implementadas para conservar, defender y mejorar el medio ambiente, donde se establecen acciones penales dependiendo del delito cometido. (p .1)

Es importante recalcar aquellas medidas que sancionen el no cumplimiento de lo establecido en los artículos de la carta magna venezolana. Por tanto, el siguiente artículo ofrece un valioso aporte para este proyecto para ampliar el conocimiento en cuanto a la existencia de las normativas existentes que garantizan la penalización para aquellos que cometan delitos en aras de un beneficio individual o social.

Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (2011)

Gaceta Oficial 39.823

Artículo 2. Se declara de interés público el uso racional y eficiente de la energía. Es deber de todos los habitantes utilizar la energía de una manera adecuada y consiente para preservar el medio ambiente. (p. 4)

Artículo 13. El Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de Ambiente deberá promover e incentivar la eficiencia energética y el uso racional de la energía, así como el uso de fuentes de energía renovables en instalaciones de suministro de agua y promoverá políticas y objetivos de cuidado y preservación del medio ambiente en concordancia con los objetivos energéticos establecidos en el Plan Nacional, entre otras que considere pertinentes. (p. 10)

Artículo 20. Numeral 3. Los laboratorios, institutos, entes públicos y privados, de investigación y desarrollo, en nuevas tecnologías, nuevos materiales y procedimientos, son abordados desde una perspectiva que propicie la promoción, el incentivo y el respaldo a los procesos pertinentes con la eficiencia energética, uso racional de la energía y Fuentes de energías renovables alternativas. (p. 12)

Artículo 21. La concienciación, educación, capacitación, entrenamiento y la cultura general relacionada con el uso racional y eficiente de la energía y las fuentes de energías renovables alternativas, son aspectos a tratar por cada uno los ministerios en su área de competencia y transversalizan al Plan Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía. (p. 12)

Tras la mención de diferentes artículos en cuanto al uso racional y eficiente de la energía, específicamente en la rama eléctrica es importante aún más en la actualidad que enfrenta el país. Por tanto, considerar esta ley aporta números

beneficios para la propuesta del sistema alternativo de generación de energía a través del aprovechamiento de la energía solar.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1.- Nivel de Investigación

Según Arias (2006) “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto” (p.23). Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecen enunciados en los objetivos de la investigación.

De acuerdo a lo que establece Arias (op. cit) La investigación descriptiva

Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (p.24)

Basado en la premisa citada anteriormente, para este trabajo de investigación se adoptó una estrategia de tipo descriptiva, porque su finalidad se basó en exponer el aprovechamiento obtenido en el uso de la energía solar como alternativa en aplicaciones domésticas en la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui, haciendo una descripción detallada de sus características, de modo que en los resultados se muestra información puntual de los equipos requeridos para que dicho sistema cumpla con la función y garantice, de acuerdo a su caracterización, el buen aprovechamiento de la energía solar y adicionalmente, la estabilidad del sistema eléctrico a nivel doméstico.

3.2.- Diseño de la investigación

Expresa Arias F. (2016) que “el diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado”. (p.26). Para esta investigación se adopta un diseño Documental, que según Arias (op. cit)

Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (p.27)

Se adoptó este diseño dado a que toda la información se recopiló a través de fuentes bibliográficas, investigaciones anteriores, archivos de instituciones del estado y documentos institucionales e información electrónica disponible.

3.3.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1.- Técnicas de recolección de datos.

- Revisión Documental

De acuerdo con lo expresado por Arias (2006), la revisión documental

Consiste en ponerse en contacto con esa parte de la realidad que se ha de investigar, a través de los que otros vieron o estudiaron en ella. Los documentos son hechos o rastros de algo que ha pasado, como testimonios que proporcionarán

información, datos o cifras que constituyan un tipo de material útil para el estudio de investigación (p.75).

Es la recopilación y revisión de materiales bibliográficos que están íntimamente asociados con el tema de estudio, utilizando como herramienta de apoyo tesis de grado, Internet, Normas entre otros; con el propósito de obtener una base teórica más amplia y fundamentar el trabajo de investigación en aras de dar sustento.

3.3.2.- Instrumentos de Recolección de Datos.

- Registro de notas

El registro de notas es el que se utiliza para evidenciar lo revisado en la documentación y llevar un detalle de las investigaciones realizadas.

Con el apoyo de este instrumento los datos obtenidos de la investigación se organizaron en tablas de acuerdo con su naturaleza e igualmente se realizó un análisis desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo a fin de tomar las decisiones pertinentes para cumplimiento de los objetivos.

3.4.- Técnicas de análisis de datos

3.4.1.- Análisis de datos

El análisis de datos es un proceso de inspeccionar, limpiar y transformar datos con el objetivo de resaltar información útil, lo que sugiere conclusiones, y apoyo a la toma de decisiones. El análisis de datos tiene múltiples facetas y enfoques, que abarca

diversas técnicas en una variedad de nombres, en diferentes negocios, la ciencia, y los dominios de las ciencias sociales.

En la investigación se aplicó con el fin de explicar e interpretar las posibles relaciones de las variables estudiadas y verificar los datos, para establecer las acciones que permitieron dar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

3.4.2.- Análisis costo-beneficio

Es una disciplina formal (técnica) a utilizarse para evaluar, o ayudar a evaluar, en el caso de un proyecto o propuesta, qué en sí es un proceso conocido como evaluación de proyectos. Ayudó a determinar la conveniencia del proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto. Todo esta fue realizado en función al consumo de energía eléctrica actual y cómo será a futuro a través del sistema de paneles solares.

3.4.3.- Análisis cualitativo de datos

Sabino (2006) señala que “se refiere al que se procede a hacer con la información de tipo verbal, de un modo general, se ha recogido mediante fichas de uno u otro tipo” (p.135). Una vez clasificadas éstas, es preciso tomar cada uno de los grupos que se han formado para proceder a analizarlos. El análisis se efectuó cotejando los datos que se refieren a un mismo aspecto y tratando de evaluar la fiabilidad de cada información.

- Deducción

El conocimiento deductivo “permite que las verdades particulares contenidas en las verdades universales se vuelvan explícitas y que a partir de situaciones generales se lleguen a identificar explicaciones particulares contenidas explícitamente en la situación general” (p. 340). Esta técnica se utilizó para sintetizar a manera de conclusión los hallazgos obtenidos mediante los cálculos aplicados para la resolución de los objetivos específicos de la investigación.

- **Análisis**

El mismo autor señala que el método de análisis: es aquel que puede obtenerse a partir de la identificación de las partes que conforman el todo (análisis) o como resultado de ir aumentando el conocimiento de la realidad, iniciando con los elementos más simples y fáciles de reconocer para ascender poco a poco, gradualmente, el conocimiento de los más complejos (p. 242).

A través de la aplicación de esta técnica se logró establecer los múltiples análisis de los resultados obtenidos durante la determinación de la cantidad de equipos requeridos en función a qué si estos son los necesarios para el cumplimiento eficiente del sistema fotovoltaico.

3.5.- Procedimiento metodológico

3.5.1.- Descripción de la situación actual de la ciudad de Anaco en materia de energía eléctrica.

En esta etapa se describieron las condiciones en las que se encuentra el municipio Anaco en materia de la disponibilidad y disposición de la energía eléctrica. Inicialmente, se procedió a la búsqueda de archivos de información del estado e

investigación de fuentes documentales y apoyándose en esto, se logró recolectar en relación a tres (03) perspectivas las cuales derivan la situación actual de la ciudad de Anaco. Esta información fue discriminada de acuerdo a cada una de las perspectivas donde se indicaron las diferentes fuentes generadoras de energía eléctrica de las que dispone Venezuela en su territorio nacional, así como también se desglosaron las regionales y local. Se indicó información necesaria para su análisis y consideración de propuestas al problema planteado tal como la oferta y la demanda del servicio, y de cómo se realizan las diferentes gestiones relacionadas a este servicio.

3.5.2.- Identificación de las características de consumo eléctrico esenciales de la vivienda promedio de la ciudad de Anaco

Esta etapa consistió en presentar las condiciones de vivienda promedio estableciendo un conjunto de factores como muestra para el estudio, de igual manera se identificaron cuáles dispositivos y equipos son necesarios para el desempeño de las actividades diarias, además se estimó el consumo promedio de energía eléctrica y así establecer un nivel de referencia para cálculos futuros. Esto se obtuvo mediante la revisión de datos estadísticos obtenidos en el último censo realizado en el año 2011, en los que se evaluaron factores como: características físicas de la vivienda, cantidad de equipos y dispositivos de consumo eléctrico, capacidad de consumo, frecuencia de uso, entre otras. Toda esta información se mostró haciendo uso de tablas que detallan la información de acuerdo a los requerimientos del investigador.

3.5.3.- Selección de los equipos necesarios para la satisfacción del consumo de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar.

En esta etapa se establecieron cuáles son los equipos esenciales para la producción de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar. Se empezó, en primera instancia, por la descripción del sistema para luego indicar los

tipos, características físicas, entre otros. Esto se logró a través de la revisión de textos, trabajos previos relacionados al tema e información aportada por los fabricantes que se encuentran disponibles en sus portales web; a través de la aplicación de una serie de ecuaciones se determinó: la cantidad de paneles requeridos para la puesta en marcha del sistema fotovoltaico, de acuerdo a las condiciones actuales de las viviendas promedio, la cantidad de baterías que deben ser conectadas en serie y la cantidad de baterías que deben estar conectadas en paralelo que forman parte del banco de baterías; De acuerdo a los resultados obtenidos y a las requerimientos de las viviendas se eligió un panel y batería que se ajustara exactamente a lo calculado y haciendo uso de tablas se indicaron sus características principales.

De igual forma, se determinó el inversor requerido y se indicaron sus características principales.

3.5.4.- Determinación de la factibilidad económica del sistema planteado.

Esta etapa fue una de las más importantes porque se buscó medir la perspectiva de la propuesta del sistema desde un punto de vista económico, para ello se usaron métodos como el costo-beneficio para estimar la factibilidad a corto y largo plazo de la implementación del sistema fotovoltaico. Además se utilizó la metodología del Periodo de Devolución como herramienta de análisis que permitió determinar la rentabilidad del proyecto en términos monetarios.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.- Descripción de la situación actual de la ciudad de Anaco en materia de energía eléctrica.

El consumo de energía eléctrica es un hecho común en todos los sectores de una comunidad no solo a nivel mundial, internacional o nacional sino también local. Según expertos, en el área de potencial de ahorro y eficiencia energética, la electricidad supone más del 50% del consumo energético en su totalidad. En tanto, enfatizando en Venezuela, las condiciones climáticas que se han estado enfrentando desde hace una década han generado tiempos de sequías lo que ha impactado en el mayor potencial motriz: el agua; en consecuencia, debido a que el país depende en un alto porcentaje de la generación eléctrica a través de centrales hidráulicas, esto ha disminuido su oferta de manera consistente.

Sin embargo, aun cuando existen métodos de generación alternos basado en el aprovechamiento de la energía calórica producida por la quema de petróleo; el sistema eléctrico en Venezuela, notoriamente se ha visto afectado en porcentajes significativos lo que ha promovido que se desplieguen en todo el territorio nacional, a través de la dirección de los entes gubernamentales, un conjunto de estrategias de uso racional del servicio eléctrico apoyando ahorro y toma de conciencia en la disposición de equipos que consuman energía eléctrica.

Ante esto, como producto de múltiples factores y afectaciones que se han desarrollado a lo largo del territorio nacional venezolano, en el siguiente proyecto de investigación se ha discriminado la descripción situacional detectada en tres (03) perspectivas: nacional, regional y local.

4.1.1.- Perspectiva nacional del sistema eléctrico

Venezuela es el país con mayor consumo de energía eléctrica per cápita en Latinoamérica, según lo expuesto por la Comisión de Integración Energética Regional (CIER). Las autoridades nacionales han confirmado el alto consumo de electricidad y lo han atribuido a la amplia oferta, a la capacidad instalada y a las bajas tarifas del servicio.

Cifras del Banco Mundial, del Instituto Nacional de Estadística (INE), de la Organización Latinoamericana de Energía y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), permiten conocer que Venezuela cuenta con una generación neta de 4.179 kilovatios por hora por habitante (Kwh/hab), seguida de Chile (3.393 Kwh/hab), Argentina (2.860 Kwh/hab), Uruguay (2.750 kwh/hab), Brasil (2317 kwh/hab), México (1.999 Kwh/hab), Panamá (1.873 Kwh/ hab) y Costa Rica (1.854 Kwh/hab).

Actualmente, Venezuela posee, dentro del sistema eléctrico nacional, dos (02) tipos de generación: la primera, a través del aprovechamiento de las reservas naturales de agua que permiten el funcionamiento de las centrales hidroeléctricas y, seguidamente las centrales que permiten el uso del petróleo que son las plantas termoeléctricas. La generación hidroeléctrica representa una capacidad instalada de 14.622 MW que representa 53% del total en el país, mientras que la generación termoeléctrica tiene una capacidad instalada de 12.874 MW que representa el porcentaje restante. Ambos, suman una capacidad instalada total de 27.496 MW.

Resulta necesario resaltar que, de la capacidad instalada, solo están operativos 20.300 MW para atender una demanda que oscila entre los 17.000 y los 19.000 MW. Ante esto, se torna evidente la deficiencia en la distribución del servicio eléctrico ya que las plantas eléctricas solo generan un total de 17.139 MW para tratar de cubrir

una demanda que, inclusive, supera los 18.000 MW. Lo que se traduce a que las plantas termoeléctricas solo compensan el rendimiento de la generación hidroeléctrica con un aporte de 3.000 MW quedando en más del 50% por debajo de su capacidad instalada.

Uno de los grandes factores que se le atribuye el incremento de la demanda del servicio eléctrico es la baja tarifa de costo; el servicio eléctrico es subsidiado por el estado venezolano estableciendo un precio promedio de 2,1 centavos de dólar el kilovatio por hora (cent.US\$/Kwh), lo que la convierte, en la actualidad, en la más baja de Latinoamérica y el mundo, ya que el promedio internacional es de 9,2 centavos, mientras que en otros países varía: Argentina (5,3 centavos), Colombia (9,8 centavos), Brasil (11,1 centavos), Chile (15,0 centavos) y las naciones europeas (17,5 centavos).

El parque de generación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) supera los 25.000 megavatios de capacidad instalada y está conformado por un significativo número de infraestructuras localizadas, en su mayoría, en la región de Guayana, donde funcionan los complejos hidroeléctricos más grandes del país.

Estos ofrecen más del 62% del potencial eléctrico que llega a los hogares venezolanos e industrias. El 35% restante, según las cifras del SEN, provienen de las plantas termoeléctricas, y casi un 3% corresponde al sistema de generación distribuida, conformada por grupos electrógenos.

Actualmente, el proceso de distribución de la energía eléctrica es generado y transmitido por la Corporación Eléctrica Nacional, S.A., (Corpoelec) y se realiza a través de las 572 subestaciones, con una capacidad de transformación de 9.200 MVA y una red de distribución conformada por 88 mil kilómetros de longitud.

El patrimonio de generación de energía eléctrica existente en Venezuela es el siguiente:

4.1.1.1.-Plantas termoeléctricas

Una central termoeléctrica es una instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

Básicamente, el funcionamiento de este tipo de centrales es el mismo independientemente del combustible que se consuma. Así, este se quema en la caldera, liberando calor que se usa para calentar agua.

El agua calentada se transforma en vapor con una presión muy elevada, que es la que hace girar una turbina de vapor, y transforma la energía interna del vapor en energía mecánica (rotación de un eje). La producción de electricidad se genera en el alternador, por la rotación del rotor (que comparte el mismo eje que la turbina de vapor) y mediante la inducción electromagnética. La electricidad generada pasa por un transformador, que aumentará su tensión para el transporte.

El vapor que sale de la turbina de vapor se envía a un condensador (termodinámica) para transformarlo en líquido y retornarlo a la caldera para empezar de nuevo un nuevo ciclo de producción de vapor.

Actualmente en Venezuela, el sistema eléctrico está compuesto por una serie de centrales que se mencionan a continuación:

- Josefa Camejo (ver figura 4.1)
- Complejo Termoeléctrico General Rafael Urdaneta (ver figura 4.2)
- Argimiro Gabaldón (ver figura 4.3)
- Planta Centro (ver figura 4.4)
- Antonio José de Sucre (Sucre /en ejecución)
- Termocentro (Miranda /en ejecución)
- Ezequiel Zamora (en ejecución)



Figura 4.1 Planta Termoeléctrica Josefa Camejo – Estado Falcón
Fuente: www.corpoelec.gob.ve



Figura 4.2 Complejo Termoeléctrico Gral. Rafael Urdaneta – Estado Zulia
Fuente: www.corpoelec.gob.ve



Figura 4.3 Central Termoeléctrica Argimiro Gabaldón – Estado Lara

Fuente: www.iteven.net



Figura 4.4 Planta Centro – Estado Carabobo

Fuente: www.corpoelec.gob.ve

4.1.1.2 Plantas hidroeléctrica

Una central hidroeléctrica, de manera resumida, es aquella que genera electricidad a partir del uso de la energía cinética y potencial del agua como fuerza motriz. Básicamente, utiliza cuatro (04) elementos considerados en sí como vitales: agua (fuente renovable), presas, turbinas y generador. Primero se reúnen las aguas disponibles (lagunas, ríos, lagos), se conducen a un embalse y se ubica la altura de unas presas que proporcionan la caída. Es decir, la función de una central

hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica. Las aguas son conducidas por túneles y canales y luego por una tubería de presión, de acero muy resistente y de un diámetro adecuado, por toda la pendiente del cerro. Esta caída del agua es la base fundamental de las centrales hidroeléctricas ya que, junto con la presión del agua, dan la potencia necesaria para mover las ruedas hidráulicas.

El agua llega a una galería de distribución desde donde pasa por una cámara de válvulas hacia las turbinas. Desde que el agua ingresa a la galería de distribución ya está en la central misma es decir, en la casa de máquinas. Luego, el agua es inyectada a las turbinas. Con la fuerza que provee la caída del agua ésta es inyectada a las turbinas para que empiecen a girar y hacen girar, a través de ejes, a los generadores. En los generadores es donde se produce la electricidad: la energía mecánica se convierte por polarización de electrones en energía eléctrica.

La electricidad generada pasa por los transformadores y se conduce al exterior de la central hacia una estación de salida donde se hallan los interruptores que se conectan a las líneas de transmisión. Estas son las encargadas de llevar la electricidad a las ciudades a través de los cables y las torres de alta tensión. Las centrales son comandadas desde una sala de mando dentro de la misma central. Ese es el lugar donde se sincronizan y se regulan todas las acciones y maniobras que el servicio requiere.

En la actualidad, el patrimonio de generación de energía eléctrica referido a las centrales hidroeléctricas existentes en Venezuela es el siguiente:

- Simón Bolívar (ver figura 4.5)
- Antonio José de Sucre (ver figura 4.6)
- Francisco de Miranda (ver figura 4.7)

- Masparro (Barinas)
- Juan Antonio Rodríguez Domínguez (Barinas)
- General José Antonio Páez (Mérida)
- Manuel Piar (Bolívar) (en ejecución)
- Fabricio Ojeda (Mérida) (en ejecución)



Figura 4.5 Planta Hidroeléctrica Simón Bolívar “El Guri”- Estado Bolívar
Fuente: www.corpoelec.gob.ve



Figura 4.6 Central Hidroeléctrica Antonio José de Sucre - Estado Bolívar
Fuente: www.edifica.com



Figura 4.7 Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda – Estado Bolívar
Fuente: www.fundelec.gob.ve

Es importante recalcar que en materia de transmisión se estuvieron realizando a lo largo de 16.867 kilómetros actividades de desmalezamiento, para proceder a efectuar el mantenimiento de 26.624 kilómetros asociados a líneas y subestaciones, a manera de garantizar que no exista ningún tipo de interferencias producto del despliegue de la vegetación en las diferentes zonas donde se encuentran los tendidos eléctricos. Mientras que en el área de distribución, las empresas nacionales tuvieron participación en la puesta en marcha del programa de pica y poda para proceder a la realización de actividades de mantenimiento, lo cual ha sido el tema más preocupante detectado como problemática a nivel nacional.

En relación a este último punto, el cual se ha convertido en la mayor preocupación ha arrojado como consecuencia grave que las líneas de gran tensión que nacen en la represa de Guri, en el estado Bolívar, no han sido inspeccionadas con la frecuencia debida. Los riesgos de un eventual corte eléctrico nacional están más presentes que nunca. El precario suministro eléctrico en el país se ha convertido en situación alarmante para especialistas.

No se disponen de los equipos necesarios para realizar mantenimiento preventivo ni para inspeccionar las líneas de transmisión cuando ocurre una falla a nivel nacional. Es de saber, que estas inspecciones son realizadas a través de helicópteros, y de las diez aeronaves destinadas a la vigilancia y mantenimiento del tendido eléctrico, solo una está apto para volar por trechos cortos, por lo que no se encuentra disponible para hacer inspecciones. Según información expuesta por Corpoelec, las líneas debe ser sobrevoladas al menos una vez al mes para advertir posibles desprendimientos de los cables, fallas en las torres y sus partes, y riesgos de incendios (causa común de los llamado, apagones); ante todo esto, se recalca que el sistema de transmisión puede ser inspeccionado en su totalidad en cuatro días y es algo que debe realizarse, cuando menos, cuatro veces al año. Para el cierre del 2015 sólo se había realizado una inspección.

Directivos pertinentes y asociados al sistema eléctrico en relación al vértice de Sostenibilidad Financiera explicaron hay un déficit entre el costo de generación, transmisión y el ingreso que percibe Corpoelec y que el sistema eléctrico no recibía beneficios en cuanto a mantenimiento se refiere. A todo esto se suman, razones particulares, puntuales pero poco perceptibles como: conexiones ilegales a las cuales solo se les atribuye un 5% a la causa de la transmisión.

Tal problemática se ha profundizado más debido a que el ajuste tarifario afecta a las personas debido a que ahora cancelan más pero el servicio no mejora, ni en frecuencia ni en voltaje. Esta es una medida totalmente acientífica y que carecen de contenido analítico.

4.1.2.- Perspectiva regional del sistema eléctrico

El tema ha resultado evidente en cuanto al aumento de las temperaturas y sus efectos sobre el consumo eléctrico, tanto así que los directivos gubernamentales como

Corpoelec y en conjunto de la gobernación del estado Anzoátegui estuvieron sosteniendo en reiteradas ocasiones reuniones con los habitantes de los diferentes regiones del estado a fin trazar estrategias conjuntas e incidir positivamente en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), todo esto debido a las reiteradas fallas que estuvo presentando el servicio eléctrico generando interrupciones prolongadas en más de 24 horas producto del déficit en la oferta de la generación de la energía eléctrica.

Si bien es cierto, en el territorio venezolano se han estado experimentando temperaturas climáticas con niveles alarmantes y en esto se hace énfasis ya que existe una relación directa entre la temperatura y la demanda del servicio eléctrico que obliga, en ocasiones, al consumo excesivo de energía, sobrepasando la capacidad de respuesta del sistema en las horas pico. Esto permite, que en horas de la noche se incremente significativamente el consumo de la energía eléctrica.

Ante estas situaciones, directivo gubernamentales y representantes, han planteado estrategias de incorporación de programas de ahorro y concienciación los cuales están siendo liderados por entidades competentes y organismos que han sido formados en cada región del estado. En una primera instancia, se desplegó una estrategia referida a la distribución de 500 mil bombillos ahorradores en el estado, siendo estos suministrados con el llamado “casa por casa”. No solo fueron distribuidos en las grandes ciudades del estado sino también en pequeñas localidades con la intención de disminuir el consumo eléctrico en un 30%. Resaltando que un alto porcentaje del consumo corresponde a los componentes eléctricos disponibles en las viviendas como lo son los aires acondicionados y las luminarias.

El estado Anzoátegui, se han mantenido continuamente en activas manifestaciones debido a los múltiples fallos que se ha presentado el sistema eléctrico en el territorio regional, sin embargo las causas se han otorgado principalmente a las condiciones climáticas por lo que el consumo de este servicio se ha incrementado

generando condiciones de colapso, adicionalmente estas condiciones han permitido demostrar la insuficiencia del servicio ante la alta demanda.

Anzoátegui cuenta con seis (06) plantas de generación distribuida Pariaguán, Aragua de Barcelona, Clarines, Cuartel, El Rincón, Santa Ana.

4.1.3.- Perspectiva local del sistema eléctrico

Para nadie es un secreto que el sistema eléctrico venezolano colapsó hace tiempo, por cuanto se han registrado diversos apagones en casi todo el territorio nacional. Por otra parte, las dos perturbaciones nacionales que se generaron hace casi una década no son más que síntomas de una condición reportada por usuarios y autoridades, el cual es generado por el crecimiento de la demanda ante un parque de generación termoeléctrica con una obsolescencia de más de 30 años. A esta perturbación se le atribuyó que fue consecuencia de la atmósfera y otros problemas temporales.

El reporte anual del Centro de Nacional de Gestión, sirve para demostrar que la estatización de las empresas eléctricas no fue la panacea para corregir las fallas del sector. En año anterior se registraron 113 apagones en el país y se espera una tendencia incrementada a 22% en periodos anuales.

En el municipio Anaco, se han mantenido con cierta recurrencia los apagones y es que desde hace tiempo los cortes no programados forman parte de las actividades diarias de los habitantes de la ciudad gasífera. Este tipo de situaciones han ocasionado múltiples molestias de los vecinos contra la empresa Corpoelec y las cuales se han incrementado con mayor recurrencia debido a que cuando llaman para reportar averías, les responden que no pueden ir hasta el lugar, por no contar con unidades disponibles. Durante la investigación se constató que en los patios de la oficina

comercial de la empresa eléctrica en Anaco hay camionetas y camiones cesta que inicialmente fueron parados por una avería leve, por falta de baterías o por un caucho reventado y ahora no circulan por desperfectos mayores.

Ante este panorama y por la falta de atención, habitante de las diferentes parte de esta localidad han realizado protestas por la tardanza para reparar una guaya dañada, cables que se rompen, y transformadores quemados (los cuales han sido factores de mayor frecuencia de los apagones en diferente sectores). Distintos usuarios del servicio lograron participar que los tiempos de espera para solventar estos problemas, son hasta más de 72 horas en algunos casos.

Ahora bien, con las nuevas tendencias climáticas y asociado al tiempo de operación que llevan las estaciones se espera que en los próximos meses se incrementen las interrupciones que se deberán a mantenimientos programados para adecuar las instalaciones.

Si bien es cierto, son múltiples los factores que influyen en una interrupción del servicio eléctrico y en algunas ocasiones son hasta indeterminables. Sin embargo, es posible clasificarlas en dos (02) grupos:

- Las programadas, son aquellas interrupciones necesarias para realizar labores de mantenimiento mayor en líneas y subestaciones, construcción de nuevos circuitos, poda y pica de ramas y árboles, reemplazo de transformadores o interruptores, entre otros. Y se realizan a ciertas horas y días en los cuales se afecte lo menos posible a los suscriptores.

Estas interrupciones son necesarias para garantizar la continuidad del servicio; y la empresa distribuidora de energía eléctrica está en la obligación de

publicar un aviso de prensa con el objeto de notificar a todos los suscriptores afectados por el corte del servicio.

- Las fortuitas, son las interrupciones más dañinas y costosas, tanto para la empresa de distribución eléctrica como para los suscriptores. Entre las principales causas podemos indicar: objetos enredados en el tendido eléctrico que producen cortocircuitos y apagones graves cada vez que existen movimientos bruscos de aires, robo de cables, transformadores, conexiones ilegales, envejecimiento y deterioro de materiales y equipos, por la escasa atención de servicio de mantenimiento, entre otras; todo esto impacta en que las interrupciones no solo se prolonguen sino que también sean costosas.

Sin embargo, pese que el déficit de energía en el país se ubica en 1000 MW, la sobrecarga que afecta el sistema interconectado nacional, y provoca caídas e interrupciones en el servicio en cualquier latitud del país no es producto del uso irracional de una localidad sino de todo un país.

La situación precaria del sistema nacional se nutre además del desbalance que existe entre las fuentes de energía hidráulica (Edelca-Guri) y de la termoeléctrica como planta centro; ello quiere decir que el suministro de Edelca está quedando escaso, por lo que se requiere la repotenciación de plantas de ciclo combinado que permitan abastecer a toda la red.

Si se traslada esta situación a la ciudad de Anaco, más de 30 sectores de este municipio presentan severas fallas en el suministro eléctrico, padeciendo deficiencia del fluido eléctrico e impactando en sus bienes que dependen de esta energía.

El mal uso de la energía eléctrica está en la mano de sus usuarios, ya que está en la responsabilidad de razonar, o no, frente a la degradación progresiva que sufre el ambiente por el mal uso de la energía eléctrica que día a día es consumida. Hay que buscar soluciones a la capa de ozono, al calentamiento global, a las alteraciones climáticas devastadoras, y no son cuestiones de años ni de décadas es una preocupación que debe ser tratada de inmediato no se puede esperar que los años sean notables.

El consumo de energía es consubstancial del desarrollo económico y social. El acceso de la energía permite mejorar las condiciones de vida, incluyendo mejorar en la salud, la alimentación y la educación, y si no se le da un buen uso a la energía eléctrica sus efectos serán como lo que ya se observa en el ambiente, efectos consecuentes y latentes.

Las diferencias en este caso climatológicas afectan principalmente de manera notables a las necesidades de energía para aire acondicionado. Hasta cierto punto es verdad, pero también es cierto que es el uso de la energía eléctrica lo que empuja a la economía, y que si los países, incluyendo al nuestro no consiguen acceder a fuentes energéticas no pueden avanzar.

En consecuencias de estos efectos están los apagones, fallos en algunos sectores, faltas de mantenimiento en la red (incluyendo subestaciones) y los problemas del clima. Por lo tanto es necesario darle un buen uso, ya que dicho uso es indispensable para el nivel de confort doméstico. La mayor efectividad se logrará actuando prioritariamente a nivel de usuario final, forzando el uso de tecnología más eficiente en los hogares, las industrias, los servicios y el transporte.

4.2.- Identificación de las características de consumo eléctrico esenciales de la vivienda promedio de la ciudad de Anaco.

De acuerdo a la información suministrada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) la densidad poblacional por municipio correspondientes al Estado Anzoátegui para el año 2011 arrojó valores mostrados en el Anexo A. Para lo cual, se observa que el Municipio Anaco para ese mismo año contaba con una población de 134.083 habitantes ocupando así 24.941 viviendas, desglosadas tal como lo muestra la Tabla 4.1

Tabla 4.1 Distribución de viviendas ocupadas familiares Municipio Anaco

Tipo de vivienda	Censo 2011	%
Quinta o casaquinta	4.073	16,33
Casa	15.597	62.54
Apartamento en edificio	576	2,31
Apartamento en quinta o casaquinta	178	0,71
Rancho	4.190	16,80
Otra case y casa de vecindad	327	1,31
Total	24.941	100

Fuente: INE (2011)

De acuerdo a la información suministrada por PDSN (2011), se logró constatar que, en promedio, la ciudad de Anaco consume un equivalente a 2500 kW en periodos mensuales, de los cuales puede fácilmente alcanzar valores de 4500 kW (aunque rara vez se ha obtenido el límite superior de consumo). Es de saber que las condiciones de la vivienda en la que habitan los pobladores de la localidad de Anaco tienden a tener las siguientes características (ver tabla 4.2)

Tabla 4.2 Características de la vivienda promedio

Descripción	Cantidad
Sala Comedor	Uno (1)
Sala de Recepción	Uno (1)

Fuente: INE (2011)

Continuación, Tabla 4.2 Características de la vivienda promedio

Descripción	Cantidad
Cocina	Uno (1)
Cuartos	Tres (3)
Baños	Dos (2)
Garaje	Uno (1)

Fuente: INE (2011)

En el estado Anzoátegui, el consumo está limitado a 800 kWh al mes. Regularmente, las viviendas se ajustan a un consumo de acuerdo a la cantidad de equipos electrónicos que poseen y en promedio una vivienda lo artículos descritos a continuación en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Descripción de los artículos de una vivienda promedio

Descripción	Cantidad
Nevera 21"	1
Televisores LCD hasta 32"	2
Equipo de Sonido Familiar	1
Cargadores de Celulares	5
Bombillos Internos	10
Micro onda	1
Licuadaora	1
DVD	1
Lavadora 10 Kg – 12 Kg	1
Computadora de Escritorio	1
Router + Modem + Teléfono alámbrico	1
Bombillos Externos	6
Aire Acondicionado Split	1
Aire Acondicionado Ventana	2
Total de Artículos	34

Fuente: INE (2011)

Adicionalmente, según el INE se ha detectado que las viviendas en su mayor porcentaje no poseen medidor, el cual es el instrumento indispensable para determinar la cantidad de electricidad que está consumiendo una vivienda; siendo esto un factor importante en la obtención de los resultados desfavorables que se han

venido manifestando. De acuerdo a esto, a continuación se muestra la cantidad de viviendas que cuentan con un servicio eléctrico (ver tabla 4.4)

Tabla 4.4 Viviendas que cuentan con un servicio eléctrico

Descripción	Cantidad
Red pública con medidor	5.692
Red pública sin medidor	19.080
Vivienda con generador de electricidad propio	107
Otro tipo de electricidad de generación propia	8
No tienen servicio eléctrico	54

Fuente: INE (2011)

Como es de evidenciarse en la tabla 4.4, un total superior al 70% corresponden a viviendas públicas que disfrutan del servicio eléctrico y no cuenta con la instalación de un medidor de electricidad; es de saber, que un medidor de electricidad no es un equipo que muestra consumos detallados del consumo de electricidad sino más bien permite determinar la cantidad de kilo-watts consumidos en un periodo determinado a fin de tomar acciones concretadas para disminuir (en el caso de que sea necesario).

Por tanto, el hecho de no contar con un equipo medidor de electricidad conlleva paulatinamente a que los habitantes de una vivienda no puedan tomar hacer cambio alguno en sus hábitos de uso de los electrodomésticos o de los equipos electrónicos. Si bien es cierto, el uso de éstos en su mayoría varía de acuerdo a la necesidad, sin embargo, de tener conocimiento a tiempo de la estimación del consumo y del costo de facturación que éste genera es posible que se considerara una disminución en la frecuencia de uso de los aparatos eléctricos.

A todas estas, de acuerdo a los datos obtenidos en el INE, la frecuencia de uso estimada por cada vivienda viene expresada de acuerdo al equipo disponible, siendo éstos mostrados en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Frecuencia de Uso de equipos disponible en viviendas promedios

Descripción	Horas de uso	Días de uso	Horas Mes
Nevera 21"	24	7	672
Televisores LCD hasta 32"	6	7	168
Equipo de Sonido Familiar	3	5	140
Cargadores de Celulares	10	7	280
Bombillos Internos	5	7	140
Micro onda	1	5	20
Licuadaora	1	7	28
DVD	4	3	48
Lavadora 10 Kg – 12 Kg	3	3	36
Computadora de Escritorio	6	7	168
Router + Modem + Teléfono alámbrico	24	7	672
Bombillos Externos	12	7	336
Aire Acondicionado Split	24	7	672
Aire Acondicionado Ventana	24	7	672

Fuente: INE (2011)

Notoriamente, de acuerdo a los datos mostrados en la tabla anterior 4.5 se puede evidenciar que hay artículos que son usados las 24 horas del día durante los 7 días de la semana y que su interrupción de uso depende estrictamente de cortes de electricidad imprevistos, fallos en el sistema del equipo propio o mantenimientos programados para el equipo en función de alargar su vida útil.

Específicamente, la nevera es un aparato que está diseñado para operativamente funcionando en sus condiciones de frecuencia descritas, sin embargo muchos otros no lo están y su consumo eléctrico incrementa considerablemente tras su uso irracional.

En los últimos cinco (05) años se ha atribuido un alto porcentaje de consumo eléctrico al estado Anzoátegui, permitiendo entender que el uso irracional de este servicio es el primer factor generador de fallas en el sistema eléctrico. Si bien es cierto, el uso de energía eléctrica a nivel doméstico en gran parte contribuye al

consumo desmedido del servicio eléctrico, por cuanto las personas no toman conciencia y hacen uso irracional del mismo. Sin embargo, también esto trae factores causales debido al despliegue de la tecnología moderna que ha incluido en el mercado grandes artefactos de comercialización masiva como lo son los aparatos videojuegos, electrodomésticos (esenciales para el uso diario), dispositivos móviles que requiere de carga en periodos cortos de tiempo.

De acuerdo a datos estadísticos una vivienda promedio se ubica en cifras de consumo de energía eléctrica cercanas a 2.500kW, otorgando esto al crecimiento poblacional, el aumento del nivel de vida de las familias y la proliferación de pequeñas empresas desplegadas en todo el territorio local. Es de saber que este valor oscila continuamente y varía desde cifras de 200 kW pudiendo llegar a extenderse en horas de la noche a un máximo de 4.500 KW por vivienda, lo cual depende notoriamente de acuerdo a la cantidad de aparatos eléctricos que tengan en disposición y uso.

4.3.- Selección de los equipos necesarios para la satisfacción del consumo de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar.

Los Sistemas Fotovoltaicos se definen como un conjunto de elementos capaces de suministrar electricidad para cubrir las necesidades planteadas, a partir de la energía solar. Y básicamente consiste en la integración de varios componentes que, con una o más funciones específica, pueden suplir la demanda eléctrica impuesta por la carga, usando como combustible la energía solar.

Los sistemas fotovoltaicos están conformados de los siguientes componentes:

- El generador fotovoltaico o campo de paneles: es el elemento captador de energía, que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica. Está formado

por un conjunto de paneles o módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo.

- El regulador de carga: el regulador de carga asegura que la batería funcione en condiciones apropiadas, evitando la sobrecarga y sobre descarga de la misma, fenómenos ambos muy perjudiciales para la vida de la batería.
- La batería: se encarga de almacenar parte de la energía producida por los paneles (laque no se consume inmediatamente) para disponer de ella en periodos de baja o nula irradiación solar.
- El inversor: es el encargado de convertir la electricidad continua que produce el conjunto paneles-baterías en tensión de alimentación acta para la carga. Existen dos tipos de inversores: los de continua-alterna (DC/AC) y los inversores continua-continua (CC/CC).

Estos elementos del sistema Fotovoltaico se conforman por bloques de: generación, acumulación y monitoreo. En la figura 4.8 se muestran los elementos que conforman el sistema fotovoltaico.

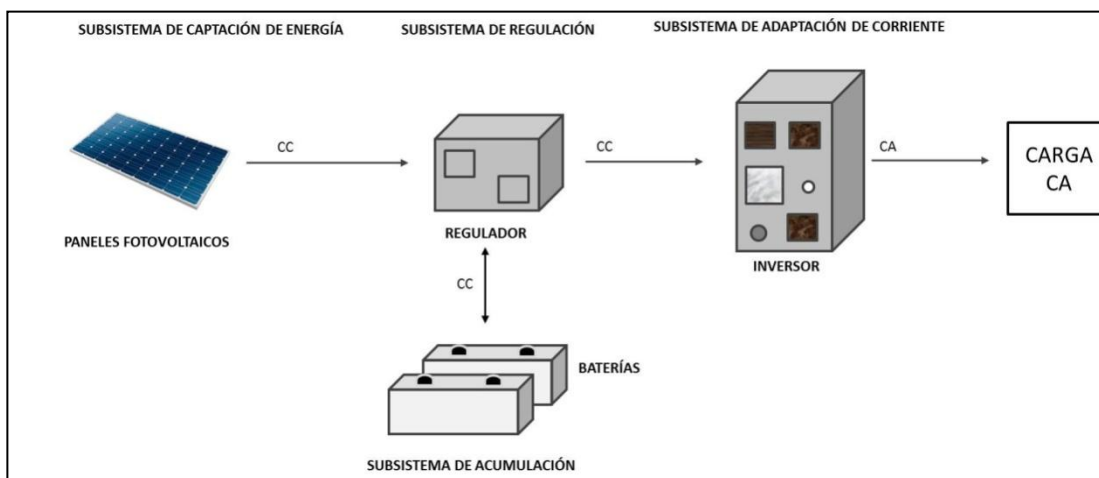


Figura 4.8 Elementos de un Sistema Fotovoltaico

Fuente: El autor (2016)

Los sistemas fotovoltaicos, transforman la radiación solar en energía eléctrica permitiendo abastecer una amplia variedad de consumos. La energía excedente producida durante las horas y días de mayor insolación es acumulada en las baterías. La energía acumulada permite abastecer los consumos durante la noche y durante los días nublados.

Estos sistemas generan energía eléctrica en corriente continua. Si es necesario abastecer consumos de corriente alterna, se requiere intercalar un inversor de corriente con diseño CC/CA entre las baterías y dichos consumos. La capacidad de generación de un sistema fotovoltaico depende de su tamaño y del recurso solar disponible en el área de instalación. El sistema fue diseñado de tal manera que la energía que debe generar resulta ser equivalente a la requerida por los consumos conectados.

Cuando los consumos son relativamente altos, es necesario considerar que los sistemas fotovoltaicos podrían ser combinados con otras fuentes de energía eléctrica, formando lo que se conoce como un Sistema híbrido. De esto trata entonces de que los sistemas fotovoltaicos son sistemas flexibles y están sujetos a adaptaciones requeridas según sea la necesidad de quien lo disponga.

Las principales ventajas detectadas a través del aprovechamiento de la energía solar con el uso de sistemas fotovoltaicos son:

- No consumen combustible
- Son totalmente silenciosos
- No contaminan el medio ambiente
- Son modulares
- Requieren de un mínimo mantenimiento

4.3.1.- Descripción del sistema fotovoltaico

4.3.1.1.- Subsistema de captación

Compuesto principalmente por los módulos fotovoltaicos, que transforman la radiación solar en electricidad; su acción es la equivalente a la de un generador de Corriente Continua (CC), alimentado con luz solar.

- **Célula Solar**

Una célula solar también llamada celda fotovoltaica es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. La palabra fotovoltaica se compone de dos términos: Foto= Luz, Voltaica= Electricidad.

Existen tres tipos de celdas; dependiendo su diferenciación según el método de fabricación:

- Silicio monocristalino: son celdas densamente cristalinas que se obtienen a partir de barras cilíndricas de silicio Monocristalino producidas en hornos especiales. Las celdas se obtienen por cortado de las barras en forma de obleas cuadradas delgadas (0,4-0,5 mm de espesor). Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es superior al 12%.
- Las de silicio policristalino: son celdas densamente cristalinas que se obtienen a partir de bloques de silicio obtenidos por fusión de trozos de silicio puro en moldes especiales. En los moldes, el silicio se enfría lentamente, solidificándose. En este proceso, los átomos no se organizan en un único cristal. Se forma una estructura policristalina con superficies de separación entre los cristales.

Estas celdas son menos caras para fabricar y menos eficientes que las celdas simples de cristal de silicio. Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es algo menor a las de silicio Monocristalino.

- Las de silicio amorfo (Si-a): son celdas de película delgada que se obtienen mediante la deposición de capas muy delgadas de silicio sobre superficies de vidrio o metal. El silicio amorfo que es una estructura no cristalina. Su primer uso en materiales fotovoltaicos fue en 1974, en 1996 el silicio amorfo constituyó más del 15% de la producción mundial de celdas fotovoltaicas.

Usado en productos de consumo, el Si -a es la gran promesa para la construcción de sistemas integrados, su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad varía entre un 5 y un 7%.

- Factores ambientales sobre la característica de salida del dispositivo

La salida de los paneles fotovoltaicos depende en gran medida de los factores ambientales. Por lo que a continuación se describirá el comportamiento del panel solar ante estos factores.

1. Efecto de la intensidad de radiación solar: El resultado de un cambio en la intensidad de radiación es una variación en la corriente de salida para cualquier valor de tensión.
2. Efecto de la temperatura: El principal efecto provocado por el aumento de la temperatura del módulo, es una reducción de la tensión en forma directamente proporcional. Existe un efecto secundario dado por un pequeño incremento de la

corriente para valores bajos de tensión. Es por ello que para lugares con temperaturas ambientes muy altas son aptos módulos que poseen mayor cantidad de celdas en serie para que los mismos tengan la suficiente tensión de salida para cargar baterías. La tensión en el punto de máxima potencia de salida para una celda es de aproximadamente 0,5 volts a pleno sol. La corriente que entrega una celda es proporcional a la superficie de la misma y a la intensidad de la luz. Es por ello que para lograr módulos con corrientes de salida menores se utilizan en su fabricación tercios, cuartos, medios, entre otros, de celdas.

- Panel Fotovoltaico

La estructura metálica que contiene un conjunto de celdas solares se denomina Panel Fotovoltaico. Un conjunto de células solares, de iguales características, pueden conectarse eléctricamente entre sí, bien sea en serie o en paralelo de forma que el voltaje y la corriente suministrada por el Panel se incrementen, hasta ajustarse al valor deseado.

Las partes de un Panel fotovoltaico son:

- a) Celda Solar: dispositivo encargado de transformar la energía solar en electricidad.
- b) Cubierta Exterior de Vidrio: maximiza la transmisión de la Radiación Solar.
- c) Encapsulante de Silicona o Eva (Etilen -vinil-acetato): protege al Panel ante la continua exposición al sol, sin alterar las condiciones de Radiación incidente.
- d) Lámina o Protección Posterior: protege de los agentes meteorológicos.

- e) Marco Metálico de aluminio o acero inoxidable: asegura una suficiente rigidez y permite la incorporación de los elementos de sujeción a la estructura del panel.
- f) Cableado y bornes de conexión: transportan la energía y evitan puntos calientes.
- g) Orificio de fijación: orificio libre de galvanizado (mejor conexión eléctrica).

Las características especificadas por el fabricante se basan en: Irradiación incidente, 1.000W/m^2 ; Espectro radiante, AM 1.5; y Temperatura de la célula: 25°C .

Estas características poseen los mismos parámetros que la celda solar como Potencia nominal (máxima o pico); Tensión nominal, a circuito abierto y para máxima Potencia; Intensidad de cortocircuito y para el punto de máxima Potencia.

- Colocación de los Paneles Fotovoltaicos

Una vez conformados los Paneles, se procede a su instalación sobre el soporte. Por lo general, esta operación requiere la intervención de varias personas, según el peso y la envergadura de los Paneles. Cuando la estructura está a una altura considerable del suelo, puede ser necesaria la utilización de medios mecánicos como grúas, poleas, entre otros, para elizado o colocación de los Paneles. Para asegurar una óptima respuesta del sistema, se recomienda la colocación de los Paneles en sitios libres de sombras, intentando de igual manera minimizar el impacto visual (integración arquitectónica), y el riesgo de soportar actos vandálicos.

- Estructura de soporte de los Paneles Fotovoltaicos

El óptimo aprovechamiento de la Energía Solar, requiere que los elementos captadores (módulos fotovoltaicos), dispongan de la inclinación y la orientación adecuada, las superficies ocupadas por el número de módulos necesarios dificultan su integración a edificaciones existentes, considerando los efectos perjudiciales que el sombreado (incluso parcial) de los módulos ejerce sobre la generación, haciendo necesaria la inclusión de una estructura de soporte.

Los Sistemas de Orientación Automáticos (Trackers) son utilizados en las prácticas fotovoltaicas en estructuras tipo mástil, bien sea por método activo o pasivo, posibilitando el seguimiento solar de una manera más o menos sencilla.

La principal diferencia entre estos métodos (activo y pasivo), se encuentra en que los primeros utilizan parte de la electricidad generada para alimentar al Sistema Electromecánico de Seguimiento, mientras que los pasivos emplean la energía solar no transformada por los paneles principales.

Es probable que la ubicación de la estructura requiera la determinación “in situ” de la orientación, es por ello que el instalador debe estar familiarizado con el manejo de la brújula, y con la visualización del recorrido aparente del sol.

En otro sentido, la ejecución civil necesaria y las soluciones para el anclaje, no suelen ser exclusivas de los sistemas fotovoltaicos. De todas ellas, las más frecuentes son la cimentación mediante zapatas de hormigón y la fijación directa mediante tacos de anclaje.

- Conexión de los Módulos Fotovoltaicos

Puede efectuarse previa a su fijación en la estructura, o bien con estos ya instalados.

En cualquier caso, el objetivo principal es preparar eléctricamente el Campo fotovoltaico, dejando dispuestos los terminales principales: positivos y negativos, que identifican el circuito generador fotovoltaico principal.

Para evitar errores en la conexión, sobre todo en configuraciones serie - paralelo de módulos, se recomienda el uso de planos o esquemas que tengan en cuenta tanto su disposición final como su cableado; este último se debe realizar siguiendo las indicaciones presentes en las cajas de conexiones de los módulos.

En campos fotovoltaico con un número considerable de módulos, las cajas de conexiones se utilizan para el conexionado en serie; el cableado en paralelo de las filas de módulos en serie (usualmente formando paneles), se realiza en una caja de conexiones principal (distinta a la de cualquier modulo).

La utilización de la caja de conexión principal facilita el mantenimiento, ya que se debe ubicaren algún lugar de fácil acceso; en estas cajas se incorporan usualmente: los diodos de bloqueo, los descargadores de tensión, los fusibles, entre otros.

4.3.1.2.- Subsistema de regulación

En este sistema se regula la entrada de energía procedente del campo de captación.

- Regulador de Carga

Es un dispositivo electrónico que tiene la misión de proteger a la batería contra las sobrecargas y sobre descargas. Además, se emplea para proteger a las cargas en condiciones extremas de operación, y para proporcionar información al usuario.

Con el fin de proteger las baterías contra descargas excesivas, el suministro de electricidad a las cargas debe interrumpirse cuando el voltaje de la batería cae por debajo de un cierto umbral, llamado “voltaje de desconexión de carga”. Y no debe reanudarse hasta que el voltaje de la batería no haya superado otro umbral más alto, llamado “voltaje de re-conexión de carga”.

El regulador de carga presenta las siguientes características:

- Tensión nominal: el valor más común es 12V, aunque existen modelos que permiten su selección manual o automática en un rango habitual entre 12 y 48V.
- Intensidad nominal: define a la corriente procedente del Campo fotovoltaico que puede manejar el regulador.
- Tipos de regulación: series o paralelos.
- Estrategia de regulación: técnicas y etapas que integran el proceso de regulación de carga. Existen reguladores de dos, tres y cuatro etapas. Los reguladores modernos basados en microprocesadores, posibilitan: la selección del tipo de batería; el ajuste de los niveles de tensión; protección contra inversión de la polaridad y secuencia de conexión; duración de las etapas de regulación y la adquisición de datos, convirtiéndose en verdaderos gestores y supervisores del sistema fotovoltaico.
- Ubicación del Regulador

La principal consideración en la ubicación del regulador, es la longitud del cableado y del circuito Regulador-Batería (por ser el más exigente en cuanto a caída

de la tensión máxima admisible). Así pues, el regulador debe situarse lo más cerca posible de la batería. Existen Reguladores aptos para su ubicación tanto en el interior como a la intemperie. En cualquier caso, se puede alojar al regulador dentro de un armario especial para el uso en intemperie.

4.3.1.3.- Subsistema de almacenamiento

Acumula la energía excedente producida por el generador fotovoltaico para luego utilizarla en momentos de baja o nula insolación.

- **Batería**

La batería es el elemento que almacena la energía durante las horas en la que hay radiación solar para entregarla durante la noche o en días nublados. Además es un dispositivo capaz de transformar energía potencial química en energía eléctrica.

El tamaño del banco de baterías depende de la distribución de días claros y nublados correspondientes al lugar de la instalación, siendo su capacidad aproximada igual a un valor entre 4 y 8 veces el consumo diario.

La incorporación de Baterías en un sistema fotovoltaico permite:

- a) Dotar al sistema de una fuente eléctrica independiente de las condiciones de Radiación Solar existente; así como también dar autonomía al servicio eléctrico durante los periodos de inactividad de los módulos, mediante el uso de la energía almacenada.
- b) Fijar una tensión de referencia, para establecer en los módulos un punto de trabajo óptimo, y estabilizar su valor para los elementos de consumo.

- **Características de la Batería**

Los parámetros que caracterizan a las baterías, son:

- Tipos: el más utilizado es el de tipo Plomo ácido con Electrolitos líquidos, seguido del acumulador de plomo ácido con electrolitos gelificados (acumulador sellado) y el de Níquel – Cadmio (con sus variantes).
- Capacidad: se expresa en Amperios por hora (Ah). Determina la cantidad de energía eléctrica que se puede suministrar bajo determinadas condiciones. El rango comercial oscila entre 50 y 4.000Ah. Varía inversamente con la Temperatura.
- Tensión: la batería se considera como una fuente de C.C. Los valores comerciales se encuentran en el rango de 2 a 12V, siendo el último valor el más usado.
- Estado de Carga: relación porcentual entre la capacidad disponible y la total.
- Profundidad de descarga: relación porcentual entre la capacidad útil y la total.
- Ciclaje: los procesos cíclicos de carga y descarga de la Batería determinan su vida útil. Sin embargo, el fabricante suele especificar el tiempo de vida mediante el número de ciclos de carga – descarga, a los que la Batería estará sometida.

- Ubicación de las baterías

Las baterías deben ubicarse en un lugar cerrado, protegido de la intemperie, evitando la exposición directa al sol. Cuando se utiliza el tipo electrolitos líquido (no sellados), el local o sala de baterías debe disponer de una ventilación adecuada (natural o forzada); debido a los gases emanados que tengan lugar durante el proceso

de carga, además de otras consideraciones referentes a la seguridad (ausencia de elementos que puedan producir llamas o chispas, entre otros.).

En las electrificaciones fotovoltaicas autónomas con acumulación, la capacidad de almacenamiento necesario puede ser elevada y por lo tanto, requerir un número de baterías elevado; de esta manera, se plantea la necesidad de construcción de una caseta destinada exclusivamente a su instalación

Tanto los fabricantes de baterías como las grandes empresas instaladoras, suelen disponer de bancadas (de madera o metálicas, simples o en gradillas) y contenedores especialmente diseñados para el tipo y modelo de Batería utilizada.

- Conexión de las baterías

La conexión entre baterías debe obedecer a los requerimientos de tensión y capacidad de acumulación particulares de cada instalación (serie, paralelo o mixto).

Se puede considerar que existen dos grupos de baterías; ambos disponen de bornes aptos para una conexión estándar: el primero tiene un sistema de conexión propio, especialmente diseñado para la batería, este grupo se caracteriza por la flexibilidad de la conexión; caso contrario del segundo (libre mantenimiento) que presentan una conexión rígida, en el que tanto la situación de los acumuladores, como la de sus elementos de interconexión, están predefinidos y son únicos (o insustituibles).

Una ventaja este grupo es la fiabilidad y facilidad de montaje, ya que es el fabricante quien aporta la solución práctica de la conexión (diseño y elementos: cables, pletinas, fundas protectoras y cables flexibles).

4.3.1.4.- Subsistema de componentes auxiliares

Incluye al cableado, y a los sistemas de desconexión y protección del sistema.

- Cableado de los campos fotovoltaicos

A diferencia de los sistemas de electrificación convencionales, los fotovoltaicos suelen instalarse de manera imprevista; motivo por el cual el cableado se realiza a la vista, sujeto a muros y paredes (grapados, con bridas o bajo canaletas), o enterrados (bajo tubos).

En este tipo de cableado (aéreo), además de adaptarse a las exigencias de intemperie (humedad y radiación ultravioleta), y al efecto lesivo de gases emanados por baterías, la instalación debe considerar la estética, evitando tendidos desordenados y poco uniformes (abundantes curvas y direcciones oblicuas).

La identificación de la polaridad de los conductores y el terminal al que han de conectarse, es otros aspectos de especial atención; la técnica mayormente implementada para tal fin, consiste en el empleo de cables de diversos colores, y el marcado de sus terminaciones con cintas de distintos colores (principalmente en las grandes sesiones fabricadas generalmente en color negro).

- Desconexión de los paneles fotovoltaicos

Los elementos de desconexión tienen como función aislar eléctricamente, de forma manual e intencionada, a los distintos circuitos que componen al sistema fotovoltaico, con miras a la medición y a la reparación (mantenimiento). Su uso es obligatorio, cuando existen tensiones e intensidades fuera del rango de seguridad

personal (habitual en sistemas fotovoltaicos de media y alta potencia). Estos elementos deben posibilitar el aislamiento bajo carga, y estar adecuados al sistema. Se debe dar especial atención a los circuitos de corriente continua, por la dificultad que ofrece este tipo de corriente para suprimir arcos eléctricos. Los elementos de desconexión se deben instalar en lugares fácilmente accesibles, a ser posible en forma centralizada en un cuadro eléctrico o similar, además de estar provistos de la señalización adecuada.

- Protección de los paneles fotovoltaicos

Su función es evitar el paso, por cables aparatos y personas, de corrientes perjudiciales, reduciendo las posibilidades de incendios y de choques eléctricos.

Deben actuar de forma automática ante situaciones de: sobrecarga, corto circuito, contacto indirecto; interrumpiendo de forma fiable y segura el paso de Corriente por el circuito afectado.

Los elementos de protección usados habitualmente en instalaciones fotovoltaicas son además de las puestas a tierra los: fusibles magneto térmicos (Termo magnéticos); diferenciales; descargadores de corriente de rayos y de tensión (Varistor).

En los circuitos de las baterías, se debe tomar en cuenta el posible incremento de las corrientes de corto circuito, pudiendo alcanzar valores extremadamente elevados; de allí que la utilización de elementos de protección sin la capacidad de corte apropiada pueda provocar la aparición de arcos eléctricos y originar explosiones.

- Puesta a tierra de los sistemas fotovoltaicos

Es uno de los aspectos más importantes de la Instalación Fotovoltaica, que ha establecerse durante la fase de diseño.

Consiste en la unión eléctrica de las distintas masas metálicas, y de éstas con tierra. Ofrecen protección contra tormentas, evitando que la tensión entre las masas metálicas (y entre esta tierra), posibiliten la acumulación de cargas electroestáticas de origen atmosférico.

La puesta a tierra del campo fotovoltaico, abarca tanto al marco metálico de los módulos como a la estructura. Su anclaje no puede considerarse una protección eficaz, ya que el tratamiento superficial de los elementos dificulta una conexión confiable, por tal motivo los módulos suelen disponer de un orificio para la ubicación del conductor de tierra.

El conductor de tierra de los módulos debe unir eléctricamente a todos los marcos entre sí, y a estos con la estructura; el conductor a usar debe ser desnudo adicionando un electrodo de tierra (generalmente tipo pica), es recomendable que estas conexiones se efectúen mediante terminales que permita su desconexión, sin interrumpir el tendido de tierra.

Cuando la distancia entre el campo fotovoltaico y el resto de la instalación no es considerable, la puesta a tierra de protección del campo fotovoltaico puede servir a todo el sistema.

- Tierra de servicio de los sistemas fotovoltaicos

Consiste en la unión eléctrica entre un conductor activo o central, y tierra.

- En el lado de Corriente continua

Establece una tensión de referencia, que permite el buen funcionamiento de algunos aparatos electrónicos (como el inversor) o de algunos sistemas (como los de telecomunicaciones).

De igual manera, ofrece una protección eficaz contra contactos indirectos, posibilitando la detección práctica de fallas, poniendo a tierra tanto a las masas metálicas como a los conductores de una misma polaridad. De esta forma, se establece un circuito eléctrico por el que circula la posible corriente de defecto y evita un choque eléctrico.

El elemento sensor de esta corriente de defecto, se coloca entre los bornes de los conductores de puesta a tierra y el de los conductores de protección, estando este último conectado a la línea principal de tierra.

Se debe prestar atención al empleo de reguladores con interruptores sobre la línea negativa. Si el conductor negativo está puesto a tierra (caso común), el control de corriente efectuado por el regulador, supone la interrupción temporal del tendido deservicio.

- En el lado de alterna.

La protección contra contactos indirectos en una instalación fotovoltaica, para el cableado de alterna, puede realizarse asegurando la protección mediante interruptores diferencial o controladores permanentes de aislamiento.

En cualquier caso la puesta a tierra de las masas metálicas puede coincidir con la correspondiente del lado de continua.

La mayor parte de los inversores disponen de una separación galvánica entre los lados de continua y alterna (instalaciones conectadas a la red). Para mantener esta separación galvánica, la puesta a tierra del neutro se realiza en un punto único independientemente de la puesta a tierra de servicio en continua.

4.3.1.5.- Subsistema de adaptación de corriente

Convierte la Potencia continua proveniente del generador fotovoltaico en Potencia alterna mediante un Ondulador (Inversor).

- Inversor

Los convertidores de corriente, denominados inversores u onduladores, permiten producir una tensión alterna de frecuencia variable a partir de una fuente de tensión continua.

Las Características del Inversor son:

- Tensión nominal: tensión que se debe aplicar a los terminales de entrada.
- Potencia nominal: potencia que puede suministrar el Inversor de forma continua. Su rango comercial oscila entre los 100 y los 5.000 watt.
- Capacidad de sobrecarga: capacidad del inversor para suministrar una potencia superior a la nominal, y el tiempo que puede mantener esa situación.

- Forma de onda: señal alterna en los terminales de salida, caracterizada principalmente por su forma y, por sus valores de tensión (eficaz) y frecuencia.
- Eficiencia o rendimiento: relación porcentual entre la potencia de salida y la de entrada al Inversor. Su valor depende de las condiciones de operación, es decir, de la potencia total de los aparatos alimentados, en relación a su consumo nominal.

Los Inversores modernos para uso fotovoltaico presentes en el mercado cuentan con protección contra sobrecargas, cortocircuito e inversión de la polaridad; estabilidad de la tensión de salida; arranque automático; Señalización de funcionamiento y estado.

- Clases de Inversores

Los Inversores de uso fotovoltaicos, se clasifican generalmente atendiendo dos criterios: Su aplicación y su forma de onda.

a) Inversores según su Aplicación

- Inversores Autónomos: utilizados en los sistemas autónomos (aislados de la red). Entre las variantes de este tipo de Inversores destacan:
 - Entrada de batería: es el más común, en el que la entrada del inversor se conecta única y directamente a la batería. Suelen estar provistos de protección contra sobrecarga de la batería (línea de consumo no controlado por el Regulador).
 - Entradas de batería y campo fotovoltaico: incluye un Regulador de carga que posibilita la conexión directa del

campo fotovoltaico, y hace innecesario el uso de reguladores externos.

- Entradas de batería y generador auxiliar (Red externa): permite la conexión directa de un grupo electrógeno auxiliar, o de la propia red; posibilitando la carga de las Baterías mediante fuentes distintas a la solar (función de cargador), y su alimentación directa del consumo (función generador).
- Salida alterna y continua: hay inversores que disponen de doble salida, alterna y continua, diseñados especialmente para su utilización en sistemas que precisan estos dos tipos de alimentación.
- Inversores de Conexión a Red: son los utilizados en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. Este tipo de Inversor debe disponer de unas características y cumplir unos requisitos reglamentarios específicos.

b) Inversor según su Forma de Onda

- De onda cuadrada: características de algunos Inversores económicos de baja potencia, aptos para la alimentación exclusiva de aparatos resistivos puros, como elementos de iluminación y otros.
- De onda cuadrada modulada: inversores de baja potencia, pero con un espectro de elementos de consumo más amplio que el tipo anterior, incluye: alumbrado, pequeños motores y equipos electrónicos no muy sensibles a la alimentación.
- De onda senoidal pura: este tipo de Inversor proporciona una forma de onda a su salida prácticamente idéntica a la aportada por la red eléctrica, permitiendo así la alimentación de cualquier aparato de consumo o en otro caso la conexión a la red.

- De onda senoidal modificada (Trapezoidal): intermedio de los dos anteriores, permite ampliar el espectro de elementos de consumo y de potencia, limitado en el de onda cuadrada modulada.

- Ubicación del Inversor

El aspecto más importante a considerar a la hora de ubicar al Inversor, en una instalación fotovoltaica, es la longitud del cableado en el circuito de Batería - Inversor, o campo fotovoltaico - Inversor de red, ambos caracterizados por ser las líneas que maneja más intensidad de corriente.

Así que al igual que sucede con el Regulador (a efecto de caída de tensión máxima admisible), el Inversor debe situarse lo más cerca posible de las Baterías y del Campo fotovoltaico (respetando las separaciones de seguridad), según se trate de un Sistema aislado o conectado a la red respectivamente.

La mayoría de los Inversores autónomos especifican su uso en interior, siendo el uso en intemperie una característica casi exclusiva de los inversores de red (pequeña y mediana potencia). En cualquier caso, al igual que con el regulador, puede colocarse al inversor, dentro de una caja o armario especial para su uso en intemperie.

- Conexión del Inversor

La conexión del inversor es una operación muy sencilla, dado que el fabricante suministra la información requerida, tanto en el aparato como en su manual de instrucciones.

Un inversor dispone, generalmente, de dos terminales de entrada continua para la conexión de la batería (o regulador) o del campo Fotovoltaico (según el tipo de

inversor), y dos o tres terminales de salida alterna (fase, neutro, tierra) para la conexión del circuito de consumo en alterna o de la red externa.

Deben dimensionarse según los vatios de Potencia eléctrica que podrá suministrar, durante su funcionamiento normal o de forma continua, o mediante la potencia de arranque.

La eficiencia de los Inversores disminuye cuando se utiliza a un porcentaje bajo de su capacidad; por esta razón no es conveniente sobredimensionarlos, deben ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de consumo.

Algunos inversores pueden suministrar más de su capacidad nominal durante períodos cortos de tiempo, lo cual es importante cuando se utilizan motores u otras cargas que requieren de 2 a 7 veces más potencia para arrancar que para permanecer en marcha (motores de inducción, lámparas de gran potencia).

4.3.2.- Equipos Seleccionados para el sistema fotovoltaico

Para realizar la selección del equipo, y para efectos de esta investigación, fueron consideradas las descripciones de vivienda promedio objeto de estudio mostrada en la tabla 4.2.

De acuerdo a lo mostrado en el Anexo B, se logró determinar el consumo esperado de energía eléctrica, dadas las condiciones de la vivienda mostradas en la tabla 4.3, quedando expuestas de la siguiente forma en la tabla 4.6, de acuerdo a la cantidad de equipos utilizados.

Tabla 4.6 Descripción del consumo de energía eléctrica para una vivienda estudio

Descripción del equipo	Cantidad	Consumo Mensual (KW/mes)	Total consumo
Aire acondicionado ventana	1	263.3	263.3
Aire acondicionado Split	1	380.3	380.3
Nevera entre 15 y 21 pies	1	124.3	124.3
Cafetera	1	30.0	30.0
Licuada	1	2.6	2.6
Plancha de ropa	1	72.0	72.0
Secador de pelo	1	13.9	13.9
Computadora PC	1	90.0	90.0
Computadora Laptop	1	9.0	9.0
Reproductor CD/DVD	1	1.2	1.2
Equipo de sonido	1	28.8	28.8
Impresora	1	1.8	1.8
Televisor 14 – 21 pulgadas	1	18.0	18.0
Televisor 32 – 42 pulgadas	1	31.5	31.5
Bombillos 60 – 100 watts	8	18.0	144.0
Bomba de agua	1	3.8	3.8
			1214.5

Fuente: <http://www.edeeste.com.do> [Consultado 02 de febrero de 2016]

Según los datos obtenidos una vivienda pudiera llegar a consumir en un mes aproximadamente 1214.5 KW, para lo que se presentan las siguientes opciones de paneles fotovoltaicos:

Tabla 4.7 Paneles Fotovoltaicos

Opción	Modelo	No. de parte	Watts	Amps	Volts	Peso	Precio (USD)
1	SunivaOPT330-72-4-100 Pallet (22) of Solar Panels	1524521	7260W	8.78A	37.6VDC	1212.4lbs	6.930,00
2	Suniva OPT340-72-4-100 Pallet (22) of Solar Panels	1524541	7480W	8.99A	37.8VDC	1115,4lbs	7.040,00

Fuente: <http://www.edeeste.com.do> [Consultado 02 de febrero de 2016]

Tabla 4.7 Paneles Fotovoltaicos

Opción	Modelo	No. de parte	Watts	Amps	Volts	Peso	Precio (USD)
3	Suniva OPT285 Silver Mono Pallet (25) of Solar Panels	1894436	7125W	8.93A	31.9VDC	987,50lbs	7.000,00

Fuente: <http://www.edeeste.com.do> [Consultado 02 de febrero de 2016]

Debido al consumo registrado en la vivienda promedio se selecciona el panel descrito en la opción 1 el cual arroja los mejores resultados de conversión de luz solar con una eficiencia mayor al 12%,y se describen a continuación en la tabla 4.8 sus características principales:

Tabla 4.8 Características Principales del Panel Seleccionado

Datos Característicos	
Fabricante	Suniva
Tipo de panel	Monocristalino
Tipo de celda solar	Celdas ARTisunSelect de alta eficiencia, con opciones de 3 y 5 barras colectoras disponibles
Estructura	Aleación de aluminio anodizado plateado
Vidrio	Recubrimiento antirreflejo (de acero bajo) templado
Datos Característicos	
Caja de conexiones	Calificación NEMA tipo IP67; 6 diodos de derivación internos
Cable y conectores	12 AWG (4mm ²) PV cable con múltiples opciones de conectores disponibles; longitud del cable 1300 mm
Resistencia a las tormentas/carga estática	Probado conforme a IEC 61215 para cargas de 2400 Pa; resistente al granizo y al viento.
Datos Eléctricos	
Módulo de Eficiencia (%)	16.92
Voltaje en punto de potencia máximo (Vmp)	37,6 V
Corriente en punto de potencia máximo (Imp)	8,78 A
Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	45,9 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,54 A

Fuente: Manual de Instalación Suniva Módulos Solares Monocristalinos

Continuación, Tabla 4.8 Características Principales del Panel Seleccionado

Componentes Mecánicos		
Número de celdas	72 (6 x 12)	
Dimensiones del módulo	1970 x 990 mm	
Espesor del módulo (profundidad)	38 mm	
Peso aproximado	23 kg	
Coeficiente de Temperatura		
Voltaje	β , Voc (%/°C)	-0,335
Corriente	α ,Isc (%/°C)	+0,047
Potencia	γ , Pmax (%/°C)	-0,420
Promedio de la temperatura operativa nominal de las celdas (NOCT)	(+/- 2 °C)	46,0

Fuente: Manual de Instalación Suniva Módulos Solares Monocristalinos

4.3.2.1.- Cantidad de paneles

Para una potencia transmitida de 7260 W y un requerimiento de 1214,50 kW/mes es necesario instalar un total de 6 paneles de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$n = \frac{\text{Consumo esperado}}{\text{Distribución esperada}} \quad \text{Ec 4.1}$$

$$\text{Consumo esperado} = \frac{1214,50 \frac{kW}{mes}}{30 \frac{días}{mes}}$$

$$\text{Consumo esperado} = 40,48 \frac{kW}{días}$$

$$\text{Distribución esperada} = \frac{7,260 kW}{días}$$

$$n = \frac{40,48 \frac{kW}{días}}{7,260 \frac{kW}{días}}$$

$n = 5,76 \approx 6 \text{ paneles}$

4.3.2.2.- Cantidad de baterías

Datos requeridos

Carga Determinada: 1214,50 kW

Eficiencia del Inversor: 90%

Voltaje del sistema: 24V

Autonomía de las baterías (Ab): 12h

Límite de descarga del sistema (LDS): 80%

Amperaje-horas (Ah): 220 Ah

- Carga esperada

$$Carga\ esperada = \frac{Carga\ determinada}{Eficiencia\ del\ inversor} \quad \text{Ec 4.2}$$

$$Carga\ esperada = \frac{1214,50}{0,90}$$

$$Carga\ esperada = 1349,44 \text{ kW}$$

- Promedio Amperaje horas día (PAHD)

$$PAHD = \frac{Carga\ esperada}{Voltaje\ del\ Sistema}$$

$$PAHD = \frac{1349,44 \text{ kW}}{24 \text{ V}}$$

$$PAHD = 56,22 \text{ Amps}$$

- Cantidad de Baterías en Paralelo

$$CBP = \frac{PAHD \times Ab}{LDS \times Ah}$$

$$CBP = \frac{56,22 \times 12}{0,80 \times 220}$$

$$CBP = 3,83 \approx 4 \text{ baterias en paralelo}$$

- Cantidad de Baterías en Serie

$$CBS = \frac{\text{Voltaje del sistema}}{\text{Voltaje de Baterias}}$$

$$CBS = \frac{24}{6}$$

$$CBS = 4 \text{ baterias en serie}$$

- Total de baterías en el sistema

$$nb = CBP + CBS$$

$$nb = 4 + 4 \approx 8 \text{ baterias en banco}$$

En las siguientes tablas se describen las especificaciones básicas de las baterías que cumplen con los requerimientos del sistema:

Tabla 4.9 Baterías para el Sistema Fotovoltaico

Opción	Modelo	No. de parte	Voltaje	Amps	Independencia	Peso	Precio (USD)
1	Crown 6CRV220AGM Battery	9960101	6V	220Ah	20 horas	66 lbs	229,00
2	Crown 6CRV390AGM Battery	9960105	6V	390Ah	20 horas	126,7lbs	471,00

Fuente: <http://www.wholesalesolar.com> [Consultado 02 de febrero de 2016]

La batería seleccionada es la descrita en la opción 1 debido a que cumple con las especificaciones dadas y con un costo menor a la segunda opción. En la tabla 4.10 se muestran las características técnicas correspondientes a dicha elección:

Tabla 4.10 Características Principales de la batería seleccionada

Datos Característicos	
Fabricante	Crown
Tipo de batería	Plomo ácido con electrolitos líquidos
Capacidad	220 Ah
Tensión	CC de 12V
Estado de Carga	80%
Profundidad de descarga	6%
Ciclaje	100 kWh/año

Fuente: <http://www.wholesalesolar.com> [Consultado 02 de febrero de 2016]

4.3.2.3.- Selección del Inversor

De acuerdo a las especificaciones del sistema, se requiere del uso de un inversor de corriente; específicamente, fue seleccionado el Whistler Pro – 1200W. Sus características se muestran en la tabla 4.11

Tabla 4.11 Características Principales del Inversor Seleccionado

Whistler Pro-1200W	
Marca	Whistler
Modelo	Pro-1200W
Frecuencia	60 Hz
Eficiencia	90%
Watts de salida	1200 Watts
Capacidad de salida continua	1200 Watts
Voltaje nominal de salida	109V – 120V
Protección contra sobrecarga	18 Amp
Carga continua completa	10,8 Amp
Compatibilidad de Voltaje	11-15+0.5 Volts DC
Dimensiones de la unidad (Al x An x Pr/cm)	8,85 x 18,5 x 22,25
Peso de la unidad	4.5 lbs

Fuente: www.energialt.com [consultado 02 de febrero de 2016]

4.4.- Determinación de la factibilidad económica del sistema planteado

En aras de determinar la factibilidad económica del sistema planteado en el objetivo anterior, primeramente se realizó la identificación de los dispositivos y equipos que se requieren tanto de los que son importados como los que no. En la tabla 4.12 se muestra la información detallada de los requerimientos del sistema fotovoltaico propuesto.

Tabla 4.12 Estimación de Costos de los equipos requeridos para el Sistema Fotovoltaico

Dispositivo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	**Cambio Oficial
Inversor	1	USD \$479,20	USD \$479,20	95.689,83 Bs.
Batería	8	USD \$229,00	USD \$1.832,00	365.978,64 Bs.
Panel	6	USD \$6.930,00	USD \$41.580,00	8.306.436,60 Bs.
Total				8.768.105,07 Bs.

** Cambio oficial para el 02 de febrero de 2016 según tasa SIMADI es 199,77 Bs.

Fuente: El autor (2016)

Adicionalmente se muestra en la tabla 4.13 los costos de dispositivos adicionales que son requeridos para la instalación de un sistema fotovoltaico.

Tabla 4.13 Estimación de costo de dispositivos adicionales

Dispositivo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	**Cambio Oficial
Manual de Instalación	1	USD \$72,00	USD \$72,00	14.383,44 Bs.
Regulador	1	USD \$12,00	USD \$12,00	2.397,24 Bs.
Total				16.780,68 Bs.

****Cambio oficial para el 02 de febrero de 216 según tasa SIMADI es 199,77 Bs.**

Fuente: El autor (2016)

Es importante recalcar que la adquisición de los equipos del sistema fotovoltaico incluyen todos los periféricos necesarios para su instalación, por lo que no requiere de una mano de obra especializada para su puesta en marcha

Esto quiere decir que el costo estimado general para la propuesta es de 8.768.105,07 Bs. según el cambio oficial que establece al dólar a 199,77 Bs.

Para la estimación de costo del consumo de energía de la vivienda dada las condiciones planteadas anteriormente se revisó la Gaceta Oficial N° 39.759 en las que se fijan las tarifas máximas de consumos de energía eléctrica por estado, esta fue publicada el año 2011 y hasta ahora se ha mantenido sin modificaciones. Mediante esta documentación se establecen los dictámenes que regula la reducción del consumo de energía eléctrica y establecen las estrategias y lineamientos necesarios para garantizar el uso racional y eficiente de la energía eléctrica en las Áreas y Zonas Servidas por la Corporación Eléctrica Nacional S.A. (CORPOELEC), a través de La Electricidad de Caracas, que considera como “Altos Consumidores Residenciales” aquellos que registren más de 800kWh al mes (para el estado Anzoátegui) y establece las siguientes sanciones:

- Recargo del 75% sobre la facturación mensual, para los usuarios residenciales de alto consumo, que no logren al menos una disminución del 10%.
- Recargo del 100% a los usuarios que incrementen su consumo en un 10% y 20%.

- Recargo del 200% a los usuarios que incrementen su consumo en más de un 20%.

Por lo que, en resumen, obtenemos lo expresado en la siguiente tabla 4.14:

Tabla 4.14 Estimación de costo de consumo de energía eléctrica en la vivienda

Consumo mensual (Kwh)	1,214.50
Tarifa Correspondiente	Tarifa N° 04
Costo por Kwh (Bs)	1.08
Costo Mensual (Bs)	447,66
Recargo por Alto Consumo (200%)	895,32 Bs.

Fuente: El autor (2016)

Aplicando la metodología del Periodo de Devolución, para el correcto y efectivo análisis económico se definen a continuación las variables establecidas en la su fórmula, como se muestra a continuación:

$$PD \text{ (meses)} = \frac{\text{Costo} - \text{Valor asegurado}}{\text{Total reducción de gastos}} \times 12 \text{ meses}$$

PD (meses): Periodo de devolución expresado en meses

$$PD = \frac{8.768.105,07}{895,32} \times 12$$

$$PD = 117.520 \text{ meses}$$

$$PD = 9.794 \text{ años}$$

A efectos de los resultados obtenidos con respecto al tiempo estimado para recuperar la inversión en cuanto a la instalación del sistema fotovoltaico, es evidente que los valores no favorecen a un beneficio económico, sin embargo, su rentabilidad la podríamos ver significativamente, ya que existe una especie de contradicción si tomamos en cuenta el hecho del ahorro energético y el provecho en cuanto a la

conservación y buen uso de los equipos eléctricos, ya que la implementación del sistema fotovoltaico contrarresta los altos costos que ocasionan los cortes de luz en la pérdida de los equipos electrodomésticos en el hogar.

Es importante señalar que estos cálculos fueron realizados de acuerdo a la tasa más reciente establecida por el Sistema Marginal de Divisas (SIMADI); sin embargo, de regirse este sector para la adquisición de divisas a través del Sistema de Cambio de Divisas (SICAD) el cual para la fecha del 02 de febrero de 2016 (fecha de consulta) está pautado en Bs. 6,30 para lo cual el Periodo de Devolución (PD) se estaría acercando a valores económicamente aceptables.

De acuerdo a los resultados obtenidos, este proyecto es factible de aplicación por la gran cantidad de beneficios que traería a muy largo plazo, los cuales se mencionan a continuación:

- Es una excelente alternativa de generación de energía eléctrica (aún más desde la aparición de las condiciones climáticas desfavorables para los sistemas de las plantas hidroeléctricas).
- Su fuente de alimentación primaria es inagotable.
- Requieren de bajas frecuencias de inspección, mantenimiento y tienen un nivel de riesgo por averías muy bajo.
- Contribuye a la protección de las condiciones ambientales ya que solo dependen de la energía solar y no emiten gases contaminantes.
- La seguridad de los equipos que forman parte del sistema fotovoltaico es alta ya que no contiene partes móviles.

Es necesario hacer una acotación con respecto a la instalación de este sistema fotovoltaico, aunque su factibilidad es real, se considera relevante mencionar que en la actual situación económica y política que enfrenta Venezuela su instalación resulta

altamente costosa, mas no imposible de realizar si tomamos en cuenta que la actual deficiencia energética que ha vivido el país en los últimos años y los recientes recortes de luz por cambios climáticos, podrían significar un punto de apoyo para involucrar a organismos gubernamentales en materia energética en su corresponsabilidad con el compromiso o subsidio económico para llevar a cabo este proyecto, que evitaría tanto daño a nivel doméstico, social, ecológico y nacional en general.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones

- El sistema de energía eléctrica en Venezuela está conformado por dos (02) tipos de generación: hidroeléctrica y termoeléctrica. Donde la primera comprende el 53% del sistema. Venezuela, cuenta con una capacidad instalada entre los dos tipos de generación de 27.496 MW. Sin embargo, la demanda supera en un 5% la capacidad instalada para el tipo de sistema hidroeléctrico para lo cual ésta supera los 18.000 MW a nivel nacional. En el municipio Anaco, del estado Anzoátegui, las interrupciones no programadas forman parte del día a día de la comunidad lo que ha generado afectaciones que van desde pérdidas de artefactos eléctricos hasta pérdida en la producción de productos alimenticios.
- Ante la información expuesta por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en su página oficial correspondiente al censo poblacional realizado en el año 2011(último registrado) se logró determinar que el total de viviendas en el municipio Anaco eran de 24.941 desglosadas en una clasificación de seis (6) tipo y el promedio de personas que habitan en ellas esta aproximadamente en un total de 134.083 habitantes; además de esto, se especificó la estructuración de una vivienda promedio y se indicaron los artículos/dispositivos más comunes que éstas poseen. Estos datos fueron analizados con lo cual se estimó el consumo de energía eléctrica varia en valores cercanos a un promedio 2.500 kW, sin embargo se pueden obtener valores a un máximo de 4.500 kW.

- Mediante el uso de la información recopilada y dadas las condiciones actuales de las viviendas promedios se logró determinar la cantidad de dispositivos requeridos por cada tipo de equipo que conformaran el sistema fotovoltaico para lo cual se obtuvo el requerimiento de ocho (08) baterías, seis (06) paneles y un (01) inversor. Se indicaron los dispositivos necesarios para el aprovechamiento de la energía solar mediante el uso paneles fotovoltaicos, así como sus características principales.
- De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se establecieron los costos asociados a cada uno de los equipos, así como también de algunos dispositivos adicionales necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico y se procedió a realizar la estimación del Periodo de Devolución de la inversión para la instalación. Se estima que en aproximadamente nueve mil setecientos noventa y cuatro años (9.794) se obtenga el retorno de la inversión realizada, tomando en cuenta los beneficios que su instalación conlleva a largo plazo, se podría concluir que el mismo es factible económicamente.

5.2.- Recomendaciones

- Considerar las condiciones actuales económicas nacionales para realizar la implementación del sistema e involucrar al Estado como ente gubernamental corresponsable con el bienestar social de la ciudadanía.
- Incentivar el uso racional y eficiente de los artículos de consumo eléctrico en el hogar mediante propagandas y campañas para el ahorro energético.

- Desarrollar proyectos de inversión nacional de los sistemas fotovoltaicos como una excelente alternativa de generación de energía eléctrica a nivel nacional.
- Indagar y profundizar más en las características de los dispositivos a fin de reducir la cantidad requerida y obtener de manera óptima (económicamente) las necesarias para la satisfacción de la demanda.
- Promover en las grandes industrias públicas y privadas, mediante charlas y ponencias donde se expliquen los beneficios que trae consigo la adquisición de dicho sistema, la implementación de los sistemas fotovoltaicos a razón de mejorar y mantener sus condiciones productivas.

REFERENCIAS

Arias, F. (2006). El proyecto de investigación, Introducción a la metodología científica.(5e.d). Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.

Agreda, A. (2004) Consejos Prácticos para ahorrar energía. España

Ayuntamiento de la Coruña. (2002) Medio Ambiente – Ahorro Energético. España. Consultado 17 de diciembre de 2015 en: www.aytolacoruna.es/medioambiente/sectores/ahorro/alumbrado.htm

Bermúdez, G. (2008). Especificaciones de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica usando Paneles Fotovoltaicos y Convertidores DC/AC. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Corporación Eléctrica Nacional (2016) [Página web en línea]. Disponible: www.corpoelec.gob.ve

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Gaceta Oficial N° 36.860.

Energialt (2016) [Página web en línea]. Disponible: www.energialt.com

Enríquez, G. (2011) ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos. Editorial Limusa. México

Empresa Distribuidora de Electricidad del Este. [Página web en línea]. Disponible: <http://www.edeeste.com.do>

González, J. y otros (2009). Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables. Pearson Educación, S.A. Madrid, España.

James, K. (2010). Sistemas fotovoltaicos. Edición de Prueba. México, DF.

Jiménez, R. (2009) Análisis del proceso de formulación de políticas para la reforma del sector eléctrico y su potencial incidencia en el marco institucional y la producción con fuentes renovables.. Heredia: Universidad Nacional. Costa Rica.

Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico (2010). Gaceta Oficial N° 39.573

Ley Penal del Ambiente (2012). Gaceta Oficial 39.913

Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (2011). Gaceta Oficial 39.823

La Revista de Ingenieros y Técnicos Venezolanos (2016). [Página web en línea]. Disponible: www.iteven.net

Marco A., y Uva M. (2015) Propuesta del Desarrollo de un Proyecto de Inversión para una Planta Fabricadora de Hielo Destinado al Consumo Humano en la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui. Universidad de Oriente. Anaco, Venezuela.

Meneses, J (2009). Propuesta de una Vivienda Unifamiliar con Sistema Sustentable para un Clima Tropical. Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela.

Monterrey, T. (2005) Ahorrando energía en la oficina. México.

Plan de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (2011). Venezuela, Caracas.

Ramírez, M. (2013) Estudio De Factibilidad Técnico-Económica De Aprovechamiento De Energía Eólica Con Generador Automotriz Para Uso En Aplicaciones Domesticas. Universidad de Oriente. Anaco, Venezuela.

Sergio, F. (2010) Alimentación Eléctrica: La Energía Solar y su aplicación.

Rosales, C. (2012) Sistemas de Generación Eléctrica.

Suniva (2013) Manual de Instalación Suniva Módulos Solares Monocristalinos

Sabino, C. (2006) El Proceso de Investigación. Editorial Panapo de Venezuela, Caracas.

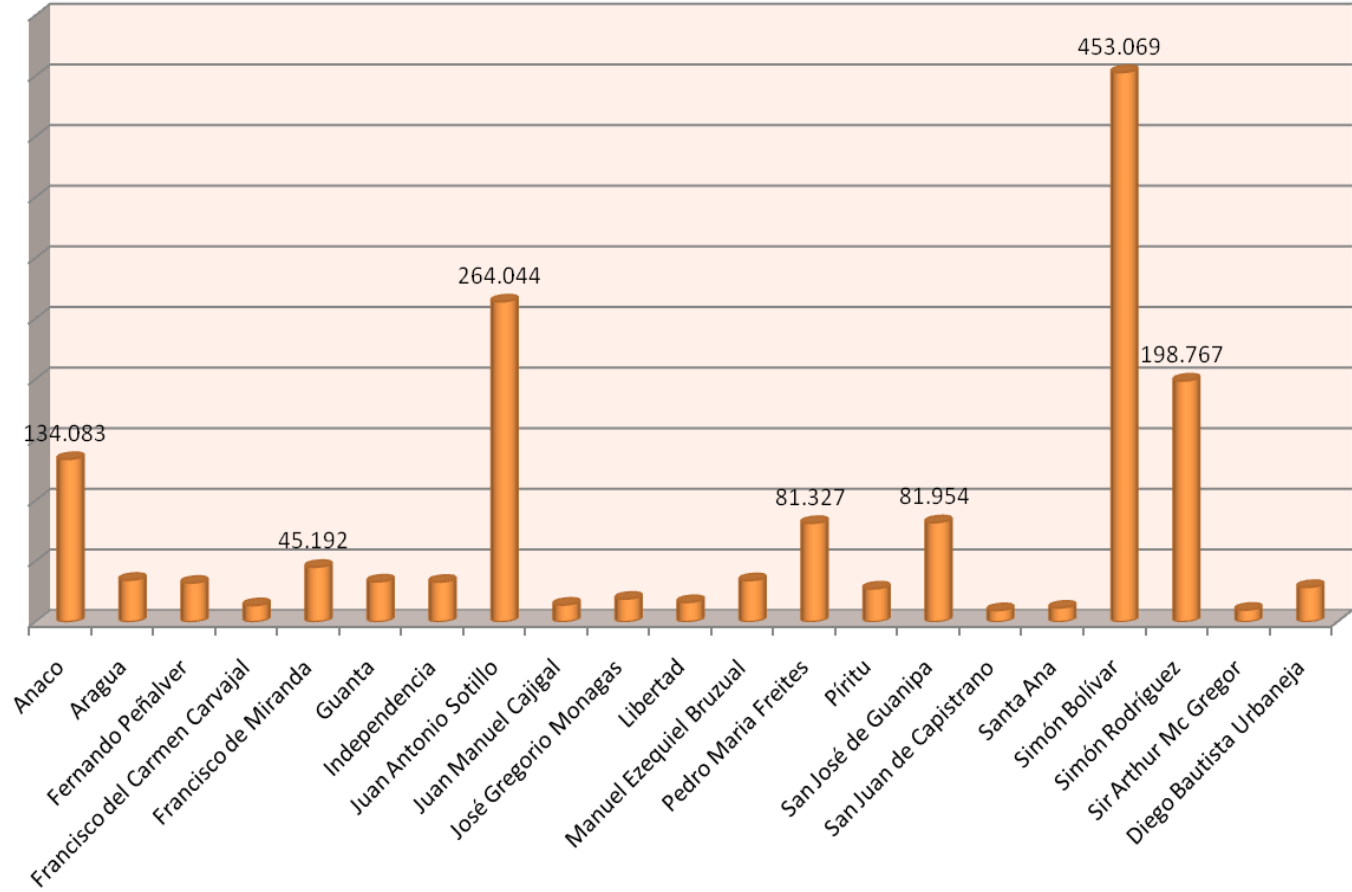
Sevilla, S. (2004) Ahorrando la electricidad. Chile.

Whole Sale Solar (2016). [Página web en línea]. Disponible: <http://www.wholesalesolar.com>

ANEXOS

Anexo A

Cantidad de habitantes por municipio



Anexo B

Tabulador de consumo eléctrico por equipos

Descripción del equipo	Consumo Mensual (KW/mes)
Aire acondicionado ventana	
6.000 BTU	122.9
8.000 BTU	165.8
10.000 BTU	207.7
12.000 BTU	263.3
18.000 BTU	409.5
24.000 BTU	551.9
Aire Acondicionado Split	
9.000 BTU	175.5
12.000 BTU	243.8
18.000 BTU	380.3
24.000 BTU	516.8
Equipos de Refrigeración	
Bebedero de agua fría	24.0
Bebedero de agua fría - caliente	156.0
Congelador 15 pies cub.	138.0
Congelador 20 pies cub.	242.9
Nevera ejecutiva 8 pies cub.	31.7
Nevera 10 pies cub.	72.0
Nevera entre 15 y 21 pies	124.3
Equipos Térmicos	
Cafetera	30.0
Microonda 0.7 pies cub.	7.2
Microonda 1.5 pies cub.	9.0
Microonda 2.2 pies cub.	12.6
Horno eléctrico	9.0
Olla arrocera	4.5
Sandwichera	18.0
Tostadora de pan	21.6
Equipos con motores	
Batidora	1.0
Exprimidor de cítricos	0.6
Rebanadora de queso/jamón	0.8
Moledora de carne	2.2
Licuada	2.6

Descripción del equipo	Consumo Mensual (KW/mes)
Equipos de entretenimiento y oficina	
Computadora PC	90.0
Computadora Laptop	9.0
Reproductor CD/DVD	1.2
Equipo de sonido	28.8
Impresora	1.8
Fotocopiadora pequeña	13.5
Fotocopiadora mediana	162.0
Home Theater	5.8
Equipo de Video Juegos	2.4
Televisor 14 – 21 pulgadas	18.0
Televisor 32 – 42 pulgadas	31.5
Equipos de servicio	
Bombillos 60 – 100 watts	18.0
Bomba de agua ¼ HP	3.8
Bomba de agua ½ HP	7.5
Bomba de agua de 1 HP	15.0
Calentador de agua 6-30 gls	45
Equipos de lavado, limpieza y aseo personal	
Aspiradora	15.9
Lavadora de ropa 8-14 lbs	12.5
Lavadora de ropa 20 lbs	34.5
Plancha de ropa	72.0
Secador de pelo	13.9

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR COMO ALTERNATIVA EN APLICACIONES DOMESTICAS EN LA CIUDAD DE ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Lugo C., Adeymig L.	CVLAC: 20.195.175 E MAIL: Lugoad@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES

Sistema fotovoltaico, consumo eléctrico, factibilidad, aprovechamiento energético, energía solar

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Industrial

RESUMEN (ABSTRACT):

El siguiente trabajo de grado tuvo por objetivo estudiar la factibilidad técnico-económica de aprovechamiento de la energía solar como alternativa en aplicaciones domésticas a través del uso del sistema fotovoltaico. Este estudio se sustentó en una investigación de nivel descriptiva y un diseño documental. Para el desarrollo del trabajo de grado, se realizó una descripción de la situación actual de la ciudad de Anaco, donde se desarrolló en tres niveles de forma sistemática: Nacional, regional y local. El Sistema Nacional Eléctrico cuenta con una capacidad instalada de 27.496 MW (centrales hidro y termoeléctricas) donde el mayor porcentaje de energía eléctrica lo generan las plantas hidroeléctricas siendo insuficientes para la demanda existente. Seguidamente, se identificaron las características de consumo eléctricas de viviendas promedio de acuerdo a resultados ofrecidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Posterior a esto, se realiza una selección de equipos necesarios para la implementación del sistema solar fotovoltaico. Finalmente, se establecen los costos asociados a la adquisición de los equipos en conjunto con los relacionados al consumo actual de las viviendas por lo que se procedió a determinar la factibilidad económica de invertir en la implantación del sistema, y se estimó un periodo de retorno.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
MSc. Bousquet, Juan C.	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Esp. Córdova, David	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	.			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
MSc. Domínguez, Juan	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2016	05	20
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Estudio de factibilidad técnico-económica de aprovechamiento de la energía solar como alternativa en aplicaciones domesticas en la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE:

ESPACIAL

(OPCIONAL)

TEMPORAL:

(OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Industrial

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Industrial

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente/Extensión Región Centro Sur –Anaco

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

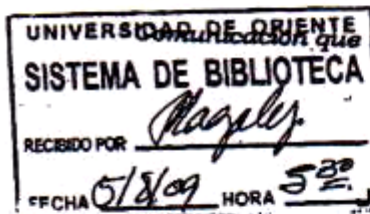
Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNIELLO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.
JABC/YGC/marija

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009) según comunicación CU-034-209:

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

AUTOR	Lugo C., Adeymig L. AUTOR	AUTOR
--------------	--	--------------

MSc. Bousquet, Juan C. TUTOR	MSc. Domínguez, Juan JURADO	Esp. Córdova, David JURADO
---	--	---

Ing. Valderrama, Rita
POR LA COMISIÓN DE TESIS