



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS
ECOEICIENTES PARA EL
ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN LAS
EDIFICACIONES DEL PROYECTO
INTEGRADO EN EL SECTOR VISTA MAR,
PUERTO CABELLO. ESTADO CARABOBO**

Autores: Aníbal José Miranda
C.I: 24.571.010
Luis José Pastrán
C.I: 21.417120

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 871



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS ECOEFICIENTES
PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA
EN LAS EDIFICACIONES DEL PROYECTO INTEGRADO
EN EL SECTOR VISTA MAR, PUERTO CABELLO. ESTADO CARABOBO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autores: Aníbal José Miranda
C.I: 24.571.010
Luis José Pastrán
C.I: 21.417.120
Tutores: Emerly Castillo
C.I. 4.464.524

San Diego, Junio del 2019

FI-CV-011-2019-ICB

Valencia, 13 de Marzo de 2019.

Ciudadano
Luis Pastrán
C.I. 21.417.170
Anibal Miranda
C.I. 24.571.010
Presente:

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 13-03-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS ECOEFICIENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN LAS EDIFICACIONES DEL PROYECTO INTEGRADO EN EL SECTOR VISTA MAR, PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO**, Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Emerly Castillo, C.I. 4.464.524 y la Ing. Alicia De Pizzella, C.I. 4.598.850 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atestamos:

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1)

Lilte.



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Emerly Castillo, portadora de la cédula de identidad N° 4.464.524, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Aníbal Miranda, portador de la cédula de identidad N° 24.571.010 y Luis Pastrán, portador de la cédula de identidad N° 21.241.210, titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS ECOEFICIENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN LAS EDIFICACIONES DEL PROYECTO INTEGRADO EN EL SECTOR VISTA MAR, PUERTO CABELLO. ESTADO CARABOBO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 09 días de Mayo, año dos mil diecinueve.

Ing. Emerly Castillo
C.I.: 4.464.524



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

San Diego, Junio de 2019

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS ECOEFICIENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN LAS EDIFICACIONES DEL PROYECTO INTEGRADO EN EL SECTOR VISTA MAR, PUERTO CABELLO. ESTADO CARABOBO** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Emerly Castillo

Tutor Académico

Firma

Fecha

Ing. Alicia de Pizzella

Tutor Metodológico

Firma

Fecha

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo de grado principalmente a Dios; que siempre nos han guiado, a nuestra familia, especialmente a nuestros padres y hermanos, tíos, primos, quienes estuvieron presentes durante toda nuestra carrera y por motivarnos a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a dios todo poderoso por guiarnos en este camino, por el esfuerzo y constancia, el empeño para vencer las dificultades que se han presentado en la vida.

A nuestra Tutora la Ingeniero Emerly Castillo por brindarnos su apoyo en este trabajo de grado y en la escuela de Ingeniería Civil.

Aníbal Miranda

Quiero agradecer a mi madre Herma Rodríguez y a mi Padre Pablo por siempre estar presentes, por darme su apoyo, consejos y ayuda necesaria para lograr mis metas.

A mi familia Miranda y Rodríguez por brindarme su apoyo cuando lo he necesitado para culminar mi carrera de Ingeniería Civil.

Luis Pastrán

A mis padres, por ayudarme y estar para mí a lo largo de este trabajo, por su apoyo, comprensión y paciencia, por brindarme la mejor educación y las mejores lecciones. Gracias.

A mis compañeros quienes me ayudaron he hicieron mis días en la universidad mucho mejores, por su compañerismo y por estar ahí en cualquier circunstancia, no hace falta nombrarlos, pero siempre estaré agradecidos con todos us

ÍNDICE

CONTENIDO		Pg
ÍNDICE DE FIGURA.....		X
RESUMEN.....		Xi
INTRODUCCIÓN.....		1
CAPÍTULO		
I EL PROBLEMA		3
1.1 Planteamiento del Problema.....		3
1.2 Formulación.....		4
1.3 Objetivos de la Investigación.....		4
1.3.1 Objetivo General.....		4
1.3.2 Objetivos Específicos.....		4
1.4 Justificación.....		5
1.5 Alcance.....		5
II MARCO TEÓRICO		7
2.1 Antecedentes.....		7
2.2 Bases teóricas.....		14
2.2.1 Energía.....		14
2.2.2 Fuentes para la generación de energía.....		16
2.2.3 Energías Renovables.....		17
2.2.4 Ventajas y Desventajas de la energía Renovable....		20
2.2.5 Energía Solar.....		21
2.2.6 Celdas o Células Fotovoltaicas.....		22
2.2.7 Sistemas Fotovoltaicos.....		22
2.2.8 Módulos solares fotovoltaicos.....		23
2.2.9 Baterías.....		24
2.2.10 Regulador.....		25
2.2.11 Inversor.....		25
2.2.12 Estructura Soporte		25
2.2.13 Cables y Accesorios Eléctricos.....		26
2.2.14 Tipos de Sistemas		26
2.2.15 Aplicaciones de la Energía Solar		31
2.2.16 Cálculo de la demanda energética		32
2.2.17 Orientación e inclinación de los paneles solares fotovoltaicos.		34
2.2.18 Horas solares pico		36
2.2.19 Factor de pérdidas		36
2.2.20 Número de paneles.....		39

2.2.21	Energía Eólica	42
2.2.22	Palas Aerogeneradoras.....	42
2.2.23	Sistema Aerogenerador.....	43
2.2.24	Batería.....	43
2.2.25	Controlador de Carga.....	44
2.2.26	Inversor.....	44
2.2.27	Aplicaciones de la Energía Eólica.....	44
2.2.28	Estimación de la energía producida por un Aerogenerador	45
2.3	Definición de Términos.....	47
III	MARCO METODOLÓGICO	47
3.1	Tipo de Investigación.....	47
3.2	Diseño de la investigación	48
3.3	Nivel de la Investigación.....	48
3.4	Población y Muestra.....	48
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de Datos.....	51
3.5.1	Observación Documental.....	51
3.5.2	Observación Directa.....	52
3.5.3	Análisis Documental.....	52
3.5.4	Paráfrasis.....	52
3.5.5	El fichaje.....	52
3.5.6	Subrayado.....	52
3.6	Fases de la Investigación.....	53
IV	Resultados	
4.1	Recopilar información sobre los diferentes sistemas ecoficientes de abastecimiento de energía.....	55
4.2	Describir como implantar estos sistemas de energía alternativa para el abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo....	60
4.3	Analizar detalladamente el comportamiento de los sistemas ecoficientes de abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.....	67
4.4	Comparar resultados de los sistemas ecoeficientes y el sistema de abastecimiento convencional.....	92
	CONCLUSIONES	97
	RECOMENDACIONES	99

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Digitales.....	100
----------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pg
1	Inclinación del módulo en función a la latitud.....	34
2	Factor de Correcciones de inclinación K para superficies inclinadas.	35
3	Descripción de los alores de A en el cálculo de pérdidas del sistema solar fotovoltaico.....	36
4	Eficiencia del Inversor.....	38
5	Especificaciones técnicas del inversor.....	40
6	Ficha técnica de paneles solares fotovoltaicos policristalinos.....	40
7	Oferta tecnológica paneles solares.....	69
8	Valores de A en el cálculo de pérdidas del sistema fotovoltaico.....	70
9	Resultado cantidad de Paneles del Estadio.....	72
10	Resultado cantidad de Paneles del Centro de Rehabilitacion y Terapia Fisica.....	78
11	Resultado cantidad de Paneles del Complejo Deportivo.....	84
12	Densidad de potencia y energía anuales por metro cuadrado.....	87
13	Matriz FODA Energía Solar	92
14	Matriz FODA Energía Eólica	93
15	Comparación de los Sistemas de Abastecimiento Energéticos en el Proyectos Integrado del Sector Vista Mar	94

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pg
1	Dinámica de la energía en el planeta tierra.....	15
2	Estructura básica de un sistema energético.....	16
3	Composición de la generación de electricidad por tipo de energía....	20
4	Esquema de un sistema fotovoltaico.....	23
5	Diseños de un sistema fotovoltaico para una vivienda.....	26
6	Sistema fotovoltaico utilizando equipos del fabricante Out back	27
7	Sistema Híbrido instalado en la comunidad de los arroyos.....	28
8	Especificación de un sistema Híbrido.....	29
9	Energía eólica como suministro propio.....	43
10	Gráfico de temperatura media anual en Puerto Cabello.....	57
11	Gráfico de temperatura promedio por hora en Puerto Cabello.....	57
12	Gráfico de energía solar de onda promedio diaria en Puerto Cabello..	58
13	Gráfico de Velocidad promedio del viento en Puerto Cabello.....	59
14	Estadio Nacional de Fútbol de Puerto Cabello. Estado Carabobo.....	61
15	Edificación Centro Asistencial de Rehabilitación y Capacitación en Terapia Física de Puerto Cabello.Estado Carabobo.....	62
16	Complejo multideportivo vertical especializado en arena y tenis de Puerto Cabello. Estado Carabobo.....	63



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS ECOEFICIENTES PARA
EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN LAS EDIFICACIONES DEL
PROYECTO INTEGRADO EN EL SECTOR VISTA MAR, PUERTO
CABELLO. ESTADO CARABOBO**

Autor(es): Miranda R, Aníbal J
Pastrán M, Luis J

Tutor: Emerly Castillo

Fecha: Junio ,2019

RESUMEN

La presente investigación consistió en la comparación teórica de sistemas ecoeficientes, como lo son la energía solar y la energía eólica para el abastecimiento Eléctrico con el sistema de abastecimiento eléctrico convencional, en las Edificaciones del Proyecto integrado del Sector Vista Mar, las cuales son Centro asistencial de rehabilitación y terapia física; complejo multideportivo vertical especializado en arena y tenis; estadio de fútbol Nacional, Puerto Cabello. Estado Carabobo. Ya que Venezuela en los últimos años se ha visto afectada notablemente en el abastecimiento energético, por distintas razones; siendo cada vez más alarmante la situación con el transcurrir del tiempo, particularmente en la zona de Puerto Cabello, Estado Carabobo, lo que conlleva a buscar nuevas formas de abastecimiento energético para cubrir la demanda y contribuir con el cuidado del ambiente.

Descriptores: energía eólica, energético, energía solar, ecoeficientes

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas en la ingeniería civil poseen como objetivo la planificación de proceso de creación de energía eléctrica, conociendo el mecanismo que se desea implementar. Diseñar planos de distribución de electricidad, donde se estudien la manera de que un mayor número de personas logren tener acceso a la energía eléctrica.

El uso de la energía produce perdurablemente una ruptura del equilibrio ambiental, provocando una reacción de la naturaleza que puede resultar de consecuencias adversas para el propio hombre.

La presente Investigación tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo teórico de sistemas ecoeficientes específicamente la energía solar y la energía eólica, con el sistema convencional para el abastecimiento de energía eléctrica en las edificaciones del Proyecto Integrado del Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo. Ya que Venezuela se ha visto afectada notablemente en el abastecimiento energético.

El estado Carabobo no escapa de esta problemática , siendo Puerto Cabello unas de las principales afectadas, por esta razón surgió la necesidad de realizar un análisis que permita hacer una comparación de los tipos de energía existentes y su impacto positivo en las edificaciones con el fin de contribuir con el cuidado del ambiente y crear una concientización de la utilización del abastecimiento energético buscando identificar aquellas medidas que proporcionen y limiten el uso de la electricidad en distintos ámbitos del desarrollo social. De tal manera, la presente investigación se halla estructurada de la siguiente forma:

CAPÍTULO I: Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance.

CAPÍTULO II: Antecedentes de la investigación, bases teóricas y Definición de términos.

CAPÍTULO III: Tipo de Investigación, diseño de la investigación, nivel de Investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y fases metodológicas.

CAPÍTULO IV: Resultados

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La energía eléctrica forma parte de la evolución social, cultural y económica de la humanidad. La energía es esencial para el desarrollo y proporciona mejoras en las condiciones humanas. El abastecimiento eléctrico es sumamente importante para satisfacer la calidad de vida de las personas y el progreso económico.

Las instalaciones eléctricas en la ingeniería civil poseen como objetivo la planificación de proceso de energía eléctrica, conociendo el mecanismo que se desea implementar. Diseñar planos de distribución de electricidad, donde se estudien la manera de que un mayor número de personas logren tener acceso a la energía eléctrica, que permitan una mejor distribución y generación de la energía, sin perjudicar el mayor número de personas.

El uso de la energía produce perdurablemente una ruptura del equilibrio ambiental, provocando una reacción de la naturaleza que puede resultar de consecuencias adversas para el propio hombre. Las diferentes maneras de generación de energía eléctrica son clasificadas como convencionales y no convencionales. Las convencionales incluyen las fuentes empleadas actualmente para cumplir con las grandes demandas como lo son la hidroelectricidad, las máquinas térmicas de combustión y la reacción nuclear. Las restantes fuentes son las no convencionales como lo son la eólica, la solar, la geotérmica, la mareomotriz y la biomasa

Aunque en el mundo no se ha dejado de depender de los combustibles fósiles, se sabe que cada vez son más las consecuencias y el impacto ambiental que este genera a nivel local, regional y especialmente global.

La situación actual del abastecimiento eléctrico exige medidas alternativas no convencionales para abastecer las edificaciones y no se contamine el ambiente. En

este contexto se ha ideado un análisis comparativo del sistema de abastecimiento entre el convencional, energía solar y la eólica.

En Venezuela se ha visto afectada notablemente en el abastecimiento energético, por distintas razones; siendo cada vez más alarmante situación con el transcurrir del tiempo. Particularmente la zona de Puerto Cabello, Estado Carabobo es una de las más afectadas.

Por este motivo se realizó un análisis que consistió en hacer una comparación de los tipos de energía existentes y su impacto positivo en las edificaciones con el fin de contribuir con el cuidado del ambiente y crear una concientización profunda de la utilización del abastecimiento energético buscando identificar aquellas medidas que proporcionen y limiten el uso de la electricidad en distintos ámbitos del desarrollo social.

1.2 Formulación del Problema

Con las premisas antes mencionadas surge la siguiente interrogante ¿Cómo determinar cuál sistema de abastecimiento de energía eléctrica sería el más eficiente para las edificaciones del Proyecto Integrado en el Sector Vista Mar?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Comparar sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía en las Edificaciones del Proyecto Integrado en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Recopilar información sobre los diferentes sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía.
2. Describir como implantar estos sistemas de energía alternativa para el abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.

3. Analizar detalladamente el comportamiento de los sistemas ecoeficientes de abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.
4. Comparar resultados de los sistemas ecoeficientes y el sistema de abastecimiento convencional.

1.4 Justificación

Se consideró necesario realizar un análisis comparativo entre los sistemas ecoeficientes para el abastecimiento de energía de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo, específicamente con la implantación de la energía solar, energía eólica y sistema de abastecimiento convencional, ya que de esta forma se evaluó el comportamiento de cada uno a la hora de elaborar una edificación, ya que es de vital importancia conseguir la máxima eficiencia, el menor consumo y la reducción de emisiones. Tomando en cuenta igualmente que estas energías renovables armonizan perfectamente, de manera que se pueden integrar con otros sistemas o instalaciones de máxima eficiencia energética. La generación de electricidad solar y la eólica podrían implantarse paralelamente al resto de instalaciones eficientes.

En cada caso particular, la rentabilidad y la viabilidad de la implantación de las energías renovables dependerá tanto de factores climáticos del lugar como las horas de sol, velocidad y dirección de vientos dominantes, la ubicación del edificio, el uso y mantenimiento entre otros, de manera que se requiere un análisis comparativo, y la valoración de estos parámetros para analizar si dicha implantación será viable, que ahorros energéticos y qué reducción de emisiones se consiguen.

1.5 Alcance

El área de investigación está limitada a la comparación teórica de los sistemas ecoeficientes para el abastecimiento de energía eléctrica (energía solar, energía eólica) y el sistema de abastecimiento convencional, teniendo en cuenta distintos factores climáticos del lugar y ubicación de las Edificaciones del Proyecto Integrado en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo. Una vez obtenido los

resultados de la investigación se recomendará cual sistema se considera más eficiente para el abastecimiento energético.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Méndez (2005) define el marco teórico como: “la motivación de carácter teórico, es la inquietud que surge en el investigador por profundizar en uno o varios enfoques teóricos que tratan el problema que se explica, a partir de los cuales espera avanzar en el conocimiento planteado, o para encontrar nuevas explicaciones que modifique o complementen el conocimiento inicial” (p. 104). En este capítulo se presentará antecedentes de trabajos anteriores, las bases teóricas, aspectos legales y definición términos básicos.

2.1 Antecedentes

Los antecedentes de la investigación tienen como objetivo exponer los estudios previos realizados con el propósito de sustentar el tema de investigación. Al respecto, Arias (2006) expresa: “los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (p. 48).

Antecedentes Internacionales

Primeramente se encuentra Domenech, Bruno (2013), elaboró una **“Metodología para el diseño de sistemas de electrificación autónomos para comunidades rurales”**, trabajo de investigación desarrollado en la Universidad Politécnica de Catalunya, donde señala que los sistemas de electrificación autónomos 31 basados en el uso de energías renovables son adecuados para electrificar comunidades rurales aisladas, agregando además existen herramientas de apoyo a la toma de decisiones, pero que no abarcan algunas consideraciones técnicas y sociales, y/o no entran en el detalle específico del proyecto. En este contexto, el objetivo de esta tesis doctoral fue desarrollar una metodología para ayudar en el diseño de

Sistemas de electrificación autónomos basados en las energías eólicas y solar, que sea adecuada a las características económicas, técnicas y sociales de comunidades rurales de países en desarrollo, y que considere la opinión de todos los actores involucrados en el proyecto. La metodología de diseño propuesta se divide en 3 etapas principales:

La primera etapa consiste en realizar evaluaciones iniciales (socioeconómica, energética y técnica) para recopilar la información característica de la comunidad a electrificar. La segunda etapa es el propio proceso de diseño en sí y se divide en 3 niveles de decisión, ordenados en función de la importancia de las decisiones a tomar. En concreto se estudia la influencia sobre el coste de modificaciones en la demanda (nivel 1), la gestión del sistema (nivel 2) y la seguridad del suministro (nivel 3). Cada nivel de decisión se estructura en 2 pasos: primero se generan diversas alternativas de electrificación con un modelo de programación lineal, incluyendo consideraciones técnicas y sociales; y segundo se selecciona la alternativa más adecuada en función de criterios económicos, técnicos y sociales, mediante la técnica multicriterio de la programación compromiso.

La tercera etapa, opcional, permite intentar mejorar el coste de la solución obtenida, manteniendo las decisiones previamente tomadas. En concreto, esta metodología permite personalizar la toma de decisiones de forma clara y estructurada, evaluando una gran cantidad de alternativas de electrificación y obteniendo unos resultados que concuerdan con las preferencias del usuario

La relación del antecedente anteriormente expuesto con la investigación es el estudio del aprovechamiento de los recursos renovables para el abastecimiento eléctrico, de igual manera el análisis de las características climáticas de la comunidad para elegir que tipo de sistema ecoeficiente utilizar.

Seguidamente esta Albinyanae, J. (2011), desarrolló la presente investigación titulado "**Proyecto de suministro eléctrico para abastecer una escuela situada en el municipio de Tiana mediante energía eólica**". Desarrollado en la Universidad Politécnica de Catalunya. El objetivo principal fue suplir la demanda eléctrica necesaria para el funcionamiento de un aula verde, (aula 32 de informática) mediante

el suministro de energía eólica. El proyecto planteó suministrar la demanda eléctrica total del aula de sistemas, la cual es de 7.000 Kwh. al año. Para llegar a este punto analizaron aspectos como el potencial eólico disponible en la zona, el consumo eléctrico de la escuela, el horario de demanda eléctrica, la selección del aerogenerador, y todos los principales elementos consumidores, partiendo de la premisa de que la energía ahorrada es la forma más económica y sostenible de aprovechamiento eléctrico. Utilizando un generador Bornay obtuvieron resultados que sobrepasan la contribución eléctrica propuesta inicialmente de 7.000Kwh hasta generar más de 10.000 Kwh. Con la implementación de éste aerogenerador se lograría disminuir el consumo eléctrico de la escuela de 20.533 Kwh. al año a 11.822 Kwh. al año.

Adicionalmente presentaron un plan de optimización del sistema de luminarias, cuyos costos se amortizan en menos de 8 años. Dentro de las recomendaciones generales también se analizó la sustitución de los ordenadores, que de realizarse conjuntamente con el proyecto del aerogenerador permitirían aumentar el ahorro energético hasta 14.982 Kwh. al año, pasando de un consumo energético de 20.533 Kwh a tan sólo 5.521 Kwh. Este proyecto está diseñado para una institución comprometida con la sostenibilidad y el medio ambiente, cuyo principal interés es difundir éstas prácticas y acercar a la comunidad a otras formas de obtención de energía limpia. La motivación principal es la conservación de éstos preceptos, sin embargo, una motivación igualmente importante son las ventajas financieras para la institución derivadas de estas adecuaciones, dado el ahorro económico que se puede lograr a mediano y largo plazo.

La relación del antecedente antes mencionado con la investigación es que ofreció una orientación en el estudio y análisis de la demanda eléctrica, y su posterior abastecimiento aprovechando las características eólicas de la zona.

Antecedentes Nacionales

Landaeta, Miguel (2018), realizo un trabajo de investigación titulado **“Diseño de un Estadio de Fútbol Nacional Implantado en la propuesta de**

reordenamiento Urbano del Sector Vista mar Del Municipio de Puerto Cabello, Edo. Carabobo”, Desarrollado en la Universidad José Antonio Páez para optar por el Título de Arquitecto, La investigación consistió en diseñar un Estadio de Fútbol de carácter nacional para beneficiar al Municipio Puerto Cabello que a su vez satisfaga los distintos parámetros planteados previamente por la FIFA y por la UEFA, dicho proyecto beneficiará el sector desde el punto de vista deportivo, social, y económico, y generará un punto de encuentro para la comunidad, donde se integra armónicamente lo urbano con lo natural y viceversa. A su vez, el estadio funcionará como un Centro Comercial de alta gama correspondiente a la Urbanización Vista Mar del Municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo, los cuales fomenten la asistencia al recinto durante todos los días de las semanas, sacando un provecho constante y al mismo tiempo justificar su construcción, especialmente durante las fechas de los distintos partidos a nivel de la FVF, CONMEBOL Y FIFA. Así mismo, la propuesta presentada a continuación se basa en una investigación de modalidad de proyecto factible, apoyada en la investigación documental y de campo, donde se toman ciertas técnicas de recolección de datos siendo esta la lista de cotejo donde se verifica el estado del terreno y una encuesta dando como resultados las causas, consecuencias, necesidades e inquietudes de la población y a la problemática del lugar en estudio. En resumen, luego de analizar los datos recolectados, se aclara la necesidad de reformar la vialidad del sector y diseñar e implantar un Estadio de Fútbol.

La relación de esta investigación expresada anteriormente es que se le realizó un estudio de instalación de energías alternativas Solar y eólica para así realizar un análisis comparativo entre los sistemas.

Lander, Oriana (2018), realizo un trabajo de investigación titulado **“Diseño de Un Centro Asistencial de Rehabilitación y Capacitación en Terapia Física, implantado en la propuesta de Reordenamiento Urbano del Sector Vista Mar del Municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo”**, Desarrollado en la Universidad José Antonio Páez para optar por el Título de Arquitecto, En la investigación se plateo una propuesta de reordenamiento urbano en el Municipio Puerto Cabello,

Estado Carabobo. Principalmente se hizo un estudio del área a intervenir, del cual se concluyó que actualmente se necesitan diversos equipamientos, así como también se deben complementar algunos ya existentes, todo esto pensando en el futuro de la comunidad. Dentro del sector Vista Mar, se tomó en cuenta el protagonismo del deporte en la zona, ya que existe en funcionamiento el Complejo Deportivo de la Academia de Puerto Cabello y adicionalmente un espacio para la práctica del béisbol y de máquinas para el entrenamiento físico; tomando en cuenta todo eso, se quiso complementar con diferentes proyectos de carácter asistencial y deportivo.

Adicionalmente se analizó la situación de asistencia médica en el sector, con mayor inclinación en el campo de la rehabilitación física; la cual se encuentra en carencia en toda la zona. Partiendo de las condiciones existentes, surgió la necesidad de proponer el diseño de un Centro Asistencial de Rehabilitación y Capacitación en Terapia Física; un proyecto que beneficiará al sector desde el punto de vista asistencial, deportivo, social, y económico, y generará un punto de encuentro para la comunidad, donde se integra armónicamente lo urbano con lo natural y vice versa. El terreno a implantar se encuentra del lado oeste del Complejo Deportivo de la Academia de Puerto Cabello, en el sector Vista Mar. El presente trabajo se toma como un proyecto factible y se verá definido bajo el análisis de una investigación documental y una investigación de campo; por lo que se estructura y se determina cada una de las fases del proyecto.

La relación del antecedente antes mencionado es que se le realizó un estudio de instalación de energías alternativas Solar y eólica para así realizar un análisis comparativo con el sistema convencional y elegir el tipo de sistema ecoeficiente a utilizar.

Windevoxhel, Stephanie (2018), realizo un trabajo de investigación titulado **“Diseño de un Centro Multideportivo Especializado en las Disciplinas de Arena y Tenis en la propuesta de reordenamiento Urbano del Sector Vista mar Del Municipio de Puerto Cabello, Edo. Carabobo”**, Desarrollado en la Universidad José Antonio Páez para optar por el Título de Arquitecto, La investigación consistió

en Diseñar una propuesta de reordenamiento Urbano en el sector Vista Mar del Municipio de Puerto Cabello, Edo. Carabobo que la edificación con una galería deportiva, un área de las cabinas de radio y tv, un área de designado a la cancha de fútbol de arena con sus gradas y servicios y en la última ala, se ubican las canchas de voleibol de arena con sus canchas de voleibol de arena con sus gradas, locales comerciales, áreas de descanso, sanitarios y servicios. Adicionalmente cuenta con un diseño de un restaurante con vista panorámica hacia el mar, varios ambientes y una terraza, además de sus áreas de servicio, sanitarios y cocina.

Al igual que los otros dos proyectos la relación del antecedente antes mencionado es que se le realizó un estudio de instalación de energías alternativas Solar y eólica para así realizar un análisis comparativo con el sistema convencional y elegir el tipo de sistema ecoeficiente a utilizar.

Zambrano, Cinthya (2011), realizó un trabajo de investigación titulado **“Diseñar un sistema complementario de generación de electricidad a partir de energía solar en la estación La Aguada del Sistema Teleférico de Mérida, Estado Mérida”**, Desarrollado en la Universidad de los Andes, donde fue necesario estudiar la interacción de todas las variables del sistema fotovoltaico, tal que pudiera cubrir la carga eléctrica demandada con las condiciones del recurso solar establecidas. En este trabajo se utilizaron el software libre HOMER, el cual toma en cuenta los costos del mercado solar actual; las eficiencias, tamaños, tiempo de vida útil, de cada componente, entre otros factores eléctricos; arrojando una lista de combinaciones posibles de dichos elementos, indicando que la mejor opción técnico-factible para “La Aguada” es: Arreglo fotovoltaico de mínimo 50 kW, 1200 baterías de ciclo profundo e inversor de mínimo 20 kW.

Posteriormente, seleccionaron las marcas de los componentes correspondientes para así configurar un arreglo preliminar de los módulos solares, en donde obtuvieron los siguientes resultados: 278 paneles solares dispuestos en aproximadamente 431m², espacio que abarca sin problema parte del techo de la estación, demostrando que, desde este punto de vista, el proyecto es factible. Tomándose una demanda eléctrica

de menor tamaño correspondiente a un área específica de la estación: el Museo, el requerimiento de potencial por el arreglo fotovoltaico se reduce significativamente, disminuyendo así el área requerida y los costos de inversión (1,322 \$ / kWh), presentando oportunidad de implementación y factibilidad, con las ventajas ambientales señaladas, a pesar de seguir siendo menos rentable económicamente que los métodos convencionales.

El presente antecedente se relaciona con la investigación, ya que evalúa las propiedades climáticas de la zona, y analiza la factibilidad de abastecimiento energético por medio de la energía Solar.

Y por último Bruzual, S. (2010) desarrolló su trabajo de grado sobre un **“Estudio de factibilidad técnico – económica para la implementación de energía eólica y solar, en el edificio técnico - administrativo “Leona”, PDVSA PETRORITUPANO, Municipio Freites, Anzoátegui”**. Desarrollado en la Universidad de Oriente. El mencionado proyecto estuvo basado en el estudio de factibilidad técnico – económica sobre la implementación de energías renovables (eólica y/o solar) en el área de La Leona, del estado Anzoátegui, con la finalidad de encontrar una solución a la problemática energética que estaba atravesando la empresa Petroritupano S.A. en cuanto a la generación de electricidad.

Como paso principal realizaron un análisis de las condiciones climáticas y ambientales, topografía y vegetación del área específica, pues los factores radiación solar y velocidad del viento, dependen de ello. En las estaciones meteorológicas 34 cercanas, y con los datos registrados en ellas, cuantificaron la cantidad de radiación solar incidente, mediante métodos de estimación, y utilizaron métodos de correlación para evaluar el recurso eólico, comparando dichos datos con las mediciones de la velocidad y dirección del viento realizado en la zona por un periodo de tres meses. Así establecieron la potencialidad de cada recurso. Luego de analizar la factibilidad ambiental, dimensionaron el sistema eléctrico alternativo, tomando en cuenta la demanda eléctrica a abastecer, y seguidamente evaluaron la rentabilidad y beneficios que tiene su implementación dentro de la empresa.

El antecedente anteriormente expuesto se relaciona con la investigación en el análisis comparativo de las energías alternativas y su factibilidad, en la sustitución del sistema de abastecimiento convencional.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Energía

La energía es un concepto asociado al movimiento en general y una de las definiciones más complejas que el hombre ha pretendido establecer, está en todas partes, desde el micro-entorno hasta el sistema solar. Para comprender el papel de la energía en la ciencia se puede partir de la definición de trabajo, que representa en física “el movimiento de un objeto por la acción de la fuerza” (Brinkworth, 1981. p.49 citado de Cinthia, Z. 2011). La energía está presente en todas las actividades humanas y su disponibilidad es un requisito indispensable para el desarrollo de los pueblos, la energía eléctrica es uno de los mayores descubrimientos de la humanidad y a su vez el pilar fundamental para el progreso tecnológico y social del siglo XXI (Revista Sembrando Luz, Marzo 2012).

La electricidad es la forma de energía que la mayoría de los equipos utilizan para funcionar. Debido al crecimiento de la población y con ella el aumento de la demanda eléctrica, se ha emprendido la búsqueda de nuevas fuentes de energía, y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados fundamentalmente en el uso de energías renovables, las cuales son las que se derivan de la energía que el sol envía de forma continua a la tierra, se pueden recuperar bajo diferentes formas: radiación solar, viento, movimiento de aguas, etc. Actualmente países pertenecientes a la Unión Europea, y algunos del continente Americano, han llevado a cabo proyectos de 35 energías limpias, en búsqueda de que el aprovechamiento de éstas, sea factible tanto técnica como económicamente, lo que ha motivado a otros países, incluyendo Venezuela.

A través de la historia de la civilización se puede identificar una evolución constante en el aprovechamiento de la energía. Desde la utilización del fuego para el calentamiento y cocción de alimentos de los primeros habitantes de la Tierra, pasando

por el uso de la propia energía muscular del hombre y de los animales, la energía del viento: barcos a vela y molinos de viento; la energía del agua o hidráulica: molinos de trigo y otros cereales, hasta la de la sociedad actual altamente dependiente de los combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón, para su funcionamiento.

Es entonces, la producción, transformación y consumo de energía motorizan el sistema de producción; prácticamente no hay ningún tipo de actividad humana orientada a satisfacer la producción de bienes y servicios que no necesite del impulso de algún tipo de energía. Así el sistema de producción depende de la energía para su funcionamiento, pero, además, depende también de otros recursos naturales para poder producir los bienes finales. Obsérvese entonces, que no hay producción que no provenga en última instancia, de alguna fuente de recursos naturales (Revista La Luz del Alba; 2008).



Figura 1-Dinámica de la energía en el planeta tierra

Fuente: (Revista La Luz del Alba, 2008)

En consecuencia, la radiación o energía solar incide en toda la dinámica del planeta Tierra, afectando los ciclos naturales, generando la vida de los seres vivos, y promoviendo otras manifestaciones de energías que se obtienen de forma artesanal

para la subsistencia, desde la antigüedad; o a través de procesos industriales para atender necesidades sociales y productivas de las civilizaciones contemporáneas (Ver figura 1).

2.2.2 Fuentes para la generación de Energía.

Existen muchas fuentes de energía, consideradas primarias, que a su vez se transforman en otro tipo de energía para cumplir con funciones específicas mediante tecnologías de transformación. Por ejemplo, la energía hidráulica se puede transformar en eléctrica que más tarde se transforma en energía calórica y luminosa al encender un bombillo. (Posso, 2010 citado de Cinthia, Z. 2011). La figura 2 esquematiza la estructura fundamental de un sistema energético genérico en la actualidad, incluyendo ejemplos para cada uno de sus elementos.

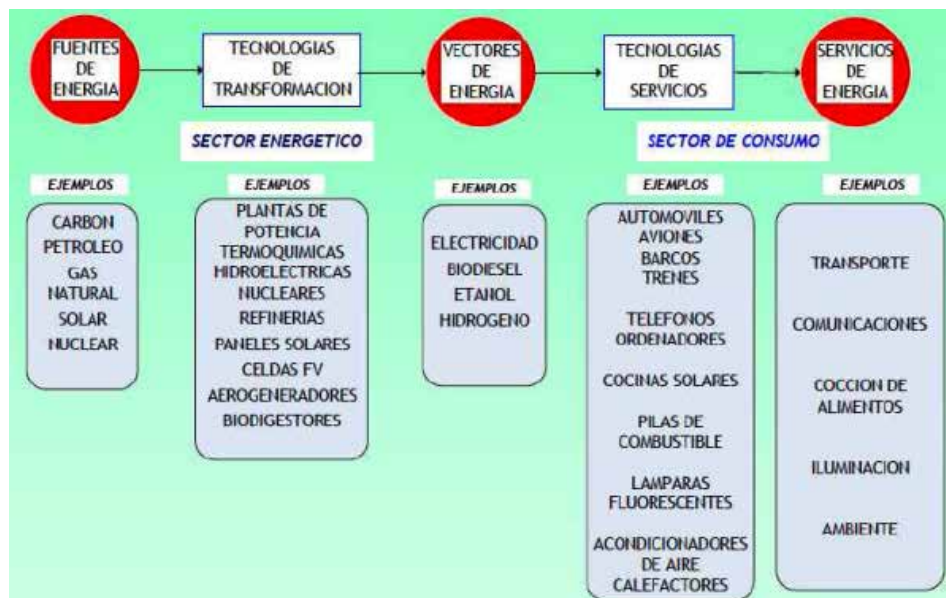


Figura 2- Estructura básica de un sistema energético

Fuente: (Posso, 2010)

Las fuentes de energía primaria representan las distintas formas en las que la tierra ha “almacenado” la energía de la que el hombre puede disponer. Básicamente se pueden diferenciar por su naturaleza en dos tipos: Las fuentes de origen fósil, que abarca carbón, petróleo y gas natural y las de origen no fósil, que incluye solar, geotérmica, eólica, nuclear y mareas. ((Posso, 2010 citado de Cinthia, Z. 2011).

2.2.3. Energías Renovables

En la gama de fuentes de energía primaria para la producción de electricidad existen variedad de alternativas para escoger. Sin embargo por razones de economía, eficiencia y facilidad son pocas las más utilizadas. La categoría que agrupa las fuentes de energía y mecanismos de transformación más comunes es denominada Convencional. Posso, 2010 asegura que las energías consideradas No Convencionales o alternativas no son necesariamente innovadoras, son sólo muy poco utilizadas actualmente.

Por otro lado, Rubés, 2004 citado de Cinthia, Z. 2011 mantiene que otra clasificación utilizada comúnmente es: Energías Renovables y No Renovables. Estas categorías van a depender es de la cantidad que existe de la misma a disposición del hombre. El autor explica que las energías renovables son aquellas que se pueden renovar a sí mismas indefinidamente y que la energía eléctrica producida a partir de fuentes renovables incluye instalaciones hidráulicas, eólicas, solar térmica, solar fotovoltaica, biomasa/biogás y mareomotriz.

Las fuentes de energía se clasifican según varios criterios:

- Según su capacidad de regeneración:

Energías renovables: Las Fuentes de energía renovables son aquellas que, tras ser utilizadas, se pueden regenerar de manera natural. Algunas de estas fuentes renovables están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza. En general, provienen de la energía que llega 38 ininterrumpidamente a la tierra a través de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de otros planetas.

Por ejemplo:

Energía mareomotriz (subida y bajada del nivel del mar por mareas).

Energía geotérmica (Calor interno de la tierra).

Energía hidráulica (agua almacenada en embalses y su movimiento en los ríos)

Energía eólica (movimiento del aire debido al viento) Energía solar (luz y calor de la radiación solar)

Energía de la biomasa (vegetación y restos orgánicos de actividades agrícolas e Industriales, basura, etc.).

- Atendiendo a su uso en cada país:

Convencionales: Se trata de las fuentes de energía que tradicionalmente se han usado en los países industrializados para producir energía a gran escala. Principalmente son todos los combustibles fósiles, nucleares y la hidráulica.

No convencionales o alternativas: Se trata de fuentes de energía que no han sido usadas masivamente para producir energía o que están investigando su desarrollo tecnológico para poder sustituir a las convencionales. Son las renovables a excepción de la hidráulica y la nuclear de fusión.

- Atendiendo a su impacto ambiental:

Limpias o no contaminantes: Son fuentes de energía cuyo consumo no genera residuos y tienen impacto ambiental mínimo.

Contaminantes: Son fuentes de energía cuyo consumo genera residuos contaminantes y al mismo tiempo tiene un impacto ambiental considerable. Son todos los combustibles.

Evolución de las energías renovables

Valle, J. y Ortega, H. (2012), de la Secretaria de Energía del Gobierno Federal 39 de México, presentaron en el año 2012 una prospectiva de energías renovables 2012- 2026 en el cual ofrece información relevante y actualizada acerca del crecimiento estimado del aprovechamiento de las energías renovables en el mediano y largo plazos, señalando que países como Alemania, Brasil, Dinamarca, España,

Canadá y Reino Unido han desarrollado tecnologías que les han permitido utilizar diversas fuentes renovables, fundamentalmente para la generación de energía eléctrica y, aunque su participación en la producción mundial aún es pequeña, estas energías representan una opción para el suministro eléctrico mundial.

El análisis de las experiencias internacionales muestra que las energías renovables son un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en las economías en desarrollo, gracias a sus efectos positivos en las esferas ambiental, económica y social. Las energías renovables son precursoras del desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías, de la creación de empleo, de la conservación de recursos energéticos no renovables, de la reducción de la dependencia de energéticos importados mediante el aprovechamiento energético de recursos locales, y de la reducción de gases de efecto invernadero y de partículas que pueden dañar el ambiente y la salud pública, entre otros.

Las energías renovables crecieron a una tasa promedio anual de 2.9% de 1990 a 2010, y contribuyeron con 19.4% de la generación de energía eléctrica mundial⁷. El proceso de transición hacia una mayor participación de las energías renovables en el mundo ha sido impulsado por una serie de factores, entre los cuales se destacan las preocupaciones de soberanía y de seguridad en el abasto de energía en países importadores; la alta volatilidad de los precios de los combustibles de origen fósil; las preocupaciones por los impactos ambientales de los sistemas energéticos, en particular el cambio climático; y la caída en precio de las tecnologías renovables como resultado del desarrollo tecnológico.

Desde hace dos décadas, este proceso de transición se ha acelerado en varios países del mundo, debido a importantes inversiones en la explotación y uso de las energías renovables, como el caso de Alemania, España, Dinamarca, Estados Unidos, Brasil, India y China.

Los países que utilizan de manera más intensiva las energías renovables para la generación de electricidad son Islandia, Noruega, Paraguay, Colombia, Brasil y Canadá, que van desde 100% hasta 61% de participación. En contraste, los que

presentan la menor participación de estas tecnologías entre 0% y 9% son Arabia Saudita, Israel, Argelia, Sudáfrica, Corea del Sur y Australia.

La participación de las energías renovables depende de varios factores, entre ellos: los tamaños de las economías, el grado de avance de las tecnologías y el estado de sus políticas energéticas. La tendencia, en países de Medio Oriente y África, se inclina a mantener una alta participación de energías fósiles en la generación eléctrica de sus naciones. México se encuentra entre Estados Unidos y Canadá, pero por debajo de las participaciones presentadas por Brasil y Venezuela que cuentan con recursos y desarrollos hidráulicos importantes (véase figura 3)

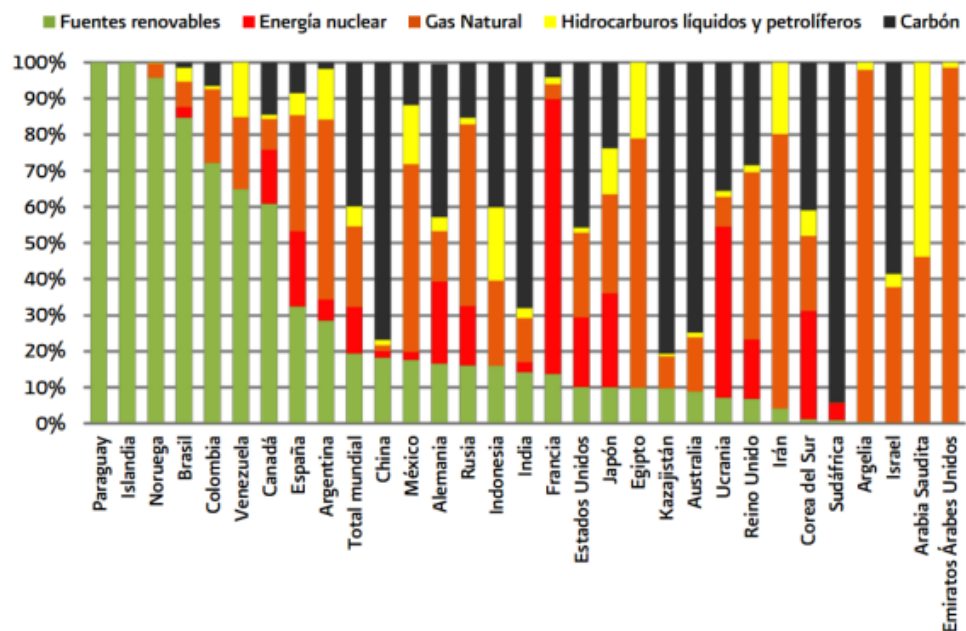


Figura 3 - Composición de la generación de electricidad por tipo de energía en algunos países, 2010

Fuente: (Valle, J. y Ortega, H. 2012).

2.2.4. Ventajas y Desventajas de las energías Renovables

Cinthia, Z. (2011) hace referencia a algunas ventajas en la utilización de energías renovables:

- Son limpias. Mínimo impacto ambiental

- No generan residuos difíciles de tratar, y muy pocos gases contaminantes
- Son inagotables. Utilizan recursos que no se agotan
- Son autóctonas, no hay que importarlas, con lo que disminuye la dependencia energética del país que las aplica
- Generan puestos de trabajo en todas las etapas de su sistema energético: construcción, operación y mantenimiento
- No contribuyen al cambio climático
- Los recursos primarios son gratis (por ejemplo, la radiación solar).

Cinthia, Z. (2011), también señala que existen dos grandes obstáculos en general:

- Intermittencia en la etapa de transformación de energía
- Capacidad de almacenamiento

A estas dos se le pueden agregar los costos de inversión que varían dependiendo de la situación económica y geográfica de los países interesados pero que generalmente son mayores que las energías del tipo convencional.

2.2.5 Energía Solar

La energía solar fotovoltaica básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos denominados células o celdas fotovoltaicas. La expresión fotovoltaica está compuesta por dos palabras, la primera de origen griego foto que significa luz, y la segunda voltaica, que significa voltaje. Esto resume la acción de un mecanismo que transforma directamente la energía luminosa proveniente del sol, en energía eléctrica.

El potencial de las células fotovoltaicas está revolucionando la industria y el servicio energético a nivel mundial. Pero los países con mayor potencial de aprovechamiento de la energía solar son aquellos ubicados en las zonas tropicales, pues en éstos es mayor la incidencia de los rayos solares (Caraballo, D. 2010). Entre los años 2001 y 2012 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica, doblándose aproximadamente cada dos años. Si esta 45

tendencia continúa, la energía fotovoltaica cubriría el 10% del consumo energético mundial en 2018, alcanzando una producción aproximada de 2.200 TWh, y podría llegar a proporcionar el 100% de las necesidades energéticas actuales en torno al año 2027.

A finales de 2012, se habían instalado en todo el mundo más de 100 GW de potencia fotovoltaica. Gracias a ello la energía solar fotovoltaica es actualmente, después de las energías hidroeléctrica y eólica, la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, y supone ya una fracción significativa del mix eléctrico en la Unión Europea, cubriendo de media el 3-5% de la demanda y hasta el 10% en los períodos de mayor producción, en países como Alemania, Italia o España (Fundación Wikimedia, Julio 2013).

2.2.6 Celdas o Células Fotovoltaicas

Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad. Las celdas solares están compuestas de 2 delgadas láminas de material semiconductor, principalmente silicio (tipo P y tipo N), están unidas a contactos de metal para completar el circuito eléctrico, y encapsuladas en vidrio o plástico. Los materiales semiconductores, para su utilización en celdas fotovoltaicas, han de ser producidos en purezas muy altas, normalmente con estructura cristalina, con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como materia prima la radiación solar (Caraballo, D. 2010).

El funcionamiento de la celda solar está basado en el fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico: “cuando fotones de la radiación solar chocan con los átomos de la superficie del material semiconductor, éstos liberan energía produciendo un desplazamiento de electrones, que es en definitiva una corriente eléctrica”

2.2.7 Sistemas Fotovoltaicos

Se le llama sistema fotovoltaico al conjunto de elementos, debidamente acoplados (Figura 4.), que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por

conversión de la energía solar mediante las células o celdas solares, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga. La carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán utilizarse en el sistema.

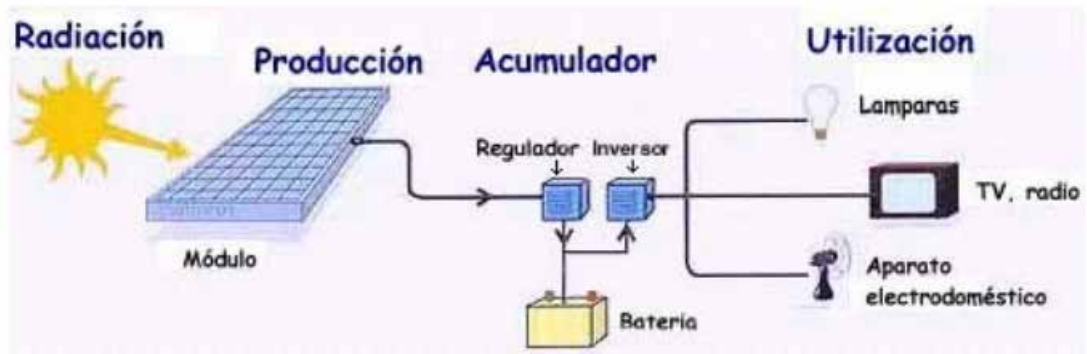


Figura 4- Esquema de un Sistema Fotovoltaico

Fuente: (Caraballo, D. 2010)

Para efectos de este estudio, se tomará como referencia los Sistemas Fotovoltaicos que son instalados por el programa Sembrando Luz. La potencia suministrada por estos Sistemas Fotovoltaicos es de 1200 Wp de electricidad, lo cual permite garantizar el suministro eléctrico de una carga pequeña que se adapta a las necesidades básicas de por ejemplo una escuela o un ambulatorio de este tipo de comunidades aisladas, pues, fueron diseñados para soportar cargas de tipo rural. Sin embargo, es factible diseñar un sistema de mayor potencia si el tamaño de la población lo amerita, siempre que sea para su desarrollo endógeno y sustentable.

Estos constan principalmente de los siguientes elementos: Módulos Solares Fotovoltaicos, baterías, regulador, convertidor DC/AC, estructura soporte, cables y accesorios eléctricos.

2.2.8 Módulos Solares Fotovoltaicos

El módulo solar fotovoltaico está compuesto por celdas solares individuales conectadas en serie. Este tipo de conexión permite adicionar tensiones (voltajes). El módulo fotovoltaico (Fv) es el conjunto más básico de celdas Fv, y en general pueden incluir desde menos de una docena hasta cerca de 100 celdas. El panel Fv comprende grupos de módulos, mientras que el arreglo Fv es la combinación de módulos conectados en serie y/o paralelo para fijar valores determinados de corriente y voltaje. Están cubiertos de vidrio templado transparente que permite pasar la radiación solar y ayuda a minimizar la pérdida de calor.

El número de módulos Fv, depende de la energía a acumular para satisfacer la demanda de las cargas, y el tiempo que se requiera para este proceso. Los Sistemas Fotovoltaicos que son instalados por FUNDELEC, generalmente están constituidos por 8 módulos de 150 Wp cada uno, que generan 1200 Wp por hora, con lo que se supe en forma segura y confiable una carga de 750 Wp. sin embargo, actualmente se están instalando equipos para la electrificación de viviendas con arreglos de 4 módulos de 175 Wp. para una salida de 1100 W; así como también equipos de 3840 Wp de generación, para objetivos sociales que posean mayores requerimientos eléctricos.

Fuente: Tecnología del concreto y del mortero. Tercera Edición. Sánchez de Guzmán Diego. 1996

2.2.9 Baterías.

Dado que la incidencia de luz solar no está disponible 24 horas, se requiere de un banco de baterías para almacenar la energía producida por los paneles durante los periodos soleados, las cuales permitirán disponer de corriente eléctrica abastecer las cargas durante la noche o en días de baja insolación.

Además de su capacidad de almacenamiento, las baterías comerciales proveen información acerca de su estado de carga, referido a la relación porcentual entre la capacidad disponible y la total, su profundidad de descarga, que es la relación entre la capacidad útil y la total, y el ciclaje que es la cantidad de procesos cíclicos de carga y

48 descarga que pueden determinar la vida útil del acumulador. Las baterías deben ubicarse en un lugar cerrado, evitando su exposición al sol.

2.2.10 Regulador.

El proceso de carga de las baterías se controla mediante un dispositivo electrónico llamado regulador, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas a éstas, que le producirían daños irreversibles. Además, permite asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia, ya que cuando las baterías alcanzan su valor máximo de carga, el regulador interrumpe ese flujo de corriente, (corriente continua).

El sistema de regulación puede estar conectado en serie ó paralelo. Existen estrategias de regulación, que, según Campos (2008) citado de Cinthia, Z. 2011, explican las etapas que integran el proceso de la misma y que dependen del tipo de carga. Los reguladores modernos también 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, es decir, son gestores y supervisores del sistema en general.

2.2.11 Inversor

Es un equipo electrónico que transforma la corriente continua proveniente de las baterías en corriente alterna, esto se debe a que la mayoría de los artefactos eléctricos de uso diario, están diseñados para trabajar con corriente alterna. Según sea el diseño para la conexión, los inversores se pueden emplear con o sin transformador, y con potencia en rangos variados.

Existen inversores guiados por red (fiabes, de mayor tamaño, económicos) y los inversores auto guiados, que generan por si mismos la frecuencia de red y se sincronizan a la misma

2.2.12. Estructura Soporte.

En vista de los distintos accesos a las comunidades aisladas de la red eléctrica convencional, las estructuras que soportan los elementos de los Sistemas Fotovoltaicos varían su diseño de una comunidad o región a otra, debido a la

geografía por la que hay que atravesar. Para darle rigidez y estabilidad a todo el sistema fotovoltaico, se han diseñado estructuras sencillas de aluminio, madera, concreto, incluso hasta en los mismos tejados de las viviendas

2.2.13. Cables y Accesorios Eléctricos.

Los conjuntos de todos los elementos nombrados anteriores deben estar conectados mediante un cableado que permita la ejecución limpia del circuito y a su vez los conecte con las cargas a alimentar.

2.2.14. Tipos de Sistemas

Los sistemas fotovoltaicos, sin importar su función específica ni la potencia que alcancen, se pueden clasificar en: aislados, que puede incluir o no baterías; conectados a red, y los híbridos, que combinan el sistema con otro tipo de generación de energía (Alcalde, 2011 citado de Cinthia, Z. 2011).

Los sistemas fotovoltaicos que viene ejecutando el Programa Sembrando Luz en la institución, se tiene:

- Sistemas Fotovoltaicos de baja capacidad (300 Wp, 600 Wp, 1200 Wp.) Los sistemas fotovoltaicos de baja potencia que actualmente se están instalando, son los de 600 Wp. de capacidad; ya que fue un sistema diseñado para cubrir las necesidades energéticas de una vivienda; mientras que los sistemas de 300 Wp. son de menor capacidad y fueron instalados sólo para iluminación (Ver figura 5). En cuanto a los sistemas de 1200 wp.

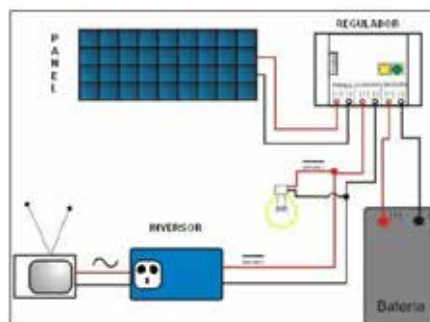


Figura 5- *Diseño de un sistema fotovoltaico para una vivienda*

Fuente: (<http://technologysolar.blogspot.com>, Consulta, Julio 2014).

- Sistemas Fotovoltaicos de mediana capacidad (3840 wp).

La ventaja que proporcionan los reguladores del fabricante Outback está relacionada con la posibilidad de trabajar hasta 150 Vdc de Voc, esto nos permite trabajar con distancias mayores entre el arreglo fotovoltaico y el banco de baterías, al mismo tiempo que podemos cargar bancos de baterías de voltajes inferiores.

Es importante destacar que toda la gama de equipos de Outback nos permite brindar soluciones mucho más atractivas económicamente en el rango intermedio de potencia y con baja función de desacople solar-carga. Adicionalmente la utilización de sistemas Outback nos permite la integración de los todos los componentes optimizando sus prestaciones (Ver figura 6).

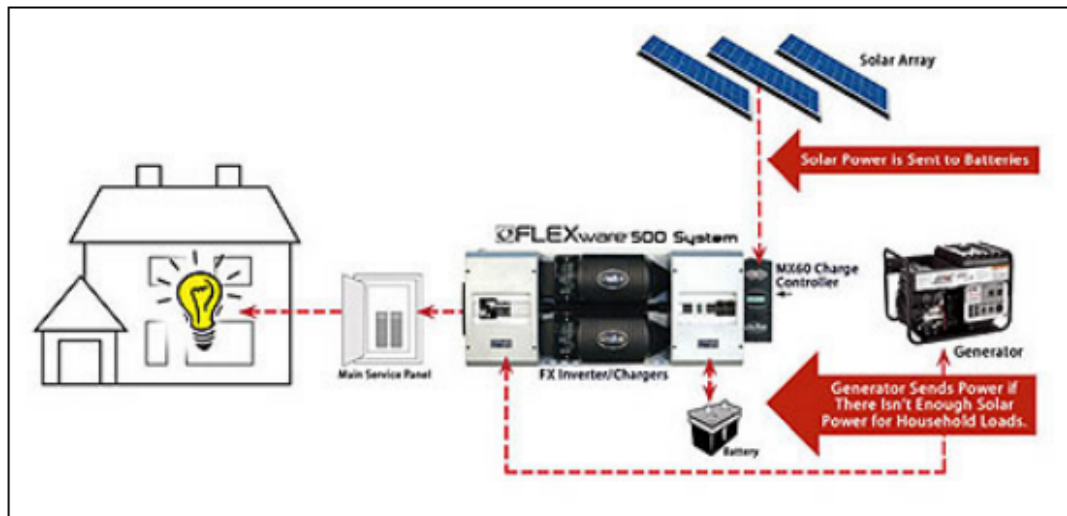


Figura 6 - Sistema fotovoltaico utilizando equipos del fabricante Out Back con planta de generación como respaldo.

Fuente :(<http://www.outbackpower.com>, Consulta Julio, 2014).

- Sistemas Híbridos de alta capacidad (Eólicos –Fotovoltaico -Diesel):

En cuanto a los sistemas híbridos, esta tecnología está integrada por un aerogenerador de 2 y 3 palas, un conjunto de paneles fotovoltaicos y un equipo

electrógeno de respaldo (Ver figura 7). Para el control y sincronización de cada uno de los componentes, se dispone de dispositivos electrónicos especiales.






Figura 7 - Sistema híbrido instalado en la comunidad Los Arroyos, Estado Falcón

Fuente: (Programa Sembrando Luz, Mayo 2012).

Los sistemas híbridos contemplan el uso de dos o más sistemas de generación incluyendo generadores convencionales como un diesel y de fuentes renovables como eólica, solar, hidroeléctrica, etc., con sistemas de almacenamiento, de regulación y control.

Actualmente existen sistemas híbridos en los que las fuentes renovables representan un 80–90% de la capacidad, dejando al diesel sólo una función de respaldo (Cinthia, Z. 2011). La forma como está conformada un sistema híbrido por lo general es así:

- Una o más unidades de generación de fuentes renovables
- Una o más unidades de generación convencional
- Sistemas de almacenaje de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico
- Sistemas de condicionamiento de potencia
- Sistema de regulación y control.

SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO DIESEL		POTENCIA		
		Aerogenerador	Sistema Fotovoltaico (Sfv)	Grupo Electrónico (Diesel)
Número de Viviendas	Número de Sistemas Programados			
hasta 10 viviendas	7	3 kW	3 kWp (20 módulos)	10 kVA
hasta 20 viviendas	15	6 kW	6 kWp (15 módulos)	15 kVA
hasta 30 viviendas	14	3 kW (*) (2 aerogeneradores)	9 kWp (20 módulos)	20 kVA
hasta 40 viviendas	12	6 kW (*) (2 aerogeneradores)	12 kWp (18 módulos)	25 kVA

Fuente: Proyecto Sistemas Eólico-Fotovoltaico-Diesel para Venezuela. losvany Cabrera Martínez. La Habana, Copextel, 2007. -- (Tarea Técnica); Consulta a Ing. José C. Díaz V., julio 2010).

Figura 8 - Especificaciones de un Sistema híbrido

Fuente: (Revista FUNDELEC, Marzo 2012)

La potencia máxima a consumir por vivienda no debe exceder los 450 VA, con un consumo de energía diaria que no debe superar los 2 kWh/día (60 kWh/mes). 53 Los sistemas están diseñados para comunidades y asentamientos que presenten la cantidad de viviendas adecuadas a la capacidad de los mismos. Según la cantidad de viviendas en cada comunidad, se, determinará el tipo de arreglo (eólicofotovoltaico-diesel) a instalar (sistema híbrido).

Esta tecnología tiene como ventaja ofrecer mayor seguridad en el suministro de electricidad, por aprovechar dos fuentes renovables, la radiación solar y la fuerza eólica del viento complementado con el respaldo del grupo electrógeno. Asimismo es adecuada para zonas con potencial eólico mínimo como las comunidades aisladas ubicadas al norte de los estados Anzoátegui, Falcón, Sucre y Zulia.

2.2.15. Aplicaciones de la Energía Solar

Prácticamente cualquier aplicación que necesite electricidad para funcionar puede alimentarse con un sistema fotovoltaico adecuadamente dimensionado. La única limitación es el costo del equipo y, en algunas ocasiones, el tamaño del campo de paneles. Sin embargo, en lugares remotos alejados de la red de distribución eléctrica, lo más rentable suele ser instalar energía solar fotovoltaica antes que intentar llevar la red eléctrica convencional, ya que el traslado de los paneles solares es más sencillo, y que, comparado con las grandes torres de transmisión, el peso de un Sistema Fotovoltaico es mucho menor y mucho más económico que toda la gestión empleada para el desarrollo eléctrico convencional.

Es de hacer notar que, La energía fotovoltaica tiene muchísimas aplicaciones en sectores como las telecomunicaciones, automoción, náuticos, agrícola, etc. También podemos encontrar instalaciones fotovoltaicas en lugares como carreteras, ferrocarriles, plataformas petrolíferas e incluso en puentes, gaseoductos y oleoductos. Tiene tantas aplicaciones como pueda tener la electricidad.

Entre las principales aplicaciones se incluyen: Electrificación de viviendas (básicamente electrificación rural), alumbrado público (iluminación de parques, calles, vallas publicitarias), aplicaciones agrícolas y de ganado (bombeo de agua, iluminación de invernaderos y granjas, refrigeración, depuración de aguas, etc), señalización y comunicaciones: 54 señales de altura, señalización de pistas, faros, boyas, iluminación de carreteras, repetidores de radio y televisión, telefonía móvil, etc.

La energía generada a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza básicamente para cubrir pequeños consumos eléctricos (dependiendo del tipo de sistema que se utilice), en el mismo lugar donde se produce la demanda y al igual que otras energías renovables, constituye una fuente inagotable, limpia, contribuye al autoabastecimiento energético nacional y ayuda a cumplir los compromisos adquiridos por el Protocolo de Kioto y a proteger nuestro planeta del cambio

climático. Entre las muchas ventajas que implica el uso de la energía solar fotovoltaica, podemos citar las más resaltantes:

- Ambientales:

No requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero o la lluvia ácida. El Silicio, elemento base para la fabricación de las celdas fotovoltaicas, es muy abundante, no siendo necesario explotar yacimientos de forma intensiva. El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, sólo requiere una extensión de 8 metros cuadrados aproximadamente. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas. Los sistemas fotovoltaicos son absolutamente silenciosos. La repercusión sobre la vegetación es nula, y al no existir los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves. No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. Es inagotable. Se evita la realización de zanjas, canalizaciones y derechos de paso.

- Socio-económicas:

Su instalación es simple. Requiere poco mantenimiento. Tienen una vida útil aproximadamente de 30 años. Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad. Otro factor importante para este tipo de innovación ecológica es la autonomía proporcionada por los acumuladores de carga que utiliza, pues están diseñados para proveer el servicio hasta tres días consecutivos en donde la radiación solar no haya sido tan intensa. Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como por ejemplo los Parques Nacionales.

2.2.16. Cálculo de la demanda energética

La demanda energética a ser cubierta por el sistema solar fotovoltaico, se calcula mediante el inventario de dispositivos que requieren de energía eléctrica para su funcionamiento en el lugar de interés.

- Potencia promedio

La potencia se mide en vatio (W) o en kilowatts (kW) y está registrada en la placa de especificaciones técnicas de cada artefacto o en el manual del usuario.

- Potencia total

De acuerdo a la cantidad total de unidades se calcula la potencia total según la potencia individual.

Ecuación 1 Potencia total

$$Potencia\ total\ W = Potencia\ promedio\ (W) \times Cantidad$$

- Horas de uso al día

Este parámetro es aproximado y se obtiene según conocimiento de los habitantes constantes al proyecto complementado con observación de los autores al momento de construir el inventario.

- Consumo diario promedio (W/día)

Será el resultado de multiplicar la potencia total (W) por las horas de uso al día (h). La cantidad de energía eléctrica consumida por un aparato, permite establecer los costos facturados por las compañías eléctricas, mediante la siguiente expresión.

Ecuación 2 Energía consumida por cada aparato eléctrico

$$Econsumida\ por\ unidad = P(kW) \times t(h)$$

Dónde:

E= Energía consumida = kWh

P= Potencia nominal del equipo (kW)

t= tiempo diario de uso en horas al día.

- Energía total consumida simultáneamente

Es la suma de todos los consumos diarios promedios para el escenario en que todas las unidades estén funcionando simultáneamente

- Factor de simultaneidad

Teniendo en cuenta que en términos de satisfacción de la demanda es poco probable que se presente un escenario en el que todas las unidades eléctricas estén en funcionamiento al mismo tiempo, es necesario aplicar un factor de simultaneidad. Este factor será 100% cuando se considera que la cantidad total de unidades eléctricas es usada en un mismo momento, 50% cuando ocurre con la mitad de estas. El valor que toma este factor depende necesariamente de una determinación subjetiva por parte de los investigadores en conjunto con los propietarios del Proyecto quienes son los que conocen a fondo la situación de funcionamiento real por lo que este valor resulta de una estimación debida a la experiencia (Ministerio de industria energía y turismo - España, 2013).

Ecuación 3 Energía consumida al aplicar el factor de simultaneidad (fs)

$$E_{consumida (fs)} = E_{consumida}$$

la mayor incidencia de energía sobre el panel, la radiación solar debe ser perpendicular a la superficie del mismo.

En una instalación fija, se determina la inclinación óptima para todo el año y con esto se recibe la potencia media anual máxima posible (Arenas & Oviedo, 2009).

En países cercanos al ecuador, las consecuencias de desviaciones de la inclinación óptima son poco importantes. (Orbegozo & Arivilca, 2010). En países tropicales se usa una inclinación fija para paneles para todo el año, dicha inclinación es igual a la latitud del sitio, aunque no debe ser menor a 10° para impedir la acumulación de polvo y agua sobre su superficie.

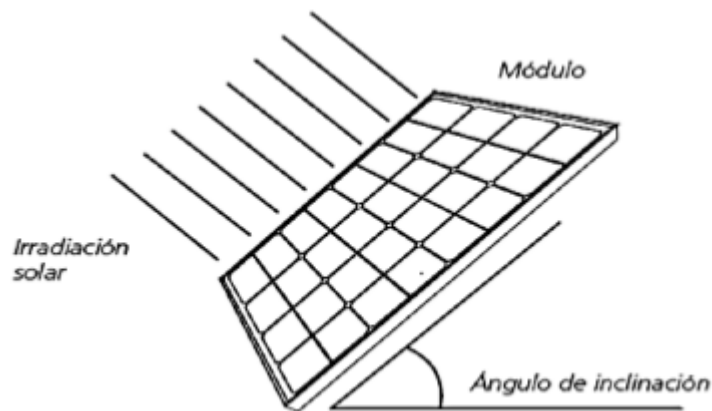


Figura 9- *Inclinación del panel solar*

Fuente: (Arenas & Oviedo, 2009)

Latitud del lugar	Ángulo de inclinación del módulo
De 0° a 15°	15°
De 15° a 25°	El mismo que la latitud
De 25° a 30°	Latitud + 5°
De 30° a 35°	Latitud + 10°
De 35° a 40°	Latitud + 15°
Más de 40°	Latitud + 20°

Tabla 1 *Inclinación del módulo en función a su latitud*

Fuente: (Arenas & Oviedo, 2009)

2.2.18. Horas solares pico

La hora sola pico es la unidad que define el tiempo en horas de una irradiancia solar hipotética y constante de 1000 W/m² (Energema, 2014)

Ecuación 4 Horas solares pico (HSP)

$$HSP () = k (kW /m^2))$$

En la cual, k es el factor de corrección de inclinación de los paneles solares y H es la radiación solar diaria.

k esta tabulado para diferentes latitudes, inclinaciones de los paneles y para cada mes del año

Latitud = 10°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.03	1.02	1.01	.99	.98	.98	.98	.99	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.05	1.04	1.01	.98	.95	.94	.95	.98	1.01	1.04	1.06	1.07
15	1.07	1.04	1	.96	.92	.91	.92	.96	1.01	1.05	1.09	1.09
20	1.08	1.04	.99	.94	.88	.86	.88	.93	.99	1.06	1.1	1.11
25	1.09	1.04	.97	.9	.84	.81	.83	.89	.98	1.06	1.11	1.11
30	1.08	1.03	.95	.87	.79	.76	.78	.85	.95	1.05	1.11	1.12
35	1.08	1.01	.92	.82	.73	.7	.73	.81	.92	1.03	1.1	1.11
40	1.06	.99	.88	.77	.67	.63	.66	.76	.88	1	1.09	1.1
45	1.04	.95	.84	.72	.61	.56	.6	.7	.84	.97	1.07	1.08
50	1.01	.92	.79	.66	.54	.49	.53	.64	.79	.94	1.04	1.06
55	.97	.88	.74	.6	.46	.41	.45	.57	.73	.89	1	1.02
60	.93	.83	.68	.53	.39	.34	.38	.5	.67	.84	.96	.99
65	.89	.78	.62	.46	.31	.26	.3	.43	.61	.79	.91	.94
70	.83	.72	.55	.39	.23	.17	.22	.35	.54	.73	.86	.89
75	.78	.66	.49	.31	.15	.11	.14	.28	.47	.66	.8	.84
80	.72	.59	.41	.24	.11	.1	.09	.2	.39	.59	.74	.77
85	.65	.52	.34	.16	.1	.09	.09	.12	.32	.52	.67	.71
90	.58	.45	.27	.11	.09	.08	.08	.08	.24	.44	.6	.64

Tabla 2 Factor de correcciones de Inclinación K para superficies Inclinadas

Fuente: Cleanergy solar, 2011

2.2.19. Factor de pérdidas

Es necesario establecer las condiciones reales de funcionamiento al momento de diseñar el sistema, por lo tanto, se deben considerar las pérdidas que influyen en la eficiencia energética de los paneles. Puede englobar tantos factores como el diseñador pueda cuantificar, con el objetivo de establecer la eficiencia de la instalación de forma más aproximada y real, se usa la siguiente expresión, la cual puede variar en el tiempo en función de los diferentes factores que envuelven la instalación. (Méndez & Cuervo, 2007).

Ecuación 5 Pérdidas del sistema

$$PR(\%) = (100 - A - P_{tum}).B.C.D. F$$

Donde:

Ecuación 6 Valor de A en el cálculo de pérdidas del sistema

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

A	Descripción
A ₁	Los paneles no operan generalmente en condiciones constantes o estándar, esta variable se refiere a la dispersión de parámetros entre los módulos. Corresponde a un rango de 10% para dispersión elevada, 5% es un valor adecuado y menores a 5% un campo solar bueno.
A ₂	Debido a la posibilidad de presencia de polvo o suciedad sobre los paneles. En este aspecto influye la proximidad a vías sin pavimentar y la polución influyente en este coeficiente. El rango sería 1% si es una zona poco afectada por polvo y suciedad, hasta 8% donde es mayor la afectación.
A ₃	Pérdidas por reflectancia angular y espectral, en este caso influye si las células tiene capas antirreflexivas presentan mayores pérdidas que las texturizadas. Rango entre 3% y 6%.
A ₄	Corresponde al factor de sombras (FS), con un rango entre 1% valor por mínima presencia de estas, y 10% por mayores repercusiones sobre la instalación.

Tabla 3 - Descripción de los valores que toma A en el cálculo de pérdidas del sistema

Fuente : Méndez & Cuervo, 2007

P_{tem}: corresponde a las pérdidas medias anuales por la temperatura que inciden en los paneles solares fotovoltaicos.

Ecuación 6 Pérdidas medias anuales por temperatura

$$P_{temp} (\%) = 100 [1 - 0,0035 \cdot (T_c - 25)]$$

Siendo T_c la temperatura de trabajo de los paneles solares:

Ecuación 7 Temperatura de trabajo de los paneles

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) \cdot (E/800)$$

Donde:

TONC: Es la temperatura de operación nominal del panel, viene dado por el fabricante.

E: es la radiación solar expresada en Wh/m², que se tomó el valor que presenta el peor escenario que fue en el mes de octubre.

T_{amb}: es la temperatura ambiente de la zona de la instalación

“La temperatura de las células se eleva por encima de la temperatura ambiente de forma proporcional a la irradiancia incidente” a partir de esto se produce una disminución de su rendimiento. La eficiencia de los módulos viene dada en condiciones estándar de funcionamiento considerando una temperatura de 25°C

B representa lo relacionado con las pérdidas por cableado de la corriente continua, correspondiente entre el panel y el inversor, incluyendo pérdidas en fusibles, conmutadores, conexiones, etc.

Ecuación 8 Pérdidas por cableado de la corriente continua

$$B = 1 - Lca(cc)$$

El valor máximo admisible de Lca(cc) es 1,5% por lo que el valor mínimo de B será de 0,985

C representa lo relacionado con las pérdidas por cableado de la corriente alterna, la cual se presenta luego del inversor.

Ecuación 9 Pérdidas por cableado de la corriente alterna

$$C = 1 - Lca(ca)$$

El valor máximo admisible de $Lca(ca)$ es 2% y un valor recomendable es el 0.5%, por lo que C valdrá entre 0,980 y 0.995.

D está relacionado con pérdidas por disponibilidad de la instalación, en caso de paro en el funcionamiento parcial o total por fallos de red, mantenimiento, entre otros.

Ecuación 10 Pérdidas por disponibilidad de la instalación

$$D = (1 - Ldisp)$$

Se recomienda un valor del 5% para $Ldisp$, por lo que D será 0,95.

E es la eficiencia del inversor, atiende a valores de rendimiento y potencia del inversor a usar.

Rango de la potencia nominal	Inversor menor de 5kW	Inversor mayor de 5kW
25%	0,85	0,90
100%	0.88	0,92

Tabla 4 – Eficiencia del Inversor

Fuente : Méndez & Cuervo, 2007

F pérdidas por no seguimiento del punto de máxima potencia (PMP), puede estar entre el 5% y el 10%, teniendo como referencia un 8%.

Ecuación 11 Pérdidas por no seguimiento del punto de máxima potencia

$$F = (1 - Lpmp)$$

2.2.20. Número de paneles

Es necesario calcular el número de paneles fotovoltaicos por balance energético necesarios para el funcionamiento del sistema

Ecuación 12 Número de paneles

$$Nt = \frac{Et(Wh)}{HPS WP PR} \text{ (Prat, 2012).}$$

Donde:

Nt = número total de paneles

Et= energía total consumida por día (W/h)

HPS= Irradiación global en plano inclinado Para la condición más desfavorable

Wp= potencia pico del panel

PR= factor de pérdidas

· **Número de Paneles en Serie y Paralelo**

Se requiere determinar la forma de conectar los paneles fotovoltaicos, de tal manera que se formen ramas con paneles en serie que no superen los valores máximos permitidos de tensión máxima y de tensión en circuito abierto a ser soportado por el inversor (Méndez & Cuervo, 2007).

INPUT PARAMETERS			
Input Voltage Range	305-600 VDC		
Maximum Array Input Voltage	550 VDC		
Maximum Operating Input Current	172 ADC		
DC INPUT COMBINER OPTIONS			
Combiner Bus Bar Inputs	6		
Number of Inputs and Fuses	4 x 80 A		
	5 x 63 A		
TRANSFORMER			
Integrated Transformer	Yes		
EFFICIENCY			
Maximum ²	95.9%	96.2%	96.4%
CEC	95.5%		
OUTPUT PARAMETERS			
Nominal Power	50 kW		
Nominal Output Voltage	208 VAC	240 VAC	480 VAC
Output Voltage Range (12%/10%)	183-229 VAC	211-264 VAC	422-526 VAC
Maximum Output Current/phase	139 A	121 A	60 A
Standby Consumptions (tare losses including control power and aux.)	75 W	94 W	76 W
Nominal Output Frequency, 3-phase	60 Hz		
Maximum Harmonic Distortion	<3% THD		
Power Factor, Full Load	>99%		
Dynamic Power Factor Control	+/- 0.8		
Power Curtailment	0-100%, 1% steps		

Tabla 5 – Especificaciones técnicas del inversor

Fuente: Ensolar, 2007

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

MODELO	UP- M315P
Potencia máxima PM (Wp)	315
Tensión a potencia máxima Vm (V)	36,5
Potencia máxima corriente Im (A)	8,56
Tensión de circuito abierto Voc (V)	46
Corriente de cortocircuito Icc (A)	8,86
Eficiencia del módulo	16,00%
Voltaje máximo del sistema	1000(IEC)/1000(UL)
tolerancia de potencia	0/+3%
Capacidad de los fusibles de la serie (A)	20A
Datos componentes mecánicos	
Vidrio frontal	Alta transparencia vidrio templado de 0125 " // 3,2mm Capas texturizadas
Caja de conexión	IP 65 o más
Diodo de paso	3 diodos
Cables salida	1,0m // IEC, UL aprobado (4mm ² , 12 AWG) (PV alambre tipo)

Tabla 6 – Ficha técnica de paneles solares fotovoltaicos policristalinos

Fuente: Upsolar, 2007

- Numero de paneles en Serie:

Ecuación 13 Número de paneles en Serie (NPS)

$$\# \text{ de paneles solares en serie} = \frac{\text{Voltaje M\u00e1ximo de Entrada al Inversor}}{\text{Voltaje del m\u00f3dulo a circuito abierto}}$$

(Dominguez, 2012).

- Voltaje de M\u00e1xima Potencia de los Paneles en Serie

Ecuaci\u00f3n 14 Voltaje de m\u00e1xima potencia de los paneles en serie

$$\text{Voltaje de MP de los paneles en serie} = \text{Tensi\u00f3n a MP} \cdot \# \text{ paneles en serie}$$

- Potencia por rama

Ecuaci\u00f3n 14 Potencia Por Rama

$$P \text{ (Kw) por Rama} = \frac{\# \text{ de paneles solares en serie} \cdot P_{\text{m\u00e1x total}}}{1000}$$

- Numero de paneles en Serie:

Ecuaci\u00f3n 15 N\u00famero de paneles en Paralelo

$$\# \text{ de paneles solares en serie} = \frac{\# \text{ de Paneles Totales}}{\# \text{ de Paneles en serie}}$$

- **Distancia entre Paneles Solares**

Para evitar que se proyecte la sombra de un panel sobre el otro, se requiere de una distancia entre ellos. Esta separaci\u00f3n debe ser tal que durante el d\u00eda m\u00e1s desfavorable del a\u00f1o, la sombra de la arista superior de una fila se proyecte como m\u00e1ximo sobre la cresta inferior.

Ecuaci\u00f3n 16 Distancia entre paneles Solares

$$d = \frac{h}{\tan(67^\circ - \text{Latitud})}$$

h es la altura del panel dada por el fabricante en la ficha t\u00e9cnica

- **Rendimiento y vida útil de los paneles solares**

La vida útil de un panel determina la cantidad de años que puede estar en correcto funcionamiento y viene determinada por su fabricante. En este caso, los paneles objeto de estudio presentan una vida útil de 25 años.

- **Mantenimiento y Limpieza del sistema**

La exposición de la superficie de los módulos al polvo seco y a la tierra puede reducir la transmisión de luz y energía. Es preciso determinar la frecuencia de limpieza de los módulos fotovoltaicos, la cual para lugares donde la lluvia se presente en suficientes cantidades, esta puede eliminar la suciedad casi tan efectivamente como la limpieza manual. (Chen, 2013).

Entre otras labores que se requieren sobre los paneles están “la verificación de los elementos de sujeción y conexión, el estado de degradación de los elementos constructivos y comprobación del estado de la red para proteger de sobretensiones” (Díaz, 2012).

2.2.21. Energía Eólica

La energía eólica es la forma de energía renovable que se obtiene al explotar la fuerza del viento. En concreto es la capacidad de un sistema para transformar la fuerza que tiene el viento en electricidad. Esta energía se explota a través de un equipo llamado aerogeneradores, compuesto en síntesis por una turbina eólica situada en la parte superior de una torre de soporte y un generador eléctrico, cuyo principio de funcionamiento es el mismo que el de los antiguos molinos de viento.

2.2.22. Palas Aerogeneradoras

Una Pala aerogeneradora es un dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Las palas de un aerogenerador giran entre 13 y 20 revoluciones por minuto, según su tecnología, a una velocidad constante o bien a velocidad variable, donde la velocidad del rotor varía en función de la velocidad del viento para alcanzar una mayor eficiencia.

2.2.23. Sistema Aerogenerador

Toda masa o cuerpo en movimiento posee energía cinética. En el caso de la generación de energía eólica, dicha energía cinética se frena a su paso a través del aerogenerador cediendo parte de la misma. El proceso de extracción se realiza gracias al rotor, que transforma la energía cinética en energía mecánica y al generador, que transforma dicha energía mecánica en eléctrica. Un dato importante: de todo el viento que atraviesa el aerogenerador se calcula que se aprovecha tan sólo el 40 o 45%.

Las palas están conectadas a este generador o rotor, a su vez conectado a un "eje" (colocado en el polo), que envía la energía de rotación al generador eléctrico colocado en la base de la estructura. Este generador utiliza algunos imanes y propiedades de inducción electromagnética para producir un voltaje eléctrico (es decir, una diferencia en la carga eléctrica) y, por lo tanto, energía eléctrica.

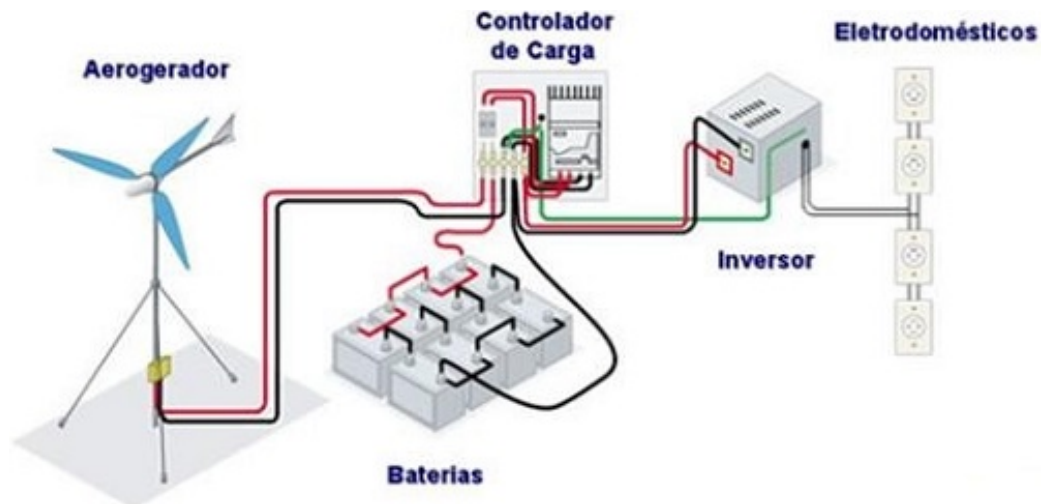


Figura 9 - La energía eólica como suministro eléctrico propio.

Fuente: (Raúl Prieto Moreno, Julio 2012)

2.2.24. Batería

El inconveniente que siempre han tenido las energías renovables, y en particular a la energía eólica, es su alta variabilidad y la dificultad para

su almacenamiento. Esta afirmación es cada vez menos cierta, debido al rápido desarrollo en los últimos años del almacenamiento de energía eólica, principalmente basado en baterías electroquímicas.

Las baterías almacenan la energía eléctrica en forma de energía química. El proyecto de mayores dimensiones que combina la generación eléctrica a partir de la energía eólica y el almacenamiento energético a base de baterías se encuentra en el parque eólico de Rokkasho en Japón, con una potencia instalada de 51 MW y una capacidad de almacenamiento de 34 MW, basado en baterías de sulfuro de sodio (NaS).

2.2.25. Controlador de Carga

La regulación y el control son imprescindibles en una instalación eólica; la corriente alterna trifásica producida por el aerogenerador se rectifica para obtener corriente continua y de este modo poderla almacenar en los acumuladores. además de controlar la energía suministrada para que en ningún momento se sobrecargue, protegiendo así al acumulador al resto del equipo y a la instalación.

2.2.26. Inversor

Es un aparato para energía eólica que transforma la corriente continua de una instalación eólica pequeña en corriente alterna y la inyecta a la red pública, a la doméstica o la aislada.

2.2.27. Aplicaciones de la Energía Eólica

Las aplicaciones de la energía eólica se pueden clasificar, según su ámbito, como aplicaciones centralizadas, caracterizadas por la producción de energía eléctrica en cantidades relativamente importantes, vertidas directamente a la red de distribución, o aplicaciones autónomas, dentro de las que cabe distinguir el uso directo de la energía mecánica o su conversión en energía térmica o eléctrica.

2.2.30. Estimación de la energía producida por un aerogenerador

Un método para hacer este cálculo, a partir de conocer la distribución de frecuencias del viento y la curva de potencia del aerogenerador. Un procedimiento más sencillo, y que puede emplearse cuando no se tienen esos dos elementos, es el conocido como el «método del área de barrido». Este es un método con el cual, con rapidez, se puede calcular la energía anual producida (EAP) por un aerogenerador. Es empleado en los pequeños aerogeneradores, en los que la potencia no sobrepasa los 10 kW. Este método requiere de tres pasos:

1. Determinar la densidad de potencia (P/A) en watt por metro cuadrado del área de barrido del rotor (W/m^2), en el sitio y a la altura del eje del aerogenerador que se prevé instalar.
2. Calcular el área de barrido (A) del rotor del aerogenerador en metros cuadrados (m^2).
3. Asumir un valor adecuado del rendimiento total del sistema eólico (adimensional). Este rendimiento, o eficiencia total, incluye la eficiencia del rotor, la de la transmisión mecánica (en caso de que exista) y la del generador; es decir, no incluye el rendimiento de las baterías, el regulador y el inversor, en caso de que sea un sistema aislado.

De esta forma, la energía anual producida (EAP) en kWh/año, se determina por la fórmula siguiente:

$$EAP = \text{Densidad de potencia (P/A)} \times \text{Área de barrido (A)} \times (\text{rendimiento total}) \times (8\,760 \text{ h/año}) / (1000 \text{ W/kW})$$

- Densidad de potencia (P/A)

Resulta muy costoso llevar a cabo mediciones detalladas en un sitio, pero existen diversas técnicas que pueden emplearse para obtener una estimación de las características del viento en el sitio. Esas técnicas no dan mayor precisión que las

mediciones a largo plazo; no obstante, pueden dar una indicación de la potencia eólica en un sitio.

Una de esas técnicas tiene lugar cuando se posee un mapa eólico de la región de estudio. Los mapas eólicos suministran los valores de la densidad de potencia, generalmente por regiones o áreas determinadas, por lo que pueden emplearse dichos valores para calcular la energía anual producida por un aerogenerador.

También se pueden emplear las mediciones realizadas en sitios cercanos. Esas mediciones se pueden extrapolar teniendo en cuenta las diferencias topográficas y paisajísticas del sitio de medición y el sitio de emplazamiento. Esto se puede realizar con programas computacionales profesionales que realizan la extrapolación, o mediante fórmulas aproximadas.

Cuando no es posible aplicar alguna de las técnicas anteriores, otra forma de calcular la densidad de potencia es usando la velocidad media del viento, y un adecuado factor de energía, o factor cúbico (FC). Lo anterior se expresa de la manera siguiente:

Ecuación 18 Densidad de potencia

$$P/A = \frac{1}{2} \times (\text{densidad del aire}) \times (\text{FC}) \times V^3$$

Donde

V: es la velocidad media anual en el sitio seleccionado.

El factor cúbico depende de la distribución de frecuencias de velocidades en el sitio escogido. Teniendo en cuenta que la distribución de Rayleigh es una de las más frecuentes, se asume que la distribución de frecuencias en el sitio es una distribución de Rayleigh, para la cual el factor cúbico es $FC = 1,91$. Cuando se han realizado mediciones y se conoce la distribución de frecuencia de velocidades, el factor cúbico a emplear es el correspondiente a esa distribución de frecuencias.

- Área de barrido del rotor (A)

El área de barrido de un rotor, es el área del círculo desarrollado por dicho rotor.

Ecuación 19 Densidad de potencia

$$A = R^2$$

Donde:

R es el radio del rotor cuando se trata de un rotor de eje horizontal. Cuando se trata un rotor vertical Darrieus, el área de barrido es, aproximadamente, el de una elipse.

2.3. Definición de Términos

A continuación, se definen los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado.

Aerogenerador: Un aerogenerador es un generador eléctrico que funciona convirtiendo la energía cinética del viento en energía mecánica a través de una hélice y en energía eléctrica gracias a un alternador (generador de corriente eléctrica alterna). Sus precedentes directos son los molinos de viento que se emplean para la extracción de agua de pozos. En este caso, la energía eólica (en realidad la energía cinética del aire en movimiento) proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

Celdas Fotovoltaicas: Los paneles o módulos fotovoltaicos llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca además otros dispositivos están formados por un conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos mediante el efecto fotoeléctrico.

Energía: El término energía tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, surgir, transformar o poner en movimiento.

Energía Eléctrica: Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por

medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

Energía Eólica: La energía eólica es la energía obtenida a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las turbinas de aire, y que es convertida en electricidad u otras formas útiles de energía para las actividades humanas.

Energía Renovable: Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Energía Solar: La energía solar es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando. Hoy en día, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de diversos captadores como células fotoeléctricas, heliostatos o colectores solares, pudiendo transformarse en energía o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que podrían ayudar a resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico consta de los mecanismos empleados para análisis de problemática de investigación y es el resultado de la aplicación, sistemática y lógica, en ese se busca analizar y describir a fondo el problema planteado, mediante los procedimientos específicos que incumbe las técnicas de observación y recolección de datos, determinado el cómo se realiza el estudio. Según Galán (2011), es el "cómo se realizará el estudio para responder al problema planteado" (p. 1). En este capítulo se presenta la metodología que consentirá desarrollar el presente Trabajo Especial de Grado. Se describen aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo el estudio al analizar los sistemas coeficientes para el abastecimiento de energía en las edificaciones del Proyecto Integrado en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello Estado Carabobo.

3.1. Tipo de investigación

Por la naturaleza del tema seleccionado, el tipo de investigación a utilizar es documental, de acuerdo con Galán (ob. cit) "es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos" (p. 1). Es parte esencial de un proceso de investigación científica, constituyéndose en una estrategia donde se observa y reflexiona sistemáticamente sobre realidades teóricas usando para ello diferentes documentos. Se puede decir que la investigación documental comprende y profundiza en el tema, a través, de todo tipo de documentación, siendo así, basada en la recopilación y selección de información mediante la lectura de documentos y materiales bibliográficos, de esta manera, el

Investigador está garantizándose la posibilidad de informarse objetivamente con respecto a la entidad que comenzara a estudiar.

3.2. Diseño de la investigación

Según Fidiás G. Arias (1999), define el diseño de la investigación como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado”.

Así mismo Fidiás G. Arias (2004); la investigación documental se ha establecido que “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”

De tal manera que el diseño del presente trabajo es de tipo documental, puesto que se basa en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos logrados y registrados por otros investigadores en fuentes documentales impresas, audiovisuales o electrónicas, con el fin de nuevos aportes en conocimientos.

3.3. Nivel de la investigación

Tamayo y Tamayo (2001) subraya que “este lleva implícito una estructura a seguir en la investigación, sobre la cual se ha de ejercer los controles necesarios a fin de encontrar resultados confiables y determinar así mismo su relación con las interrogantes surgidas de los supuestos e hipótesis y del problema”.

Claro está que, al hablar concretamente de la investigación descriptiva, el hecho de describir, en términos metodológicos trata en indicar todas las características del fenómeno que se estudia, por cuanto implica por parte de los investigadores en este caso, la capacidad y disposición de valorar y exponer, en forma detallada, las características del objeto de estudio, ya que evidencia el nivel cognitivo y operativo de conceptos y categorías relacionadas con el tema.

3.4. Población y muestra

Población

Según Tamayo, T. y Tamayo, M. (1997), “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.”

(p.114). De acuerdo a lo expresado anteriormente, se tiene que la población a estudiar es la del Municipio de Puerto Cabello, Edo. Carabobo, específicamente la referente a la Parroquia Juan José Flores, con base en el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (I.N.E.) en el año 2011, se arroja para dicho año, una densidad poblacional de 4.800 habitantes. Sin embargo, como parte de las propuestas urbanas realizadas tanto en Borburata – Patananemo, Las Salinas y lo correspondiente a los sectores de Vista Mar, Santa Lucia, Los Lanceros, El Palito y El Carmen. La población sería aproximadamente de 65.000 – 80.000 habitantes para el periodo 2020 – 2050. En función de poder calcular la población futura del área a intervenir, se planteó la siguiente fórmula:

$$POB = POBc + (Ka \times n\# \text{ años})$$

$$Ka = \frac{d(POB)}{Dt}$$

Dónde:

POB: Población en tiempo particular

POBc: Población conocida

n# años: Estimación de la población

Ka: Tasa de cambio de la población

D: Diferencial

D(POB): Diferencial de la población

Dt: Diferencial de tiempo

De esta forma, se obtiene que:

$$Ka = \frac{70.000-69.500}{10} = 50 \text{ hab/año}$$

$$POB = 70.000 \text{ hab} + (50 \text{ hab/año} \times 12 \text{ años})$$

$$POB = 70.600 \text{ Hab para el año 2060}$$

Muestra

De acuerdo al autor Balestrini (2006). “Una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben reproducirse en ella, lo más exactamente posible” (p.142). De esta manera, el autor expresa que cada grupo de elementos seleccionados como muestra deben poseer características comunes y similares con respecto a la población estudiada, la cual determina una conclusión tras un estudio. Con base en esto, se puede decir que: la muestra es una parte de la población a examinar, en este caso la urbanización Vista Mar de la Parroquia Juan José Flores, Municipio Puerto Cabello, Edo. Carabobo. Siendo esta la que presentaría los mayores efectos de la instauración de un estadio de carácter nacional. Cabe mencionar que todo estudio que se realice mediante muestras, está sujeto a un margen de error, el cual puede ser controlado y reducido. Para determinar el tamaño de la muestra a utilizar en el presente trabajo, se empleó una formula donde los datos, son factores ya conocidos. Y de esta manera se determinó el cálculo para poblaciones finitas, en tal sentido según Trillo (1994), la fórmula es la siguiente:

Dónde:

n= Tamaño de la muestra

N= Número total de sujetos en el universo (tomando en cuenta la población aproximada de la Urbanización Vista Mar de Puerto Cabello)

P= Precisión (error máximo emitido entre parámetro y estadístico)

Sustituyendo los valores se obtiene que:

Seguido a esto, Palella y Martins (2006), definen que “una vez conocidos los valores de la población, se determina el tamaño de la muestra mediante diversos criterios estadísticos. Uno de ellos es el denominado formula n” (p.118). Y de esta manera, dicha fórmula arroja una cantidad de 400 personas, las cuales representan una parte de la población de estudio, pertenecientes a la urbanización Vista Mar, Parroquia Juan José Flores, del Municipio Puerto Cabello, donde fueron estudiados, y posteriormente, a través de los instrumentos de recolección de datos se obtuvo la información necesaria para luego detectar las distintas problemáticas a resolver de acuerdo a los criterios de la muestra.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Anteriormente definido el diseño, el tipo de investigación y seleccionada la muestra, en la siguiente etapa se dará respuestas a las interrogantes y se explicará de forma precisa cada fundamento pendiente sobre variables involucradas en la problemática, esto implica seleccionar las técnicas que se utilizaran para la recolección datos.

Las técnicas de recolección de datos, según Arias (2011), “son las distintas formas o maneras de obtener la información” (p. 45). Son ejemplos de técnicas documentales la observación documental, análisis documental, las cuales permiten indagar, interpretar, presentar datos e informaciones sobre un tema determinado de cualquier ciencia, utilizando para ello, una metódica de análisis, teniendo como finalidad obtener resultados que pudiesen ser base para el desarrollo de la creación científica. Las técnicas a utilizar son:

Observación documental: para Arias (ob. cit) “es una técnica que permite la recopilación de información para enunciar las teorías que sustentan el estudio de los fenómenos y procesos” (p. 46), incluye el uso de instrumentos definidos según la fuente documental a que hace referencia.

Observación Directa: La observación es un sistema sumamente valido de investigación, la cual se usa y se seguirá usando, es seguro y este lleva y conduce a la conducta que se manifiesta según Tamayo y Tamayo (2001), reafirma que el cuestionario constituye una forma concreta de la técnica de observación. “Contiene los aspectos del fenómeno que se consideran esenciales, permite, además, aislar ciertos problemas que nos interesan principalmente; reduce la realidad a cierto número de datos esenciales y precisa el objeto de estudio”. (p.253)

Análisis documental: de acuerdo con Arias (ob.cit), se basa en la “realización de una exploración de documentos para el acopio de la información necesaria y que, según el criterio establecido de indagación pudiera servir para el desarrollo de la investigación y en consecuencia para el logro de los objetivos planteados” (p. 47). De tal manera se estudiaron una serie de documentos que admitieron extraer ideas y comentarios de los distintos autores e instituciones que manejan el tema sobre el análisis del concreto convencional con el concreto con arcillas expansivas en la construcción.

Paráfrasis: quién según Flores (2012), “consiste en reproducir la idea de un autor expresándola con otras palabras” (p. 4). En este trabajo la paráfrasis se empleó para diferenciar y comparar las ideas del autor citado con respecto a las opiniones interpretativas de los investigadores.

El fichaje: según Flores (ob. cit), “es una técnica utilizada por los investigadores, para recoger y almacenar información” (p. 4), es decir, para tomar nota de libros o medios impresos y digitales sobre aspectos significativos relacionados con la comparación de sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía en las Edificaciones del Proyecto Integrado en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.

Subrayado: para Arias (ob.cit), “es identificar las ideas esenciales de un texto, es el primer paso para poder crear resúmenes y esquemas que más adelante permiten entender y memorizar el tema en cuestión” (p. 56). Para este trabajo de investigación se tomó en consideración los siguientes pasos para emplear el subrayado: Subrayar

los libros adquiridos por los investigadores, subrayar ideas, hechos y conceptos planteados por autores para poseer una mayor comprensión de las ideas primarias y secundarias.

Los instrumentos de recolección de información para una investigación documental, según Arias (ob. cit) “son los medios materiales que se utilizan para almacenar y recopilar la información” (p. 49). Ejemplo: citas o fuentes de información, subrayado.

Meta-análisis: es un procedimiento de revisión sistemática, el cual permite ejecutar una evaluación y combina estadísticamente los resultados de investigaciones previas sobre el mismo tema.

3.6. Fases de la investigación

Para llevar a cabo la investigación, se efectuó con cuatro fases metodológicas, de acuerdo con los objetivos específicos planteados:

Fase I: Recopilar información sobre los diferentes sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía

En la fase de recopilación se llevó a cabo la búsqueda de la información que se analizó posteriormente. Para la selección de la misma se tomó en cuenta estudios de implementación de sistema de energía alternativas como los eólicos y solar.

Fase II: Describir como implantar estos sistemas de energía alternativa para el abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.

En la realización de la fase dos una vez obtenida la información necesaria, se realizó una descripción de como implantar los sistemas de energía alternativas (Eólico y solar). Con esta información se estableció los factores y variables que le darán validez de contenido al trabajo de investigación.

Fase III Analizar detalladamente el comportamiento de los sistemas ecoeficientes de abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.

Se realizó un análisis del comportamiento de los sistemas ecoeficientes energía alternativas solar y eólica en las edificaciones en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo y estudiar si cumple el abastecimiento energético.

Fase IV: Comparar resultados de los sistemas ecoeficientes y el sistema de abastecimiento convencional.

Se elaboró un análisis comparativo del comportamiento de los sistemas ecoeficientes de abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo con el sistema convencional para asimismo elegir el sistema más adecuado ambientalmente para el abastecimiento energético en este sector

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Este capítulo se enfocó en desarrollar cada uno de los objetivos planteados dentro de la investigación, dirigida al análisis comparativo de sistemas ecoeficientes para el abastecimiento de energía en las edificaciones del proyecto integrado del sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo. Con la información recopilada, se llevó a cabo un estudio de la implantación de sistemas ecoeficientes para el abastecimiento de energía, específicamente energía Solar y energía eólica, así mismo se realizaron una serie de recomendaciones que puedan ser tomadas en cuenta para posteriores investigaciones.

4.1. Recopilar información sobre los diferentes sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía.

La instalación de los sistemas ecoeficientes consiste en el establecimiento de las energías renovables, la descripción de estos sistemas o instalaciones pueden llevar a conseguir la máxima eficiencia, el menor consumo y la reducción de emisiones, sobre todo en aquellos edificios existentes que, durante muchos años, se han construido sin ningún criterio de sostenibilidad.

- **Energía Solar:**

La energía solar fotovoltaica tiene como aplicación principal la generación de energía eléctrica a partir de la energía del sol empleando para ello unos paneles con elementos semiconductores, normalmente células de silicio, esta instalación se compone de un captador, un regulador, unas baterías de almacenamiento de energía, así como de un inversor. Existen dos tipos de instalaciones las aisladas que almacenan la energía en baterías para autoconsumo y los sistemas conectados a la red en la que la energía se suministra a la red eléctrica.

- Energía Eólica

Una instalación de energía eólica está formada básicamente por un molino o un rotor con varias aspas que al girar por la acción del viento pone en marcha un generador eléctrico, el cual se suele sujetar a un mástil. La principal ventaja de esta energía es que al ser renovable es inagotable, no contamina.

Se deberá tener en cuenta la gran importancia de la ubicación del edificio y de las características del lugar que la rodean, de manera que a rasgos generales será más viable cuanto mayor sea la intensidad del viento, dependiendo de la altitud, ya que a mayor altitud mayor velocidad, y también del terreno, con mayor velocidad en llanuras o zonas próximas al mar. Por tanto, se darán mejores condiciones en edificaciones o construcciones aisladas, que estén próximas al mar, en zonas altas y cuando no existan gran cantidad de obstáculos en las proximidades que frenen al viento

- Clima Puerto Cabello

En Puerto Cabello, los veranos son cortos, muy caliente y nublados; los inviernos son cortos, caliente, secos y parcialmente. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 24 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 35 °C.

- Temperatura

La temporada calurosa dura 2,4 meses, del 8 de septiembre al 19 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 33 °C. El día más caluroso del año es el 26 de octubre, con una temperatura máxima promedio de 33 °C y una temperatura mínima promedio de 25 °C.

La temporada fresca dura 2,4 meses, del 5 de enero al 17 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. El día más frío del año es el 13 de enero, con una temperatura mínima promedio de 24 °C y máxima promedio de 32 °C.

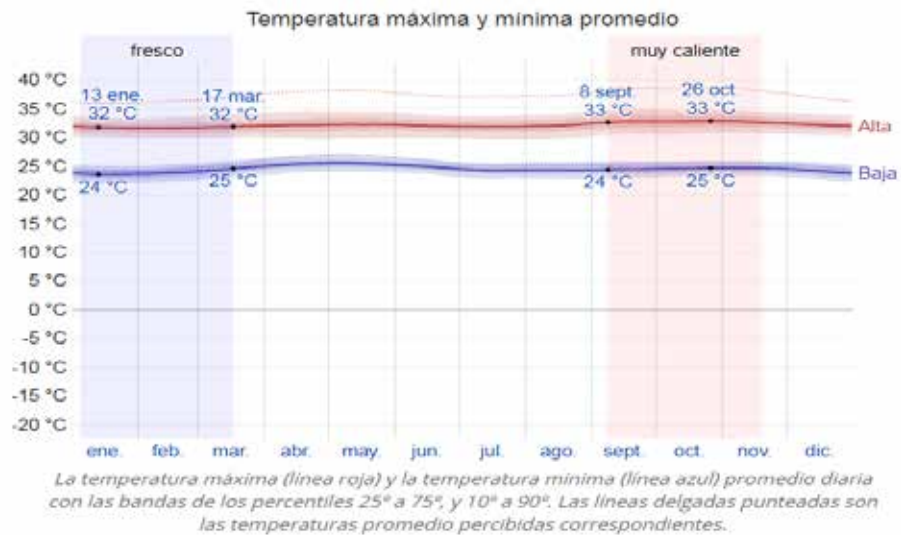


Figura 10: Gráfico de temperatura media anual en Puerto Cabello.

Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/27396/Clima-promedio-en-Puerto-Cabello-Venezuela-durante-todo-el-año>

La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

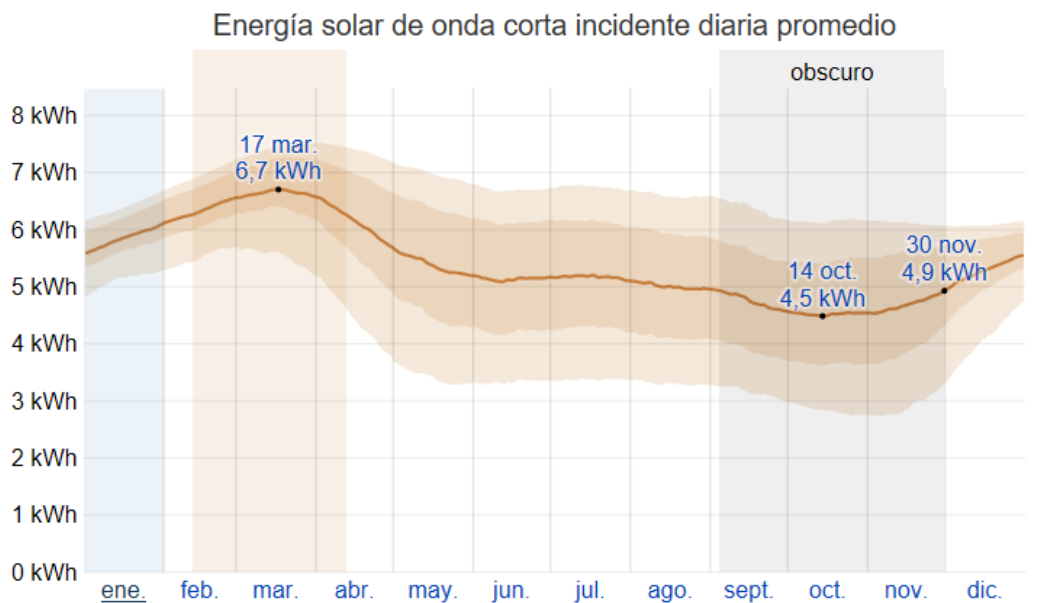


Figura 11: Gráfico de temperatura promedio por hora en Puerto Cabello.

Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/27396/Clima-promedio-en-Puerto-Cabello-Venezuela-durante-todo-el-año>

- El Sol

La duración del día en Puerto Cabello no varía considerablemente durante el año, solamente varía 44 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2019, el día más corto es el 22 de diciembre, con 11 horas y 31 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 12 horas y 44 minutos de luz natural.



La energía solar de onda corta promedio diaria que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25° a 75° y 10° a 90°.

Figura 12: Gráfico de energía solar de onda promedio diaria en Puerto Cabello.

Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/27396/Clima-promedio-en-Puerto-Cabello-Venezuela-durante-todo-el-año>

- El Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Puerto Cabello tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 4,7 meses, del 3 de diciembre al 24 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 8,9 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 27 de febrero, con una velocidad promedio del viento de 12,0 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 7,4 meses, del 24 de abril al 3 de diciembre. El día más calmado del año es el 4 de octubre, con una velocidad promedio del viento de 5,9 kilómetros por hora.

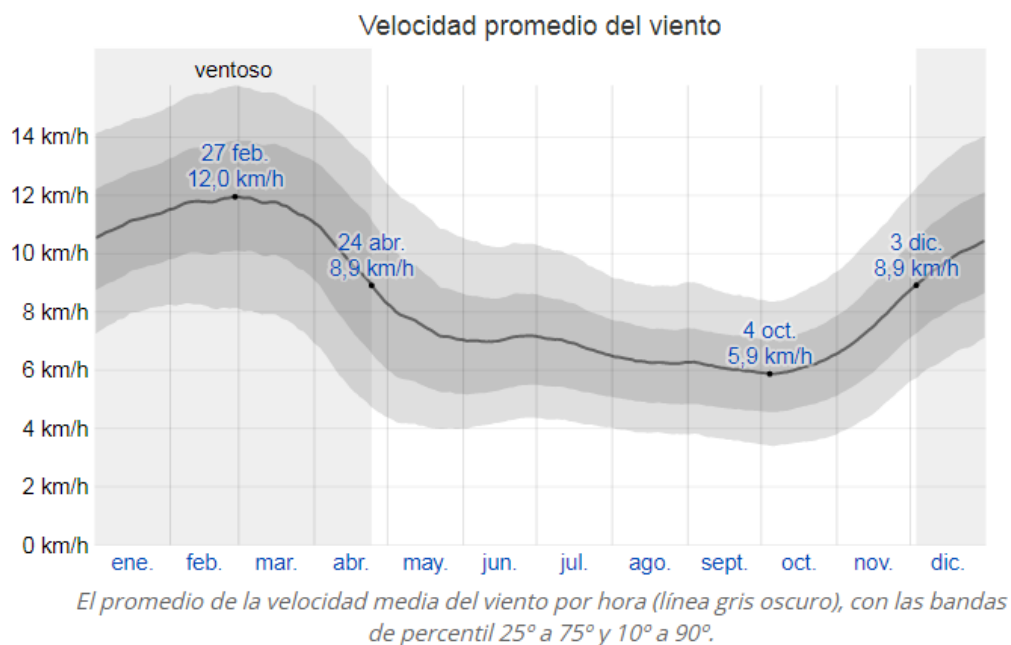


Figura 13: Gráfico de Velocidad promedio del viento en Puerto Cabello.

Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/27396/Clima-promedio-en-Puerto-Cabello-Venezuela-durante-todo-el-año>

La dirección predominante promedio por hora del viento en Puerto Cabello varía durante el año. El viento con más frecuencia viene del norte durante 2,6 meses, del 2 de febrero al 19 de abril, con un porcentaje máximo del 60 % en 20 de marzo.

El viento con más frecuencia viene del este durante 9,4 meses, del 19 de abril al 2 de febrero, con un porcentaje máximo del 53 % en 1 de enero.

4.2. Describir como implantar estos sistemas de energía alternativa para el abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.

La instalación de los sistemas ecoeficientes consiste en el establecimiento de las energías renovables, la descripción de estos sistemas o instalaciones que, junto con la mejora del sistema pueden llevar a conseguir la máxima eficiencia, el menor consumo y la reducción de emisiones. La generación de electricidad solar y la eólica pueden implantarse paralelamente al resto de instalaciones eficientes. Las Edificaciones que integran el Proyecto en el sector de estudio son:

· **Estadio de Fútbol Nacional**

Estadio de Fútbol de carácter nacional para beneficiar al Municipio Puerto Cabello que a su vez satisfaga los distintos parámetros planteados previamente por la FIFA y por la UEFA, dicho proyecto beneficiará el sector desde el punto de vista deportivo, social, y económico, y generará un punto de encuentro para la comunidad, donde se integra armónicamente lo urbano con lo natural y viceversa. A su vez, el estadio funcionará como un Centro Comercial de alta gama correspondiente a la Urbanización Vista Mar del Municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo, los cuales fomenten la asistencia al recinto durante todos los días de las semanas, sacando un provecho constante y al mismo tiempo justificar su construcción, especialmente durante las fechas de los distintos partidos a nivel de la FVF, CONMEBOL Y FIFA.

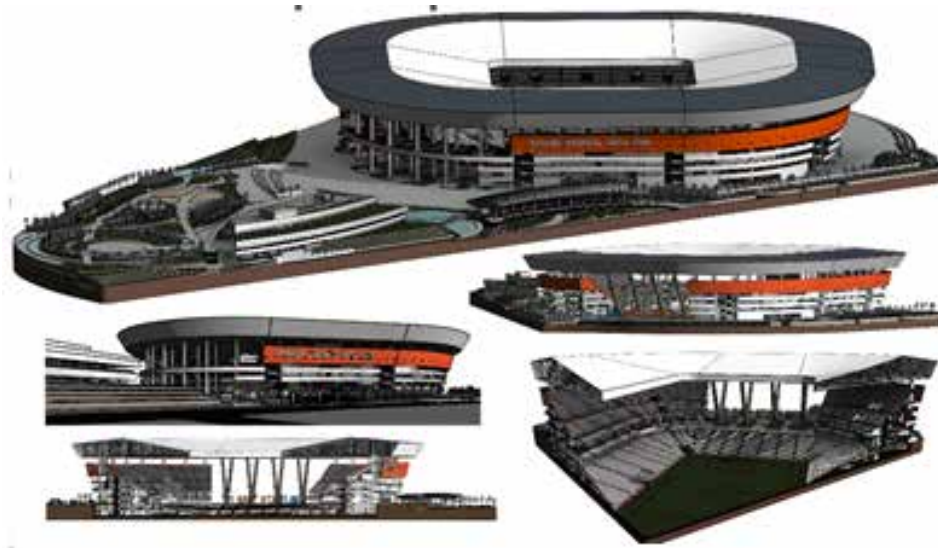


Figura 14: Estadio Nacional de Fútbol de Puerto Cabello. Estado Carabobo

Fuente: Gómez Miguel (2018)

- **Edificación Centro Asistencial de Rehabilitación y Capacitación en Terapia Física**

Centro Asistencial de Rehabilitación y Capacitación en Terapia Física, implantado en la Propuesta de Reordenamiento Urbano del sector Vista Mar, municipio Puerto Cabello, estado Carabobo; formando parte de un conjunto de zonas dedicadas al deporte en el sector, siendo un elemento de transición entre lo asistencial y lo deportivo, creando así un equilibrio dentro de la trama urbana planteada, siendo un espacio totalmente balanceado entre llenos y vacíos, entre espacios abiertos y cerrados.



Figura 15: Edificación Centro Asistencial de Rehabilitación y Capacitación en Terapia Física de Puerto Cabello. Estado Carabobo **Fuente:** Lander Oriana (2018)

- **Complejo multideportivo vertical especializado en arena y tenis**

Complejo multideportivo especializado para la práctica de diferentes deportes en arena y tenis, dicho proyecto beneficiará el sector desde el punto de vista deportivo, social, y económico, y generará un punto de encuentro para la comunidad. A su vez el complejo deportivo tendrá locales comerciales, guarderías, áreas de lounge servicios y sanitario, área destinada para la educación deportiva en la parte teórica, con salones de clases y biblioteca, así como área de enfermería, rehabilitación inmediata, saunas, áreas de masajes, jacuzzi s y gimnasio, todas las anteriores cuentan con sus áreas de servicio necesaria.



Figura 16: Complejo multideportivo vertical especializado en arena y tenis de Puerto Cabello. Estado Carabobo **Fuente:** Windevoxhel Stephanie (2018)

Para determinar la viabilidad de la instalación del sistema solar fotovoltaico y eólico en las edificaciones se plantearon y analizaron las siguientes condiciones:

- Ubicación del Proyecto

La propuesta urbana se encuentra ubicada al sur del continente americano, específicamente en Venezuela, país ubicado al norte de América del Sur, el cual limita con el Mar Caribe en su frontera Norte, al Sur con Brasil, al Oeste con Colombia y al Este con Guyana. Así mismo la propuesta se encuentra en el estado Carabobo, Municipio Puerto Cabello, Parroquia Juan José Flores, Urbanización Vista Mar. Este municipio halla en sus inmediaciones el puerto marítimo más importante y de mayor valor económico del país.

- Localización del Proyecto

La urbanización Vista Mar se localiza al Oeste de la parroquia Juan José Flores de Puerto Cabello, a una distancia de 52.6 km de la ciudad de Valencia

(Capital del estado Carabobo) y a 206 km de Caracas (Capital de Venezuela). Se encuentra delimitada al Norte y al Oeste por el Mar Caribe al este por el Aeropuerto General Bartolomé Salom y al sur por la Av. Bartolomé Salom (arterial de mayor importancia para todo el municipio).

- Diagnóstico de condiciones meteorológicas

Para poder realizar el dimensionado del sistema solar fotovoltaico y eólico se requiere contar con información base del recurso solar y de viento disponible en la zona de estudio, medida correspondiente a radiación solar global sobre superficie horizontal con unidades de kWh/m² y de las velocidades del viento medida en km/h.

El clima del sector es Tropical Monzónico de acuerdo a la clasificación descrita por Koppen, donde se presenta una temperatura promedio anual de 28.6 °C, esta mitigada por los vientos alisios provenientes del Mar Caribe durante el día, y aquellos que van desde el Parque Nacional San Esteban hacia el Mar Caribe durante la noche. Además, la región presenta un periodo de lluvias cortas durante los meses de Mayo a Noviembre teniendo su mayor pico durante el mes de Agosto. Las coordenadas del Proyecto Integrado son:

- Diagnóstico de condiciones financieras

El diagnóstico de las condiciones financieras se tomó en base a la cantidad promedio de dinero que a través de un periodo determinado de tiempo se pagan a las empresas encargadas de prestar el servicio de suministro de energía en Latinoamérica, con respecto a la cantidad promedio de dinero que se tendría que invertir para la implantación de los sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía.

- Diagnóstico de condiciones energéticas

Para soportar el diagnóstico energético se consideraron aspectos de tipo operativo en el que se incluyó un inventario de los equipos que demandan un consumo energético dentro de las edificaciones con el fin de obtener la carga instalada. Dentro de las características que se verificaron para cada equipo se encuentran la potencia, la cantidad de unidades y el tiempo aproximado de uso diario. La estimación correcta de la energía consumida es una tarea que no resulta fácil en el sentido de que intervienen una cantidad de factores que afectan dicho consumo final de la electricidad como lo es la cantidad de personas que se encuentren dentro de las instalaciones en un momento determinado del tiempo, la composición y los hábitos de los usuarios permanentes y temporales. De esta forma, Se hizo un análisis detallado, con objeto de estimar apropiadamente el tiempo de funcionamiento que se le da a cada equipo durante el día. Por último, se aplicó un factor de simultaneidad sobre el consumo total obtenido con el fin de dimensionar el sistema solar fotovoltaico y eólico en condiciones más reales de funcionamiento de las actividades de las edificaciones del proyecto integrado.

- Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico y eólico conectado a la red

El dimensionado de los sistemas ecoeficientes se refiere al cálculo de los elementos necesarios de la instalación y sus parámetros. Existen diversos métodos para calcular este dimensionamiento de los sistemas que requiere un número elevado de datos correspondientes a radiación solar y velocidades del viento para su aplicación, factor que limita su uso pues esta especificidad en los datos no se encuentra disponible en los puntos específicos de estudio. Por esta razón se escogieron el “método del peor mes” para el sistema de abastecimiento por energía solar y el “método del área de barrido” para el sistema de abastecimiento por energía eólica.

El sistema solar se dimensiona con el propósito de que pueda trabajar en el mes en el que el recurso solar sea más desfavorables de modo que en los meses restantes

su funcionamiento está asegurado; entre los cálculos y consideraciones necesarias para obtener el dimensionado del sistema solar se encuentra la orientación e inclinación de los módulos, las horas solares pico, el factor de pérdidas del sistema, el número de módulos necesarios, la conexión de la instalación y el área necesaria que se debe destinar para la energía solar.

El sistema eólico se dimensiona, a partir de conocer la distribución de frecuencias del viento y la curva de potencia del aerogenerador, con el cual, con rapidez, se puede calcular la energía anual producida (EAP) por un aerogenerador. Es empleado en los pequeños aerogeneradores, en los que la potencia no sobrepasa los 10 kW.

· **Evaluación de los beneficios ambientales**

Como método para evaluar los beneficios ambientales de implementar un sistema solar fotovoltaico y un sistema eólico se utilizó la revisión bibliográfica la cual implica acoplar información sobre los impactos típicos de los proyectos de interés. Para el caso de estudio se tuvo en cuenta que en Venezuela las centrales hidroeléctricas tienen el porcentaje más alto de participación dentro del Sistema Interconectado Nacional como fuente de generación de energía, con el propósito de realizar una comparación basada en las ventajas que posee la energía solar fotovoltaica y energía eólica que las hacen idónea para ser competencia y/o complemento del uso de energía hidráulica.

Adicionalmente, se utilizó la metodología de cálculo de emisión de gases de efecto invernadero del Sistema Interconectado Nacional dado como toneladas de CO₂ por Megavatio hora producidas, con el fin de determinar la reducción de estas emisiones por tratarse de un proyecto de mecanismo de desarrollo limpio (MDL) como lo es la energía solar fotovoltaica y sistema eólico.

4.3. Analizar detalladamente el comportamiento de los sistemas ecoeficientes de abastecimiento de las edificaciones, en el Sector Vista Mar, Puerto Cabello. Estado Carabobo.

· Sistema de Abastecimiento por Energía Solar

Estadio De Fútbol Nacional

- Diagnóstico de condiciones energéticas

Para la estimación de la energía consumida en el estadio sólo se tomó como referencia la energía necesaria para la práctica de un partido de fútbol en el mismo, para lograr el funcionamiento de lo que tiene ver con la iluminación, marcadores y anuncios; cocinas, catering y refrigeración, refrigeración ambiental, equipo de radiodifusión y otros.

Cabe señalar que la FIFA, en su estricta normativa de iluminación, obliga a los estadios profesionales a usar un tipo de halógenos que consume entre 30% y 70% de electricidad más que iluminación LED. La información suministrada por selecta estima que un estadio medio consume hasta 12.500 KWh durante un partido en un estadio con una capacidad de 40.000 Espectadores. Distribuidos de la siguiente manera; 38% en iluminación marcadores y anuncios; 7% cocinas, catering y refrigeración; 23% Refrigeración ambiental; 21% Equipo de Radiodifusión, 11% Otros.

Consumo diario Promedio = 12.500 KWh por día

La sumatoria de consumos de energía alcanza un valor aproximado de (12.500 kWh por día), a este valor se debe aplica el factor de simultaneidad explicado anteriormente. Para este estudio se tuvo en cuenta un factor del 60%, lo cual nos indica que el 60% de consumo total diario considerado estará funcionando de manera simultánea, esto en razón de no sobredimensionar el sistema.

Energía total consumida según factor de simultaneidad:

*Etotal consumida = 12.500 * 60% = 7.500 KWh por día*

La energía total consumida por día corresponde a una de las bases sobre la cual se dimensiona el sistema solar.

- Producción de energía esperada del sistema solar fotovoltaico

Teniendo en cuenta una vida útil del sistema de 25 años, la producción de energía esperada durante dicho periodo corresponde a Generación esperada

$$\text{Generación Esperada} = E_{\text{total consumida por día}} * 365 \text{ día} * 25 \text{ años}$$

$$\text{Generación Esperada} = 7.500 \text{ Kwh} * 365 \text{ día} * 25 \text{ años} = 68.437.500 \text{ kwh.}$$

Se espera que el sistema solar fotovoltaico produzca 68.437.500 kwh durante su vida útil para la satisfacción de la iluminación del estadio.

- Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica

Cálculo de la orientación y la inclinación: Fue necesario tener en cuenta los siguientes datos de la zona de estudio:

Longitud: 6

La orientación de los paneles respecto al sol debe ser hacia el Ecuador, por lo que según la ubicación de Venezuela en el hemisferio Norte o por encima del Ecuador, la orientación óptima de los módulos es 0° sur.

S

el mayor rendimiento de los mismos respecto a la radiación captada. (Tabla 1).

Disponibilidad del recurso solar

Se determinó aplicando el método del peor mes sobre los datos de radiación solar global multianual ya descritos. Se utilizó el escenario de radiación solar global más desfavorable para el dimensionado del sistema que para el caso de estudio corresponde a Octubre con 4,5 kWh/m². (Según Figura 12)

Cálculo de horas solares pico HSP

Se tomó el mes más desfavorable en cuanto a irradiación, el cual según gráfica corresponde a octubre con un valor de 4,5 kWh/m²

Se toma el valor del factor de corrección de k para superficies inclinadas según la latitud del lugar, la inclinación del montaje previamente seleccionada y el mes de menor irradiación. K tiene valor de 1,05 para latitud 10°, inclinación 15° en el mes de octubre. (Tabla 2)

$$HSP(Oct) = K \cdot 4,5Kw$$

$$HSP(Oct) = (1,05) \cdot 4,5Kw = 4,725Kw$$

El periodo de diseño se considera anual, puesto que se tiene en cuenta para el cálculo un consumo constante a través de los 12 meses del año, y con el fin de garantizar disponibilidad de energía eléctrica en el mes crítico respecto a la incidencia de radiación solar, se considera el valor de dicho mes de HSP para el cálculo y diseño de la instalación solar fotovoltaica.

Selección de los Paneles Solares

Para el sistema de los paneles solares se eligieron Policristalino módulos disponibles en el mercado de acuerdo al tipo de células y potencia máxima que manejar. Para el dimensionado del sistema se tomaron los módulos que registran mayor potencia con el fin de que requieran menor área de instalación dentro del Estadio. El Policristalino UP-M315P que manejan potencia nominal de 315Wp.

Policristalinos	UP- M290P	UP- M295P	UP- M300P	UP- M305P	UP- M310P	UP- M315P
Monocristalinos	UP- M290M	UP- M295M	UP- M300M	UP- M305M	UP- M310M	UP- M315M

Tabla 7 – Oferta tecnológica Paneles Solares

Fuente : Autores

Factor de pérdidas

$$PR(\%) = (100 - A - P_{temp} - B - C - D - E - F)$$

Cálculo de A

A	Valor tomado para la instalación
A ₁	5% valor adecuado, según el diagnóstico de los parámetros meteorológicos la radiación solar tiene una tendencia uniforme a lo largo del año manteniéndose en el rango de 4,1 a 4,6kWh/m ² .
A ₂	6% debido a que hay cercanía de vías sin pavimentar.
A ₃	3% no se conoce que tipo de capas tiene la célula, pero se tiene en cuenta el valor.
A ₄	1% La instalación no considera existencia de sombras.

Tabla 8 – Valores que toma A en el cálculo de pérdidas del sistema

Fuente : Autores

$$A = 5\% + 6\% + 3\% + 1\% = 15\%$$

El valor máximo que puede tomar A es de 34%. Al obtener un valor del 15% se deduce que las pérdidas por dispersión de los parámetros entre módulos, la suciedad y factor de sombras, no representan un porcentaje significativo para el cálculo de pérdidas del sistema que se está dimensionando.

Cálculo de Ptemp

$$Ptemp(\%) = 100 [(1 - 0,0035 (Tc - 25))]$$

Cálculo de Tc

$$Tc = Tamb + (TONC - 20) \frac{E}{800}$$

La temperatura de trabajo de los paneles se determina para un nivel de irradiancia de 1000 W/m² y la temperatura ambiente se toma de la figura 10

$$Tc = 20 + (45^\circ - 20) \frac{1000}{800} = 59,25^\circ$$

$$Ptemp(\%) = 100 [(1 - 0,0035 (59,25^\circ - 25)) = 88,01 \%$$

Cálculo de B

$$B = 1 - 1,5\% = 98,5\%$$

98,5% de pérdidas en el cableado para corriente continua calculado entre los paneles y el inversor a corriente alterna.

Cálculo de C

$$C = 1 - 0,5\% = 99,5\%$$

99,5% de pérdidas en el cableado para corriente alterna.

Cálculo de D

$$D = 1 - 5\% = 95\%$$

95% de pérdidas debidas al paro de la instalación de forma parcial o total, como consecuencia de factores externos como fallos de red o mantenimiento.

Cálculo de E

El inversor trabaja con un rango de potencia nominal de 50kW, valor tomado de la tabla 4, este un valor mayor de 5kW, con un rango de potencia nominal del 100%, por lo tanto, el valor de E según la tabla 8 es de 0,92.

Cálculo de F

$$F = 1 - 8\% = 92\%$$

92% de pérdidas por el no seguimiento del punto de Máxima Potencia y en los umbrales de arranque del inversor.

$$PR(\%) = (100 - A - Ptemp) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

$$PR(\%) = (100 - 15\% - 88,01\%) \cdot 98,5\% \cdot 99,5\% \cdot 95\% \cdot 0,92 \cdot 92\%$$

$$PR(\%) = 77,99\% = 78\%$$

El porcentaje de pérdidas está estimado en 78% para el funcionamiento de este sistema en particular. Los valores teóricos obtenidos bajo investigación empírica, ubican este valor en el intervalo de 65 y 90%, por lo cual se encuentra dentro del rango normal.

Número de paneles

$$Nt = \frac{Et}{HSP \cdot Wp \cdot PR}$$

Donde:

Nt= Número total de paneles

Et= Equivale a 7500 kWh por día

HSP= Correspondiente al mes de Octubre con un valor de 4,725 h.

Wp= 315Wp

PR= Calculado anteriormente, tiene valor de 78%

Para los cálculos se considerando paneles, policristalinos.

Cálculo de número de paneles

$$Nt = \frac{7.500.000}{4,725 \cdot 315 \cdot 78\%} = 6460,32 = 6461 \text{ Paneles}$$

Modelo	UP- M315P	UP- M315M
Wp	315	315
Nt	6460,32	6460,32
Nt (aprox)	6461	6461

Tabla 9 – Resultados de Cantidad de Paneles Solares para el Estadio de Fútbol

Fuente : Autores

Debido a que se requiere de un número entero para determinar el número de paneles necesarios, se aproxima por encima el valor dado por la ecuación. En este caso en particular se aproxima a 6461 paneles. De acuerdo con los anteriores resultados, la cantidad de paneles necesarios para abastecer la energía consumida en el peor escenario de horas solar pico (HSP).

Número de paneles en serie y en paralelo

- **Numero de paneles en serie (NPS)**

La tensión máxima del inversor se encuentra en las especificaciones técnicas del mismo ubicadas en la tabla 5; la máxima potencia del panel viene dada en la ficha técnica que se encuentra en la tabla 6 para paneles policristalinos.

Cálculo de número de paneles en serie

$$\# \text{ de paneles en serie} = 550 V / 46 V = 12 \text{ paneles conectados en serie}$$

Voltaje de máxima potencia de los paneles en serie

$$\text{Voltaje de MP de los paneles en serie} = 36,5 V \cdot 12 = 438 V$$

- **Potencia por rama**

Cálculo de la potencia por rama:

$$P \text{ (kW) por rama} = 12 \times 315 W / 1000 = 3,78 \text{ kW}$$

Los anteriores dos valores deben encontrarse en el rango de las especificaciones técnicas del inversor para cuestiones de asegurar el funcionamiento correcto del mismo. En este caso, la tensión o voltaje máximo del inversor es de 550 V y la potencia de 50 kW por lo que ambos cálculos cumplen con las condiciones.

Número de ramas en paralelo

Cálculo del número de ramas en paralelo:

$$\# \text{ de ramas en paralelo} = \frac{48}{12} = 4$$

Distancia entre paneles (entre ramas)

- La altura del panel está dada por el fabricante en la ficha técnica, anexo 6, para el caso de estudio esta distancia es de 0,992 m.

$$\text{Cálculo de la distancia entre ramas} = \frac{0,992m}{\tan(67^\circ - 10^\circ)} = 0,644 m$$

Teniendo el valor de distancia entre ramas, las dimensiones del módulo dadas por el fabricante, el número de módulos totales y su configuración en serie y paralelo, se procedió a determinar el área que requiere el sistema, además de realizar un diagrama preliminar de la instalación.

Edificación Centro Asistencial de Rehabilitación y Capacitación en Terapia Física

· Diagnóstico de condiciones energéticas

Para la estimación de la demanda eléctrica de esta edificación se tomó en cuenta el consumo eléctrico necesario para abastecer la iluminación del mismo.

$$\text{Consumo diario Promedio} = 200 \text{ KWh por día}$$

La sumatoria de consumos de energía alcanza un valor aproximado de (200 kWh por día), a este valor se debe aplicar el factor de simultaneidad explicado anteriormente. Para este estudio se tuvo en cuenta un factor del 60%, lo cual nos indica que el 60% de consumo total diario considerado estará funcionando de manera simultánea, esto en razón de no sobredimensionar el sistema.

$$\text{Energía total consumida según factor de simultaneidad}$$

$$\text{Etotal consumida} = 200 * 60\% = 120 \text{ KWh por día}$$

La energía total consumida por día corresponde a una de las bases sobre la cual se dimensiona el sistema solar.

· Producción de energía esperada del sistema solar fotovoltaico

Teniendo en cuenta una vida útil del sistema de 25 años, la producción de energía esperada durante dicho periodo corresponde a Generación esperada

$$\text{Generación Esperada} = \text{Etotal consumida por día} * 365 \text{ día} * 25 \text{ años}$$

$$\text{Generación Esperada} = 120 \text{ Kwh} * 365 \text{ día} * 25 \text{ años} = 1.095.000 \text{ kwh.}$$

Se espera que el sistema solar fotovoltaico produzca 1.095.000 kwh durante su vida útil para la satisfacción de la iluminación del estadio.

· Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica

Cálculo de la orientación y la inclinación: Fue necesario tener en cuenta los siguientes datos de la zona de estudio:

Longitud: 6

La orientación de los paneles respecto al sol debe ser hacia el Ecuador, por lo que según la ubicación de Venezuela en el hemisferio Norte o por encima del Ecuador, la orientación óptima de los módulos es 0° sur.

Se

el mayor rendimiento de los mismos respecto a la radiación captada. (Tabla 1)

Disponibilidad del recurso solar

Se determinó aplicando el método del peor mes sobre los datos de radiación solar global multianual ya descritos. Se utilizó el escenario de radiación solar global más desfavorable para el dimensionado del sistema que para el caso de estudio corresponde a Octubre con 4,5 kWh/m². (Según gráfica 12)

Cálculo de horas solares pico HSP

Se tomó el mes más desfavorable en cuanto a irradiación, el cual según gráfica corresponde a octubre con un valor de 4,5 kWh/m²

Se toma el valor del factor de corrección de k para superficies inclinadas según la latitud del lugar, la inclinación del montaje previamente seleccionada y el mes de menor irradiación. K tiene valor de 1,05 para latitud 10°, inclinación 15° en el mes de Octubre.(Tabla 2)

$$HSP(Oct) = K \cdot 4,5Kw$$

$$HSP(Oct) = (1,05) \cdot 4,5Kw = 4,$$

El periodo de diseño se considera anual, puesto que se tiene en cuenta para el cálculo un consumo constante a través de los 12 meses del año, y con el fin de garantizar disponibilidad de energía eléctrica en el mes crítico respecto a la incidencia de radiación solar, se considera el valor de dicho mes de HSP para el cálculo y diseño de la instalación solar fotovoltaica.

Selección de los Paneles Solares

Para el sistema de los paneles solares se eligieron Policristalino a módulos disponibles en el mercado de acuerdo al tipo de células y potencia máxima que manejar. Para el dimensionado del sistema se tomaron los módulos que registran mayor potencia con el fin de que requieran menor área de instalación dentro del Estadio. El Policristalino UP-M315P que manejan potencia nominal de 315Wp. (Tabla 7)

Factor de pérdidas

$$PR(\%) = (100 - A - P_{temp}) - B - C - D - E - F$$

Cálculo de A

(Tabla 8) Valores que toma A en el cálculo de pérdidas del sistema

$$A = 5\% + 6\% + 3\% + 1\% = 15\%$$

El valor máximo que puede tomar A es de 34%. Al obtener un valor del 15% se deduce que las pérdidas por dispersión de los parámetros entre módulos, la suciedad y factor de sombras, no representan un porcentaje significativo para el cálculo de pérdidas del sistema que se está dimensionando.

Cálculo de Ptemp

$$P_{temp}(\%) = 100 \left[(1 - 0,0035 (T_c - 25)) \right]$$

Cálculo de Tc

$$T_c = T_{amb} + (T_{ONC} - 20) \frac{E}{800}$$

La temperatura de trabajo de los paneles se determina para un nivel de irradiancia de 1000 W/m² y la temperatura ambiente se toma de la figura 11

$$T_c = 45^\circ + (45^\circ - 20) \frac{1000}{800} = 59,25^\circ$$

$$P_{temp}(\%) = 100 \left[(1 - 0,0035 (59,25^\circ - 25)) \right] = 88,01\%$$

Cálculo de B

$$B = 1 - 1,5\% = 98,5\%$$

98,5% de pérdidas en el cableado para corriente continua calculado entre los paneles y el inversor a corriente alterna.

Cálculo de C

$$C = 1 - 0,5\% = 99,5\%$$

99,5% de pérdidas en el cableado para corriente alterna.

Cálculo de D

$$D = 1 - 5\% = 95\%$$

95% de pérdidas debidas al paro de la instalación de forma parcial o total, como consecuencia de factores externos como fallos de red o mantenimiento.

Cálculo de E

El inversor trabaja con un rango de potencia nominal de 50kW, valor tomado de la tabla 4, este un valor mayor de 5kW, con un rango de potencia nominal del 100%, por lo tanto el valor de E es de 0,92.

Cálculo de F

$$F = 1 - 8\% = 92\%$$

92% de pérdidas por el no seguimiento del punto de Máxima Potencia y en los umbrales de arranque del inversor.

$$PR(\%) = (100 - A - Ptemp) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

$$PR(\%) = (100 - 15\% - 88,01\%) \cdot 98,5\% \cdot 99,5\% \cdot 95\% \cdot 0,92 \cdot 92\%$$

$$PR(\%) = 77,99\% = 78\%$$

El porcentaje de pérdidas está estimado en 78% para el funcionamiento de este sistema en particular. Los valores teóricos obtenidos bajo investigación empírica, ubican este valor en el intervalo e 65 y 90%, por lo cual se encuentra dentro del rango normal.

Número de paneles

$$Nt = \frac{Et}{HSP \cdot Wp \cdot PR}$$

Donde:

-Nt= Número total de paneles

-Et= Equivale a 120 kWh por día

-HSP= Correspondiente al mes de Octubre con un valor de 4,725 h.

-Wp= 315Wp

-PR= Calculado anteriormente, tiene valor de 78%

Para los cálculos se considerando paneles, policristalinos.

Cálculo de número de paneles

$$Nt = \frac{120.000}{4,725 \cdot 315 \cdot 78\%} = 103,37 = 104$$

Modelo	UP- M315P	UP- M315M
Wp	315	315
Nt	103,37	103,37
Nt (aprox)	104	104

Tabla 10 – *Resultados de Cantidad de Paneles Solares para el Centro de Rehabilitacion*

Fuente : Autores

Debido a que se requiere de un número entero para determinar el número de paneles necesarios, se aproxima por encima el valor dado por la ecuación. En este caso en particular se aproxima a 103 paneles. De acuerdo con los anteriores resultados, la cantidad de paneles necesarios para abastecer la energía consumida en el peor escenario de horas solar pico (HSP).

Número de paneles en serie y en paralelo

Numero de paneles en serie (NPS)

La tensión máxima del inversor se encuentra en las especificaciones técnicas del mismo ubicadas la tabla 5; la máxima potencia del panel viene dada en la ficha técnica que se encuentra en la tabla 6 para paneles policristalinos.

Cálculo de número de paneles en serie

de paneles en serie= 550 V46 V=12 paneles conectados en serie

Voltaje de máxima potencia de los paneles en serie

$$\text{Voltaje de MP de los paneles en serie} = 36,5 \text{ V} \cdot 12 = 438 \text{ V}$$

Potencia por rama

Cálculo de la potencia por rama:

$$P \text{ (kW) por rama} = 12 \times 315 \text{ W} / 1000 = 3,78 \text{ kW}$$

Los anteriores dos valores deben encontrarse en el rango de las especificaciones técnicas del inversor para cuestiones de asegurar el funcionamiento correcto del mismo. En este caso, la tensión o voltaje máximo del inversor es de 550 V y la potencia de 50 kW por lo que ambos cálculos cumplen con las condiciones.

Número de ramas en paralelo

Cálculo del número de ramas en paralelo:

$$\# \text{ de ramas en paralelo} = \frac{48}{12} = 4$$

Distancia entre paneles (entre ramas)

La altura del panel está dada por el fabricante en la ficha técnica, para el caso de estudio esta distancia es de 0,992 m.

$$\text{Cálculo de la distancia entre ramas} = \frac{0,992 \text{ m}}{\tan(67^\circ - 10^\circ)} = 0,644 \text{ m}$$

Teniendo el valor de distancia entre ramas, las dimensiones del módulo dadas por el fabricante, el número de módulos totales y su configuración en serie y paralelo, se procedió a determinar el área que requiere el sistema, además de realizar un diagrama preliminar de la instalación.

Complejo multideportivo vertical especializado en arena y tenis

· Diagnóstico de condiciones energéticas

Para la estimación de la demanda eléctrica de esta edificación se tomó en cuenta el consumo eléctrico necesario para abastecer la iluminación del mismo.

$$\text{Consumo diario Promedio} = 250 \text{ KWh por día}$$

La sumatoria de consumos de energía alcanza un valor aproximado de (250 kWh por día), a este valor se debe aplicar el factor de simultaneidad explicado anteriormente. Para este estudio se tuvo en cuenta un factor del 60%, lo cual nos indica que el 60% de consumo total diario considerado estará funcionando de manera simultánea, esto en razón de no sobredimensionar el sistema.

Energía total consumida según factor de simultaneidad

$$E_{total\ consumida} = 250 * 60\% = 150\ KWh\ por\ día$$

La energía total consumida por día corresponde a una de las bases sobre la cual se dimensiona el sistema solar.

- **Producción de energía esperada del sistema solar fotovoltaico**

Teniendo en cuenta una vida útil del sistema de 25 años, la producción de energía esperada durante dicho periodo corresponde a Generación esperada

$$Generación\ Esperada = E_{total\ consumida\ por\ día} * 365\ día * 25\ años$$

$$Generación\ Esperada = 150\ Kwh * 365\ día * 25\ años = 1.368.750kwh.$$

Se espera que el sistema solar fotovoltaico produzca 1.368.750 kwh durante su vida útil para la satisfacción de la iluminación del estadio.

- **Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica**

Cálculo de la orientación y la inclinación: Fue necesario tener en cuenta los siguientes datos de la zona de estudio:

Longitud: 6

La orientación de los paneles respecto al sol debe ser hacia el Ecuador, por lo que según la ubicación de Venezuela en el hemisferio Norte o por encima del Ecuador, la orientación óptima de los módulos es 0° sur.

Se

el mayor rendimiento de los mismos respecto a la radiación captada. (Tabla1)

Disponibilidad del recurso solar

Se determinó aplicando el método del peor mes sobre los datos de radiación solar global multianual ya descritos. Se utilizó el escenario de radiación solar global más desfavorable para el dimensionado del sistema que para el caso de estudio corresponde a Octubre con 4,5 kWh/m². (Gráfico 12)

Cálculo de horas solares pico HSP

Se tomó el mes más desfavorable en cuanto a irradiación, el cual según gráfica corresponde a octubre con un valor de 4,5 kWh/m²

Se toma el valor del factor de corrección de k para superficies inclinadas según la latitud del lugar, la inclinación del montaje previamente seleccionada y el mes de menor irradiación. K tiene valor de 1,05 para latitud 10°, inclinación 15° en el mes de Octubre. (Tabla 2)

$$HSP(Oct) = K \cdot 4,5Kw$$

$$HSP(Oct) = (1,05) \cdot 4,5Kw = 4,725Kw$$

El periodo de diseño se considera anual, puesto que se tiene en cuenta para el cálculo un consumo constante a través de los 12 meses del año, y con el fin de garantizar disponibilidad de energía eléctrica en el mes crítico respecto a la incidencia de radiación solar, se considera el valor de dicho mes de HSP para el cálculo y diseño de la instalación solar fotovoltaica.

Selección de los Paneles Solares

Para el sistema de los paneles solares se eligieron Policristalino a módulos disponibles en el mercado de acuerdo al tipo de células y potencia máxima que manejar. Para el dimensionado del sistema se tomaron los módulos que registran mayor potencia con el fin de que requieran menor área de instalación dentro del Estadio. El Policristalino UP-M315P que manejan potencia nominal de 315Wp. La diferencia entre estos módulos recae en su costo por Wp instalado que por lo general. (Tabla 7).

Factor de pérdidas

$$PR(\%) = (100 - A - Ptemp) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

Cálculo de A

(Según Tabla 8) Valores que toma A en el cálculo de pérdidas del sistema

$$A = 5\% + 6\% + 3\% + 1\% = 15\%$$

El valor máximo que puede tomar A es de 34%. Al obtener un valor del 15% se deduce que las pérdidas por dispersión de los parámetros entre módulos, la suciedad y factor de sombras, no representan un porcentaje significativo para el cálculo de pérdidas del sistema que se está dimensionando.

Cálculo de Ptemp

$$Ptemp(\%) = 100 \cdot [(1 - 0,0035 \cdot (Tc - 25))]$$

Cálculo de Tc

$$Tc = Tamb + (TONC - 20) \cdot \frac{E}{800}$$

La temperatura de trabajo de los paneles se determina para un nivel de irradiancia de 1000 W/m² y la temperatura ambiente se toma de la figura 11

$$Tc = 45^\circ + (45^\circ - 20) \cdot \frac{1000}{800} = 59,25^\circ$$

$$Ptemp(\%) = 100 \cdot [(1 - 0,0035 \cdot (59,25^\circ - 25)) = 88,01 \%$$

Cálculo de B

$$B = 1 - 1,5\% = 98,5\%$$

98,5% de pérdidas en el cableado para corriente continua calculado entre los paneles y el inversor a corriente alterna.

Cálculo de C

$$C = 1 - 0,5\% = 99,5\%$$

99,5% de pérdidas en el cableado para corriente alterna.

Cálculo de D

$$D = 1 - 5\% = 95\%$$

95% de pérdidas debidas al paro de la instalación de forma parcial o total, como consecuencia de factores externos como fallos de red o mantenimiento.

Cálculo de E

El inversor trabaja con un rango de potencia nominal de 50kW, valor tomado de la tabla 4, este un valor mayor de 5kW, con un rango de potencia nominal del 100%, por lo tanto el valor de E de 0,92.

Cálculo de F

$$F = 1 - 8\% = 92\%$$

92% de pérdidas por el no seguimiento del punto de Máxima Potencia y en los umbrales de arranque del inversor.

$$PR(\%) = (100 - A - Ptemp) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

$$PR(\%) = (100 - 15\% - 88,01\%) \cdot 98,5\% \cdot 99,5\% \cdot 95\% \cdot 0,92 \cdot 92\%$$

$$PR(\%) = 77,99\% = 78\%$$

El porcentaje de pérdidas está estimado en 78% para el funcionamiento de este sistema en particular. Los valores teóricos obtenidos bajo investigación empírica, ubican este valor en el intervalo e 65 y 90%, por lo cual se encuentra dentro del rango normal.

Número de paneles

$$Nt = \frac{Et}{HSP \cdot Wp \cdot PR}$$

Donde:

Nt= Número total de paneles

Et= Equivale a 150 kWh por día

HSP= Correspondiente al mes de Octubre con un valor de 4,725 h.

Wp= 315Wp

-PR= Calculado anteriormente, tiene valor de 78%

Para los cálculos se considerando paneles, policristalinos.

Cálculo de número de paneles

$$N_t = \frac{150.000}{4,725 \cdot 315 \cdot 78} = 129,21 = 130$$

Modelo	UP- M315P	UP- M315M
Wp	315	315
Nt	129,21	129,21
Nt (aprox)	130	130

Tabla 11 – Resultados de Cantidad de Paneles Solares para el Complejo Deportivo

Fuente : Autores

Debido a que se requiere de un número entero para determinar el número de paneles necesarios, se aproxima por encima el valor dado por la ecuación. En este caso en particular se aproxima a 103 paneles. De acuerdo con los anteriores resultados, la cantidad de paneles necesarios para abastecer la energía consumida en el peor escenario de horas solar pico (HSP).

Número de paneles en serie y en paralelo

Numero de paneles en serie (NPS)

Cálculo de número de paneles en serie

$$\# \text{ de paneles en serie} = 550 V / 46 V = 12 \text{ paneles conectados en serie}$$

Voltaje de máxima potencia de los paneles en serie

$$\text{Voltaje de MP de los paneles en serie} = 36,5 V \cdot 12 = 438 V$$

Potencia por rama

Cálculo de la potencia por rama:

$$P \text{ (kW) por rama} = 12 \times 315 W / 1000 = 3,78 \text{ kW}$$

Los anteriores dos valores deben encontrarse en el rango de las especificaciones técnicas del inversor para cuestiones de asegurar el funcionamiento correcto del mismo. En este caso, la tensión o voltaje máximo del inversor es de 550 V y la potencia de 50 kW por lo que ambos cálculos cumplen con las condiciones.

Número de ramas en paralelo

Cálculo del número de ramas en paralelo:

$$\# \text{ de ramas en paralelo} = \frac{48}{12} = 4$$

Distancia entre paneles (entre ramas)

La altura del panel está dada por el fabricante en la ficha técnica, para el caso de estudio esta distancia es de 0,992 m.

$$\text{Cálculo de la distancia entre ramas} = \frac{0,992m}{\tan(67^\circ - 10^\circ)} = 0,644 \text{ m}$$

Teniendo el valor de distancia entre ramas, las dimensiones del módulo dadas por el fabricante, el número de módulos totales y su configuración en serie y paralelo, se procedió a determinar el área que requiere el sistema, además de realizar un diagrama preliminar de la instalación.

Área para la implantación de los paneles solares en las Instalaciones del Proyecto integrado en El Sector Vista Mar

El lugar seleccionado para la implantación de los paneles solares fue el techo del Estadio Nacional de fútbol, debido a que el área que maneja satisface las dimensiones que se requieren para poder instalar este sistema.

$$\text{Área total del Techo disponibles} = 38.446.8 \text{ m}^2$$

$$\text{Area de paneles requerida para el Estadio de Fútbol} = 14.911,45 \text{ m}^2$$

$$\text{Area de paneles requerida para el Centro de Rehabilitación} = 240,03\text{m}^2$$

$$\text{Area de paneles requerida para el Complejo Multideportivo} = 300,03\text{m}^2$$

$$\text{Area total requerida para todo proyecto integrado} = 15451,48 \text{ m}^2$$

Sistema de abastecimiento por energía Eólica

Se recopiló información referente a la velocidad del viento para tomar la decisión de dónde ubicar el aerogenerador, y estimada la disponibilidad del viento, el paso siguiente consistió en determinar la cantidad de energía que el aerogenerador puede crear, para entonces saber si satisface las necesidades energéticas que se plantean.

El procedimiento que es empleado es el conocido como el “Método del área de barrido”. Este es un método con el cual, con rapidez, se puede calcular la energía anual producida (EAP) por un aerogenerador. Es empleado en los pequeños aerogeneradores, en los que la potencia no sobrepasa los 10 kW. Este método requiere de tres pasos:

Densidad de potencia (P/A)

Resulta muy costoso llevar a cabo mediciones detalladas en un sitio, pero existen diversas técnicas que pueden emplearse para obtener una estimación de las características del viento en el sitio. Esas técnicas no dan mayor precisión que las mediciones a largo plazo; no obstante, pueden dar una indicación de la potencia eólica en un sitio.

Para calcular la densidad de potencia es usando la velocidad media del viento, y un adecuado factor de energía, o factor cúbico (FC). Lo anterior se expresa de la manera siguiente:

Para la velocidad promedio en Puerto Cabello en la gráfica dio como resultado 8.925Km/h equivalente a 2.29 m/seg

$$P/A = \frac{1}{2} (\text{Densidad del aire}) (FC) V^3$$

$$P/A = \frac{1}{2} (1,2) (1,91) 2,29^3 = 13,76 \text{ en W/m}^2$$

Donde:

- V es la velocidad media anual en el sitio seleccionado
- El factor cúbico depende de la distribución de frecuencias de velocidades en el sitio escogido. Como se explicó en el artículo publicado en el número 52 de Energía y tú, en aras de simplificar los cálculos, y teniendo en cuenta que la distribución de Rayleigh es una de las más frecuentes, se asume que la distribución de frecuencias en el sitio es una distribución de Rayleigh, para la cual el factor cúbico es FC = 1,91.

Cuando se han realizado mediciones y se conoce la distribución de frecuencia de velocidades, el factor cúbico a emplear es el correspondiente a esa distribución de frecuencias

Conociendo ya la densidad de potencia anual, es posible estimar la densidad de energía anual en kilowatt-hora en el año por metro cuadrado (kWh/año/m²), multiplicando la densidad de potencia anual, por las 8.760 horas que tiene el año .

Velocidad media anual del viento, m/s	Velocidad media anual, km/h	Densidad de potencia anual, W/m ²	Densidad de energía anual del viento, kWh/m ²
3	10,8	30,9	270,7
4	15,2	73,3	642,1
5	18,0	143,2	1 254,4
6	21,6	247,5	2 168,1
7	25,2	393,1	3 443,5
8	28,8	586,7	5 139,5
9	32,4	835,4	7 318,1
10	36,0	1 146,0	10 039,0

Tabla 12 – Densidades de potencia y energía anuales por metro cuadrado

Fuente : Conrado, 2009

Área de barrido del rotor (A)

El área de barrido de un rotor, es el área del círculo desarrollado por dicho rotor.

Donde R es el radio del rotor cuando se trata de un rotor de eje horizontal. Cuando se trata un rotor vertical Darrieus, el área de barrido es, aproximadamente, el de una elipse. Para el diseño se eligió un aerogenerador cuyo rotor posee un diámetro de 3 m.

Rendimiento total del sistema eólico

En sitios con velocidades bajas (4 m/s) puede llegar a casi 30%, en lugares con altas velocidades (7 m/s) sólo convierte entre 15 y 16%. Para valores intermedios, como 5-6 m/s, puede ser alcanzable un valor de 25 y 21%, respectivamente.

Los grandes aerogeneradores con mejores diseños aerodinámicos llegan como máximo a 40%. En general, los rendimientos de los aerogeneradores se mueven entre 12 y 40%. El rendimiento total de los pequeños aerogeneradores se estima entre 15 y 30%.

El rendimiento total del sistema se considera en 28%. La energía anual producida (EAP) por el aerogenerador, sin considerar el banco de baterías, el regulador ni el inversor, resulta:

$$EAP = 14 \times 7,0 \times 0,28 \times 8\,760 / 1\,000 = 240.04 \text{ kWh/año.}$$

Este cálculo sirve para contribuir a determinar de manera aproximada, y sin grandes inversiones, la energía que puede producir un aerogenerador. No olvidar que se ha empleado una distribución de frecuencias de velocidades de Rayleigh. Un valor más aproximado debe esperarse cuando se conozca la distribución de frecuencias de las velocidades del viento en el sitio, con la cual se determina la densidad de potencia con mayor exactitud.

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas, nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la entidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y los valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se vaya a utilizar pero que suele empezar entre los 3 m/s (10 km/h) y los 4 m/s (14,4 km/h), velocidad llamada "*cut-in speed*", y que no supere los 25 m/s (90 km/h), velocidad llamada *cut-out speed*.

El cálculo arroja como resultado 240.04 kWh/año en un sólo generador ya que las velocidades no son lo suficiente para generar la energía suficiente para abastecer las edificaciones.

Estadio de Fútbol Nacional

$$\text{Consumo diario Promedio} = 12.500 \text{ KWh por día}$$

Potencia Por día del aerogenerador

$$\text{Potencia por dia} = 240,04 \frac{\text{Kw}}{\text{año}} \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ dias}} = 0,658 \text{ Kw/dia}$$

Cantidad de Aerogeneradores

$$\text{Cantidad de Aerogeneradores} = 12.500 \cdot 0,658 = 18996,96 = 18997$$

Edificación Centro Asistencial de Rehabilitación y Capacitación en Terapia Física

$$\text{Consumo diario Promedio} = 200 \text{ KWh por día}$$

Potencia Por día del aerogenerador

$$\text{Potencia por dia} = 240,04 \frac{\text{Kw}}{\text{año}} \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ dias}} = 0,658 \text{ Kw/dia}$$

Cantidad de Aerogeneradores

$$\text{Cantidad de Aerogeneradores} = 200 \cdot 0,658 = 131,6 = 132$$

Complejo multideportivo vertical especializado en arena y tenis

$$\text{Consumo diario Promedio} = 250 \text{ KWh por día}$$

Potencia Por día del aerogenerador

$$\text{Potencia por dia} = 240,04 \frac{\text{Kw}}{\text{año}} \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ dias}} = 0,658 \text{ Kw/dia}$$

Cantidad de Aerogeneradores

$$\text{Cantidad de Aerogeneradores} = 250 \cdot 0,658 = 164,5 = 165$$

· **Evaluación de los beneficios ambientales**

A nivel mundial ha venido tomando fuerza la transición energética hacia mejores usos de la energía en la sociedad, que afectan a toda la cadena que es partícipe de ella. La preocupación por asegurar el suministro del recurso de forma eficiente sin dejar de lado la problemática que ha venido surgiendo por el uso de fuentes convencionales de energía, como lo es el cambio climático principalmente debido a la generación de dióxido de carbono, ha producido que los países incluyan el tema ambiental de manera más profunda dentro de sus planes energéticos.

Consecuente a esto, se tiene que el mayor porcentaje de la energía eléctrica en el país es de origen hídrico; el elevado peso de este componente en la canasta de generación hace que el sistema energético sea vulnerable frente a escenarios extremos como el Fenómeno del Niño. De esta forma, como ha sucedido en el pasado, se cuenta con el respaldo de la generación térmica con el fin de seguir cubriendo la demanda en casos extremos. Esto representa que la generación eléctrica del país sea vulnerable frente al cambio climático, Por ello se está haciendo uso de una energía renovable, en el momento en que se presenten cambios desfavorables en los patrones hidrológicos, la dependencia pasa a ser de energías convencionales que representan mayor impacto ambiental asociado a emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global.

Si bien es cierto que el aprovechamiento del agua para la producción de energía eléctrica no requiere de un consumo físico de la misma, no se debe dejar de lado el hecho de que toda instalación hidroeléctrica, independientemente de la potencia a instalar, implica una serie de alteraciones al equilibrio ecológico y a los elementos naturales como se ha mencionado anteriormente.

La energía solar fotovoltaica ha sido motivo de algunos mitos y prejuicios que sin voluntad son los que dan mayor peso a sus impactos ambientales identificados. El impacto visual es generado por las personas que realizan la instalación sin integrarla adecuadamente al paisaje como ocurre con muchos elementos tales como cultivos intensivos en invernaderos. Este impacto puede desaparecer fácilmente logrando que las instalaciones se incorporen apropiadamente en el entorno, de esta forma puede llegar a ocurrir un impacto positivo en cuanto a efectos visuales sorprendentes.

La disposición de los materiales peligrosos que componen el panel solar hoy en día es tema de investigación y desarrollo con el fin de mitigar esa etapa de su ciclo de vida a través de reciclarlo en un alto porcentaje, lo que posiciona aún más este tipo de energía como una tecnología estratégica que en el corto plazo seguirá creciendo para ser más competitiva.

· **Consideraciones Estructurales para la Instalación**

Para el cálculo y diseño de los elementos estructurales presentes en una edificación, las características principales a tomar en cuenta son las cargas que recibirán cada uno de ellos, las cuales dependerán del peso propio estimado de la estructura y del uso al cual va estar destinado; considerando que la implantación de un sistema de energía solar consiste en la colocación de paneles solares, se debe estudiar el efecto que tendrá este en la estructura y en qué forma lo puede afectar. Se estima que un panel solar pesa aproximadamente 10 kg; dependiendo del rendimiento de cada panel y la energía que se requiera se calcula la cantidad de paneles solares a utilizar.

En el caso de estudio se estima un aproximado de 6.695 paneles solares para cubrir la demanda energética planteada, siendo un aproximado de 66.950 Kg de peso, que se deberán tomar en cuenta para el dimensionado de todos los componentes estructurales entre los cuales se destacan Fundaciones, Vigas, Columnas y Losas, así como también las características del suelo para que sean capaces de soportar esta carga extra.

Tomando en cuenta el cambio de temperatura que pudiera generar la colocación del sistema de abastecimiento de energía solar, los paneles están separados unos centímetros de la superficie del techo para permitir circulación de aire y así refrigerarlos. En el caso de los paneles solares de las edificaciones del estadio de fútbol, no hay incremento de la temperatura debajo del panel, el calor del sol es absorbido y no se calienta la superficie donde está apoyado el sistema, al haber una capa de aire debajo del panel parte de este calor se disipa, por lo que, al contrario, la temperatura se genera es menor.

4.4. Comparar resultados de los sistemas ecoeficientes y el sistema de abastecimiento convencional.

Para la comparación se tomaron en cuenta diferentes factores para la implantación de los sistemas ecoeficientes en el Proyecto Integrado de Sector Vista Mar.

Tabla 13

Matriz FODA Energía Solar

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> · Disponibilidad del recurso durante todo el año · Disminución de enfermedades provocadas por otros prototipos contaminantes. · Aprovechar los recursos que la naturaleza brinda en la zona · Disminución de daños al medio ambiente, Ya que el recurso solar es inagotable y limpio. · Nuevas generaciones pueden abastecerse de este recurso que ofrece la naturaleza · Familias con mayor preparación abiertas a aceptar nuevas oportunidades de vida · Con este proyecto se puede desarrollar una nueva fuente de energía eléctrica para abastecer al sector Vista Mar · Este prototipo en un futuro puede ser utilizado para hacerlo que funcione y beneficie al Sector Vista Mar. 	<ul style="list-style-type: none"> · Incremento de las cargas para el diseño de las estructuras. · Incremento de los costos de inversión inicial
Oportunidades	Amenazas

<ul style="list-style-type: none"> · Los recursos del sistema son inagotables y no contaminan · Una mejor calidad de vida para las futuras generaciones si se realizara este proyecto en el Sector Vista Mar. · Se ahorraría energía · La sociedad crecería o abriría un gran avance en cuanto a la tecnología · Sería una mejor opción de aprovechamiento de recursos naturales sin dañarlos 	<ul style="list-style-type: none"> · Falta de conocimiento de esta energía · La economía de la sociedad es un obstáculo impide que se adquiera esto · Es una de las energías alternas más costosas por lo tanto no es tan fácil su adquisición
--	---

Fuente: Autores (Miranda, Pastrán) 2019

Tabla 14

Matriz FODA Energía Eólica

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> · El recurso eólico se renueva de forma continua. · No produce contaminantes en la Atmosfera. · No tiene problema de agotamiento. · Las instalaciones son fácilmente reversibles. · El tiempo de instalación es más rápido que otro. · Es sustentable 	<ul style="list-style-type: none"> · Este recurso eólico es intermitente y aleatorio. · La posibilidad de almacenar masivamente la energía eléctrica. · Los costos son mayores que las energías convencionales. · Que el diseño no sea óptimo para su finalidad

Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo Tecnológico para un generador. • Se disminuirá los costos de inversión para generar más generadores eólicos. • Existe una oportunidad para generar trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio climático con respecto al viento. • No obtener el equipo necesario a tiempo. • La negativa percepción social hacia proyectos energéticos. • Falta de normativas legales por inversiones altas. • Atentar contra las aves

Fuente: Autores (Miranda, Pastrán) 2019

Tabla 15

Comparación de los Sistemas de Abastecimiento Energéticos en el Proyectos Integrado del Sector Vista Mar

Factores			
	Para abastecer el todo el sistema energético se requieren 6695 paneles solares	Para abastecer el sistema energético se requieren 19294 Aerogeneradores	Hidroeléctrica (Embalse de Gurí)

	Renovable	Renovable	Renovable
	<p>La radiación promedio en el mes más desfavorable cumple con las condiciones mínimas para un diseño de abastecimiento de Energía Solar</p>	<p>La velocidad promedio del viento no cumple con las condiciones mínimas para un buen funcionamiento del aerogenerador planteado para el abastecimiento de la energía</p>	<p>: Es vulnerable frente al cambio climático, pues aunque se esté haciendo uso de una energía renovable, en el momento en que se presenten cambios desfavorables en los patrones hidrológicos, la dependencia pasa a ser de energías convencionales que representan mayor impacto ambiental</p>
	<p>El sistema abastecería de manera continua la demanda eléctrica estimada cuando sea requerida</p>	<p>El sistema no abastecería de manera continua la demanda eléctrica estimada debido a que no reúne las condiciones de viento mínimas</p>	<p>: Debido a las condiciones actuales el sistema no logra abastecer de manera continua el servicio eléctrico</p>
	<p>Contribuye al autoabastecimiento</p>	<p>Contribuye al autoabastecimiento</p>	<p>Genera un cambio considerable en la biodiversidad así</p>

	energético a través de un recurso renovable, siendo menos perjudicial para el medio ambiente	energético a través de un recurso renovable, siendo menos perjudicial para el medio ambiente	como alteraciones hidrológicas en la zona donde está ubicada
	Se deberá tomar en cuenta para el cálculo de los elementos estructurales, el peso extra que conlleva la implantación de un sistema de abastecimiento por energía solar	Se deberá tomar en cuenta para el cálculo de los elementos estructurales, el peso extra que conlleva la implantación de un sistema de abastecimiento por energía eólica	

Fuente: Autores (Miranda, Pastrán) 2019

CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones basadas en los resultados obtenidos de las fases de investigación.

1. El recurso utilizado para los sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía eléctrica son los renovables, lo que implica que la utilización de estos sistemas contribuye al desarrollo sostenible en las edificaciones, ya que esta fuente de energía es inagotable y no contaminante.
2. La ubicación y localización de la edificación representa el factor más importante a tomar en cuenta en la decisión de los sistemas ecoeficientes como abastecimiento de energía, ya que se dependerá principalmente de las condiciones meteorológicas que existan en la zona de estudio, en particular las características en lo que tiene que ver con la radiación solar y las velocidades del viento.
3. En el caso de Estudio las características de las radiaciones solares cumplen las condiciones meteorológicas necesarias para la colocación de un sistema de abastecimiento energético por esta fuente, mientras que lo mismo no ocurre con las velocidades promedio de los vientos.
4. En el proyecto integrado del sector Vista Mar es posible implantar el sistema de abastecimiento de energía eléctrica a través de la energía solar, el cual tiene la capacidad de cubrir gran parte de la demanda eléctrica de las instalaciones.
5. El impacto ambiental de las fuentes de abastecimiento ecoeficientes, con respecto a la manera convencional de abastecimiento energético son significativo ya que los sistemas alternativos son inagotables.
6. Tomando en consideración que para los sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía utilizados, en el caso de estudio tienen una vida útil aproximadamente de 25 años, económicamente es muy costoso la instalación del sistema, pero el sistema sería muy efectivo y continuo en comparación con el funcionamiento del sistema eléctrico nacional.

7. Las consideraciones relevantes para los cálculos estructurales en la edificación donde se desea implantar los sistemas ecoeficientes, radican en las cargas extras que tendrán que soportar debido al peso paneles solares y materiales necesarios para ponerlos en funcionamiento.

8. En la situación actual de funcionamiento del sistema eléctrico nacional, el sistema de energías alternativas adquiere mayor relevancia el uso de sistemas autónomos para la generación de electricidad, especialmente en instalaciones del sector público y en instalaciones de alto consumo de energía

RECOMENDACIONES

Partiendo de las conclusiones anteriormente expuestas, se pudo establecer un conjunto de recomendaciones.

Con el transcurrir del tiempo el mundo está siendo más afectado por las contaminaciones. Y la meta del desarrollo sostenible para el 2030 es reducir la dependencia de los combustibles fósiles y las emisiones de CO₂, por consiguiente, es necesario la inclusión de los recursos naturales renovables en la producción de energía.

Se debe estudiar el comportamiento meteorológico antes de instaurar un sistema ecoeficiente de abastecimiento de energía Eléctrica.

Considerando la irregularidad del funcionamiento del servicio eléctrico se recomienda el uso de estos sistemas ecoeficientes, sin importar el diagnóstico financiero debido a las consecuencias negativas que implica no contar con el mismo.

Los pesos de los materiales y equipos de sistemas ecoeficientes son considerables, para el caso de estudio se decidieron implantar en el techo del estadio, los cuales se deben tener en cuenta en el cálculo de los elementos estructurales.

Teniendo en cuenta que la capacidad de energía capaz de suministrar el sistema solar en el proyecto integrado instalado en el Estadio Nacional de Fútbol, Una alternativa es que podría prestar un servicio a la población adyacente, debido que el estadio de fútbol nacional, en los días que no estará en funcionamiento, Y el sistema se dimensiono para cubrir parte de esta demanda diaria.

Se recomienda el uso de paneles solares UP-M315P ya que son los de mayor capacidad de energía, lo que implica menor número de paneles.

REFERENCIAS

- Agencia chilena de eficiencia energética. (2011) **La eficiencia energética.**
- Albinyanae, J. (2011). **Proyecto de suministro Eléctrico para abastecer una escuela situada en el municipio Tiana mediante energía eólica.** Universidad Politécnica de Catalunya.
- Arias, F. (2006). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica,** Quinta Edición, Editorial Episteme, Caracas.
- Bruzual, S. (2010). **Estudio de factibilidad técnico para la implementación de energía solar y eólica en el Edificio Técnico-Administrativo “Leona”,** Municipio Freites. Anzoátegui.
- El periódico de la energía.(2014) **“La fotovoltaica ya se codea en costes con la nuclear”.**
- Domenech, B. (2013). **Metodología para el diseño de sistemas electrificaciones autónomos para comunidades rurales.** Universidad Politécnica de Catalunya
- Hernández Roberto, Fernández Carlos y Baptista Pilar. (2003). **Metodología de la investigación.** Cuarta Edición. McGraw-Hill Interamericana.
- Pérez Gabarda, Luis (1994). **“Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano”**
- Rocha, Lydia; (2011) **¿De dónde viene el nombre de Energía Eólica?.**
- Sabino, C. (1996). **El proceso de investigación. Editorial. Panapo, Caracas.**
- Santamarta, José (2015). **“Eólica mundial instaló 50 GW en 2014, que llegó a 370 GW, por José Santamarta”** . Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico (REVE).
- Tamayo, M. y Tamayo, M. (1997). **El proceso de la Investigación científica. Editorial.** Limusa, México.
- Teske, Sven (2008). **“La energía solar puede dar electricidad limpia a más de 4.000**

millones de personas para 2030”, España

Zambrano, Cinthya. (2011). **Diseñar un sistema complementario de energía eléctrica a partir de energía solar en la estación La Aguada del sistema Teleférico de Mérida**, Estado Mérida.