



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

CARRERA:
INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TÍTULO:

“Estudio para la implementación de una micro-estación de radiación solar-eólica y pruebas de calidad de paneles solares fotovoltaicos para la Facultad Técnica para el Desarrollo de la UCSG”

AUTOR:

Lozano Luna Michael Alejandro

TUTOR:

Ing. Orlando Philco, M. Sc.

Guayaquil, Ecuador

2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:
INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Michael Alejandro Lozano Luna**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniera en Eléctrico-Mecánica**.

TUTOR

Ing. Orlando Philco, M. Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ingeniero Heras Sánchez Miguel Armando, M. Sc.

Guayaquil, 5 de septiembre del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:
INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Michael Alejandro Lozano Luna

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **Estudio para la implementación de una micro-estación de radiación solar-eólica y pruebas de calidad de paneles solares fotovoltaicos para la Facultad Técnica para el Desarrollo de la UCSG** previo a la obtención del Título de **Ingeniera en Eléctrico-Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación, de tipo cualitativo referido.

Guayaquil, 5 de septiembre del año 2015

AUTOR

Michael Alejandro Lozano Luna



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

CARRERA:

INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, Michael Alejandro Lozano Luna

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **Estudio para la implementación de una micro-estación de radiación solar-eólica y pruebas de calidad de paneles solares fotovoltaicos para la Facultad Técnica para el Desarrollo de la UCSG**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 5 de septiembre del año 2015

AUTOR

Michael Alejandro Lozano Luna

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante día a día con mis metas y sueños a futuro.

También a mis padres por estar a mi lado apoyándome en todo tipo de situaciones y además de mi familia que nunca dejo de alentarme y aconsejando de mis anhelos que puedo alcanzar.

A mis profesores y tutor de tesis que me brindaron los conocimientos necesarios para la vida laboral que me espera.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres y a mi hermano que no dejaron de creer en mí para los momentos difíciles que he pasado en seguir por el camino que he escogido para mi vida.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN	2
1.5 HIPÓTESIS	2
1.6 METODOLOGÍA	3
PARTE I MARCO TEÓRICO	4
CAPÍTULO 2 ESTUDIO GENERAL DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	4
2.1 CONCEPTO DE RADIACIÓN SOLAR.....	4
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN SOLAR	5
2.2.1 Propiedades solares	5
2.2.2 Aspectos físicos.....	7
2.2.3 Difusión solar	11
2.3 ECUACIÓN Y UNIDAD DE LA RADIACIÓN SOLAR	13
2.4 PARÁMETROS DE RADIACIÓN SOLAR	15
2.4.1 Radiación directa normal	16

2.4.2	Radiación directa horizontal	16
2.4.3	Radiación difusa horizontal	17
2.4.4	Radiación global horizontal	18
2.4.5	Radiación global máxima	18
2.5	EL ESPECTRO DE RADIACIÓN SOLAR	19
2.5.1	Radiación ultravioleta.....	20
2.5.2	Radiación visible	21
2.5.3	Radiación infrarroja.....	21
2.6	DESCRIPCIÓN DE ENERGÍA EÓLICA	22
2.7	CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA EÓLICA	23
2.8	ECUACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	25
2.8.1	Escala de Beaufort.....	28
CAPÍTULO 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA		30
3.1	DEFINICIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	30
3.2	CONDICIONES SOBRE RECURSOS ENERGÉTICOS.....	31
3.3	ENERGÍAS RENOVABLES	32
3.4	CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA RENOVABLE	34
3.5	CLASIFICACIÓN DE LA ENERGÍA RENOVABLE.....	34
3.5.1	Energía eólica.....	35
3.5.2	Energía solar	35

3.5.3	Energía hidráulica y mini-hidráulica	35
3.5.4	Biomasa	35
3.5.5	Energía mareomotriz	36
3.5.6	Energía geotérmica	36
3.6	APLICACIONES PARA LA ADQUISICIÓN DE ENERGÍA SOLAR.....	36
3.7	APLICACIONES PARA LA ADQUISICIÓN DE ENERGÍA EÓLICA	37
CAPÍTULO 4 FUNDAMENTOS SOBRE LOS PANELES SOLARES.....		40
4.1	CONCEPTO DE CÉLULA SOLAR.....	40
4.2	CLASES DE CÉLULAS SOLARES	40
4.3	DEFINICIÓN DE PANELES SOLARES	41
4.4	CLASES DE PANELES SOLARES.....	41
4.5	SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICOS	42
4.5.1	Almacenamiento de los paneles solares	43
4.5.2	Incidencia fotovoltaica.....	43
4.5.3	Curvatura del patrón fotovoltaico	44
4.5.4	Ecuación de la curvatura.....	47
4.5.5	Eficacia de generación.....	50
4.6	SEÑALAMIENTO DE CONDICIONES	51
4.7	RENDIMIENTO DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS MONO-CRISTALINOS	53
CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....		56

5.1	DEFINICIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA	56
5.2	NORMAS PARA UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	56
5.3	TIPOS DE ESTACIÓN	57
5.3.1	Estación clase A	58
5.3.2	Estación clase B	58
5.3.3	Estación clase C	58
5.3.4	Estación clase D	58
5.4	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MEDICIÓN	58
5.4.1	Instrumentos de medición para la radiación solar	59
5.4.1.1	Piranómetro.....	59
5.4.1.2	Albedómetro.....	61
5.4.1.3	Pirheliómetro.....	62
5.4.1.4	Pirradiómetro	66
5.4.1.5	Pirgeómetro.....	67
5.4.1.6	Heliógrafo	67
5.4.2	Instrumentos de medición del viento.....	70
5.4.2.1	Anemómetro.....	70
5.4.3	Orientación del viento	74
5.4.3.1	Veleta.....	74
CAPÍTULO 6 ESTRUCTURA DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICO		78

6.1	TERRENO CIRCUNDANTE.....	78
6.2	PARCELA METEOROLÓGICA	79
6.3	ABRIGO METEOROLÓGICO	79
6.4	INSTRUMENTOS	80
6.5	NORMAS ESTABLECIDAS PARA LAS MEDICIONES METEOROLÓGICAS.....	81
6.5.1	Organización Meteorológica Mundial Guide 7th Edición	82
6.5.2	Norma ISO 9060: 1990 – especificación y clasificación.....	84
PARTE II APORTACIONES.....		86
CAPÍTULO 7 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE LOS PANELES SOLARES FOTVOLTAICOS.....		86
CAPÍTULO 8 DISEÑO DE UNA MICRO-ESTACIÓN METEOROLÓGICA		91
CAPÍTULO 9 PRESUPUESTO		107
CAPÍTULO 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		109
10.1	CONCLUSIONES.....	109
10.2	RECOMENDACIONES.....	110
BIBLIOGRAFÍA		111
GLOSARIO		118
ANEXOS.....		120

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

<i>Figura 2.1: Gráfico de la constante solar G_{sc}</i>	8
<i>Figura 2.2: Radiación espectral</i>	10
<i>Figura 2.3: Trayecto de la radiación solar a la superficie</i>	11
<i>Figura 2.4: Tipos de radiación solar</i>	12
<i>Figura 2.5: Ondas espectrales electromagnéticas</i>	20

CAPÍTULO 3

<i>Figura 3.1: Tipos de energías renovables</i>	33
---	----

CAPÍTULO 4

<i>Figura 4.1: Proceso de incidencia solar</i>	44
<i>Figura 4.2: Curva corriente-tensión de un módulo fotovoltaico</i>	45
<i>Figura 4.3: Conexión de módulos fotovoltaicos</i>	49

CAPÍTULO 5

<i>Figura 5.1: Modelo de un piranómetro (CMP 3)</i>	60
<i>Figura 5.2: Modelo de una albedómetro (AB20/K)</i>	62
<i>Figura 5.3: Modelo de un pirheliómetro (DR02)</i>	62
<i>Figura 5.4: Modelo de un pirheliómetro de cavidad absoluta clase HF</i>	64
<i>Figura 5.5: Pirheliómetro con disco de plata</i>	66
<i>Figura 5.6: Módulo del pirradiómetro</i>	66
<i>Figura 5.7: Modelo de un pirgeómetro</i>	67
<i>Figura 5.8: Medición de la radiación solar</i>	68
<i>Figura 5.9: Bandas de medición para el heliógrafo</i>	69
<i>Figura 5.10: Ilustración de un heliógrafo</i>	69

<i>Figura 5.11: Diseño de un anemómetro</i>	71
<i>Figura 5.12: Modelo de una data logger (GL200A).....</i>	72
<i>Figura 5.13: Modelo de veleta (PRV).....</i>	74
CAPÍTULO 7	
<i>Figura 7.1: Gráfica de eficiencia de los paneles en prueba.....</i>	90
CAPÍTULO 8	
<i>Figura 8.1: Vista superior de la micro-estación en 2D.....</i>	100
<i>Figura 8.2: Vista isométrica de la micro-estación meteorológica en 3D.....</i>	101
<i>Figura 8.3: Vista isométrica, paneles fotovoltaicos mono-cristalino y el piranómetro</i>	103
<i>Figura 8.4: Vista isométrica, veleta y anemómetro a una altura sin escala</i>	104
<i>Figura 8.5: Vista isométrica, abrigo meteorológico de la micro-estación.....</i>	105
<i>Figura 8.6: Vista isométrica, data logger y computadora</i>	106

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1: Escala gradual de Beaufort.....	29
--	----

CAPÍTULO 5

Tabla 5.1: Detalles técnicos de un Pirheliómetro	63
--	----

CAPÍTULO 6

Tabla 6.1: Categoría de los piranómetros según la O.M.M.	83
---	----

Tabla 6.2: Categoría de los piranómetros según la Norma ISO 9060.....	85
---	----

CAPÍTULO 7

Tabla 7.1: Panel fotovoltaico mono-cristalino SM636-120W	86
--	----

Tabla 7.2: Panel fotovoltaico mono-cristalino LC175-24M.....	86
--	----

Tabla 7.3: Panel fotovoltaico mono-cristalino SM536-85W	87
---	----

Tabla 7.4: Valores de irradiancia global durante 31 días.....	88
---	----

Tabla 7.5: Rendimiento porcentual de cada panel fotovoltaico	89
--	----

CAPÍTULO 8

Tabla 8.1: Descripción técnica del piranómetro DPA053	92
---	----

Tabla 8.2: Descripción técnica de la veleta #200P	93
---	----

Tabla 8.3: Descripción técnica del anemómetro.....	95
--	----

Tabla 8.4: Descripción técnica del anemómetro Max #40H.....	97
---	----

Tabla 8.5: Parámetros de selección del piranómetro	98
--	----

Tabla 8.6: Parámetros de selección de la veleta	98
---	----

Tabla 8.7: Parámetros de selección del anemómetro	99
---	----

CAPÍTULO 9

Tabla 9.1: Presupuesto de los equipos de medición meteorológica	107
---	-----

ANEXOS

Anexo 1: Datos técnicos Panel solar SM636-120W.....	120
Anexo 2: Datos técnicos Panel solar LC175-24M.....	121
Anexo 3: Datos técnicos Panel solar SM536-85W.....	122
Anexo 4: Modelos de data logger ELO.....	123
Anexo 5: Datos de eficiencia registrados en EXCEL.....	124

RESUMEN

Una de las investigaciones que se ha vuelto primordial para el aprendizaje y formación de los elementos que nos rodean es la energía renovable como tal, cuyo propósito es la supresión de la vinculación con los materiales fósiles que se siguen usando actualmente debido a los problemas ambientales que se presentan en el planeta perjudicando gravemente la salud de los seres vivos. En ciertas partes establecidas y en otras aún por determinar dentro de nuestro país, podemos descubrir considerables condensaciones de requerimientos solares y eólicos, que lastimosamente no se han aprovechado por la poca carencia de tecnología.

Se hablará sobre los sistemas fotovoltaicos, tomando en cuenta los puntos más importantes para este tema del banco de ensayo que se realiza en este estudio, mencionaremos sobre la curva característica de los módulos fotovoltaicos, los parámetros de referencia (estándar y de operación), y también sobre los diferentes tipos de células fotovoltaicas que se emplean en algunos paneles solares. Y al finalizar, se diseñará un banco de prueba de calidad con el fin de verificar las características técnicas propias de los paneles.

ABSTRACT

One of the research essential for learning and training elements around us has turned is renewable energy as such, the purpose is to suppress linking with fossil materials that are still used today due to environmental problems they are presented in the planet seriously damaging the health of living beings. In certain established parties and other yet to be determined within our country, we can discover considerable condensation of solar and wind requirements, which unfortunately have not been used by the little lack of technology.

It will be discussed photovoltaic systems, taking into account the main points to this issue test bench that is made in this study, mention on the characteristic of the photovoltaic modules curve benchmarks (standard and operating), and on different types of photovoltaic cells used in some solar panels. And at the end, a test of quality in order to verify the characteristics of the panels will be designed technical features.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Con este estudio se obtendrá un modelo para el diseño de una micro-estación de radiación solar-eólica, en la cual se puede implementar en la Facultad Técnica para el Desarrollo en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil con fines de adquirir conocimiento en el área de recursos renovables.

Además de que los estudiantes conozcan el tema de los paneles solares fotovoltaicos y sus características técnicas utilizando métodos y parámetros en la pruebas de calidad que se le realice.

1.2 Planteamiento del problema

En la Facultad Técnica no se ha adquirido un sistema independiente que produzca energía alternativa en caso de ausencia de luz, incluso los estudiantes no han realizado proyectos que incentiven a utilizar energía solar fotovoltaica. También, al mencionar sobre un área de práctica, no dispone de laboratorios donde se hagan estudios y obtengan resultados sobre energía de los rayos emitidos por el sol.

Es necesario que los paneles solares fotovoltaicos empleados en diferentes aéreas arquitectónicas, ya sea en casas o edificios, requieran de una excelente eficiencia en su capacidad de alimentar las diferentes cargas de un lugar. Muchos de los paneles generan grandes cantidades de potencia pero su eficiencia no carece de buena fiabilidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar la estructura de una micro-estación de radiación solar-eólica, en el cual se realizarán pruebas de calidad a paneles solares en la Facultad Técnica de Desarrollo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio de la infraestructura necesaria para una micro-estación de radiación solar-eólica.
- Determinar el rendimiento de diferentes paneles fotovoltaicos de material mono-cristalinos.
- Describir el equipamiento tecnológico para la medición de radiación solar y condiciones del viento (eólico).
- Elaborar una posible micro-estación meteorológico acorde con los materiales seleccionados en este estudio.

1.4 Tipo de investigación

En este tema de estudio se empleará el tipo de investigación proyectiva.

1.5 Hipótesis

Una estación meteorológica tiene la función de obtener y recopilar datos climatológicos de la atmósfera dependiendo a las condiciones que esté presente y la que se desea, con la finalidad de diagnosticar acontecimiento que puedan ocurrir a futuro.

La calidad de conversión de la energía solar a electricidad se concentra en la potencia del panel solar, mientras mayor sea la potencia que entrega, su eficiencia será fiabilidad para un sistema de generación solar.

1.6 Metodología

El estudio de la micro-estación se guiará con el método descriptivo, detallando cada equipo de medición que la conforma y que funciones cumplen independientemente.

Y un estudio cualitativo para determinar la eficiencia de cada panel solar fotovoltaica de diferentes fabricantes por medio de fórmulas que definen la eficiencia o rendimiento que poseen.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2 ESTUDIO GENERAL DE LA RADIACIÓN SOLAR

2.1 Concepto de radiación solar

La radiación solar se transmiten y manifiesta por medio de ondas electromagnéticas donde esto se origina desde la fuente espectral entorno a diferentes trayectorias. Además, estos no requieren algún tipo de elemento para su trasmisión al ser proyectados desde el punto inicial hasta un punto final; ejemplo desde el Sol hacia la Tierra. (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2002)

Estas ondas están constituidas por elementos magnéticos y eléctricos, donde se desplazan libremente con la velocidad de la luz C que es una constante universal con un valor exacto de 299, 792,458 m/s, cuyo propósito es de trasladar una proporción de movimiento y energía a partir de un origen (fuente) hasta un destinatario (receptor). Los diferentes aspectos que poseen las ondas de la radiación solar se centran en sus longitudes y frecuencias donde dichas características comienzan a alterarse en un extenso rango debido a las fuentes que las originen. Como dato adicional e importante sobre el espectro electromagnético, se sabe que no se ha establecido los márgenes superiores e inferiores. (Universidad de la República-Uruguay)

Sin embargo se conoce que la energía electromagnética se traslada continuamente con una velocidad constante en el vacío, esta guarda desigualdades con las ondas electromagnéticas con respecto a las diferentes longitudes que tiene y a su frecuencia. Por lo tanto, la variable de velocidad (c) se la puede especificar por una

manera más sencilla y simple de entender mediante una ecuación vinculando los 3 volúmenes, la cual es la siguiente:

$$C = \gamma * \lambda$$

Dónde:

C = velocidad en el vacío

λ = longitud de onda

γ = frecuencia

Con referente a las distintas longitudes que posee las ondas electromagnéticas al estar enlazados o forman un grupo de ondas entre sí, se la denomina como espectro electromagnético. Pero si se menciona que, si estas ondas o conjunto de ondas son producidas por el Sol se las considera como espectro solar. (Pontificia Universidad Católica de Chile)

2.2 Características de la radiación solar

2.2.1 Propiedades solares

Al determinar las características de la radiación solar se establece algunos conceptos y definiciones donde son indispensables para un mejor entendimiento sobre este tema, donde los puntos más primordiales son:

- Irradiancia solar

Tiene como fundamento a la magnitud de la energía solar que se presenta en un terreno determinado sin considerar el tiempo que transcurre en el día. Para el SI

(Sistema Internacional de Medida) la unidad se la considera en vatios por metros cuadrado (W/m^2). (División de investigación y recursos, 1998)

- Irradiación solar

A diferencia de la irradiancia solar, se estima un determinado tiempo en una superficie que este incurriendo una proporción de radiación solar. Donde se redacta las unidades en Kilo Vatios-hora por metros cuadrados (KWh/m^2) o también se la expresa en Kilo Joule por metros cuadrados (KJ/m^2).

Mayormente en las formulas teóricas que se emplean para obtener valores de la irradiación, se debe establecer los diferentes tiempos que se suscitan en un día donde exista la presenta de irradiación solar y luego, se la incorpora en el tiempo transcurrido durante el día para que así se obtenga el resultado de la difusión. (División de investigación y recursos, 1998)

- Insolación

Se origina cuando el Sol se encuentra oculto por algún impedimento que se encuentre en la atmósfera durante un determinado tiempo. (División de investigación y recursos, 1998)

- Índice de claridad

Se la denomina a la relación que existe entre la emisión que percibe un área yacente en la corteza terrestre y la difusión que pudiera haber obtenido si se encontraría en el exterior en el ambiente terrestre. Es decir, se la considera un parámetro que proporciona un conocimiento sobre el grado de aminoración global que soporta la

propagación solar cuando traspasa la atmósfera terrestre en un punto topográfico señalado. (División de investigación y recursos, 1998)

2.2.2 Aspectos físicos

En el parte interna del Sol ocurre un acontecimiento donde se produce diferentes reacciones sobre unificación nuclear dando como resultado la energía solar que expulsa al exterior, esta emisión con relación a la temperatura presenta aproximadamente valores que pueden llegar a alcanzar los 10 hasta 40 millones de grados Kelvin (K). La energía que se desprende del Sol es captada y luego transferida de diferentes formas a través de capas solares donde llegan a un punto que son propagados en la cromosfera con la apariencia de radiación electromagnética y además como vientos solares (es decir, en partículas que se encuentran cargadas). Esta radiación procedente del Sol se la considera usualmente como *radiación solar*. (División de investigación y recursos, 1998)

La constante solar se la considera un parámetro que señala la magnitud referente a la radiación solar que se manifiesta en el exterior de la atmósfera terrestre. Para esta corta observación se puede definir a la constante como la energía que se acontece, donde se presenta en una unidad de tiempo, considerando un espacio unitario que este en forma vertical a la radiación y ubicado en la superficie de la atmósfera terrestre a una cierta latitud entre la tierra y el Sol, es decir si el trayecto del Planeta Tierra toma forma de una parábola, comenzará a presentarse levemente cambios en el trecho entre la Tierra y el Sol durante todo un año. (Radiación en la atmósfera, 2001)

Se lo considera como la Constante solar (G_{sc}), donde su valor experimental es equivalente a $1367 \pm 7 \text{ W/m}^2$, $4371 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{h}$, $1164 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$, $1.94 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}^2$. La emisión solar que se hace presente en la superficie terrestre comparado con la constante solar, llega con una mínima cantidad de radiación. Ya que su capacidad dependerá del trayecto que toma al atravesar la atmósfera y también de las propiedades que tenga en ese mismo instante. (Radiación en la atmósfera, 2001)

Para entender más sobre la constante solar, se ilustrará gráficamente como se muestra este valor que existe entre la Tierra y el Sol con ayuda de la figura 2.1, la magnitud de la difusión que es expulsada del Sol en la cual es tomada en parte por la Tierra se muestra aproximadamente constante en relación a la situación externa en la atmósfera del mismo. En el momento que el Sol se posiciona a una separación de $1.495 \times 10^{11} \text{ m}$, es decir el valor de apartado medio que tiene la Tierra con el Sol, esta mantiene una arista de diámetro igual a $32'$ con respecto al Sol. (Jaramillo, 1998)

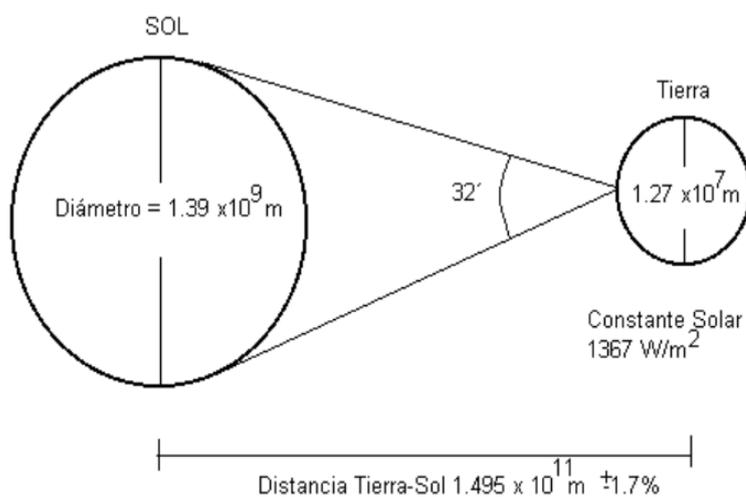


Figura 2.1: Gráfico de la constante solar G_{sc}
Fuente: (Jaramillo, 1998)

Para los cambios que se producen en el exterior de la atmósfera referente a la emisión solar, se debe tener en cuenta que se hallan dos argumentos fundamentales para dicho proceso y son:

1. Se trata de los cambios de la difusión que se despende del Sol. Esto quiere decir que se ha examinado alteraciones mínimas que oscilan en valores menores a $\pm 1.5\%$ en intervalos de tiempo determinados y espaciosidad debido a la particularidad de la actividad del sol.
2. La otra razón se refiere a los cambios de separación entre el Sol y la Tierra, la cual tiene una alteración del 3% en la oleada de radiación extraterrestre.

Y se la expresa de la siguiente forma:

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right)$$

En la que:

G_{on} = Radiación extraterrestre (Radiación global)

n = enesimo día del mes o año ($1 \leq n \leq 360$)

Con estudios experimentales se estableció que un 90% de las emisiones que llegan a la Tierra contiene ondas con una longitud de entre 0.3 a $3 \mu\text{m}$ (micrómetros). La radiación solar es una energía radiante en el cual es compartido de manera variable a diferentes medidas con respecto a las ondas que produce un espectro. La apariencia de este espectro solar se asemeja cuantiosamente a la emisión de un cuerpo que tenga una temperatura igual a 6000K° como se presenta en la figura 2.2 la relación entre la radiación solar (intensidad, **kJ/nm**) y la longitud de onda (λ). (Sierra, 2010)

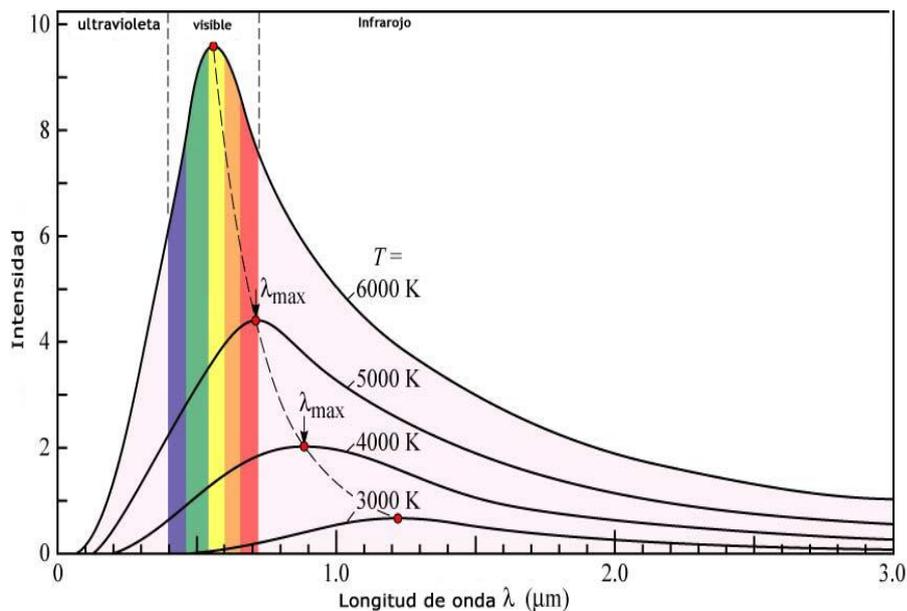


Figura 2.2: Radiación espectral
Fuente: (Instituto Argentino de Radioastronomía, 2002)

Se sabe que la radiación solar registra ciertas alteraciones al traspasar la atmósfera terrestre debido a los factores que la constituyen, ocasionando los siguientes resultados:

- Con relación a las partículas de agua y también del gas carbónico (dióxido de carbono), se crea un efecto de impregnación de la radiación solar en algunas de las ondas con cierta longitud.
- También se realiza una diseminación de la radiación solar debido a los siguientes fundamentos; por el movimiento que efectúan las nubes, las partículas de polvo presentes en la atmósfera e igualmente de las partículas que tienen los elementos o componentes de la atmósfera. (División de investigación y recursos, 1998)

En el siguiente esquema (figura 2.3) se ilustra el proceso que efectúa el trayecto de la radiación solar hasta presentarse en la Tierra después de padecer los efectos de la

absorción y dispersión. En consecuencia a este suceso en la atmósfera, la proporción energía solar que logra llegar a la superficie de la Tierra se reduce en gran cantidad. (División de investigación y recursos, 1998)

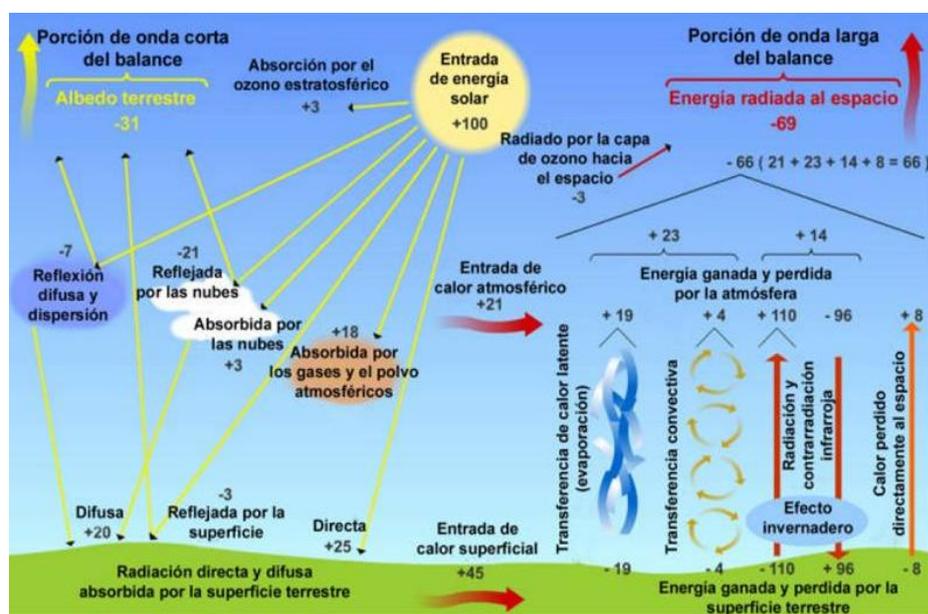


Figura 2.3: Trayecto de la radiación solar a la superficie
Fuente: (Atmósfera como filtro de la energía solar, 2003)

Para los días donde no se presente obstrucciones en la radiación solar, es decir que atravésé la atmósfera libremente hasta llegar a la superficie terrestre, su magnitud puede ascender a niveles de $1000W/m^2$. Al contrario cuando haya una resistencia (nubes o algún tipo de gas atmosférico) llegan a tener una intensidad bajas de $60W/m^2$. (División de investigación y recursos, 1998)

2.2.3 Difusión solar

La difusión de radiación solar que se encuentra en la atmósfera hace que se origine o produzca 3 tipos diferentes de radiación denominados directas, difusas y reflejado, ilustrado en la figura 2.4.

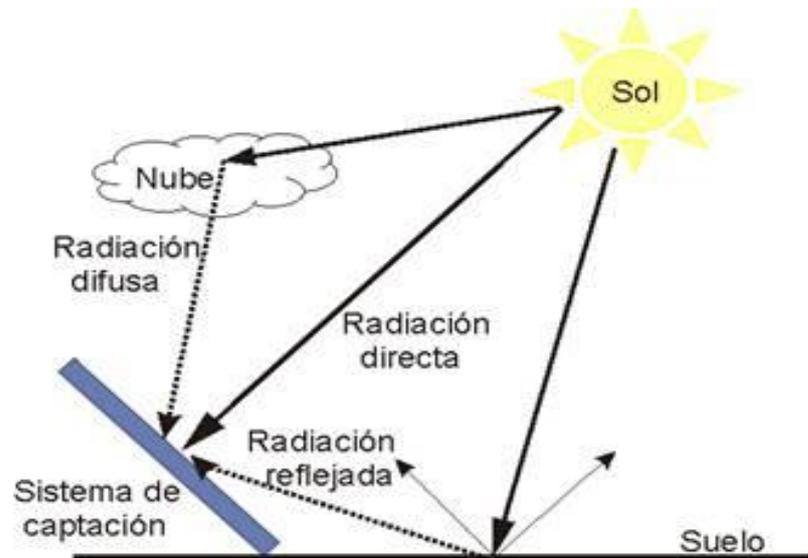


Figura 2.4: Tipos de radiación solar
Fuente: (Metrix S.A. de C.N., 2000)

- Radiación directa

Como su nombre lo indica, la emisión de energía que es emitida por el Sol no padece de alteraciones o algún tipo de impedimento en su trayecto inicial. Se la considera como un gran beneficio para las Plantas Solares ya que la radiación llega directamente sin ningún impedimento para ser concentrado por medio de lentes o espejos dirigidos hacia los paneles solares fotovoltaicos. (Energía solar y datos climáticos, 2000)

- Radiación difusa

Se la define con relación a su trayectoria, es la que se dirige en varias direcciones por algún elemento que se presenta en el ambiente, es decir lo opuesta a la radiación directa solar. (Energía solar y datos climáticos, 2000)

- Radiación reflejada

Se origina por medio de la acción del rechazo que realiza una extensión terrestre. La proporción que esta radiación va a depender del valor relacionado al coeficiente de reflexión que genera un espacio o también llamado “Albedo”. Los lugares o espacios que toman esta emisión de parte de la radiación, son sectores rígidos o perpendiculares a ello. (Energía solar y datos climáticos, 2000)

Existe otro tipo de radiación solar que se la precisa matemáticamente por la suma entre la radiación directa y la difusa, dando como resultado la radiación global. La repartición de la misma dependerá de los caracteres de la atmósfera con respecto a las componentes solares ya mencionadas. Por ejemplo, si las condiciones climáticas indican un día soleado quiere decir que habrá un valor estimado de 85% en directa y un 15% en difusa, a diferencia si el clima se encuentra nublado o cubierto que impida una radiación directa estará en un 100% en difusa. (División de investigación y recursos, 1998)

2.3 Ecuación y unidad de la radiación solar

Para los valores proporcionales relacionados con la radiación solar que mayormente al ser calculados son una especulación o estimación, en cierta coyuntura son los más posibles valores que se dan al momento de su adquisición. Pero existe una fórmula donde se evalúa la radiación directa normal considerando una falta de obstrucción en los rayos solares que se suscitan y es la siguiente:

$$R_{normal} = 910 \sin \psi + 0.25(910 * \sin 2\psi)$$

Dónde:

$R_{normal} = \text{Radiación directa normal}$

$\psi = \text{Altitud del sol sobre el plano horizontal}$

En el SI (Sistema Internacional de Unidades) se considera la unidad el Watt o vatio que es utilizado para en el área de electricidad y está relacionado a la potencia donde es equivalente a 1 Joule por segundo. Al tratarse de energías progresivas que se presenta en una hora, la unidad que la representa es en watt-hora (Wh). (Energía Alternativa de México, 2005)

Mientras que la equivalente de 1000 vatios que se presenta en una energía desarrollada mientras se transcurre una hora, su unidad de medida se la conoce como KiloWatt-Hora (KWh).

Para entender la cantidad de energía que se consume en KWh, se mencionara un pequeño listado de los elementos que generan esta potencia:

- Un foco que equivale a 100 vatios si se encuentra energizado por 10 horas.
- También, si se tiene 10 focos de cada uno con 100 vatios que estén iluminando por 1 hora.
- Cuando se llega a utilizar una plancha que genera una potencia de 1000 vatios en 1 hora.
- Al estar encendido una computadora que posee una potencia de 150 vatios al transcurrir 6 horas aproximadamente.

- Un televisor con una potencia de 50 vatios que se encuentra encendido 20 horas. (Energía Alternativa de México, 2005)

Se conoce un aspecto diferente de radiación solar que llega a incurrir sobre una zona y se la atribuye con el nombre de irradiación o exposición radiante. Y se la define como la medida del índice de una energía que es percibida por una unidad con relación a la superficie, y es expresado en Vatios (watts) por metro cuadrado:

$$I = W/m^2$$

Las variables son:

I = Irradiación o Exposición radiante

W = Watt (vatios)

m² = metro cuadrado

La irradiación o exposición radiante se deriva del tiempo en que se encuentra presente o también es el monto de emisiones de sol, es decir se define que un minuto de irradiación es la cantidad de contundencia percibida por un metro cuadrado en el tiempo de un minuto, y se la expresa como $(W/m^2) * 60$ segundos. La unidad de medida para la irradiación se lo considera en Joules por metros cuadrado (J/m^2), además en vatios-hora (Wh/m^2), o en Kilovatios-hora (KWh/m^2). (Departamento de motopropulsión y termofluidodinámica, 2007)

2.4 Parámetros de radiación solar

La clave para entender los diferentes tipos de parámetros que existen dentro de la radiación solar, debemos diferenciar y comprender sobre los componentes del mismo

que son; directa y difusa. La radiación que es dirigida del Sol hacia la Tierra y traspasa de forma directa en la atmósfera se la denomina componente directo, en cambio, si la radiación produce una reflexión debido a agentes o cuerpos con una superficie pulida o sólida (espejos, vapores, gases atmosféricos, etc.) es considerado como componente difusa. (Radiación solar, 2004)

2.4.1 Radiación directa normal

Este tipo de parámetro se centra en la posición directa al sol, es decir, se toma como referencia un espacio o terreno de tal forma que la luz solar se encuentre en un ángulo recto hacia esa zona designada para la respectiva medición de la radiación. En el instante que el sol comienza a desplazarse de modo artificial en el transcurso del día, el punto de referencia tomado la misma dirección para conservar la relación normal. (Radiación solar, 2004)

Para emplear esta medición se aplica el equipo conocido como Pirheliómetro, donde su funcionamiento se basa en un sensor termoeléctrico situado en el asiento de un tubo extenso para eludir el alcance que pueda tener con la radiación difusa ya que este se moviliza de manera mecánica para ubicarse en dirección al sol.

2.4.2 Radiación directa horizontal

La radiación directa horizontal, a lo contrario del normal esta incide a una superficie horizontal con respecto a un área inclinada terrestre para su respectiva medición. Por ello, este parámetro se lo representa con una ecuación donde incide un valor de la pendiente que se produce por dicho terreno y es la siguiente: (Solartronic, 2003)

$$R_{dirHor} = R_{normal} * \cos A$$

Dónde:

R_{dirHor} = Radiación directa horizontal

R_{normal} = Radiación normal

$\cos A$ = grado de inclinación de una superficie

2.4.3 Radiación difusa horizontal

Esta emisión también se la considera como radiación total ya que se deriva de la capa atmosférica que llega hacia un espacio adyacente excepto la consecuencia que se produce por la radiación solar directa que incurre a dicho terreno. Esta radiación que procede en las secciones que se encuentra debajo de la capa de ozono se presenta en el área nivelada que tiene un perfil casi inclinado, debido a esto van a aportar menor cantidad de emisión a diferencia de las radiaciones originadas en las porciones elevadas de la atmósfera por las que incurren en aspecto aproximadamente vertical. (Solartronic, 2003)

Para determinar el valor de esta radiación se señala una aceptación que indica de no encontrarse con componentes en el ambiente que obstaculicen una sección de la capa atmosférica. Se puede conseguir este valor utilizando la herramienta Piranómetro que incorpora una banda ensombrecido, evitando que las radiaciones solares directas hagan contacto con el sensor termoelectrico que está alojado dentro de una cúpula, esta banda se la ubica de tal forma que siga el recorrido que realiza el sol en el transcurso del día. Para aminorar el valor de la radiación horizontal difusa se debe restar los cosenos de la radiación directa de la horizontal global. (Solartronic, 2003)

2.4.4 Radiación global horizontal

Para la obtención del valor de la radiación global horizontal se realiza la suma entre la radiación horizontal directa y difusa, donde se la puede manifestar con la siguiente ecuación:

$$R_{globHor} = R_{dirHor} + R_{difusa}$$

Dónde:

$R_{globHor}$ = Radiación Global Horizontal

R_{dirHor} = Radiación Directa Horizontal

R_{difusa} = Radiación Difusa

Si se despeja la variable de la radiación directa horizontal, se obtiene lo siguiente:

$$R_{globHor} = [R_{normal} * \cos A] + R_{difusa}$$

Para obtener las mediciones de esta radiación, también se implementa el instrumento Piranómetro ya que la forma de la cúpula toma un ángulo de 180° (diseño del lente) para aprovechar así toda la emisión de energía que se esté presentando donde, posteriormente la recepta un sensor termoeléctrico cuya función es de medir dicha radiación. (Universidad Politécnica de Madrid)

2.4.5 Radiación global máxima

La radiación global máxima se basa en una fórmula similar al de la radiación global horizontal donde resulta de la suma entre los valores de radiación directa normal con

la radiación difusa horizontal. Expresado en una ecuación estas variables, se establece lo siguiente:

$$R_{globMax} = R_{normal} + R_{difHor}$$

Las siglas son:

$R_{globMax}$ = Radiación Global Maxima

R_{normal} = Radiación normal

R_{difHor} = Radiación Difusa Horizontal

En teoría, un territorio no puede ser constantemente en forma horizontal y a su vez de manera que tome un ángulo recto con respecto a la difusión de energía del sol. Con este dato se sabe que esta radiación no figura un resultado real, es por esto que este valor se la emplea mayormente como una guía de la propagación disponible total en áreas perpendiculares o en pendientes, principalmente en presencia de ángulos solares bajos. (Universidad Politécnica de Madrid)

2.5 El espectro de radiación solar

Como ya habíamos mencionado, el Sol desprende energía solar en diferentes direcciones en sus alrededores donde una parte de ella es receptada en nuestro Planeta Tierra. Se la conoce comúnmente con el nombre de radiación electromagnética y se caracteriza por tener una serie de ondas con diferentes longitudes, por ejemplo como las ondas de radio que posee longitudes de valores estimados en Kilómetros, por el contrario de las consideradas energéticas como los

rayos gamma donde las medidas de sus ondas son de milésimas de nanómetros. (Instituto de biología y genética molecular, 2011)

Se estima que la cantidad de radiación emitida por el Sol se encuentra alrededor de los $63.450.720 \text{ W/m}^2$. En los aspectos físicos antes nombrados como la constante solar, se entienden que es una combinación de irradiaciones con distancias de ondas entre 200 y 4000 nanómetros, donde se diferencian con las siguientes radiaciones como se muestra en la figura 2.5:

- Ultravioleta
- Luz visible
- Infrarroja

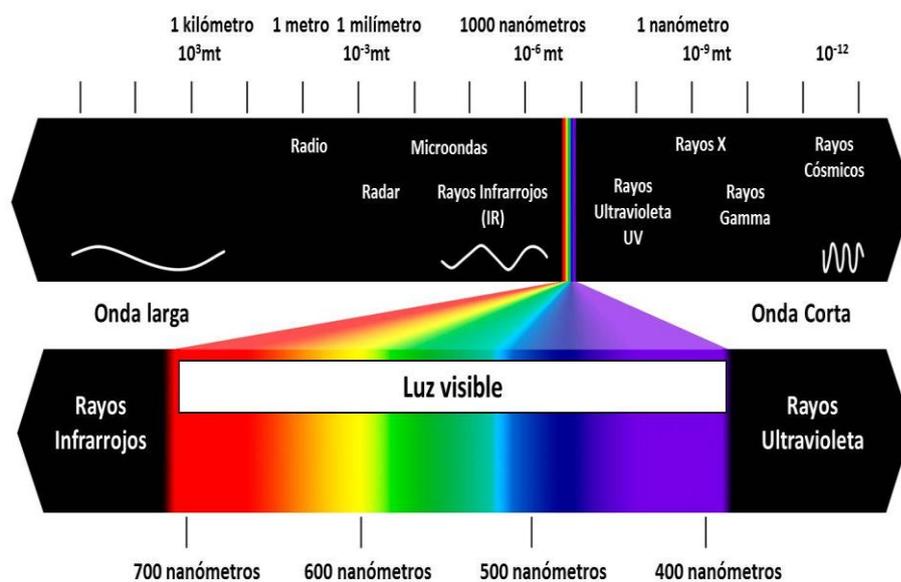


Figura 2.5: Ondas espectrales electromagnéticas
Fuente: (Artinaid, 2013)

2.5.1 Radiación ultravioleta

Esta radiación posee ondas solares con una mínima longitud que se asemeja a 360 nanómetros, referente a esta característica tiene una gran capacidad de transporta una

proporción elevada de energía solar y asimismo interrumpe a los enlaces moleculares. Es decir, mientras menor sea la longitud de la onda, mayor será el efecto que incurre en los diferentes cuerpos donde esté presente. La capa de ozono cumple la función importante de retener y absorber estas ondas en la atmósfera.

La radiación ultravioleta, como consecuencia a la gran exposición que recibe la superficie terrestre, es una de las principales causas que está ligado al cáncer de piel. Favorablemente para los seres vivos, la atmósfera está compuesta por una lámina de gas llamada capa de ozono donde realiza la función de exudación o absorción la mayor porción que contiene la emisión ultravioleta. (Instituto de biología y genética molecular, 2011)

2.5.2 Radiación visible

Es el integrante más importante de la radiación electromagnético y se la concreta como una cierta parte de propagación que el ojo humano puede observarla. Como se muestra en el diagrama de la figura 3, el área visible está conformado por ondas de valores entre los 360 (sección de color violeta) y 760 (sección de color rojo) nanómetros específicamente, debido a esto tiene un gran predominio sobre los seres vivos de la Tierra. (Instituto de biología y genética molecular)

2.5.3 Radiación infrarroja

Forma parte del conjunto de ondas que conforma el espectro electromagnético donde su longitud se la considera inicialmente entre los valores de 760 a 780 nanómetros (límite de la zona visible de la radiación) y llega hasta su rango final con valores hipotéticos de hasta 10000 ó 15000 nanómetros, pertenecientes a ciertas ondas denominadas microondas. Esta radiación conforma un 59% del espectro de la

radiación solar y un 40% de la emisión que se hace presente en la Tierra. (Instituto de biología y genética molecular)

2.6 Descripción de energía eólica

La circulación de vapores con un alto patrón se la considera como viento y en la Tierra, se la denomina como el desplazamiento en compuesto del aire en el ambiente con circulación yacente. En estudios meteorológicos, los vientos se las designan según su presión y la orientación en la que se presenta. Los incrementos inesperados con respecto a la velocidad del viento en intervalos de tiempo cortos se las llaman ráfagas, mientras que los vientos de gran fuerza con una durabilidad aproximada de un minuto son conocidos como turbonadas. Mientras que los demás vientos existentes con una extensa duración son clasificados de acuerdo con sus características como su fuerza, en los casos de brisas, tormentas, huracanes, temporal, entre otros. El movimiento del viento en la atmósfera es causado por dos principales fenómenos planetarios que son; la latitud con relación al calentamiento que se da en la superficie terrenal, y la fuerza centrífuga e inercia donde son ocasionados por los giros que realiza la Tierra. (Comisión Nacional de Energía Atómica, 2010)

La energía eólica se consigue mediante las corrientes de aire que se presenta en la atmósfera y luego es convertido en energía para su empleo en diferentes formas dependiendo al mecanismo a utilizar. Es decir, es transformado en energía eléctrica debido a la implementación de generadores que aprovechan la energía cinética originado por el viento. (Energía eólica, 2011)

Se conoce que la energía eólica es proveniente de la energía solar emitida por el Sol, ya que una parte de ella (el 2%) es transformada pero lamentablemente este pequeño porcentaje no es utilizado en su totalidad. En diferentes estudios realizados, se ha llegado a la conclusión que la energía eólica es una de las fuentes renovables de mayores proporciones en cuanto a su consumo global debido a sus capacidades energéticas. (Energía eólica, 2011)

2.7 Características de la energía eólica

Para poder describir cada uno de las diferentes características que posee la energía eólica, es fundamental la utilización de un aerogenerador debido a que es el centro de generación para esta fuente renovable que está presente en el ambiente. Son máquinas que se emplean con el fin de convertir o transformar la energía eólica a eléctrica. Dado este pequeño dato del concepto y el objetivo de su implementación con relación al aerogenerador, se determinara las características y que son:

1. Uno de los más importantes es la de no expulsar gases o sustancias que puedan perjudicar o dañar a la capa atmosférica durante el proceso de transformación de la energía eólica.

Es decir, esta energía tiene la ventaja de no consumir ningún tipo de elementos o material fósil para su funcionamiento ya que el aerogenerador carece de componentes donde se activan gracias a la ayuda de la energía cinética ocasionados por el viento. Por lo tanto es de gran ayuda a la protección y conservación del medio ambiente sin contaminarla. (EnergíaSolar, 2009)

2. Otra característica se trata de la alimentación hacia diferentes sectores de pueblos o sectores apartados de las centrales de generación donde se complica la entrega de la energía eléctrica producidos por los aerogeneradores.

Existen parámetros o referencia dependiendo al lugar donde se vaya a entrega energía eólica esto quiere decir que, si se trata de zonas con una gran extensión lo más recomendable es la instalación de un parque eólico pero si es para un solo usuario o algún tipo de edificación, se sugiere instalar un solo aerogenerador para esta ocasión. De esta manera posibilita considerablemente que los residentes de diferentes áreas tengan energía eléctrica para la variedad de cargas instaladas. (EnergíaSolar, 2009)

Al hablar de la procedencia del viento como tal nos muestra dos características importantes que son respecto a su dirección e intensidad. Pero si se lo caracteriza tomando en cuenta desde el punto energético podemos definir:

- La potencia que se encuentra libre o utilizable ya que con ello accedemos a suponer un rendimiento económico de la construcción.
- Un apropiado sitio para su colocación.
- Con un adecuado proceso para el diseño de un sistema relacionados a las cargas que se encuentren sobre dicho sistema.
- Habilidades operacionales de marcha, paro, regulador, disposición del viento, entre otros.
- Que el sistema se eficiente y eficaz ante las consecuencia de los estados climatológicos como turbulencias, tormentas, etc.

- La conducta energética referente al aprovechamiento de los recursos eólicos.

La estimación de la colocación es una incógnita de mucho interés en la cual es indispensable aclararlo previamente antes de decidir una resolución económica. Por ello, es necesario la ejecución de un empleo de medidas y la obtención de datos que ha de estar incorporado por:

- Repartición de la continuidad de la orientación y la velocidad.
- Repartición de las diferentes velocidades medias del viento anuales.
- Cambio del viento dependiendo a la altura.
- Predominación del relieve (topografía), preferencia de ubicación.
- Registros sobre ráfagas.

2.8 Ecuación de la Energía Eólica

Para la obtención de la energía producida por el movimiento del viento que es considerado como cinética, esta expresado por la siguiente ecuación: (Moragues & Rapallini, 2005)

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2$$

Donde cada variable significa:

E_c = energía cinética en Joule/segundo

m = flujo de aire en Kg/segundo

V = velocidad del viento en m/s

Si se toma como referencia un espacio de captación **A** (o también determinado como zona de barrido por las hélices del aerogenerador) que sostiene un ángulo recto con respecto al trayecto del viento, el movimiento del aire radial que la penetra viene dado por la expresión:

$$m = \delta * A * V$$

Siendo:

δ = densidad del aire en Kg/m^3

A = área de captación en m^2

Entonces, la energía que se llega a extraer de una porción de aire en circulación que accionan a los aerogeneradores se la formula con la ecuación siguiente:

$$P_m = \frac{1}{2} \delta V^3$$

Donde **P_m** se lo menciona como Potencia Meteorológica y la unidad de medida esta manifestado en W/m^2 . (Moragues & Rapallini, 2005)

Después de que el viento traspasa por el área de captación **A** del aerogenerador, la rapidez de la misma no sufre ningún cambio, es decir no es anulado; pero el resultado de la potencia que se obtiene de la ecuación mencionado anteriormente (**P_m**) es aprovechado en pequeñas cantidades (no en su totalidad). El Vicealmirante Francis Beaufort (creador de la **Escala Beaufort**) argumentó y justificó que la obtención de la energía máxima utilizando un aerogenerador conceptual, tiene un valor igual de 16/27 (que es mayor a 60% de la energía total, considerablemente).

Teniendo como referencia importante que los rotores de estas máquinas no son ideales o perfectos, para clasificarlos es indispensable averiguar la eficacia o efectividad expresa con el término η . Ahora, si se desea obtener la potencia con respecto a una unidad de área del rotor, esta estará establecida con la siguiente ecuación: (Moragues & Rapallini, 2005)

$$P_a = \frac{1}{2} \eta * \delta * V^3$$

En cambio, la ecuación para determinar la potencia total tomando el área del mismo mientras las hélices del aerogenerador estén en movimiento ($A=\pi R^2$ o también $A=\pi \frac{D^2}{4}$), quedara de la siguiente manera:

$$P_t = \frac{1}{2} \eta \delta \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) V^3$$

Donde las variables:

D = diámetro del rotor en metros.

R = radio del rotor en metros.

Desde la fórmula de la Potencia Total ya me descrita, si tomamos la variable de la densidad del aire dándole el valor de 1.25 kg/m^2 y multiplicándolo por la pequeña expresión de $\frac{\pi}{4}$, dará como resultado aproximado a 1. Teniendo en cuenta esta unidad, se la reemplazará para determinar la potencia adquirida de un aerogenerador quedando de la siguiente manera: (Moragues & Rapallini, 2005)

$$P \approx \frac{1}{2} \eta V^3$$

2.8.1 Escala de Beaufort

Esta escala creada por Francis Beaufort tiene como finalidad la determinación de la velocidad que posee el viento apoyándose en diferentes aspectos como el mar, la tierra. Es decir, se lo evalúa prioritariamente en **Nudos** que equivale a millas náuticas/hora y también en la numera de la escala de Beaufort. Esta graduación contiene 12 grados de magnitudes progresivos que especifican el viento desde el punto de vista de las condiciones del Mar y la Tierra. Estos detalles de la tabla 2.1 son imprecisos ya que puede alterarse con relación a cualquier tipo de agua en el cual se expone el viento. Con la aparición de los diferentes prototipos de anemómetros, se le atribuye a cada grado o numeración un rango de velocidad media con el intervalo mínimo de 10 minutos a una altitud de 10 metros por encima del nivel del mar.

Muchas estaciones meteorológicas se basan en esta escala para determinar en cómo se encuentra el estado del viento con el fin de pronosticar algún fenómeno catastrófico, sin embargo también se la puede tomar en parte beneficiosa en el sector energético. Al hablar de catastrófico se centra en los tornados o situaciones similares a este, que lleguen a poner en peligro la vida terrestre y silvestre, además de la destrucción de viviendas o edificaciones cercanas a cualquier denominación que se determine; por otra parte, es beneficioso al referirnos a los términos de energía renovables ya que este elemento toma parte fundamental en la generación eólica (transformación a energía eléctrica) dependiendo al número de la tabla de Beaufort (verificando con los datos obtenidos por algún tipo de elemento de medición meteorológica) indicado para mover o empezar a girar el generador con ayuda del choque entre el viento y las hélices de la torre eólica. (ChenKayak, 2013)

Tabla 2.1: Escala gradual de Beaufort

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto de la mar	Efectos en tierra
0	1	<1	Calma	Espejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	5	3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	11	6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítrea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	19	10	Flojo (Brisa débil)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	28	16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	38	21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	49	27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	61	33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	74	40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	88	47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	102	55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	117	63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	118 y más	71>	Temporal huracanado (Huracán)	El aire está lleno de espuma y rociones. Enorme oleaje. Visibilidad casi nula	Destrucción total

Fuente: (ChenKayak, 2013)

CAPÍTULO 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.1 Definición de eficiencia energética

El propósito de la eficiencia energética es aminorar el gasto o uso de energía, se la considera como una práctica fundamental y didáctica. La eficiencia energética se define como la proporción de energía útil que es aprovechado para su uso, obtenida por medio de ciertos procedimientos o de técnicas específicas. De igual manera hace referencia al uso de cualquier equipo o instrumento que ejecute la misma función pero con una necesidad mínima de energía. Con este concepto se establece que la eficiencia energética puede llegar a generarse por medio de herramientas o mecanismos fructíferos con una excelente eficacia. (Hernández & García, 2008)

Existen 3 aspectos importantes que dependerá para producir una buena eficiencia energética y son los siguientes:

- Con respecto a la demanda

Comprende una abundancia de operaciones y trabajos destinados a la reducción de la demanda eléctrica o pretender una bifurcación con respecto a la demanda de horas de mínimo gasto. De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía (IEA), es un utensilio primordial que ayuda a la estabilidad de la oferta y demanda con relación a los sectores eléctricos, disminuir de los precios, incrementar la integridad y la confianza del sistema, estatalizar las negociaciones en las estructuras de abastecimiento de electricidad y aminorar la transmisión de gases por efecto invernadero. (Hernández & García, 2008)

- Con respecto a la oferta

Se describe a la agrupación de medidas aprobadas para asegurar la eficiencia de una vasta serie de abastecimiento eléctrico. Varias compañías que utilizan energía renovable para su funcionamiento como tal, buscan maneras o medios para que los equipos o maquinas las cuales generan poca eficiencia, pueden ser mucho más eficaces a la hora de su ejecución. Esto quiere decir, para llegar a este punto se aplicara un buen mantenimiento y se reformara sus funcionamientos en los instrumentos o equipos existentes. Pero ciertas empresas están incorporadas con sistemas propios alternos de generación eléctrica, por tanto se dedican a un exhaustivo análisis y estudios sobre las eficiencias energéticas tanto en oferta como también en demanda. (Hernández & García, 2008)

- Conservación de la energía

Es un grupo de acciones orientadas a la disminución del gasto de la energía mediante la utilización del mismo en forma más eficaz y además, una reducción en los consumos de hidrocarburos. (Hernández & García, 2008)

3.2 Condiciones sobre recursos energéticos

Se considera recursos energéticos a las energías adquiridas por parte de fuentes renovables y no renovables (viento, agua, biomasa, sol, etc.), además de tener en cuenta la proporción disponible de cada fuente nos brinda. Con la naturaleza de cada principio de energía, ya sea calculable o incalculable, podremos distinguirlas y evaluarlas en términos de sostenibilidad tomando como punto de referencia la situación que se presenta en la atmósfera donde ésta se encuentra en sus límites

climatológicos y del aumento constante sobre la adquisición energética. (Hernández & García, 2008)

Se mencionará algunas circunstancias de las condiciones iniciales con relación a la energía:

- Los materiales fósiles son utilizados para la obtención de energía que mayormente se consume.
- El índice de incremento de la energía que se adquiere, estará ligada a la intensidad de la escala social y las comodidades de cada persona.
- Ampliación de conocimientos sociales para tratar los argumentos del medio ambiente.
- La negación colectiva sobre el uso de la energía nuclear.
- Solicitud de equidad en recursos energéticos para los países no desarrollados.

3.3 Energías renovables

La utilidad de las fuentes renovables fue publicada cuando tuvo una gran presencia las energías alternativas donde en la actualidad se tiene prevista dejarlas aisladas hasta el punto de descartarlas completamente en todo tipo de usos. También se las conoce como energía limpia ya que una de las grandes cualidades que tiene es la de no afectar al ecosistema que la rodea. (Hernández & García, 2008)

Los recursos naturales son caracterizados por ser fuentes interminables energía (figura 3.1) debido a su atribución de regenerarse por sí solo como ejemplos esta: la **energía solar** proveniente del Sol, **energía eólica** originada por el viento, la **energía hidráulica** que es producida por el agua dulce, **energía mareomotriz** que trata de

los mares, la **biomasa** con respecto a los materiales orgánicos y la **energía geotérmica** enfocado al calor que se presenta en la Tierra. (Hernández & García, 2008)



Figura 3.1: Tipos de energías renovables
Fuente: (Ecología, 2000)

Aunque estas energías sean originadas por fuentes climatológicas propias de la naturaleza, es inapropiado mencionar que no tenga problemas o inconvenientes que afecten a todo tipo de seres vivos de una u otra manera, sin embargo son menos nocivos comparado con los daños que ocasionan las energías alternas. Para entender cuáles son los problemas que se originan a partir de la utilización de esta energía, se nombrara las más relevantes: (Hernández & García, 2008)

- La radiación solar puede producir daños visuales de gran magnitud.
- No son predecibles íntegramente ya que se encuentran de forma variable, es decir se puedan visualizar o no.

- La potencia que generan es relativamente bajo por lo tanto es necesario que tengan otros equipos que aumenten la efectividad del sistema.
- Muchos de estos aún siguen en etapa de desarrollo para alcanzar un mayor rendimiento de suministro eléctrico.

3.4 Características de la energía renovable

Existen diferentes características en la cual resaltan los más primordiales en cuanto a términos generales, su uso, como se presentan, el consumo energético, entre otros.

Las cuales son los siguientes: (Hernández & García, 2008)

- Estos producen desechos no contaminantes y de fácil exclusión.
- No generan muchos inconvenientes al medio ambiente, su nivel de contaminación es mínima ni expulsa CO_2 a la atmósfera.
- Se la considera un recurso ilimitado porque manifiestan de manera continua.
- Proviene de su propia naturaleza, no dependen de agentes externos.
- Ayudan al desequilibrio de algunos recursos energéticos.
- Potencializa el desarrollo económico creando un crecimiento con respecto a puestos de trabajo.
- La relación con la energía convencional tiene relación a su viabilidad.

3.5 Clasificación de la energía renovable

Ya se había mencionado los principios de las energías renovables en el concepto de la misma. Acuerde con lo descrito, se nombraran cada uno de ellos definiéndolos de forma resumida teniendo en cuenta sus fuentes de origen. (Hernández & García, 2008)

3.5.1 Energía eólica

Se llega a la obtención de este recurso por medio de la energía cinética que presenta el aire, donde éste, a su vez es convertida en electricidad para su distribución. Este proceso se logra gracias a los aerogeneradores que constituye una central o parque eólico. (Hernández & García, 2008)

3.5.2 Energía solar

Considerado como uno de las energías con un excelente rendimiento en cuento a su extensa abundancia. Se genera por las radiaciones emitidas por el Sol, las cuales son receptadas en la superficie terrestre, donde es transformado en energía eléctrica. (Hernández & García, 2008)

3.5.3 Energía hidráulica y mini-hidráulica

Para sus obtenciones, se basan en la energía cinética del agua y esta dependerá de las distintas elevaciones que se encuentre la misma, para su conversión en energía eléctrica. Se la clasifica a la mini-hidráulica como renovable en el caso de producir o generar potencias iguales o menores a 10 MW (Mega-Watts). Mientras que la hidráulica no se lo reconoce como renovable ya que produce valores superiores a 10 MW (Mega-Watts), por ello causa mayor impacto al ambiente durante su proceso. (Hernández & García, 2008)

3.5.4 Biomasa

También se las conoce como biocombustible. Es una fuente constituida por componentes orgánicos renovables de procedencia vegetal y se forma de productos

biodegradables naturales del cambio o transformación del mismo. (Hernández & García, 2008)

3.5.5 Energía mareomotriz

Esta energía se origina a partir de las corrientes o movimiento que son originados por el mar, luego se emplean turbinas que aprovechan esta energía para la cual realizan un accionamiento de un mecanismo alternador que produce corriente eléctrica donde esta enlazado hasta una planta energética de distribución. (Hernández & García, 2008)

3.5.6 Energía geotérmica

Derivado del calor que emana internamente la Tierra hacia la superficie, no es clasificado en su totalidad como una energía renovable. Este recurso es transformado en centrales geotérmicas a electricidad, también son utilizados para trabajos térmicos. (Hernández & García, 2008)

3.6 Aplicaciones para la adquisición de energía solar

Existen dos formas en las cuales la energía solar que llega a la superficie terrestre es utilizada en las diferentes aplicaciones donde se pueda aprovecharlas:

- Conservación térmica
- Conservación fotovoltaica

La conservación térmica trata de la conversión de la energía solar a la energía térmica donde es guardado en un líquido o fluido. Se utilizan los aparatos llamados colectores con el fin de calentar un fluido. (Hernández & García, 2008)

Y, la conservación fotovoltaica es el cambio directo con respecto a la energía luminosa, se transforma en energía eléctrica. Para este proceso se emplea paneles solares compuesta por células fotovoltaicas, ya sea el materia de silicio o germanio. (Hernández & García, 2008)

Colectores para la radiación Solar

Cada conservación en función de la transformación de energía, esta utilizará un colector para realizar dichas destinatario y se clasifican en:

- Colectores térmicos

Se las considera como intercambiador de calor, cumplen la función de transmisión de energía solar hacia un fluido intermediario que esté actuando de forma normal con caracteres inconstantes durante el día, presentando distintos cambios en sus niveles. (Hernández & García, 2008)

- Colectores fotovoltaicos

Estos colectores están destinados a transformar la energía solar que es receptado en la superficie terrestre, en corriente eléctrica (corriente continua). Para realizar este objetivo, dispone de un grupo de capas ligeras que están constituidas por material semiconductor disponibles en serie para obtener tensiones comunes como 12 o 24 voltios. (Hernández & García, 2008)

3.7 Aplicaciones para la adquisición de energía eólica

Es indispensable señalar los datos del viento requerido dependiendo al estado en que se encuentre en intervalos de tiempo determinados, para que de esta manera calcular

el empleo de sistemas para transformaciones a energía eólica. De las cuales son:
(Cochancela & Astudillo, 2003)

- Velocidad de viento promedio anual

Es el promedio que presenta el viento con respecto a una cierta velocidad determinada durante el transcurso de un año, en ocasiones es aplicado principalmente para informar la posibilidad de la utilización de energía eólica. (Cochancela & Astudillo, 2003)

- Variaciones diurnas

Son las alteraciones que se originan durante el día ya que puede estar ligado a la facilidad de la utilización de la energía eólica. En el caso de que se presente una baja corriente de aire (la velocidad) en el periodo de todo un día, provocará posibles sospechas en el asunto de la viabilidad en la energía eólica. (Cochancela & Astudillo, 2003)

- Vientos extremos

Esta reseña es ineludible para la instalación de equipos eólicos ya que nos permite diagnosticar las altas velocidades del aire con el fin de diseñar o construir maquinaria que soporten dicha intensidad durante o antes del proceso de transformación de la energía eólica. (Cochancela & Astudillo, 2003)

- Periodo de calma

Este dato tiene como finalidad de definir los volúmenes de ciertos componentes que se emplean en la generación como ejemplo, las baterías que son fuentes de

almacenamiento de energía y a su vez alimentación cuando la central o los aerogeneradores no estén en funcionamiento. (Cochancela & Astudillo, 2003)

Distribución de la continuidad de velocidades

Es un valor proporcionado durante una etapa en el cual una velocidad definida de aire sucede en el transcurso del año. Esto nos muestra una apreciación conveniente de una posible obtención de energía en cualquiera de los equipos o máquinas eólicas. (Cochancela & Astudillo, 2003)

CAPÍTULO 4 FUNDAMENTOS SOBRE LOS PANELES SOLARES

4.1 Concepto de célula solar

También llamada célula fotovoltaica, se lo considera un elemento electrónico que al estar exhibido a los rayos solares, esta realiza un proceso de producción de energía eléctrica. Esto es ocasionado por los componentes que forman esta célula denominado semiconductores, debido a que los rayos del sol y el núcleo de la célula fotovoltaica, posee una semejanza de energía en los fotones y electrones (respectivamente). (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

4.2 Clases de células solares

Se clasifican en diferentes tipos de células de acuerdo con el material para su fabricación. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

Célula de arseniuro de galio

El rendimiento que posee esta célula está entre los 27% o 28%. No ha sido fabricado debido a sus elevados costos de utilización.

Célula sulfuro de azufre y cadmio

Tiene características de bajo rendimiento en comparación con el galio pero con la diferencia de su mínimo costo de empleo.

Célula bifacial

Sostiene un rendimiento promedio de un 30%. Sin embargo, este material es de un alto costo de fabricación y además de su dificultad a la hora de instalarla.

Célula de silicio amorfo

Con una eficiencia del 9% en la cual puede incrementarse por medio de multicapas. También tiene el atributo ventajoso de tener forma muy fina semejante a la célula mono-cristalina.

Célula de silicio poli-cristalino

Su rendimiento puede alcanzar hasta el 14%. Se los puede identificar por medio de su superficie, la cual tiene una apariencia granulada.

Célula de silicio mono-cristalino

Pueden llegar a obtener rendimientos superiores hasta del 25% aproximadamente. Están catalogados como los más usados en la generación solar. Se fundamentan en grupos formadas por barras de silicio correctamente solidificados en un solo fragmento.

4.3 Definición de paneles solares

Se las conocen también como módulos solares, estos instrumentos se centran en la captación referente a la radiación solar presente en la atmosfera. Para estos paneles, comprende dos terminologías distintas como los colectores y fotovoltaicos, cuyos fines se basan en el calentamiento del agua y la generación de energía eléctrica. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

4.4 Clases de paneles solares

Existen 3 tipos de paneles solares las cuales serán explicadas en base a sus aplicaciones o modo de empleo. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

Panel solar térmico

Tienen la misma ejecución comparado con los paneles fotovoltaicos, sin embargo comprenden con un fluido que tiene la función de absorber el calor. Estos son instalados mayormente en viviendas para la calefacción, donde se la usa comúnmente para calentar agua ya que convierten los rayos del sol captados en energía térmica.

Panel solar fotovoltaico

Estos paneles se constituyen por elementos llamados células fotovoltaicas, como se lo había mencionado en el concepto de células solares. Donde utiliza la luz solar para generar energía eléctrica.

Panel solar termodinámico

La ventaja que posee los paneles termodinámicos se trata de que pueden captar de radiación solar sin importante el estado del clima en la que se encuentre expuesta pero tomando en cuenta que la temperatura del ambiente no esté a niveles menores de 0°.

4.5 Sistema de paneles fotovoltaicos

Se diseñan para la función de una modificación inmediata sobre la radiación solar hacia una corriente eléctrica, específicamente en continua. Las partes que la conforman están totalmente inmóviles, es decir son partes estáticas y como consecuencia a esto no producen algún tipo de contaminación ambiental ya que no tiene la necesidad de utilizar combustibles fósiles. Como habíamos indicado, uno de

los componentes más importantes de esta estructura es la célula fotovoltaica, la cual lleva una serie de estas células enlazadas entre sí (ya sea en paralelo como en serie) donde se conoce este conjunto como módulos fotovoltaicos para que comprendan extensos valores de voltajes altos o bajos y además de corrientes que pueden variar. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

4.5.1 Almacenamiento de los paneles solares

Es un instrumento calificado de cambiar de una energía potencial química a una energía eléctrica. Está constituido fundamentalmente por dos electrodos que se encuentran hundidos en un electrolito la cual ocasionan reacciones químicas en el procesamiento ya sea de descarga o carga. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

El trabajo primordial de los acumuladores que se encuentran en un sistema fotovoltaico radica en el abastecimiento de energía cumpliendo los requisitos de la carga, indistintamente de la elaboración de electricidad del panel en ese instante.

Además, tiene la propiedad de suministrar energía para algunos días a una carga durante las situaciones climatológicas desfavorables que originen una baja obtención de energía eléctrica. Con esta característica, se la aplica para todo tipo de paneles solares por su fiabilidad al sistema de cargas. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

4.5.2 Incidencia fotovoltaica

Como se aprecia en la figura 4.1, en el momento que la radiación solar llega a incidir en un elemento semiconductor, especialmente en uno extrínseco la cual está

conformada por dos secciones tipo n y tipo p que se originan por medio de un dopaje del elemento semiconductor, esta llega a producir un resultado llamado efecto fotovoltaico. Cuando la combinación de las dos regiones (tipo p y n) se encuentra exhibido a una luminosidad originada por los rayos solares, esto ocasiona un fenómeno llamado campo electrostático constante, que provoca un desplazamiento interno de electrones o corriente continua en la cual esta empieza a circular durante el cierre de un circuito con ayuda de una carga externa. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

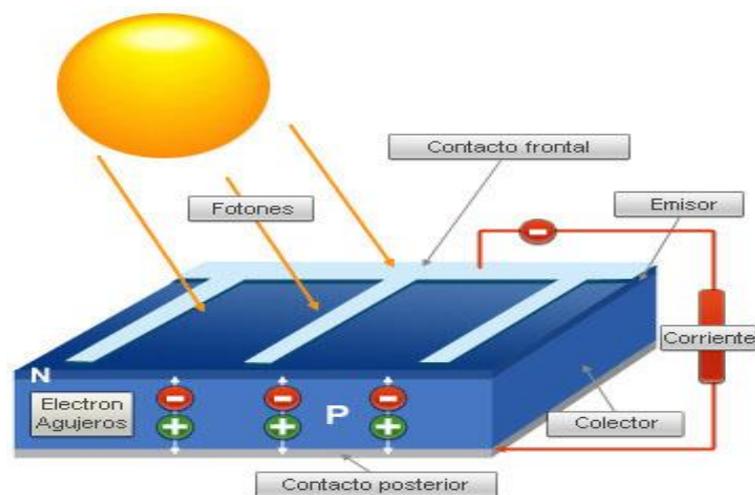


Figura 4.1: Proceso de incidencia solar
Fuente: (Dhama Energy, 2008)

4.5.3 Curvatura del patrón fotovoltaico

El modelo o patrón representativo de un aparato fotovoltaico esta simbolizado o interpretado por la gráfica con coordenadas de corriente y tensión como se muestra en la figura 4.2. Esta curva se la interpreta como las eventuales y diferentes composiciones sobre la corriente y el voltaje de un aparato fotovoltaico donde se encuentre en ciertos caracteres ambientales definidos. Para que el instrumento esté en su pleno trabajo, es decir en un punto preciso con respecto a la tensión y la corriente,

procederá de la carga la cual estará conectada con el aparato. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

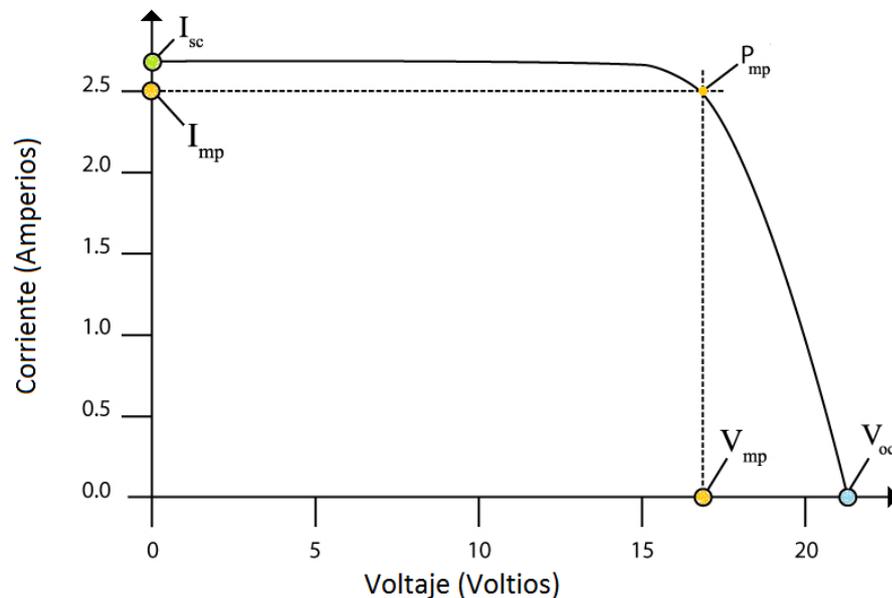


Figura 4.2: Curva corriente-tensión de un módulo fotovoltaico
Fuente: (Paneles solares PR, 2009)

En el plano que comprende la curva característica de la corriente y la tensión en un elemento fotovoltaico se determinaran las principales propiedades que se grafican y estas son: (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

- La corriente de cortocircuito se la considera como el máximo límite que puede llegar a tener la corriente obtenida por un dispositivo en circunstancias determinadas sobre la temperatura y la luminosidad, que están adecuados con una tensión valorado a cero. Y en la gráfica, se la representa con la variable I_{sc} .
- Se conoce como tensión de circuito abierto que se representa como V_{oc} a la máxima tensión bajo circunstancias señaladas sobre la temperatura y la luminosidad, que están adecuados con una corriente con un valor igual a cero.

- La potencia máxima P_m es obtenida por medio de un dispositivo bajo circunstancias establecidas sobre la temperatura y la luminosidad, las cuales están adecuados al producto de la tensión por la corriente.
- Se manifiesta un voltaje máximo V_m producido por la potencia máxima originado en un dispositivo, cuyo valor se la determina en circunstancias establecidas con respecto a la temperatura y la luminosidad.
- Se presenta una corriente máxima I_m producida por la potencia máxima originada en un dispositivo, cuyo valor se la determina en circunstancias establecidas con respecto a la temperatura y la luminosidad.
- En descripción de la eficacia de un panel solar se la denomina como factor de forma (FF), que es expreso con términos de la relación entre la potencia máxima y el resultado de la multiplicación de la corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto:

$$FF = \frac{P_m}{V_{oc} * I_{sc}}$$

FF = Factor de Forma

P_m = Potencia máxima

V_{oc} = Voltaje o tensión de circuito abierto

I_{sc} = Corriente de cortocircuito

Su valor viene dando en porcentaje con un rango en condiciones generales entre el 0.4 hasta el 0.65. En el caso de tener un valor igual a 100%, esta representara un eventual o supuesta forma de curva cuadrada, que es ficticio. Desde este punto de

vista, claramente nos dota de una percepción sobre las cualidades que posee un elemento o aparato fotovoltaico ya que mientras más elevado sea su porcentaje de su factor de forma, mejor será la calidad del dispositivo. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

4.5.4 Ecuación de la curvatura

Para expresar de manera correcta la curvatura de la corriente-tensión, se la representara matemáticamente de la siguiente forma: (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

$$I = I_L - I_o * \left[\exp \frac{V + I * R_s}{m * V_t} - 1 \right] - \frac{V + R_s}{R_p} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Cuyas variables son:

I_L = Corriente foto-generada.

I_o = Corriente inversa de saturación del diodo.

V_t = Tensión Térmica, donde esta variable es igual;

$$V_t = K * \frac{T}{e},$$

K = Constante de Boltzman.

T = Temperatura en grados Kelvin.

e = Electrón.

m = Factor de idealidad del diodo.

R_s = Resistencia en serie.

R_p = Resistencia en paralelo.

La propiedad eléctrica principal que tiene un módulo fotovoltaico esta esencialmente dado por la cantidad de células conectadas tanto en serie como en paralelo que la conformen, mostrados en la figura 4.3. En caso de figurarse que si un módulo fotovoltaico tenga las mismas células, daría como resultado que la corriente originada por este módulo sea equivalente al producto de la corriente que pasa por la célula con las células que se encuentren en paralelo a ella, y también la tensión que se origina es equivalente al producto de la tensión de la célula con las demás estando en serie. Se las expresan con las ecuaciones: (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

$$I_{mod} = I_c * N_p \quad (\text{Fórmula 2})$$

$$V_{mod} = V_c * N_s \quad (\text{Fórmula 3})$$

Para cada uno:

I_{mod} = Intensidad del módulo.

V_{mod} = Voltaje del módulo.

I_c = Intensidad de la célula.

V_c = Voltaje de la célula.

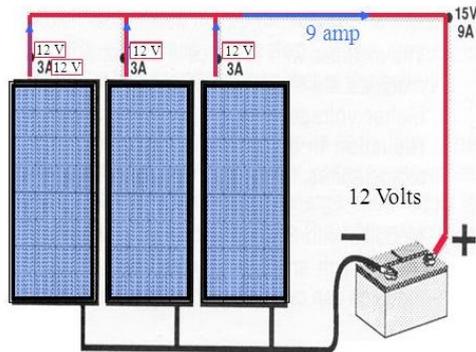
N_p = Número de células en paralelo.

N_s = Número de células en serie.

Conexión Paralelo

AUMENTO DE CORRIENTE

Tres módulos Conectados en paralelo



Conexión Serie

AUMENTA EL VOLTAJE

Tres módulos Conectados en serie

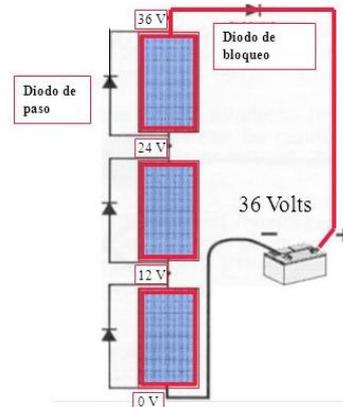


Figura 4.3: Conexión de módulos fotovoltaicos
Fuente: (Juárez, 2011)

Tomando como referencia la fórmula 1 de la curva fotovoltaica y considerando si el modulo contenga células idénticas ya sea en paralelo y en serie, se igualaran las dos ecuaciones de la intensidad y la tensión del módulo (fórmula 2 y 3). Quedando como resultado la siguiente ecuación:

$$I = N_p \left(I_L - I_o \left[\exp \frac{\frac{V}{N_s} + \frac{I * R_s}{N_p}}{m * V_t} - 1 \right] - \frac{\frac{V}{N_s} + \frac{I * R_s}{N_p}}{R_p} \right) \quad (\text{Fórmula 4})$$

Comparado con la curva característica voltaje-intensidad que se presenta en una célula con la fórmula 4, ambos tienen un semejante comportamiento. Y con referente a lo experimental, en el momento que se cita la ecuación de la curvatura y las principales propiedades de un módulo, por lo regular se aísla o no se toma en cuenta realizar una mención a su familiaridad con la célula solar salvo se transcribe la

ecuación de la curvatura caracterizando los parámetros o propiedades del módulo.
(Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

4.5.5 Eficacia de generación

Una célula solar posee una eficiencia la cual se representa con la letra griega η (este valor se encuentra especificado en la ficha técnica de cada panel), la siguiente fórmula también se aplica para un panel solar. Se la denomina como la potencia transformada en electricidad de los rayos solares totales aprovechada en un panel solar de forma porcentual. Se plantea un cálculo matemático que trata de la relación entre la máxima potencia y el producto de la irradiancia en un panel (E con una unidad de W/m^2 ; considerando las Condiciones Estandartes de Medida) con la superficie externa de la célula que la compone (A_c con una unidad de m^2). La ecuación para esta eficiencia quedará de la siguiente manera.

$$\eta = \frac{P_m}{E \times A_c}$$

Dónde:

P_m = Potencia máxima W.

A_c = Superficie externa en m^2 .

E = Irradiancia solar (radiación global) en W/m^2 .

Centrándonos en el segundo objetivo específico referente al rendimiento de los paneles fotovoltaicos del tema de tesis, se aplicará esta fórmula con el fin de determinar la eficiencia de generación (en valores de porcentaje) que sostiene cada

panel dependiendo a sus características o datos de placa que nos proporcione el fabricante o empresa.

4.6 Señalamiento de condiciones

Se sabe que la curvatura de un módulo comienza a modificarse o alterarse debido a las circunstancias climáticas, es por esto que es indispensable determinar una sucesión de requisitos de operación con el propósito de comprobar la efectividad de los diferentes fabricantes y estipulando basándose en esos datos para el seleccionamiento de otras categorías o cualidades que deseemos adquirir. A continuación si mencionaran las condiciones que se aplican para los módulos. (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

Condiciones Estándar de medida

Son parámetros de calidad para células fotovoltaicas que se centran en cifras de temperatura y radiación. Estas son empleadas de manera general con el fin de calificar las diferentes células, los módulos fotovoltaicos y generadores de energía solar. Las condiciones vienen dadas en la siguiente tabla:

Tabla 4.1: Parámetros estándar de medida

Irradiancia	1000 w/m^2
Distribución espectral	AM 1.5G
Incidencia normal	
Temperatura de la célula	25 °C

Fuente: (Ferichola, 2006)

Comúnmente los datos técnicos de cada módulo fotovoltaico que pueden estar en sus datos de placa o en documentos con dicha información que el fabricante nos proporciona, están bajo las condiciones mencionadas en la tabla 4.1. Pero hablando

en términos experimentales, en cifras significativas se ha manifestado que en los módulos llegan a conseguir dichas condiciones, a pesar que la irradiancia esté a niveles iguales a 1000 w/m^2 con un valor de 1.5 de masa de aire espectral, estas alcanzan mayores temperaturas de los $25 \text{ }^\circ\text{C}$ en sus células (dependiendo al estado del clima o a la estación en que se encuentre). (Agencia Insular de energía de tenerife, 2010)

Condiciones nominales de operación

Las condiciones de operación estarán bajo los siguientes datos:

Tabla 4.2: Parámetros nominales de operación

Irradiancia	800 w/m^2
Temperatura	Temperatura de operación nominal de la célula, NOCT
Velocidad del viento	1 m/s
Temperatura ambiente	$20 \text{ }^\circ\text{C}$

Fuente: (Ferichola, 2006)

En el cual la NOCT viene simbolizada como la temperatura que pueden adquirir las células fotovoltaicas para tener como resultado los parámetros descritos en la tabla 4.2 (irradiancia, temperatura ambiente y velocidad del viento). En ocasiones puede estar indicado el valor de la temperatura de operación nominal dentro del informe de especificaciones técnicas de un módulo, como ejemplo podemos mencionar que un tipo de modulo caracterizado por estar constituido de silicio mono-cristalino tiene un valor de temperatura de operación alrededor de los $47 \text{ }^\circ\text{C}$. Estas condiciones nominales mencionadas se centran solo en la temperatura ambiental pero no en la temperatura de un módulo, la cual es indispensable una ecuación que guarde una relación entre estos dos parámetros y es la siguiente:

$$T_c = T_a + \frac{NOCT - 20}{800} * G$$

Siendo:

T_c = Temperatura de la célula.

T_a = Temperatura ambiente.

NOCT = Temperatura de Operación Nominal de la Célula

G = Irradiancia

4.7 Rendimiento de paneles solares fotovoltaicos mono-cristalinos

En los anexos 1, 2 y 3 se presentan los 3 paneles fotovoltaicos que se realizarán las pruebas de calidad, debemos tener en cuenta la potencia máxima de cada panel para determinar sus eficiencias.

Se programará las pruebas de rendimiento en el transcurso de un mes (octubre) la cual se registrará cambios en la radiación global por medio de un piranómetro instalado en la micro-estación. Debido a que se toma un método cualitativo, se aplicará la fórmula de la radiación o irradiancia global para determinar estos valores en el transcurso del día, donde G_{sc} tendrá el valor de 1360 W/m^2 .

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) = 1360 \left(1 + 0.033 \cos \frac{360(1)}{365} \right) = 1404.87 \frac{W}{m^2}$$

Este resultado representa el primer día de recolección de datos sobre la radiación global que inciden en una superficie.

Ya que se designó un mes, el valor de la radiación en el último día (31 de octubre) registrará **1398.63 W/m²**. Estos datos nos ayudarán a diagnosticar la eficiencia de los paneles solares propuesto para la prueba, puntualizando las potencias máximas que generan. Aplicando la fórmula de la eficiencia, obtendremos:

$$\eta_{\text{día 1}} = \frac{P_m}{E \times A_c} = \frac{120W}{1404.87 \frac{W}{m^2} \times 0.992m^2} = 0.086 \times 100\% = 8.61\% \text{ (Anexo 1)}$$

$$\eta_{\text{día 1}} = \frac{P_m}{E \times A_c} = \frac{175W}{1404.87 \frac{W}{m^2} \times 1.276m^2} = 0.097 \times 100\% = 9.76\% \text{ (Anexo 2)}$$

$$\eta_{\text{día 1}} = \frac{P_m}{E \times A_c} = \frac{85W}{1404.87 \frac{W}{m^2} \times 0.648m^2} = 0.093 \times 100\% = 9.34\% \text{ (Anexo 3)}$$

Para los valores de A_c , es la superficie del panel donde llega la irradiancia. Las dimensiones del panel están dadas en m^2 (largo y ancho), la cual se realiza una conversión en m^2 . En los 3 paneles quedarán de la siguiente manera:

$$1482mm \times 670mm = 992940mm^2; 992940mm^2 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{1mm^2} = 0.992 m^2 \text{ (Anexo 1)}$$

$$1580mm \times 808mm = 1276640mm^2; 1276640mm^2 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{1mm^2} = 1.276 m^2 \text{ (Anexo 2)}$$

$$1200mm \times 540mm = 648000mm^2; 648000mm^2 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{1mm^2} = 0.648 m^2 \text{ (Anexo 3)}$$

Los valores obtenidos de la eficiencia de los 3 paneles, se concretan en el primer día. Si calculas por los días restantes, los valores varían significativamente por lo que se determinará el resultado del último día de las pruebas (día 31). Utilizando la misma ecuación quedará lo siguiente:

$$\eta_{\text{día 31}} = \frac{P_m}{E \times A_c} = \frac{120W}{1398.63 \frac{W}{m^2} \times 0.992m^2} = 0.086 \times 100\% = 8.65\% \text{ (Anexo 1)}$$

$$\eta_{\text{día 31}} = \frac{P_m}{E \times A_c} = \frac{175W}{1398.63 \frac{W}{m^2} \times 1.276m^2} = 0.098 \times 100\% = 9.80\% \text{ (Anexo 2)}$$

$$\eta_{\text{día 31}} = \frac{P_m}{E \times A_c} = \frac{85W}{1398.63 \frac{W}{m^2} \times 0.648m^2} = 0.093 \times 100\% = 9.38\% \text{ (Anexo 3)}$$

Estos son los valores finales de rendimiento de los cálculos realizados desde el inicio (día 1) hasta el final de la prueba (día 31). Por ello, se visualizará cuál de ellos tendrá fiabilidad en cuanto a la potencia generada en la tabla que se realizará en EXCEL en la parte II de las aportaciones. Con la ayuda de esta gráfica se apreciará con mayor exactitud el panel o paneles de prueba para que posteriormente incorporar o instalar sistemas fotovoltaicos eficientes con el objetivo de alimentar sin ningún problema energético durante su proceso de transformación a energía eléctrica.

Nota: este proyecto se basó en fórmulas para llegar al resultado de la eficiencia ya que no se utiliza un método experimental con datos reales.

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Existen diferentes circunstancias ambientales tal que, se hacen presentes de manera peculiar, e individualmente tienen distintos resultados en los seres vivos. El instrumento esencial para dirigir un ordenamiento donde se presente una variedad de factores es la Estación Meteorológica, en la cual está compuesta por una sucesión de herramientas que realizan una función específica dando como resultado un registro de las condiciones climáticas que se desea verificar. (Torres, 2009)

5.1 Definición de una estación meteorológica

Se la define como un sitio en el cual donde se desarrollan o efectúan registros de los diferentes datos anotados por los instrumentos (ya sean mecánicos o electrónicos), análisis de las situaciones que se presentan o se hayan suscitado, estimaciones de acontecimientos que probablemente ocurran, estudios relevantes de la climatología de la Tierra, es decir a los componentes o factores meteorológicos. (Torres, 2009)

5.2 Normas para una estación meteorológica

El objetivo primordial del rendimiento operativo de una estación meteorológica es de examinar y registrar las variaciones de los componentes que forman la materia prima del análisis sobre los estados climáticos. Desde este punto de vista, los estudios es correspondiente ejecutarlos de manera organizada y metodológica con exactitud para que los datos conseguidos sean característicos y uniforme. (Torres, 2009)

Existen normas anunciadas por la O.M.M. (Organización Meteorológico Mundial) donde se hallará información general acerca de las estaciones y sus componentes:

- El sitio y la orientación para la exposición de las estaciones.

- La estructura de las planificaciones básicas de análisis climáticos acorde con el tipo de estación.
- Intervalos de tiempo al momento de las observaciones del clima.
- Los equipos y sus componentes para las mediciones.
- Inspecciones y comprobación de las estaciones.
- Condiciones para la eficacia en las investigaciones.

Referente a la exactitud de las medidas, deberán estar ligados principalmente a los siguientes puntos:

- Calidad que tiene los equipos para la estación.
- La precisión de los registros.
- El operador en examinar correctamente las lecturas de las herramientas.

Además, será adecuado seguir obligatoriamente los siguientes requerimientos que menciona:

- Un apropiado sitio para la estación.
- Buenos equipos y componentes para la medición.
- Los operadores deben tener un excelente conocimiento de cualquier tipo de estación.

5.3 Tipos de estación

Existen 4 tipos de estaciones meteorológicas según los cambios climáticos que están continuamente presentes en la Tierra, es decir algunos se describirán acorde con los equipos incorporados y el tamaño de la estación, las cuales son: (Torres, 2009)

5.3.1 Estación clase A

Este tipo de estación es la más compleja y entera con relación a las mediciones y registros de las condiciones climáticas como ejemplo; temperatura, humedad, situación del viento (velocidad y dirección), estado de la atmósfera (presión, gases atmosféricos), radiación solar y precipitación pluvial.

5.3.2 Estación clase B

Estas estaciones, a diferencia de la **clase A**, tienen ciertos instrumentos que registran datos específicos del clima que son las siguientes; temperatura, humedad, viento (velocidad) y la precipitación de una superficie.

5.3.3 Estación clase C

Esta clase solo se especializa en registrar datos con relación a la precipitación pluvial, la temperatura y la humedad, por ende, la parcela será de menores dimensiones que las estaciones anteriores mencionadas.

5.3.4 Estación clase D

Se las conocen por ser los más sencillos, estos pueden registrar solo una o dos situaciones climáticas que esté presente en el ambiente, ya sea temperatura, humedad, viento, radiación, etc.

5.4 Descripción de los elementos de medición

Las estaciones meteorológicas emplean equipos especializados para calcular, evaluar, determinar y establecer las diferentes situaciones climatológicas que se manifiestan en el ambiente. Como se había mencionado en el capítulo 4 los tipos de estaciones meteorológicas que existen y su función respectiva, estudiaremos dos

condiciones climáticas acorde al tema de tesis propuesto que son: Radiación Solar y estados del Viento.

5.4.1 Instrumentos de medición para la radiación solar

Las estaciones que se encargan de las diferentes mediciones con respecto a la radiación solar, disponen de equipos llamados radiómetros donde estas se componen de distintas herramientas importantes. El accionamiento de estos sensores se basa principalmente en la transformación de la energía emitida por el Sol a otra energía, respectivamente la electricidad, de tal manera que su medición se vuelva más asequible. También dependerá del ángulo de inclinación en la que está posicionado y así mismo de su ubicación ya que no se producirá las mismas medidas o registros sobre la radiación que recepta un área yacente a una perpendicular. (Pérez, 2000)

5.4.1.1 Piranómetro

Está diseñado para cumplir la función de medir la radiación solar que se presenta en una extensión uniforme, es decir es un dispositivo sensorial (figura 5.1) dedicado a determinar la concentración que posee la emisión solar en un lugar establecido para su función. Son artefactos fabricados para realizar las mediciones respectivas sobre la radiación solar global que es dirigida a una extensión de terreno yacente. Para que se ejecute esta función, este instrumento se basa en elementos llamados termocuplas donde su accionamiento consiste en el aumento de temperatura efectuado por la emisión solar, el cual producen un pequeño voltaje que es tratado con otro dispositivo como un integrador o un data logger. Luego de tener una señal de medida, se la multiplica por un valor constante que posee dicho dispositivo, dando

como resultado una potencia en unidades de W/m^2 . (Agencia Estatal de Meteorología, 2001)



*Figura 5.1: Modelo de un piranómetro (CMP 3)
Fuente: (Direct Industry, 2000)*

Forma de medición

En diferentes fuentes mencionan los valores de los rangos del espectro electromagnético pero se estima que puede llegar a más del intervalo 200 y 4000 nanómetros con respecto al espectro. Para los piranómetros, deberán estar lo más cercano posible a este rango al instante de la medición.

La forma de medición se basa en el cambio angular sobre la emisión de radiación solar que recepta el instrumento. Es decir, está compuesto por un desecante en la cual impide que por medio de una concentración de líquido (condensación) se presente internamente en la misma y de tener una cierta nivelación de burbujas que se producen para permitir un adecuado equilibrio; mientras los resultados espectrales son constantemente planos en los transcurso de tiempo de sugestión, la resolución

direccional es la principal inquietud al momento de los cálculos respectivos. (Pérez, 2000)

5.4.1.2 Albedómetro

Es un sensor electrónico (figura 5.2) que tiene como función de establecer la magnitud y la permanencia cotidiana referente al recalentamiento basando en dos puntos o aspectos importantes: la emisión rebotada o reflejada y emisión solar incidente, las cuales estas representan recíprocamente a la energía que expulsa el Sol (específicamente la potencia de flujo) y a la proporción que recepta la Tierra.

Estructura del equipo

Está formado por dos piranómetros colocados de manera perpendicular, de este modo, ambos se encuentran posicionados con la finalidad de que uno esté en dirección a la atmósfera y el otro se oriente hacia la superficie terrestre. Dado este diseño, se logra adquirir datos o registros de los valores tanto como la radiación reflejada y además de la directa con la difusa.

Es primordial considerar que estos dos valores son fundamentales para calcular la translucidez de la atmósfera correspondiente a la densidad de la polución o gases contaminantes. (CAE Monitotización, 2001)

Su ventaja radica en el enlace de cualquier data logger común para dirigir los datos a la memoria del mismo donde serán procesados e inspeccionados en una procesadora. Asimismo, posee dos salidas analógicas la cual representan los dos piranómetros que la constituyen (uno en la parte superior y en la parte inferior).



*Figura 5.2: Modelo de una albedómetro (AB20/K)
Fuente: (CAE Monitotización, 2001)*

5.4.1.3 Pirheliómetro

Este tipo de utensilio tiene como objetivo fundamental el de medir la radiación solar directa de un determinado espacio o lugar que reciba dicha emisión en la cual se encuentra habitualmente en presencia de la incidencia de rayos solares. Está compuesto por una pieza pequeña interna llamada obturador donde mide únicamente la difusión proveniente del Sol y también de una zona anular procedente de la capa de ozono muy cercano al Planeta (figura 5.3). A continuación se detallarán las características de un pirheliómetro en la tabla (5.1). (Edmundo, 2002)



*Figura 5.3: Modelo de un pirheliómetro (DR02)
Fuente: (Direct Industry, 2000)*

Tabla 5.1: Detalles técnicos de un Pirheliómetro

PROPIEDADES		ALTA CALIDAD	BUENA CALIDAD
Tiempo de contestación – 95%.		< 15 segundos	< 30 segundos
Discontinuidad de cero - Reacción al cambio de 5 k^*h^{-1} en la temperatura ambiente.		$\pm 2 \text{ W}^*m^{-2}$	$\pm 2 \text{ W}^*m^{-2}$
Determinación – detección de alteración minúscula en W^*m^{-2} .		± 0.5	± 1
Equilibrio – porcentaje del fondo de escala, cambios periódicos.		± 0.5	± 1
Reacción en temperatura – errores sobresalientes en porcentaje por el cambio de temperatura del entorno en el transcurso de 50 K.		± 1	± 2
No Linealidad – Bifurcación en porcentaje de la contestación a 500 W^*m^{-2} debido al cambio de la irradiancia entre 100 y 1100 W^*m^{-2} .		± 0.2	± 0.5
Susceptibilidad espectral – Bifurcación en porcentaje del resultado del coeficiente de absorción y la transmitancia en el rango de 0.3 a 3 μm .		± 0.5	± 1
Contestación a la inclinación – Encorvamiento en porcentaje referente a la respuesta al desvío de 0° , por el cambio de la desvío desde 0° a 90° a 1000 W^*m^{-2} de irradiancia.		± 0.2	± 0.5
Inquietud alcanzable – Confiabilidad de 95%.			
Sobre 1 minuto	Porcentual	± 0.9	± 1.8
	kJ^*m^{-2}	± 0.56	± 1
Sobre 1 hora	Porcentual	± 0.7	± 1.5
	kJ^*m^{-2}	± 21	± 54
Sobre 1 día	Porcentual	± 0.5	± 1
	kJ^*m^{-2}	± 200	± 400

Fuente: (Pérez, 2000)

Parámetros de los Pirheliómetros

Se describirán los diferentes prototipos de Pirheliómetro conforme a sus características de medición, los elementos necesarios para precisar los valores y de ciertas propiedades entre sí, como son:

- Cavidad absoluta

Este Pirheliómetro (figura 5.4) está formado por dos aberturas cónicas semejantes, una de ellas la externa y la otra es interna. La primera concavidad aumenta su temperatura conforme a la radiación que recibe al estar expuesto; y la segunda concavidad emplea la energía eléctrica para alcanzar la misma temperatura de la cavidad externa ya que no se encuentra expuesta al ambiente, retribuyéndose la energía utilizada como la radiación solar incidente. (Edmundo, 2002)



*Figura 5.4: Modelo de un pirheliómetro de cavidad absoluta clase HF
Fuente: (Ingeniería en energías renovables, 2007)*

- Compensación Ångström

Su función consiste en el calentamiento de una fina plancha metálica oscurecida la cual es calentada de manera eléctrica para obtener una temperatura igual a la lámina que se encuentra exhibido a la emisión de los rayos solares. Para esta eventualidad, se considera que la energía eléctrica empleada para elevar la temperatura de la plancha oscurecida es equivalente a la intensidad proporcionada por el Sol que es captada por la lámina externa del instrumento. (Edmundo, 2002)

- Disco de plata

Este instrumento está compuesto por un disco sombreado en uno de sus lados como se ve en la figura 5.5, y a su vez deriva una abertura para la colocación de un termómetro. Este disco se la encuentra dentro de un cilindro de latón (específicamente en el fondo del cilindro) en la cual se puede obstruir el paso continuo de la radiación solar ya que por medio de un indicador en forma de cubierta móvil ubicado en la parte externa del cilindro ayuda a controlar con tiempos establecidos este suceso. En conclusión, nos permitirá inferir la magnitud que posee la radiación solar directa tomando como prioridad las lecturas termométricas subsecuentes para impedir y facilitar de forma alternada el ingreso del instrumento. (Edmundo, 2002)



*Figura 5.5: Pirheliómetro con disco de plata
Fuente: (Ingeniería en energías renovables, 2007)*

5.4.1.4 Pirradiómetro

Aparato diseñado para las mediciones sobre la emisión solar y terrenal (figura 5.6). Su derivado para este instrumento es el pirradiómetro neto la cual determina un valor de la fluidez neto referente a la radiación total en dos direcciones distintas tanto de arriba como también abajo teniendo en cuenta el lugar donde esté instalado (un espacio yacente). (Fernández, 2012)



*Figura 5.6: Módulo del pirradiómetro
Fuente: (Ampbell Scientific, 2004)*

5.4.1.5 Pirgeómetro

A diferencia de los anteriores radiómetros, se caracteriza por tener un detector semiesférico (figura 5.7) que realiza las funciones de medir las señales infrarrojas (específicamente el flujo incidente que pueda tener al estar presente) que llegan hacia la superficie terrestre en cualquier orientación o sentido a la expuesta y que ocasiona un destello en un terreno. (Fernández, 2012)



Figura 5.7: Modelo de un pirgeómetro
Fuente: (Direct Industry, 2000)

5.4.1.6 Heliógrafo

No es considerado como parte de las mediciones para las diferentes radiaciones pero se lo atribuye en la obtención de los tiempos o duraciones solares. En la figura 5.8 se muestra un heliógrafo común, donde esta aprovecha la radiación solar para las mediciones respectivas que tiene como función. Determina la valor de la heliografía, es decir la difusión solar, en la cual son datos consignados en referencia a la durabilidad que presenta la emisión solar producido por el Sol, el recalentamiento o resplandor en diferentes periodos de tiempo mientras que el disco solar pueda ser

observado en estos intermedios y además de esto, las etapas o tiempos del día en las que la magnitud de la radiación directa es sobresaliente con respecto a un determinado umbral. Para la adquisición de una apropiada y acertada lectura de los tiempos que el Sol está expuesto, es indispensable que el instrumento deba estar de manera correcta a su ubicación acorde con los periodos del año y también a los cambios de desviación del Sol. (Baylina, 2004)



*Figura 5.8: Medición de la radiación solar
Fuente: (Universidad Federal de P., 2011)*

Componentes del heliógrafo

Está conformado por una pequeña banda de cartulina en la cual esta registra la permanencia que tiene el recalentamiento o insolación emitida por los rayos solares debido a su concentración, a tal punto que comienza a incinerar la banda dependiendo al movimiento y presencia intensa del Sol. Para concentrar esta emisión se emplea una esfera de cristal que va por encima de la pequeña tira para el registro ya que esta ubicación está en forma de arco con el fin de tomar las diferentes posiciones y tiempos durante la luz del día. Existen diferentes bandas para ciertas estaciones del año como se muestra en la figura 5.9.

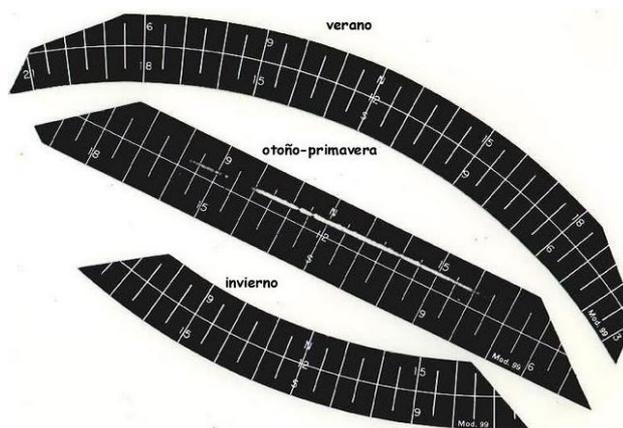


Figura 5.9: Bandas de medición para el heliógrafo
Fuente: (AranMet, 2014)

Está diseñado de tal forma que, la esfera este sitiado en un apoyo cóncavo por encima de ello que obtenga la misma forma esférica viendo en la figura 5.10. Un colgador elástico ancla al bordillo de la bola y por medio de un tornillo o perno, además de un disco, ambos forman una permanencia entre la bola y el soporte inferior. Los volúmenes de las partes esféricas de la cazoleta están seleccionados de manera que el globo de vidrio se halle exhibido a los rayos del sol. (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004)

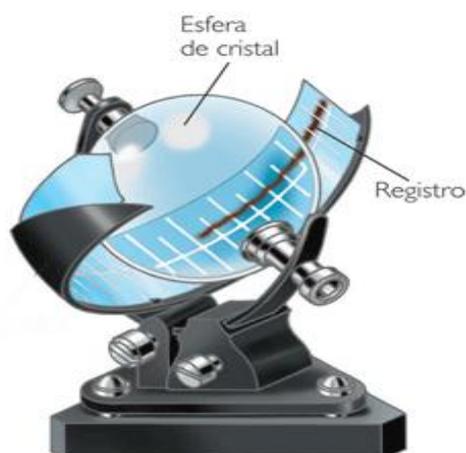


Figura 5.10: Ilustración de un heliógrafo
Fuente: (Samantha, 2012, págs. ,2012)

5.4.2 Instrumentos de medición del viento

Para los diferentes elementos de medición para este entorno meteorológico, se las utilizan o emplean acuerdo con las características ambientales que posee el viento, entre ellos se destacan: su orientación (sentido que toma durante su movimiento) y la velocidad (la rapidez que se presentan en diferentes intervalos de tiempos). (Universidad de la República-Uruguay)

- Según su velocidad

De acuerdo con esta característica, se usan usualmente dos instrumentos llamados: el anemómetro hélice y de copela. Se describirá cada uno de ellos, con su forma de ejecución al momento que realizan la medición, pero nos basaremos en el punto de los puntos más importantes la cual hace referencia a un anemómetro eficiente para su seleccionamiento. Antes de ver estos dos tipos, es necesario mencionar el concepto básico y general de un anemómetro.

5.4.2.1 Anemómetro

Esta herramienta (figura 5.11) de medición tiene el propósito de determinar el factor horizontal que tiene la aceleración o rapidez del viento. Debido a los cambios repentinos que se producen de manera natural referente a la velocidad de la misma, las propiedades de su movimiento son señaladas y manifestadas en forma de promedio y repartición de la continuidad. Algunos de estos instrumentos son empleados para el aprovechamiento del efecto que se produce cuando el viento se encuentra en movimiento llamado energía cinética. (Universidad Austral de Chile)



Figura 5.11: Diseño de un anemómetro
Fuente: (Hyparion, 2002)

- Anemómetro de copela

El objetivo de este tipo de anemómetro consiste en la medición de la velocidad yacente del aire mediante un sistema que está compuesta por gorras con forma semi-globular donde se los conectan o ensamblan en una barra perpendicular para la ejecución de giro. Esta acción de rotación es ocasionada por la fuerza del viento, es decir la energía cinética, ya que las copelas tienen un diseño aerodinámico produciendo así este movimiento circulatorio en el centro del eje. (Departamento de Ciencias de la atmósfera, 2007)

Algunos anemómetros de la actualidad están constituidos por un elemento denominado transductor, en la cual esta realiza la transformación del movimiento circulatorio que este manifiesta a un índice eléctrico y esta, a su vez, es trasladada a un equipo eléctrico donde ejecuta cálculos para presentar un valor concreto con respecto a la velocidad del aire, denominado data logger. (Universidad de la República-Uruguay)

Data logger: Traducido al español registrador de datos, es considera un aparato de categoría electrónica que tiene la función anotar y determinar referencias en momentáneos periodos o es ciertos casos también las coordenadas de una ubicación con ayuda de elementos que se acoplen a la toma de datos o elementos propios del dispositivo (figura 5.12). (JM Industrial S.A., 2003)



Figura 5.12: Modelo de una data logger (GL200A)
Fuente: (Dataq Instruments, 2013)

- Anemómetro hélice

Estos tienen la capacidad de medir, ya sea que esté tome una diferente dirección o trayecto en su movimiento, la velocidad que adquiere el aire en repentinos instantes. Está compuesto por un conjunto de hélices (conformado por 3 ó 4 aspas) conectado con una veleta que direcciona al instrumento con respecto al curso del viento. Al igual de la copela, envía una señal eléctrica para indicar los valores que se ha tomado. (Departamento de Ciencias de la atmósfera, 2007)

Acorde con las funciones de cada anemómetro, existen dos puntos importantes para el seleccionamiento de su instalación, ya que ambos tienen una cierta igualdad con el propósito de estas herramientas y son las siguientes:

1. Aplicación deseada

No están diseñados para medir cuando las condiciones del viento estén en un grado alto de fuerza como ejemplo los tornados, huracanes, entre otros con una gran magnitud; debido a los materiales frágiles que la constituye algunos de ellos. Pero son comúnmente usados en condiciones con menores inconvenientes relacionados a su proporción. (Departamento de Ciencias de la atmósfera, 2007)

2. Umbral de comienzo

Para los anemómetros, el accionamiento en la cual realizan su movimiento rotatorio deberá tener una fuerza inicial para cumplir este requisito ya que a partir de ese instante se pueda presentar mediciones constantes o variadas, según se dé el caso del clima. Esta fuerza se la concede con el nombre de “velocidad mínima”.

3. Distancia constante

En este punto se refiere a la longitud que se produce durante el avance del viento en un cierto tiempo la cual las aspas se encuentran en un determinado movimiento antes de presentar cambios en las velocidades del aire. Ocurren distintos casos como distancias más lejanas con varios anemómetros de gran volumen, debido a esto, son más valorados por el resultado de las mediciones de la velocidades.

4. Confiabilidad

Debemos tener en cuenta y como parámetro importante que muchos de estos instrumentos de medición son de un diseño operativo o mecánico, por consecuencia la confiabilidad de la vida útil será muy corta debido a los acontecimientos que se exponen a los estados climáticos del viento, las cuales pueden variar de acuerdo a su fuerza y rapidez.

5.4.3 Orientación del viento

5.4.3.1 Veleta

Para las mediciones sobre curso o sentido que toma el viento, se utiliza el instrumento llamado veleta la cual está conformada por una hoja plana en forma de lámina situado de manera vertical (figura 5.13). Por lo tanto, con ayuda de esta pieza, se ubica de tal modo que este colocado en la misma dirección o sentido con respecto al viento. (Garreaud & Meruane, 2005)

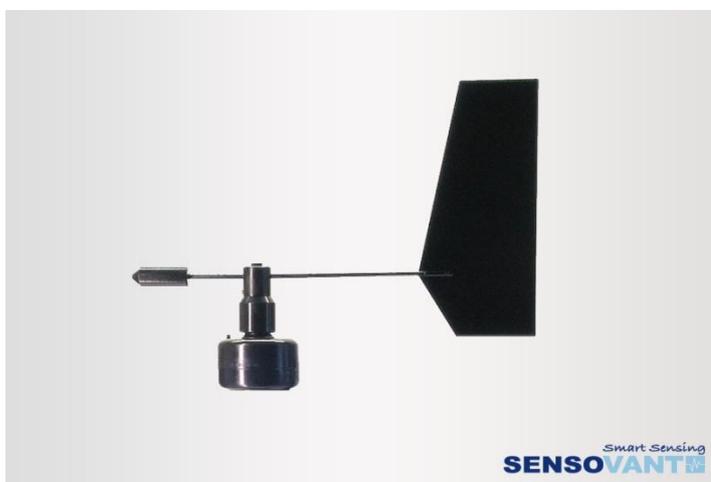


Figura 5.13: Modelo de veleta (PRV)

Fuente: (SensoVant , 2009)

La formación que toma para orientarse al viento se basa en dos factores que son: fuerza de sustentación y de traslado. Ya que la composición de ambos, es vital para cumplir dicha función acuerde para la medición. No siempre los resultados tendrán márgenes totalmente correctos en primer plano, esto sucede debido a que la veleta en ciertos instantes es afectado por la inercia y la forma que está diseñado para contraponerse a las grandes intensidades del viento conocido como amortiguamiento aerodinámico, donde se la expresa de la siguiente manera en una ecuación:

$$\varepsilon = \theta - \theta_i$$

Dónde:

$\varepsilon = \text{Error dinámico}$

$\theta_i = \text{Dirección del viento}$

Además, existe una ecuación que representa el movimiento que realiza la veleta al estar expuesto a una corriente de aire y que es:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{NR}{V} \frac{d\theta}{dt} = -N(\theta - \theta_i)$$

La cual **I** representa la inercia que tiene la veleta, **N** es el ángulo q toma con respecto a la dirección del viento (torque aerodinámico) y **R** es el valor que existe en la separación entre el eje de giro hacia el punto medio de la veleta donde la fuerza aerodinámica se vuelve más efectiva. (Departamento de Ciencias de la atmósfera, 2007)

$$N = \frac{1}{2} C_L \rho A R V^2$$

$C_L =$ *Coeficiente de Sustentación*

$A =$ *Área de la veleta*

Características de la veleta

Las siguientes propiedades que se determinarán, se basan en una veleta conceptual las cuales son:

- Deberá tener una pequeña inercia que se produzca en la veleta y además un elevado torque aerodinámico en cada corriente de aire.
- También un valor de amortiguamiento menor o igual a 0.3 durante la presencia de vientos.
- Fabricado de forma que tenga una resistencia ante fuertes viento que alcanza valores alrededor de los 90 m/s.
- Que exista una mínima fricción del eje giratorio con la base del mismo al momento de rotar.
- Evitar los movimientos desequilibrados con ayuda de un contrapeso para que de esta manera se encuentre estabilizado hacia cualquier magnitud de viento.
- A diferencia de los anemómetros, deberá presentar un umbral de velocidad con valores bajos de 0.5 m/s.

Para los diferentes diseños de las veletas, es necesario realiza los respectivos mantenimientos para el buen funcionamiento de este instrumento:

- Un chequeo frecuente sobre la pequeña fricción que influye entre las dos partes de la veleta.
- Verificación de los componentes mecánicos que la conforman, la más importante es la de rotación.
- Para las veletas que usan un sistema de señalización y monitoreo, utilizan un transductor la cual deberá ser verificado si opera de manera correcta a su función.

Selección deseada

Cuando se desea seleccionar una veleta la cual sea adecuada y conveniente, se aplicará dos de los principios mencionados en el subcapítulo de los instrumentos de medición del viento en la elección del anemómetro. Como primera condición, debemos considerar la cantidad de grado de la banda muerta, es recomendable que sea valores menores a 8° . También se tomará en cuenta sobre la resolución que posee la veleta, es decir las posiciones que disponga (0° a 360°). Y por último que este sensor tengan una largo vida de funcionamiento mecánico. (Departamento de Ciencias de la atmósfera, 2007)

CAPÍTULO 6 ESTRUCTURA DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICO

Para la construcción de una estación meteorología se debe tener en cuenta algunos componentes o parámetros necesarios para un buen funcionamiento de los equipos, tener seguridad en el terreno donde está la estación, la cantidad de elementos de medición radica mucho en las dimensiones que pueda tener al momento de su levantamiento (dependiendo al tipo de estación a diseñar) y verificar si el sector o el área donde se colocará la estación esté en condiciones de presentar los estados climatológicos que se desea medir.

6.1 Terreno circundante

Hace referencia a la localización y a su vez, tenga preferencia para la exposición ante las condiciones climáticas donde se cumplan los siguientes parámetros: (Torres, 2009)

- Que el terreno sea efectivamente apropiado para la estación.
- No establecerlo en áreas desniveladas, barrancos, cuevas; ya sea cercanas o encima del mismo.
- No ubicarse cerca de sitios donde existan cualquier tipo de empresa o una carretera ya que ciertos instrumentos están compuestos por partes muy sencillez.
- Los puntos este y oeste, deberán estar despejados.
- Es recomendable que el terreno donde estará la estación debe ser de césped.
- Utilizar una malla metálica para recubrir la estación.

6.2 Parcela meteorológica

Se la denomina al terreno cuadrangular o rectangular donde se alojan los diferentes equipos de medición climática, para llevar esta selección del espacio adecuado se debe satisfacer los siguientes parámetros: (Torres, 2009)

- El volumen o la capacidad de la superficie que se asigne, estará relacionado con el número de herramientas de medición que se desee incorporar a la estación.
- Para el solar donde se ubicará la estación, deberán estar cubiertos con una malla metálica a su alrededor.
- La parcela deberá posicionarse en el sentido Norte para la acentuación de la puerta de ingreso a la estación.
- Los valores de separación que se tienen q establecer entre las herramientas de medición y la malla que las recubre, será de 2 o 3 metros de distancia.

6.3 Abrigo meteorológico

Los pequeños elementos como el termómetro, los termo-higrógrafos, etc. que conforma la parcela de la estación, es necesario protegerlos contra la precipitación y de la emisión externa. Es por ello que se instala un cajón de madera cuya función es de permanecer con una temperatura similar al del ambiente externo. Se necesita varios requisitos para la implementación de este artefacto de protección y son los siguientes: (Torres, 2009)

- Las dimensiones del cajón deberán ser adecuados de tal manera que sea capaz de almacenar una cierta cantidad de herramientas de medición y además que

tenga una separación asegurando los instrumentos de las paredes del abrigo de cualquier daño interno o externo.

- Los elementos que se encuentran dentro del abrigo deberán estar protegidos ante las emisiones de la radiación solar, por ello se coloca una puerta en forma de persiana para el impedimento el acceso de estas irradiaciones.
- El piso que la conforma, estará constituido por un doble sistema de listones.
- También se implementara un tejado que tenga forma lisa y doble capa.
- La decoración con respecto a la pintura tiene parte fundamental para la radiación solar, debido a esto se coloca una capa no Higroscópica con el fin de reflejar la mayor cantidad posible de emisiones solares.
- La ubicación del cajón tomando de referencia la persiana, se lo colocara en orientación hacia el Norte a la razón de evitar que las emisiones ingresen en el interior del abrigo.
- Se estabilizará el abrigo con una base de altura aproximadamente de 1.2 o 1.5 metros con respecto al suelo para su fácil manejo en tomar y observar lecturas de los equipos.

6.4 Instrumentos

Para una eficaz y eficiente funcionamiento de los instrumentos meteorológicos que forman parte de la estación, es necesaria la correcta instalación de las mismas. Para que las indicaciones ejecutadas en diversas estaciones sean semejantes, es indispensable que la colocación de los equipos sea idéntica. (Torres, 2009)

- La ubicación de las herramientas de medición debe arraigarse principalmente a los efectos que se presenta con relación al viento.
- El alejamiento de un instrumento referente a un inconveniente que se de alrededor a su entorno, será el doble de la altura de la obstrucción del objeto. Al considerar la altitud de los árboles que estén próximos a los aparatos, se debe tener en cuenta el nivel que pueda alcanzar y no en el instante del montaje de los instrumentos.
- Si se llega a ubicarlo en una pendiente, es recomendable seleccionar un espacio que figure una posición primordial de todo el sistema rocoso.
- Se utilizara una base de cemento o de piedra para los instrumentos que se han de emplear para las diferentes mediciones de los estados climáticos.
- La posición de los aparatos deberá ser de tal forma que la entrada hacia el sistema de inspección se encuentre en una ladera de un relieve a la orientación del viento en días lluvioso.

6.5 Normas establecidas para las mediciones meteorológicas

En este subcapítulo se mencionará las normas que se aplican a los instrumentos de medición meteorológicas de radiación solar ya que hace referencia a la operación que realizan al estar en funcionamiento. Pero al tratarse de este tema de una micro-estación, se mostrará por medio de tablas los datos característicos según las normas de ISO y la OMM (Organización Meteorológica Mundial). Se enfocó más en el piranómetro, ya que es el único material disponible de la compañía ProViento S.A. y además que solo existe normas para este tipo de material. (Torres, 2009)

6.5.1 Organización Meteorológica Mundial Guide 7th Edición

En la tabla 6.1 que se muestra en la siguiente página (adaptado de ISO, 1990) describe las características de piranómetros de varios niveles de rendimiento, con las incertidumbres que pueden lograrse en instalaciones adecuadas.

Normalmente, es necesario especificar las condiciones ambientales de las pruebas, que pueden ser muy diferentes para diversas aplicaciones. El procedimiento y condiciones también se deben dar con algún detalle en el certificado de calibración. Para este elemento de medición, se describen los parámetros que la Organización Mundial Meteorológico (O.M.M.) menciona para la aprobación y buena selección.

Según la norma que estable la clasificación de un instrumento indicado en la guía de la Organización Meteorológica Mundial, se las determinan de acuerdo a 3 aspectos:

- Alta calidad

Es el cumplimiento de rendimiento más exigentes, respuesta direccional del fabricante y la validación de respuesta de la temperatura requerida, aplicaciones de medición de grado de investigación.

- Buena calidad

Por grado de la investigación y las aplicaciones de medición de rutina.

- Moderación de calidad

Para aplicaciones de medición propósito de rutina, no se requiere la validación del rendimiento.

Tabla 6.1: Categoría de los piranómetros según la O.M.M.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN SEGÚN LA O.M.M.			
Piranómetro – O.M.M.	Alta Calidad	Buena Calidad	Calidad Moderada
Tiempo de respuesta: tiempo para llegar a la respuesta del 95%.	< 15 seg.	< 30 seg.	< 60 seg.
Desviación de cero:			
Offset-A: respuesta a 200 W/m ² radiación térmica neta, ventilado.	7 W/m ²	15 W/m ² .	30 W/m ²
Offset-B: respuesta a 5 K/h cambio en la temperatura ambiente.	± 2 W/m ² .	± 4 W/m ² .	± 8 W/m ² .
Resolución (cambio detectable más pequeño)	± 1 W/m ² .	± 5 W/m ² .	± 10 W/m ² .
Sin estabilidad: porcentaje de cambio en la capacidad de respuesta por año.	± 0.8 %	± 1.5 %	± 3 %
No linealidad: porcentaje de desviación de la capacidad de respuesta a 500 W/m ² , debido al cambio en la irradiancia 100-1000 W/m ² .	± 0.5 %	± 1 %	± 3 %
Respuesta direccional (por el haz de irradiación): el rango de errores causados por el supuesto de que la capacidad de respuesta normal de incidencia es válida para todas las direcciones cuando se mide desde cualquier dirección, una radiación de haz cuya incidencia de irradiancia normal es de 1000 W/m ² .	± 10 W/m ² .	± 20 W/m ² .	± 30 W/m ² .
La selectividad espectral: porcentaje de desviación del producto de la absorbancia y la transmitancia espectral de la correspondiente, desde 0.3 hasta 3 micrómetros (µm).	± 2 %	± 5 %	± 10 %
Respuesta de temperatura: porcentaje de desviación debido al cambio de ambiente dentro de un intervalo de 50°C.	± 2 %	± 4 %	± 8 %
Respuesta de inclinación: porcentaje de desviación en la capacidad de respuesta en relación con 0° de inclinación, debido al cambio en la inclinación de 0° a 90° de inclinación a 1000 W/m ² haz de irradiación.	± 0.5 %	± 2 %	± 5 %
Inquietud alcanzable – Confiabilidad de 95%.			
Horario %	± 3	± 8	± 20
Diario %	± 2	± 5	± 10

Fuente: (Middleton solar, 2001)

6.5.2 Norma ISO 9060: 1990 – especificación y clasificación

En la tabla 6.2 se aprecia en como los piranómetros se clasifican de acuerdo a la norma ISO 9060: "Energía solar - Especificación y clasificación de los instrumentos para medir la radiación solar directa y hemisférica". Esta norma posee 8 artículos que están vinculados con este equipo de medición la cual destacan los datos más importantes a la hora de verificar la buena certificación que se las presentan en las fichas técnicas de estos elementos.

Para este tema de tesis, no se centrará la selección de acuerdo con la clasificación que nos indica el proveedor o el fabricante del equipo pero nos da una referencia en cuanto a la calidad del producto tomando los artículos que indican en esta tabla.

Como se ha indicado, solo se presentará estos datos del piranómetro debido a la disponibilidad del equipo, ya que se podría implementar esta micro-estación con fines estudiantiles.

La norma es aprobada oficialmente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). La norma especifica tres clases:

- Estándar secundario: Cumplimiento de rendimiento más exigentes, la validación de la respuesta y la respuesta de la temperatura direccional fabricante necesario, aplicaciones de medición de grado de investigación.
- Primera clase: Buena calidad. Por grado de la investigación y las aplicaciones de medición de rutina.
- Segunda clase: Calidad Media. Para aplicaciones de medición propósito de rutina, no se requiere la validación del rendimiento.

Tabla 6.2: Categoría de los piranómetros según la Norma ISO 9060

ESPECIFICACIONES PARA LOS PIRANÓMETROS CON LA NORMA ISO 9060				
Artículos	Piranómetro – ISO 9060	Estándar Secundaria	Primera Clase	Segunda Clase
1	Tiempo de respuesta: tiempo para llegar a la respuesta del 95%.	< 15 segundos.	< 30 segundos.	< 60 segundos.
2	Desviación de cero:			
	Offset-A: respuesta a 200 W/m ² radiación térmica neta, ventilado.	± 7 W/m ²	± 7 W/m ²	± 7 W/m ²
	Offset-B: respuesta a 5 K/h cambio en la temperatura ambiente.	± 2 W/m ²	± 2 W/m ²	± 2 W/m ²
3	Sin estabilidad: porcentaje de cambio en la capacidad de respuesta por año.	± 0.8 %.	± 1.5 %.	± 3 %.
4	No linealidad: porcentaje de desviación de la capacidad de respuesta a 500 W/m ² , debido al cambio en la irradiancia 100-1000 W/m ² .	± 0.5 %.	± 1 %.	± 3 %.
5	Respuesta direccional (por el haz de irradiación): el rango de errores causados por el supuesto de que la capacidad de respuesta normal de incidencia es válida para todas las direcciones cuando se mide desde cualquier dirección, una radiación de haz cuya incidencia de irradiancia normal es de 1000 W/m ² .	± 10 W/m ² .	± 20 W/m ² .	± 20 W/m ² .
6	La selectividad espectral: porcentaje de desviación del producto de la absorbancia y la transmitancia espectral de la correspondiente, desde 0.35 hasta 1.5 micrómetros (µm).	± 3 %.	± 5 %.	± 10 %.
7	Respuesta de temperatura: porcentaje de desviación debido al cambio de ambiente dentro de un intervalo de 50°K.	2 %.	4 %.	8 %.
8	Respuesta de inclinación: porcentaje de desviación en la capacidad de respuesta en relación con 0° de inclinación, debido al cambio en la inclinación de 0° a 90° de inclinación a 1000 W/m ² haz de irradiación.	± 0.5 %.	± 2 %.	± 5 %.

Fuente: (American energía solar, 2008)

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 7 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Selección de paneles solares fotovoltaicos

Se detallarán 3 series de paneles fotovoltaicos (PFV) con sus características más importantes que se deben conocer cómo se muestran en las tablas 7.1, 7.2, 7.3 las cuales nos fueron proporcionadas por diferentes empresas como PROVIENTO S.A. y la CODESOLAR con sus respectivas marcas y series. Estos tipos de paneles tiene la característica de presentar un rendimiento alrededor del 25% debido al material que está fabricado (mínimo costo de producción) como se había mencionado en las clases de células.

Tabla 7.1: Panel fotovoltaico mono-cristalino SM636-120W

SM636 – 120W (SÍMAX)		
Valores Eléctricos		
Potencia Máxima	P_{MPP}	120 W
Tensión Máxima	V_{MPP}	17.7 V
Corriente Máxima	I_{MPP}	7.14 A
Voltaje en Circuito Abierto	V_{OC}	21.7 V
Corriente de Corto Circuito	I_{SC}	7.57 A
Datos Técnicos		
Tipo de Célula Solar	Mono-cristalino (156x156 mm por célula)	
Tamaño del Módulo	1482x670x35 mm	
Número de Células	36	

Fuente: (ProViento S.A., 2000)

Tabla 7.2: Panel fotovoltaico mono-cristalino LC175-24M

LC175-24M (LORENTZ)		
Valores Eléctricos		
Potencia Máxima	P_{MPP}	175 W
Tensión Máxima	V_{MPP}	35 V

Corriente Máxima	I_{MPP}	5 A
Voltaje en Circuito Abierto	V_{OC}	44.4 V
Corriente de Corto Circuito	I_{SC}	5.4 A
Datos Técnicos		
Tipo de Célula Solar	Mono-cristalino	
Tamaño del Módulo	1580x808x35 mm	
Número de Células	72	

Fuente: (ProViento S.A., 2000)

Tabla 7.3: Panel fotovoltaico mono-cristalino SM536-85W

SM536 – 85W (SÍMAX)		
Valores Eléctricos		
Potencia Máxima	P_{MPP}	85 W
Tensión Máxima	V_{MPP}	17.4 V
Corriente Máxima	I_{MPP}	4.89 A
Voltaje en Circuito Abierto	V_{OC}	21.6 V
Corriente de Corto Circuito	I_{SC}	5.25 A
Datos Técnicos		
Tipo de Célula Solar	Mono-cristalino (125x125 mm por célula)	
Tamaño del Módulo	1200x540x35 mm	
Número de Células	36	

Fuente: (ProViento S.A., 2000)

La potencia máxima no representa la eficiencia de un panel, se trata de la capacidad de entrega de energía para un sistema la cual vaya a alimentar. Pero este valor forma parte para diagnosticar el objetivo de las pruebas de calidad.

Calculo de la radiación global

Como se había mencionado en sub-capítulo del rendimiento del capítulo 4, el proyecto no es experimental así que simulamos un piranómetro registrando datos de la irradiación en el mes de octubre, para poder verificar los cambios cortos que se suscitaron se realizó la siguiente tabla de valores:

Tabla 7.4: Valores de irradiancia global durante 31 días

Días de lectura	Irradiancia solar global
1	1398.63
2	1399.02
3	1399.40
4	1399.76
5	1400.11
6	1400.45
7	1400.78
8	1401.10
9	1401.40
10	1401.69
11	1401.97
12	1402.24
13	1402.50
14	1402.74
15	1402.97
16	1403.18
17	1403.39
18	1403.58
19	1403.76
20	1403.92
21	1404.07
22	1404.21
23	1404.34
24	1404.45
25	1404.55
26	1404.64
27	1404.71
28	1404.77
29	1404.82
30	1404.85
31	1404.87

Fuente: Autor

El cálculo fue realizado en el apartado de la página 53 del capítulo 4, siguiendo con la secuencia y reemplazado los días acontecidos en la variable correcta de la ecuación como se muestra en la tabla 7.4. Con ayuda de un piranómetro la cual registra cualquier cambio de la radiación global presente en la atmósfera, se asumió estos valores para determinar la irradiancia diaria que llega a los paneles de prueba.

Estos datos son almacenados en un data logger para monitoreo el estado en el que se encuentra la radiación global presente durante el día. Posteriormente son ingresados en un computadora donde por medio de modelos matemáticos en el programa EXCEL (anexo 5), se grafica el porcentaje del rendimiento de cada panel fotovoltaico.

Tabla 7.5: Rendimiento porcentual de cada panel fotovoltaico

Eficiencia de energía para un panel solar fotovoltaico			
Días de irradiación	SM636-120W	LC175-24M	SM536-85W
1	8.61%	9.76%	9.34%
31	8.65%	9.80%	9.38%

Fuente: Autor

En la tabla 7.5 se muestra la eficiencia de los distintos modelos de paneles fotovoltaicos de célula mono-cristalina desde el primer día de pruebas hasta finalizar lo programado. Se calculó estos dos días debido a que los valores de la eficiencia del resto de los días de prueba, varían significativamente (decimales) la cual no se las presente en esta tabla para constatar la diferencia que existe entre el inicio hasta el final de las pruebas.

Como podemos observar en la tabla, el panel SM536-85W posee un rendimiento más elevado con respecto a los otros dos paneles escogidos para la prueba. Además se puede certificar que la potencia máxima no refleja la eficiencia teniendo en cuenta los datos técnicos de cada panel. En los datos técnicos que nos proporciona un fabricante de paneles fotovoltaicos, muestran la eficiencia de las células que la constituyen basándose en las condiciones estándar de medida en el apartado de la página 51 del capítulo 4. Aun así, esto no representa la fiabilidad de un panel solar.

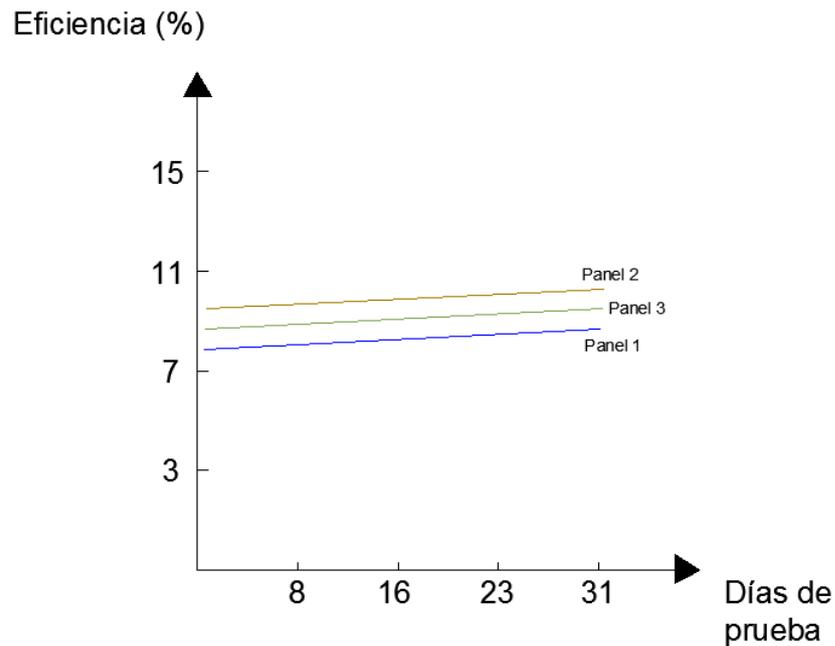


Figura 7.1: Gráfica de eficiencia de los paneles en prueba
Fuente: Autor

Esta grafica (figura 7.1) se la represento en los ejes X y Y, días de prueba y eficiencia (respectivamente). Se la elaboró con estas dos variables indispensables para la determinación de las pruebas de calidad. Con estas coordenadas definidas se procede a verificar la mayor rentabilidad en cuenta a la generación energética entre los 3 paneles seleccionados. Con respecto a los datos para realizar esta gráfica, se deduce que mientras aumenta la intensidad de la radiación global, está pendiente tiende a aumentar considerablemente (acorde con los días o meses de prueba que se vaya a realizar a diferentes paneles solares).

En esta grafica realizado en EXCEL con los datos obtenidos por los cálculos respectivos de la eficiencia de paneles solares, se muestra 3 perpendiculares de cada panel la cual hace referencia a la calidad de generación eléctrica que entrega. El segundo panel fotovoltaico (anexo 2) LC175-24M de la compañía CodeSolar, posee el mejor carácter de eficiencia con respecto a los dos paneles adicionales.

CAPÍTULO 8 DISEÑO DE UNA MICRO-ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Se considera que no se encuentra un valor asentado o estable referente a la cualidad que tiene una observación, sin embargo es la consecuencia de un equipo o aparato aparcado, la distancia que se presenta en el tiempo durante los registros de las medidas y el planteamiento que están relacionados en las exigencias de un servicio determinado. Lo más aconsejable se trata de constantemente seleccionar el equipo asequible, además que comúnmente sea muy económico, a su vez pueda administrar reseñas fiables al momento de tomar datos de las condiciones y el acoplamiento con los propósitos que se desea medir. Pero en los instrumentos las cuales no son adecuadas y también sean complicados o que tiendan a mostrar mayores problemas en la ejecución, llegan a no suministrar o proveer de datos o notas creíbles cuyo efecto originen un perjuicio con respecto a las inversiones empleadas.

Se presentará algunos sensores meteorológicos disponibles en el mercado la cual se nos dotó de información sobre sus funciones y características técnicas de cada uno (gracias a la compañía llamada ProViento S.A.), necesarios para el diseño de esta micro-estación que se está proponiendo en este proyecto de estudio. Las dos categorías son las siguientes:

- Sensores de radiación solar:

LSI-LASTEM Piranómetro de Segunda Clase

Es un radiómetro cuya función es la medición de la irradiancia solar. Estos sensores se clasifican como ISO 9060 Segunda Clase (tabla 8.1). Más ligero y más compacto

que piranómetros clases más altas, este sensor es un buen compromiso para la meteorología básica, agro-meteorológica y aplicaciones de energía solar. Salida de datos del modelo DPA973 es RS485 Modbus utilizando RTU® o protocolos TTY-ASCII.

Tabla 8.1: Descripción técnica del piranómetro DPA053

ESPECIFICACIONES DE UN LSI-LASTEM (DPA053)	
Salida	W/m ² .
Irradiancia Máxima	2000 W/m ² .
Principio	Termopila.
ISO 9060	Segunda Clase.
Rango Espectral	305/ 2800 nanómetro.
Incertidumbre	10 %.
Tiempo de Respuesta	30 segundos
Temperatura Operativa	-40/80 °C.
Re-calibración	Cada 2 años.

Fuente: (ProViento S.A., 2003)

- Sensores de Viento:

NRG # 200P Veleta Dirección del Viento

El NRG # 200P dirección del viento es el estándar de la industria dirección del viento paleta utilizada en todo el mundo. La paleta está conectada directamente a un potenciómetro de precisión conductora de plástico situada en el cuerpo principal. Una salida analógica de tensión directamente proporcional a la dirección del viento se produce cuando se aplica un voltaje constante de excitación DC al potenciómetro. Una bota de conexiones de goma está incluida. Sus características técnicas se muestran en la siguiente tabla 8.2.

Tabla 8.2: Descripción técnica de la veleta #200P

ESPECIFICACIONES DEL NRG #200P		
Descripción	Tipo de Sensor	Rotación continua potencio-métrica, veleta de dirección del viento
	Aplicaciones	Evaluación del recurso eólico, estudios meteorológicos, monitoreo ambiental.
	Rango del Sensor (Resolución)	360° mecánica, rotación continua.
	Compatibilidad del Instrumento	Todos los madereros NRG.
Señal de Salida	Tipo de Señal	Voltaje analógico DC del potenciómetro de conductor plástico, 10KΩ.
	Función de Transferencia	La señal de salida es una tensión radiométrica.
	Exactitud	Linealidad del potenciómetro dentro del 1%.
	Banda Muerta	8° máximo, 4° Típica.
	Alcance de la Señal de Salida	0V a la tensión de excitación (excluyendo la banda muerta).
Requerimientos de energía	Tensión de alimentación	Potenciómetro regulado de excitación de 1V a 15V en DC.
Respuesta	Límite	1 m/s (2.2 millas por hora).
Instalación	Montaje	En un 13 mm (0.5 pulgadas) de diámetro con chaveta y tornillo de ajuste.
	Herramientas necesarias	Llave de tuercas de 0.25 pulgadas, cinta aislante.
Ambiental	Rango de temperatura de funcionamiento	-55°C a 60°C (-67°F a 140°F).
	Intervalo de humedad	0 a 100% RH.
	Vida útil	50 millones de revoluciones (2 a 6 años de funcionamiento normales).
Materiales	Conexiones	4 – 40 terminales de tuerca/post hexagonales de latón.
	Peso	0.14 Kg (0.3 libras).
	Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> • 21 cm (8.3 pulgadas) de longitud por 12 cm (4.3 pulgadas) de altura. • 27 cm (10.5 pulgadas) de diámetro.

Fuente: (ProViento S.A., 2002)

- NRG Systems - MAX#40C

El NRG #40 anemómetro es el anemómetro estándar de la industria utilizado en todo el mundo. NRG #40 anemómetros han registrado velocidades de viento de 96 m/s (214 mph). Su bajo momento de inercia cojinetes y únicos permitir respuesta muy rápida a ráfagas y calmas. Debido a su linealidad de salida, estos sensores son ideales para su uso con diversos sistemas de recuperación de datos. A cuatro polos de imán induce un voltaje de onda sinusoidal en una bobina que produce una señal de salida con una frecuencia proporcional a la velocidad del viento. El #40 está construido de vasos de Lexan escarpadas moldeados en una sola pieza para un rendimiento repetible. Una bota de conexiones de goma está incluida.

Debido a su linealidad de salida, estos sensores son ideales para su uso con diversos sistemas de recuperación de datos y controladores. El sistema de rodamiento único asegura que la suciedad y la humedad arrastrada por el viento no destruirán los cojinetes o degradar el rendimiento.

La imbatible combinación de precisión, construcción simple pero resistente y de muy bajo costo han hecho que el # 40 en la primera opción para los profesionales de todos los campos. Salidas digitales opcionales y de calibración están disponibles. El máximo # 40 de NRG Systems: el anemómetro estándar de la industria eólica.

En la siguiente tabla 8.3 se muestran las características del anemómetro Max #40C las cuales se tomará como referencia dos de ellos para su seleccionamiento en la micro-estación meteorológica.

Tabla 8.3: Descripción técnica del anemómetro

ESPECIFICACIONES DEL NRG #40C		
Descripción	Tipo de Sensor	Anemómetro de 3 copas
	Aplicaciones	Evaluación del recurso eólico, estudios meteorológicos, monitoreo ambiental.
	Rango del Sensor	1 m/s a 96 m/s (2.2 mph a 214 mph) (más alta registrada).
	Compatibilidad del Instrumento	Todos los NRG loggers.
Señal de Salida	Tipo de Señal	Bajo nivel de AC de onda sinusoidal, la frecuencia es linealmente proporcional a la velocidad del viento.
	Función de Transferencia	$m/s = (Hz \times 0.765) + 0.35$; [Millas por hora $= Hz \times (1.711) + 0.78$].
	Exactitud	Dentro de 0.1 m/s (0.2 mph) para el rango de 5 m/s hasta 25 m/s (11 mph a 55 mph).
	Calibración	Versión calibrada disponible.
	Alcance de la señal de salida	0 Hz a 125 Hz (más alta registrada).
Respuesta	Límite	0.78 m/s (1.75 millas por hora).
	Distancia constante	3.0 metros (10 pies).
	Momento de Inercia	$60 \times 10^{-6} S-ft^2$.
	Diámetro de barrido del rotor	190mm (7.5 pulgadas).
Instalación	Montaje	En un 13 mm (0.5 pulgadas) de diámetro con chaveta y tornillo de ajuste.
	Herramientas necesarias	Llave de tuercas de 0.25 pulgadas, cinta aislante.
Ambiental	Rango de temperatura	-55°C a 60°C (-67°F a 140°F).
	Intervalo de humedad	0 a 100% RH.
Físico	Conexiones	4 – 40 terminales de tuerca/post hexagonales de latón.
	Peso	0.14 Kg (0.3 libras).
	Dimensiones	3 copas de sección transversal cónica (2 pulgadas) de diámetro 51 mm y altura total de montaje 81 mm (3.2 pulgadas).

Fuente: (ProViento S.A., 2002)

- Systems NRG – MAX #40H

Al igual que el Max #40C, posee similares características técnicas (indicado en la tabla 8.4) ya que son series del mismo fabricante pero se diferencia en el momento de inercia donde este será el parámetro para definir su aprobación en la micro-estación. Es utilizado comúnmente en centrales eólicas como también en control de turbina, además es sugerido por ser íntegro y provechoso para aerodinámica.

Este anemómetro de serie NRG #40H tiene como característica un efecto Hall la cual se la pueden utilizar en ambientes dieléctricos estruendosos y equipamientos que solicitan una indicación de ondulación cuadrada. Su diseño ha anotado datos de velocidades de viento con valores de 96 m/s. Además tienen una contestación de corto tiempo en presencia de fuertes vientos o ráfagas debido a la poca inercia que se presenta durante este accionamiento. Posee una linealidad de salida que les ayudan a ser excelentes durante su utilización con diferentes procedimientos de restauración de datos. Un interruptor de efecto Hall incita una tensión de onda cuadrada, creando una indicación (señal) de salida con una frecuencia distributiva a la velocidad del viento. Esta versión fue proyectada para situaciones de ambiente con estallidos eléctricos.

Se componen de copas de marca Lexan, iguales a los NRG de #40C, cuya particularidad radica en la resistencia del material para un mayor provecho repetible, y en ocasiones posee terminales o cables de tipo PVC evitando daños inmediatos durante el proceso de giro para medición del viento.

Tabla 8.4: Descripción técnica del anemómetro Max #40H

ESPECIFICACIONES DEL NRG #40H	
Tipo de Sensor	Anemómetro de 3 tazas o copas.
Aplicaciones	Evaluación del recurso eólico, estudios meteorológicos, monitoreo ambiental.
Rango del Sensor	1 m/s a 96 m/s (el más alto registrado).
Compatibilidad del Instrumento	Controladores o registradores requieren una señal de onda cuadrada.
SEÑAL DE SALIDA	
Tipo de Señal	Señal de onda cuadrada de transistor de colector abierto, requiere de una resistencia externa pull-up, frecuencia proporcional a la velocidad del viento.
Función de Transferencia	m/s = (Hz * 0.765) + 0.35 millas por hora = (Hz * 1.711) + 0.78
Exactitud	Dentro de 0.1 m/s (0.2 mph) para el rango de 5 m/s hasta 25 m/s (11mph a 55 mph).
Resistencia de Carga Recomendada	<ul style="list-style-type: none"> • Sumideros de salida de hasta 20 mA. • 3300 Ohm de resistencia típica de pull-up de 24V. • 250 Ohm resistencia mínima de pull-up de 5V.
Calibración	Versión calibrada disponible.
Alcance de la Señal de Salida	0 Hz a 125 Hz (más alta registrada).
CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA	
Límite	0.78 m/s (1.5 millas por hora).
Distancia Constante (63% de recuperación)	3.0 metros (10 pies).
Momento de Inercia	$68 * 10^{-6} \text{ s-ft}^2$.
Diámetro de barrido del rotor	190 mm (7.5 pulgadas).
REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA	
Tensión de Alimentación	5V a 24V en DC.
Corriente de Alimentación	9 mA máximo.

Fuente: (ProViento S.A., 2002)

Una vez detallado cada instrumento de medición para ambos casos, se procederá al seleccionamiento del sensor que tenga excelentes caracteres técnicas con respecto a los otros con el fin de tener buenos resultados a la hora de tomar datos de las determinadas medidas.

1. Radiación solar

En la tabla 8.5, se muestra el piranómetro seleccionado la cual estará en la micro-estación. Los dos parámetros para su selección hacen referencia a su tiempo de respuesta y al certificado de calidad.

Tabla 8.5: Parámetros de selección del piranómetro

SENSOR PARA MEDICIONES DE RADIACIÓN GLOBAL		
Marca y Serie	Propiedades principales	Selección
LSI-LASTEM Piranómetro de Segunda Clase	Tiempo de respuesta: 30 segundos. Certificado: ISO 9060 Segunda Clase.	X

Fuente: Autor

2. Condiciones eólicas (estado del viento)

Al igual que el anterior equipo, se dispone de un solo instrumento de medición. Los parámetros importantes que se enfocan son la resolución y la banda muerta (tabla 8.6).

Tabla 8.6: Parámetros de selección de la veleta

SENSOR PARA MEDICIÓN DEL VIENTO (DIRECCIÓN)		
Marca y Serie	Propiedades principales	Selección
NRG #200P Wind Direction Vane	Resolución: 0° a 360°. Banda muerta: 8°.	X

Fuente: Autor

Las explicaciones técnicas para la selección de una veleta (en caso de tener un conjunto de ellas) se señalan en las páginas 89 - 90. Pero existe un parámetro

primordial al momento de selección que es el momento de inercia, en cuanto menor sea este valor, no tendrá dificultades en registrar fuertes vientos en el momento instantáneo (sin tener una restricción de giro). En la tabla 8.7 se ilustra la característica que determina la fiabilidad del equipo.

Tabla 8.7: Parámetros de selección del anemómetro

SENSOR PARA MEDICION DEL VIENTO (VELOCIDAD)		
Marca y Serie	Propiedades principales	Selección
NRG #40C-Anemómetro	Momento de inercia: $60 \times 10^{-6} S-ft^2$.	X
NRG #40H-Anemómetro	Momento de inercia: $68 \times 10^{-6} S-ft^2$.	

Fuente: Autor

Se diseñará una micro-estación meteorológica que se encargue de medir la radiación solar y el estado del viento (en cuanto a su dirección y velocidad), además se contará con un banco de pruebas de calidad con 3 paneles solares fotovoltaicas de diferentes marcas con el propósito de seleccionar el más eficiente durante su implementación.

En la figura 8.1 se simboliza los diferentes elementos que estarán incorporados en esta micro-estación graficado en el programa AutoCAD 2012, con un posicionamiento (coordenadas del terreno) no definido, sin escala. El diseño se ilustrará en 2D y 3D para tener una mejor perspectiva de la estructura de la micro-estación.

Esta micro-estación se lo catalogará de tipo C, los instrumentos se los instalará cercano al data logger la cual registrará los datos climatológicos dependiendo a lo programado. Estará cercado con una malla al aire libre para no obstaculizar las condiciones que se desean medir como se muestra en la figura 8.2.

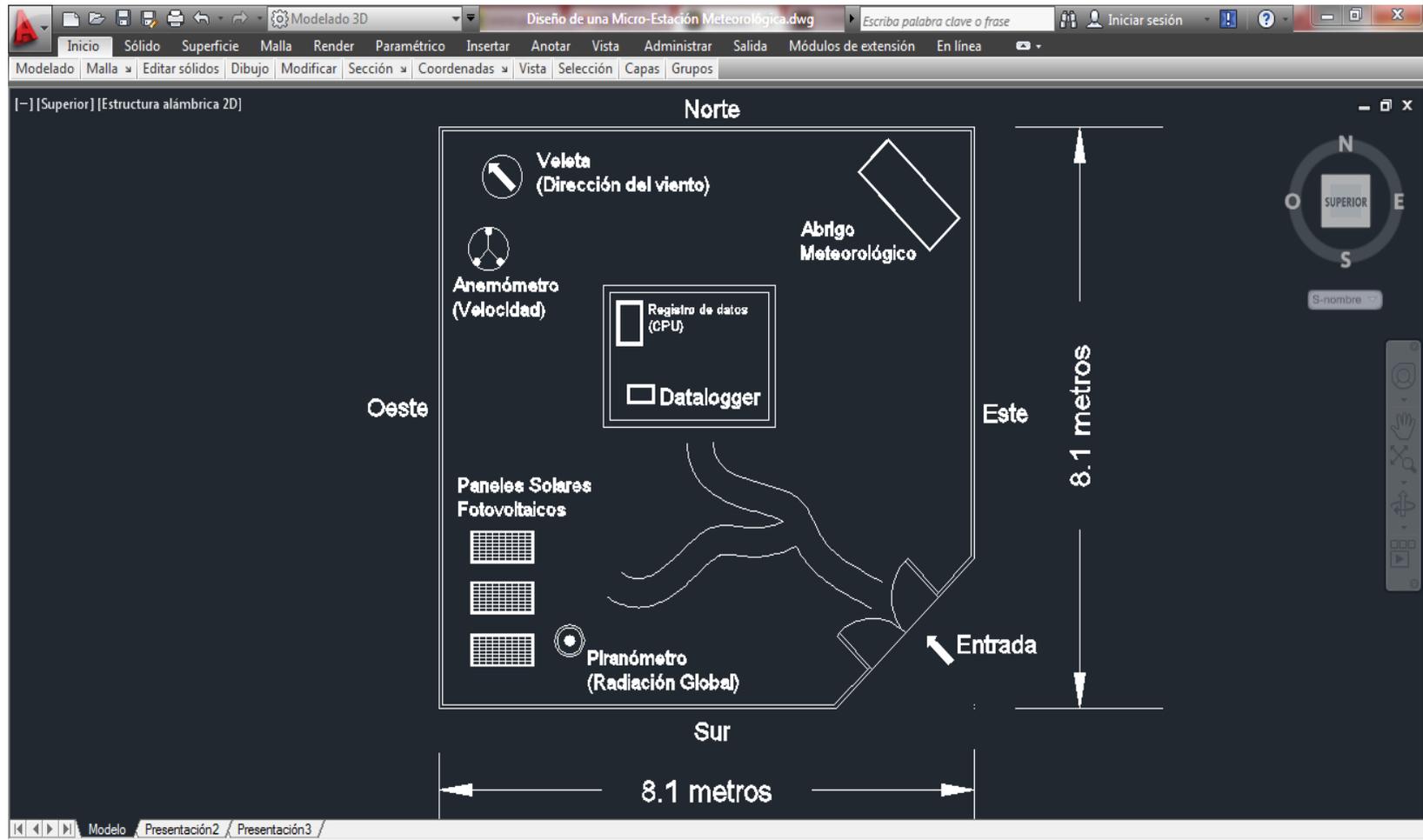


Figura 8.1: Vista superior de la micro-estación en 2D
Fuente: Autor

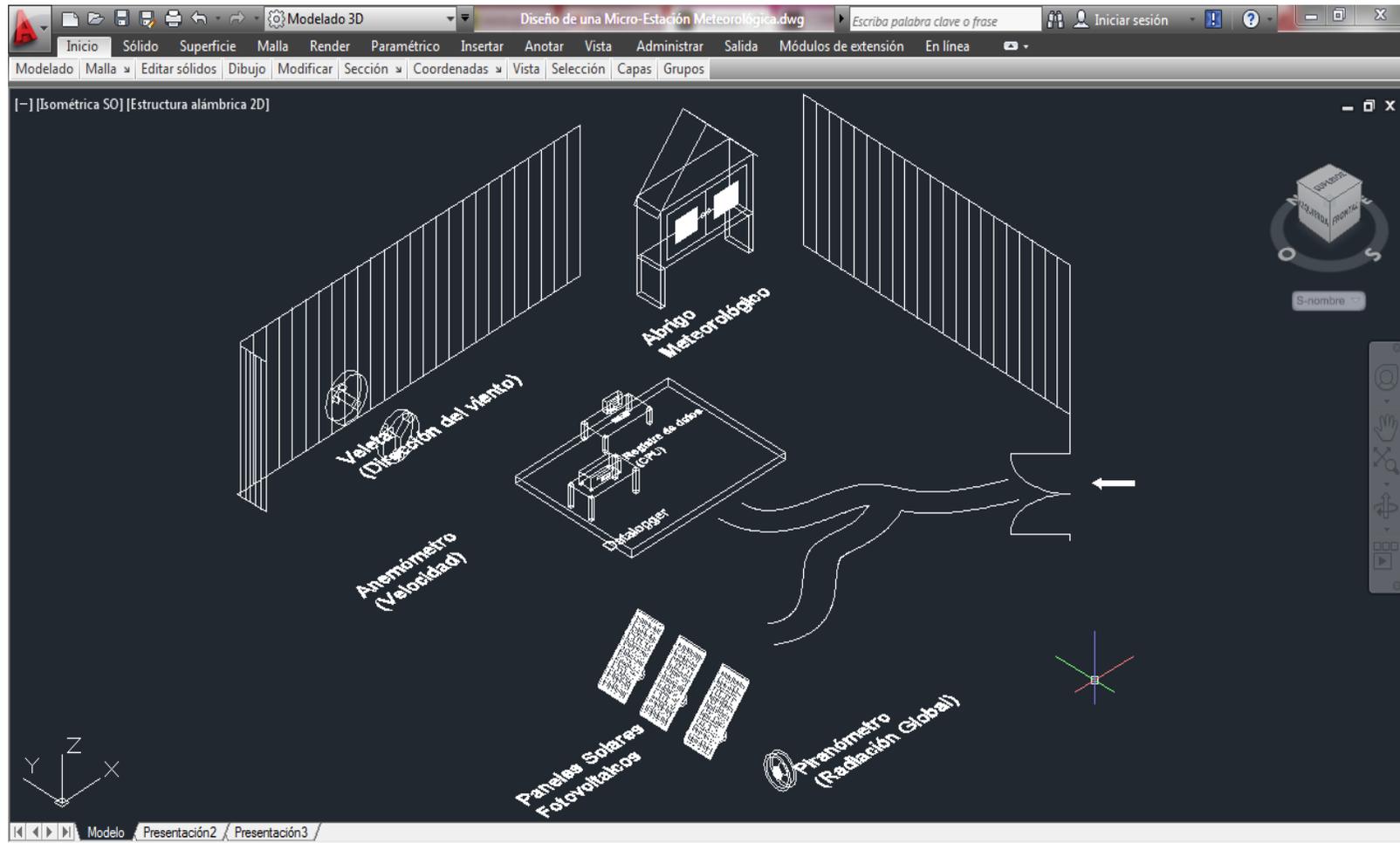


Figura 8.2: Vista isométrica de la micro-estación meteorológica en 3D
Fuente: Autor

El piranómetro (figura 8.3) que se seleccionó para la micro-estación, se lo instalará cercano a los paneles solares fotovoltaicos para realizar las pruebas de rendimiento para cada uno. Además, se muestra la veleta y el anemómetro a una cierta altura para las mediciones respectivas del viento (figura 8.4).

Se implementará un abrigo meteorológico (figura 8.5) para el cuidado de los diferentes instrumentos de agentes externos que puedan afectar al funcionamiento y alterar los registros climatológicos tomados por el datalogger E-LOG305 (Anexo 4). Este data logger adquirirá los datos del clima de los 3 elementos o equipos de medición que se determinó para la micro-estación. Además posee una pantalla para observar las lecturas que se han almacenado durante el transcurso del día en la cual estén en funcionamiento los equipos de medición meteorológica, con esta ayuda podemos recolectar los valores de las diferentes situaciones climatológicas que deseemos estudiarlas.

Para esta micro-estación no se contará con un programa especial ya que solo será un estudio para una implementación. Dicho esto, se usará el programa EXCEL para elaborar esquemas, tablas, gráficos o estadísticas que nos ayuden a diagnosticar lo que se pueda suscitar los días restantes o incluso implementar estaciones de generación.

Se diseñó una pequeña sección en el centro de la micro-estación, donde estará colocado el data logger junto a una computadora, la cual se ingresarán los datos de los 3 instrumentos de medición utilizando el programa EXCEL. Se visualizará las estadísticas de cada panel fotovoltaico que se realizó las pruebas (figura 8.6).

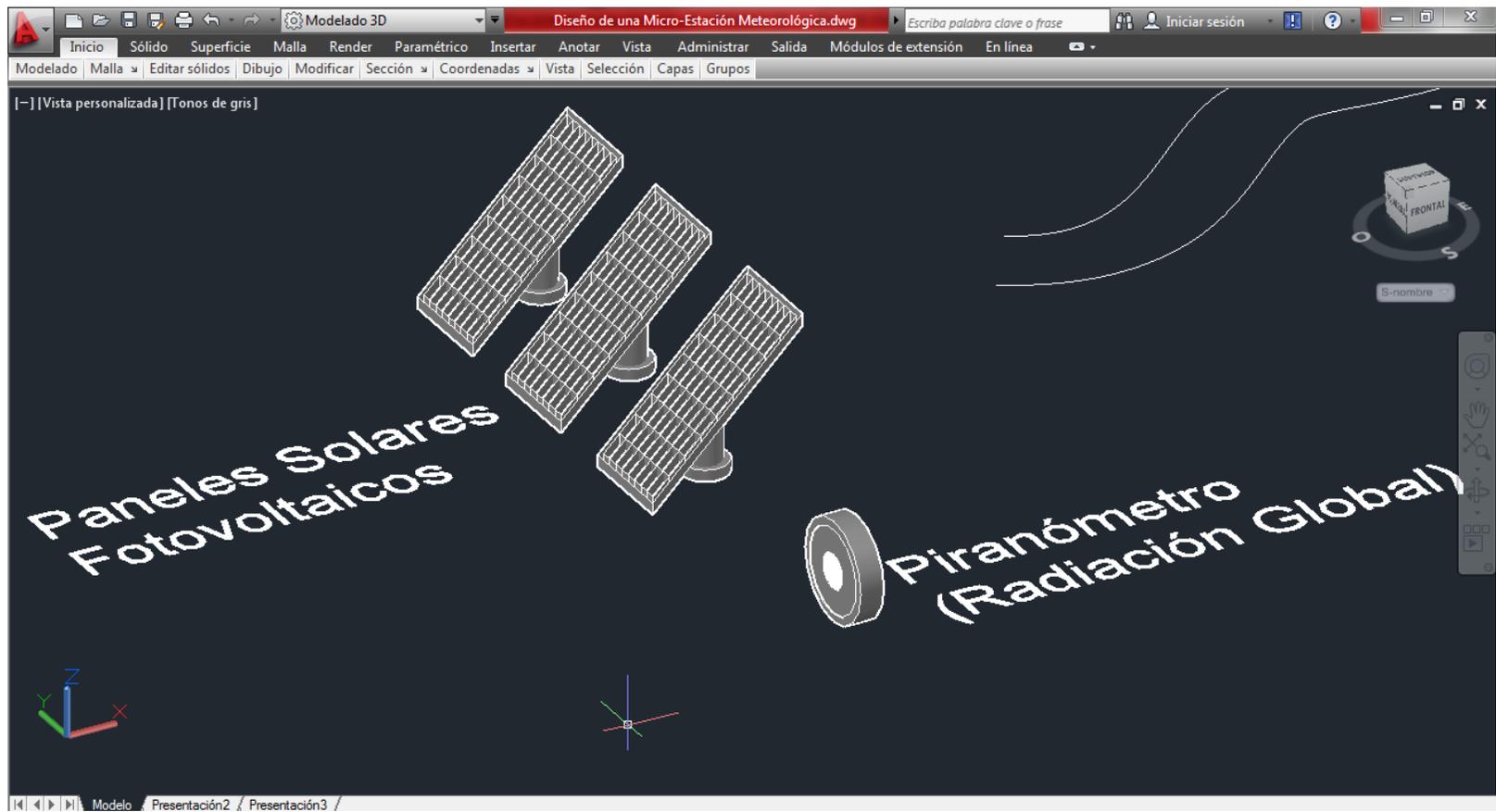


Figura 8.3: Vista isométrica, paneles fotovoltaicos mono-cristalino y el piranómetro
Fuente: Autor

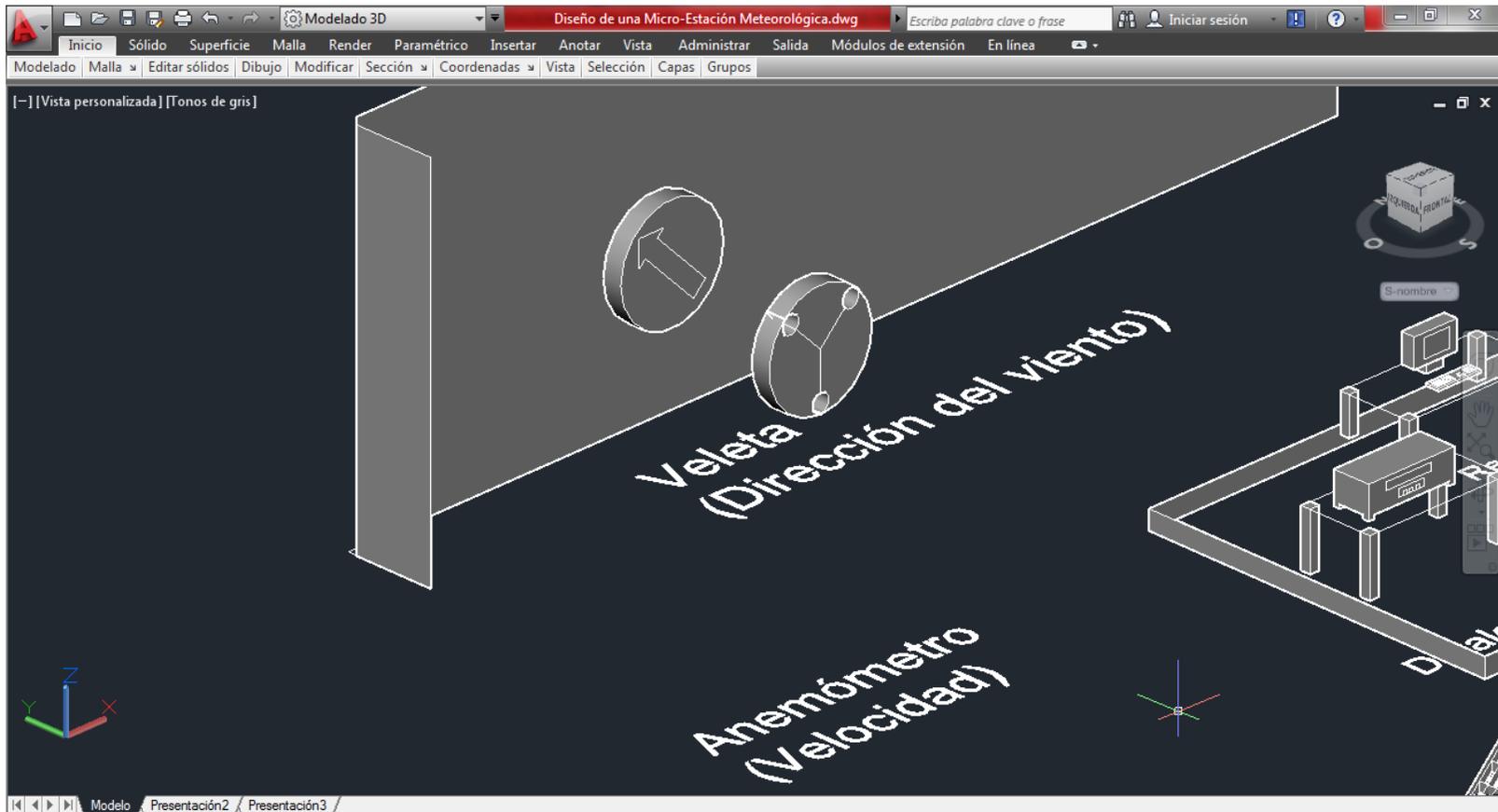


Figura 8.4: Vista isométrica, veleta y anemómetro a una altura sin escala
Fuente: Autor

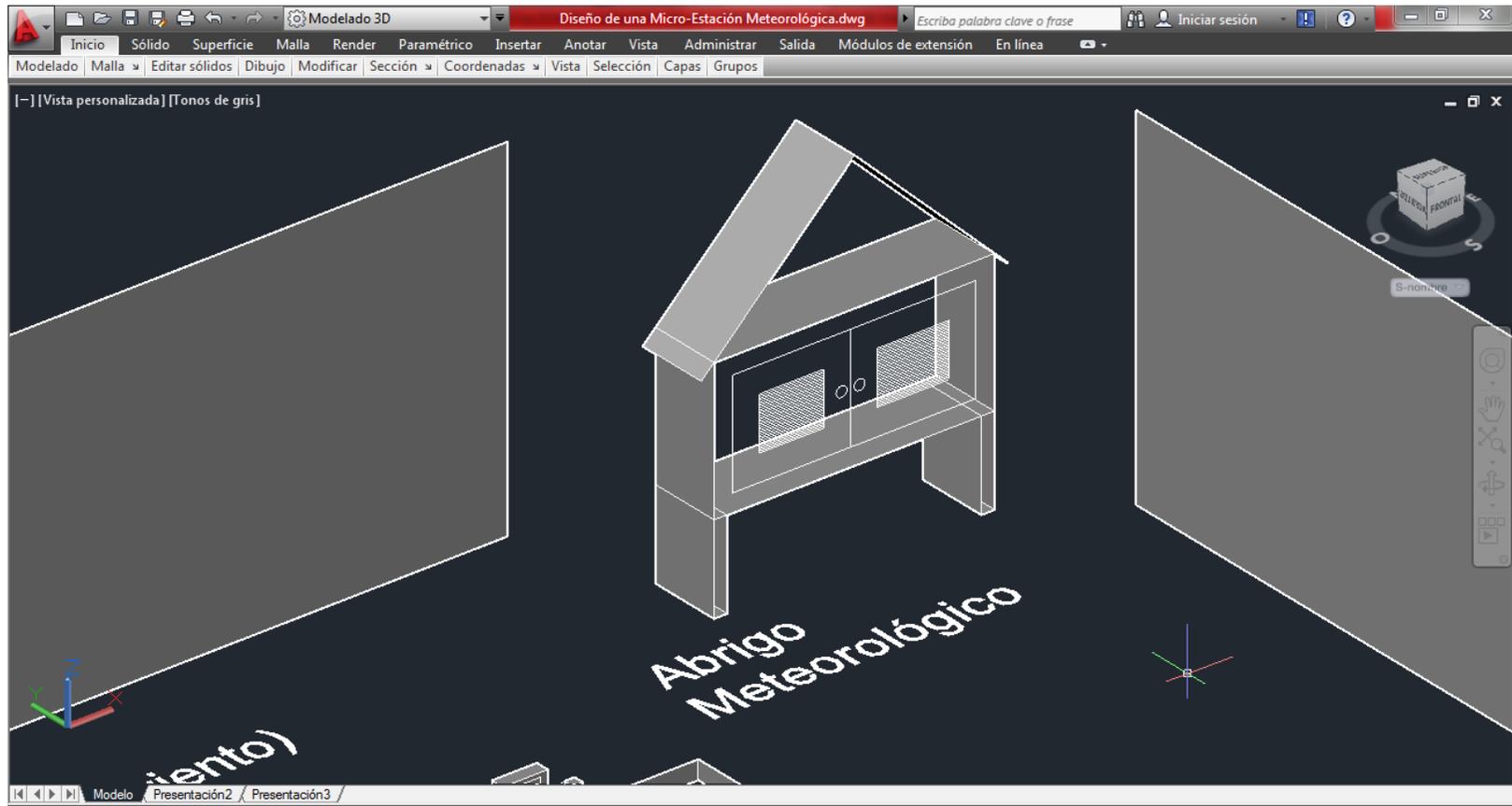


Figura 8.5: Vista isométrica, abrigo meteorológico de la micro-estación
Fuente: Autor

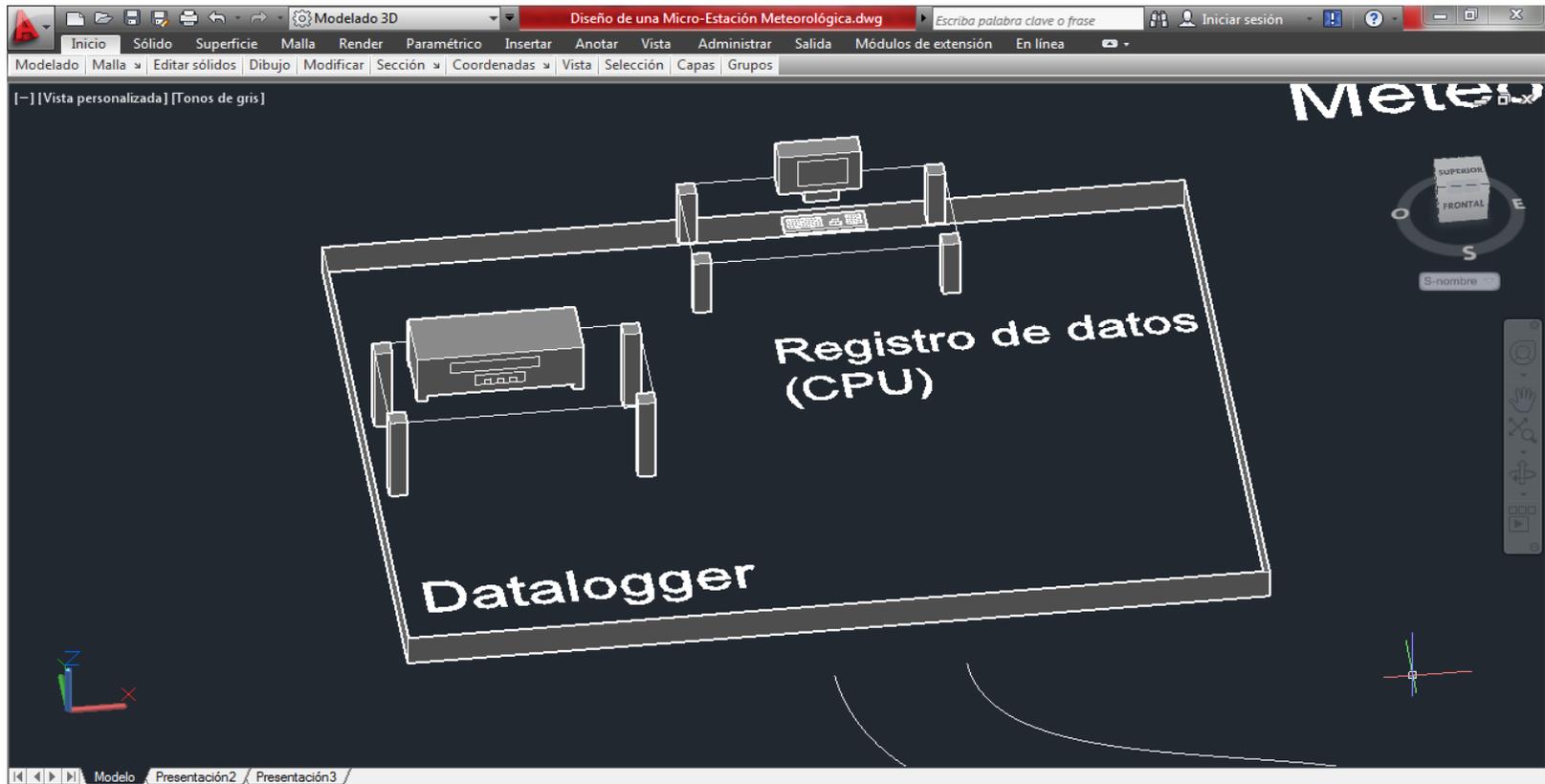


Figura 8.6: Vista isométrica, data logger y computadora
Fuente: Autor

CAPÍTULO 9 PRESUPUESTO

Es necesario incorporar en la micro-estación un data logger apropiado para los diferentes equipos, pero este no requiere de algún parámetro para su selección. Se centra más en la necesidad y la factibilidad correspondiente a los diferentes elementos de medición que serán conectados, ya sea analógico o digital. En la tabla 9.1 se presenta el costo total de los instrumentos con el data logger del anexo 4.

Tabla 9.1: Presupuesto de los equipos de medición meteorológica

LISTADO DE EQUIPOS CON SUS PRECIOS		
RADIACIÓN SOLAR		
Marca y serie	Cantidad	Precio
LSI-LASTEM; DPA053 Piranómetro de segunda clase	1	\$ 900
SUBTOTAL		\$ 900
CONDICIONES DEL VIENTO		
Marca y serie	Cantidad	Precio
NRG System #200P - wind direction vane	1	\$ 450
NRG System #40C – Anemómetro	1	\$ 350
SUBTOTAL		\$ 800
DATA LOGGER		
Marca y serie	Cantidad	Precio
LSI-LASTEM; E-LOG 305 data logger, con pantalla	1	\$ 1990
SUBTOTAL		\$ 1990
COSTO TOTAL		\$ 3690

Fuente: Autor

La compañía ProViento S.A. al ser la única en Ecuador que posee estos tipos de equipos meteorológicos, es uno de los más reconocidos por este tema de climatología. Además de lo ya dicho, también se reconocido por estar relacionado con las energías renovables.

Es una compañía que ha realizado grandes y pequeños proyectos para clientes nacionales e internacionales. Ha estado en proyectos de ejecución con el Ministerio de Ambiente, con la Universidad Politécnica, ERGAL (Energía Renovable para Galápagos), el Santos CMI (diseño e instalación de sistemas fotovoltaicos), SEIN S.A. (Sistemas y Equipos Industriales) entre otras más empresas.

Con respecto a los materiales renovables, poseen contratos con empresas como Zonhan (dedicado a la energía eólica y sistemas solares), también la empresa Morningstar (dedicado a los controladores de carga), empresa Alemana SMA con su recurso económico de inversores de inyección.

Para los equipos de medición meteorológica, distribuyen las marcas Ammonit que se caracterizan por tener aparatos de alta calidad para energía eólica y solar. También marcas como LSI LASTEM empresa Italiana, y la NRG SYSTEMS empresa estadounidense que suministra data logger, anemómetros, sistemas de monitoreo meteorológicos inalámbricos, etc. Muchas de estas marcas están certificadas por la Organización Mundial Meteorológica y Normas ISO para equipos meteorológicos.

CAPÍTULO 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 CONCLUSIONES

- Para el infraestructura de la micro-estación se implementó 3 sensores o instrumentos de medición de radiación solar-eólica, específicamente para radiación global, dirección y velocidad del viento. Con esto se puede adquirir mecanismos o sistemas (fotovoltaicos como aerogeneradores) que conviertan energía de DC en AC para suministrar a una red eléctrica.
- Con base a los resultados obtenidos del rendimiento o eficiencia de diferentes paneles solares fotovoltaicos podemos implementar un sistema de generación eléctrico fiable para la alimentación de las cargas que se suministrara energía, ya sea en edificaciones como en viviendas.
- Los sensores o instrumentos de medición de radiación solar y eólica que fueron descritas tanto en funciones y características técnicas, cumplen con la finalidad de la micro-estación meteorológica que se desea diseñar para la Facultad Técnica para el Desarrollo.
- Una alternativa de mostrar los resultados medidos es con ayuda del programa EXCEL, podemos demostrar por medio de gráficas y estadísticas el desempeño que puede cumplir un panel fotovoltaico de tipo mono-cristalino o cualquier otra clase de panel.
- En propósito de esta micro-estación meteorológica se centra en saber y verificar la eficacia que podrá tener una implementación de paneles solares y generadores eólicos para alimentar diferentes cargas que se desee en la UCSG.

10.2 RECOMENDACIONES

- Para obtener resultados instantáneos y en tiempo real, es recomendable adquirir programas especializados en el análisis y toma de datos climatológicos siempre y cuando el data logger que se emplea sea compatible con el programa. Muchos de estos pueden elaborar gráficos con respecto a los registros almacenados en el data logger.
- Para obtener una buena disposición de generación solar en un sistema fotovoltaico, se deberá establecer ensayos o pruebas de calidad para cualquier tipo de paneles solares fotovoltaicos. Determinando los tiempos en la cual se ejecutarán estos procesos experimentales, además de tener los equipos propios durante las pruebas.
- Al integrar elementos o aparatos que establezcan las condiciones eólicas del ambiente, tanto en su velocidad como en su dirección, nos ayudarán a concluir la fiabilidad de incorporar o hacer un levantamiento de torres de generación eólica acorde con las estadísticas anotadas por dichos equipos.

BIBLIOGRAFÍA

Direct Industry. (2000). Obtenido de <http://www.directindustry.com/prod/kip-zonen/product-9079-27700.html>

Ecología. (2000). Obtenido de http://ecologia.facilísimo.com/blogs/vida-sostenible/tipos-de-energia_1670680.html

ProViento S.A. (2000). Obtenido de [http://www.proviento.com.ec/SM636-\(120-140\).pdf](http://www.proviento.com.ec/SM636-(120-140).pdf)

Agencia Estatal de Meteorología. (2001). Obtenido de http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf

CAE Monitotización. (2001). Obtenido de <http://www.cae.it/es/pdf/albedometro-AB20K.pdf>

Middleton solar. (2001). Obtenido de <http://www.middletonsolar.com/documents/pyrclass.pdf>

Radiación en la atmósfera. (2001). Obtenido de <http://usuario.cicese.mx/~sreyes/LIBRO%20METEOROLOGIA/Meteo2.pdf>

Hyparion. (2002). Obtenido de <http://www.hyparion.com/web/diccionari/dics/meteo.htm>

ProViento S.A. (2002). Obtenido de <http://www.proviento.com.ec/NRG200P.pdf>

ProViento S.A. (2002). Obtenido de <http://www.proviento.com.ec/NRG40.pdf>

ProViento S.A. (2002). Obtenido de <http://www.proviento.com.ec/NRG40H.pdf>

Atmósfera como filtro de la energía solar. (2003). Obtenido de <https://biolulia.wordpress.com/2-eso/10-lenergia-externa-de-la-terra/10-2-latmosfera-com-a-filtre-de-lenergia-solar/>

Irradiación Global, directa y difusa. (12 de 2003). Recuperado el 6 de 16 de 2015, de <http://www.solartronic.com/download/radiacion.pdf>

ProViento S.A. (2003). Obtenido de http://www.proviento.com.ec/Piranometer_DPA053_en.pdf

Solartronic. (2003). Obtenido de <http://www.solartronic.com/download/radiacion.pdf>

Ampbell Scientific. (2004). Obtenido de <https://www.campbellsci.com/q7-1-l>

Radiación solar. (2004). Obtenido de <http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/radiacion>

Ingemiería en energías renovables. (2007). Obtenido de <https://unajfisica.files.wordpress.com/2015/05/1tema-5.pdf>

American energía solar. (2008). Obtenido de https://ases.conference-services.net/resources/252/2859/pres/SOLAR2012_0829_presentation.pdf

Dhama Energy. (2008). Obtenido de http://www.dhammaenergy.com/es/comment_marche.asp

- EnergíaSolar.* (2009). Obtenido de <http://www.energiasolar.ws/informacion/caracteristicas-energia-eolica.html>
- Paneles solares PR.* (2009). Obtenido de <http://panelessolarespr.com/solar101.html>
- SensoVant* . (2009). Obtenido de <http://sensovant.com/productos/meteorologia/viento/sensores-mecanicos/articulo/sensor-de-viento-veleta-PRV.html>
- Agencia Insular de energía de tenerife.* (2010). Obtenido de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234263307_GuiaFotovoltaicaGobCan.pdf
- Energía eólica.* (2011). Obtenido de https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/10/08_0_fuentes-de-energc3ada-energc3ada-ec3b3lica.pdf
- Artinaid.* (2013). Obtenido de <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-la-luz-o-el-electromagnetismo/>
- ChenKayak.* (2013). Obtenido de <https://chenkayak.wordpress.com/tag/meteorologia/>
- Dataq Instruments.* (2013). Obtenido de <http://www.dataq.com/resources/obsolete/products/gl200/>
- AranMet.* (2014). *AranMet.* Obtenido de <http://www.aranmet.com/el-heliografo-2/>
- Baylina, R. (2004). Obtenido de <http://www.tiempo.com/ram/numero18/pdf/instrumentalmeteo.pdf>

BIBLIOTECA DIGITAL, T. D. (s.f.). <http://www.bidi.uson.mx/tesis.aspx>.

Recuperado el 23 de 7 de 2015, de
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7542/Capitulo3.pdf>

Cochancela, J., & Astudillo, P. (2003). Obtenido de
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/699/1/te330.pdf>

Comisión Nacional de Energía Atómica. (2010). Obtenido de
<http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/eolica1.pdf>

Departamento de Ciencias de la atmósfera. (2007). Obtenido de
http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/peactico_climatologia_2010/Instrumentos%20Meteorologicos.pdf

Departamento de motopropulsión y termofluidodinámica. (2007). *Radiación térmica*.
Obtenido de
<http://webserver.dmt.upm.es/~isidoro/bk3/c13/Radiacion%20termica.pdf>

División de investigación y recursos. (1998). *Atlas de radiación solar del País Vasco*.
Obtenido de
<http://www.eve.es/CMSPages/GetFile.aspx?guid=0bacc814-bb5f-4f09-8906-904838d2647b>

Edmundo, F. (2002). *Biblioteca Politécnica digital*. Obtenido de
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5961/1/T1868.pdf>

Energía Alternativa de México. (2005). *La radiación solar*. Obtenido de
<http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch01.pdf.pdf>

Energía solar y datos climáticos. (2000). *Tablas de radiación*. Obtenido de [http://bases.cortesaragon.es/bases/NDocumen.nsf/9f0a2c81661a9779c125756800466fa1/cd0d37ff63325f3fc125784e002bdb6a/\\$FILE/20110310155320.pdf](http://bases.cortesaragon.es/bases/NDocumen.nsf/9f0a2c81661a9779c125756800466fa1/cd0d37ff63325f3fc125784e002bdb6a/$FILE/20110310155320.pdf)

Ferichola, J. F. (2006). Obtenido de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6037/PFC_Julio_Fernandez_Ferichola.pdf?sequence=1

Fernández, J. M. (2012). *Academica-e*. Obtenido de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4670/577682.pdf?sequence=1>

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2004). *Centro de astrobiología*. Obtenido de <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>

Garreaud, R., & Meruane, C. (2005). Obtenido de http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/meteo_mod1.pdf

Hernández, C., & García, R. (2008). *Instituto Tecnológico de Canarias S.A.* Obtenido de <http://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>

Instituto Argentino de Radioastronomía. (2002). Obtenido de <http://www.iar.unlp.edu.ar/divulgacion/images/difu21-09-cuerpo-negro.jpg>

Instituto de biología y genética molecular. (2011). Obtenido de <http://www.ibgm.med.uva.es/files/fck/RADIACIONESOPTICAS.pdf>

ISO, O. I. (s.f.). *https://www.iso.org*. Recuperado el 8 de 2015, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9060:ed-1:v1:en>

Jaramillo, O. A. (1998). *Instituto de Energías Renovables*. Obtenido de http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Tesis_Maestria/TESIS_MES.pdf

JM Industrial S.A. (2003). Obtenido de http://www.jmi.com.mx/documento_literatura/DATALOGGER.pdf

Juárez, A. S. (2011). Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/133123/>

Metrix S.A. de C.N. (2000). *La radiación solar en la superficie terrestre*. Obtenido de <http://metrix-elsalvador.com/irradiancia.php>

Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. (2002). *Agencia Estatal de Meteorología*. Obtenido de http://www.aemet.es/documentos/es/el tiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf

Moragues, J., & Rapallini, A. (2005). *Instituto Argentino de la Energía "General Mosconi"*. Obtenido de http://www.iae.org.ar/renovables/ren_eolica.pdf

Pérez, D. (2000). *Biblioteca de Ingeniería*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4443/fichero/Memoria+PFC%252F3.pdf>

Pontificia Universidad Católica de Chile. (2008). Obtenido de <http://www.fis.puc.cl/~jalfaro/fis1533/clases/ondasem.pdf>

- Samantha. (2012). *Meteorópole*. Obtenido de <http://meteoropole.com.br/2012/03/bola-de-cristal/>
- Sierra, E. (2010). *Solarimetría*. Obtenido de https://www.fing.edu.uy/if/solar/proyectos/SOLARIMETRIA_E.Sierra_.pdf
- Torres, I. C. (2009). Obtenido de <http://es.slideshare.net/lixtun/estacin-meteorolgica-8770299>
- Universidad Austral de Chile. (2001). Obtenido de <http://www.geografiauach.cl/wp-content/uploads/2013/07/10EstacionMeteorologica.pdf>
- Universidad de la República-Uruguay. (2014). Obtenido de http://www.fing.edu.uy/imfia/rige/cur_pas/material/Cuba/Cap6.pdf
- Universidad Federal de P. (2011). *UFPEL*. Obtenido de <http://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/informacoes/instrumentos-meteorologicos/>
- Universidad Politécnica de Madrid. (2010). Obtenido de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-3/RADIACION-GLOBAL.pdf>

GLOSARIO

Potencia máxima: Se la puede determinar con el producto de la máxima tensión e intensidad, es decir puede proporcionar una máxima potencia dependiendo a los cambios de radiación solar.

Banda muerta: Es el campo incapacitado que precisa la diminuta longitud del arco para la localización de objetos imparciales. Esta área se manifiesta con el propósito de que no exista cualquier tipo de colisión durante el giro, es decir que deberá parar antes de lo señalado.

O.M.M. (Organización Mundial Meteorológica): Es una administración distintiva del sistema de las Naciones Unidas, cuya meta es inspirar y fomentar la meteorología, ciencias geofísicas e hidrología, además de posibilitar la colaboración a nivel mundial en esta rama para el privilegio de la sociedad.

Joule: En el sistema internacional de unidades se lo caracteriza con la letra J, se lo toma como aspecto de calor (con la letra Q) y también en el trabajo (con la letra W).

Radiación electromagnética: Es un patrón de campo electromagnético cambiante, esto quiere decir que es una composición de campos magnéticos y eléctricos fluctuantes que se extienden por medio del ambiente trasladándolo energía de un sitio a uno distinto.

Radiación extraterrestre: Se lo considera como la radiación que se propaga en un área yacente ubicado en el margen sobresaliente del ambiente.

Norma ISO 9060: Esta norma establece una clasificación y especificación de los instrumentos para la medición de la radiación solar hemisférica solar y directo integrado en el rango espectral de 0,3 micras a 3 micras.

ANEXOS

Anexo 1: Datos técnicos Panel solar SM636-120W

TECHNICAL DATA SHEET

SM636-120W, SM636-130W, SM636-140W



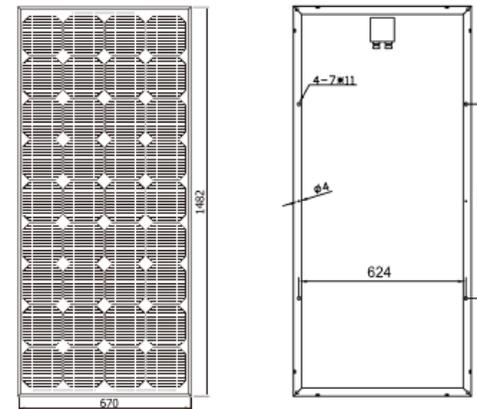
Technical Data

Type	SM636-120, SM636-130W, SM636-140W
Type of Solar Cell	Mono-crystalline, 156mm×156mm
Number of Cells	36 pcs
Size of module	1482×670×35mm (156×156mm cell)
Module, Weight	12 kg
Connector / Cross-Section	Cixi Renhe, TOP
Cables, Length (+/-)	Customizable
Front Cover Glass	Safety Glass
Front Cover Glass, Thickness	3.2 mm
Frame	Anodized Aluminium

Electrical Data

		120 W	130 W	140 W
Maximum Power	$P_{MPP\ STC}$	120 W	130 W	140 W
Power Tolerance	Δ_{STC}	± 2%	± 2%	± 2%
Maximum Power Voltage	$U_{MPP\ STC}$	17.7 V	17.8 V	17.8 V
Maximum Power Current	$I_{MPP\ STC}$	7.14 A	7.43 A	7.78 A
Open Circuit Voltage	$U_{OC\ STC}$	21.7 V	21.8 V	22.1 V
Short Circuit Current	$I_{SC\ STC}$	7.57 A	7.85 A	8.25 A
Module Efficiency	η_{STC}	12.10%	13.10%	14.10%
Maximum System Voltage	U_{DC}	1000 V	1000 V	1000 V

STC: Irradiance 1000 W/m²; Spectrum AM 1,5; Cell Temperature 25°C, Wind 0 m/s



Temperature Coefficients

Power Coefficient	$\alpha_k (P_{MPP})$	- 0.45 %/K
Voltage Coefficient	$\beta_k (U_{OC})$	- 0.35 %/K
Current Coefficient	$\varphi_k (I_{SC})$	0.065 ± 0.015 %/K

Power Warranty

10 years performance warranty to 90 %
25 years performance warranty to 80 %
10 years warranty against production and material defects

Certifications

IEC 61215, IEC 61730 ,TUV, CE, ISO9001:2000

LC175-24M

High-efficiency PV Module

Features

- high energy yields ensured by high conversion efficiency
- sturdy, clear-anodized aluminum frame with pre-drilled holes for quick installation
- advanced EVA encapsulation with triple-layer backsheet, meets the most stringent safety requirements for high-voltage operation
- pre-wired junction box equipped with connectors "plug'n'play"
- reliable bypass diodes to prevent overheating (hot spot effect) and to minimise power loss by shading
- manufactured in ISO 9001:2000-certified factory

Warranty

- Warranty: 2 years
 - Performance guarantee:
up to 10 years (90% power output)
up to 20 years (80% power output)
- Details according to warranty issued by LORENTZ

Standards

LC175-24M meets the requirements for CE and IEC.



Applications

- water pumping
- water purification systems
- remote village lighting
- solar home systems
- street and camp lights
- traffic signals
- medical facilities in remote areas
- microwave/radio repeater stations
- battery charging
- etc.



Specifications

Electrical Data

Peak power	P _{max}	[Wp]	175
Tolerance		[%]	+ 10/- 5
Max. power current	I _{mp}	[A]	5.0
Max. power voltage	V _{mp}	[V]	35.0
Short circuit current	I _{sc}	[A]	5.4
Open circuit voltage	V _{oc}	[V]	44.4
Temperature co-efficient for P _{max}		[%/°C]	-0.50
Temperature co-efficient for V _{oc}		[%/°C]	-0.35
Temperature co-efficient for I _{sc}		[%/°C]	0.09
Max. system voltage		[V]	1,000

All technical data at standard test condition:
AM = 1.5, E = 1,000W/m², cell temperature: 25 °C

Cells

Number of cells in series	72
Number of cells in parallel	1
Cell technology	monocrystalline
Cell shape	rectangular

Anexo 3: Datos técnicos Panel solar SM536-85W



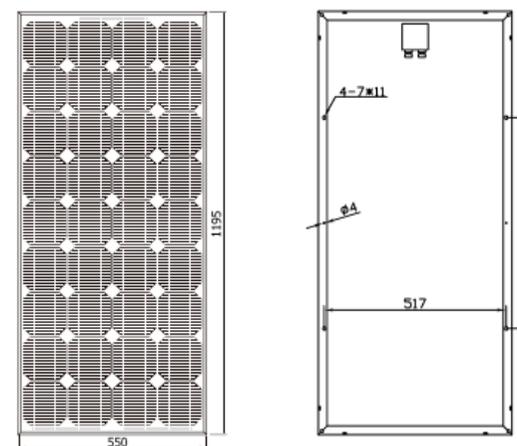
TECHNICAL DATA SHEET

SM536-85, SM536-90, SM536-95

Technical Data	
Type	SM536-85, SM536-90, SM536-95
Type of Solar Cell	Mono-crystalline, 125mm×125mm
Number of Cells	36 pcs
Size of module	1200×540×35mm (125×125mm cell)
Module, Weight	8 kg
Connector / Cross-Section	Cixi Renhe, TOP
Cables, Length (+/-)	Customizable
Front Cover Glass	Safety Glass
Front Cover Glass, Thickness	3.2 mm
Frame	Anodized Aluminium

Electrical Data				
Maximum Power	$P_{MPP, STC}$	85 W	90 W	95 W
Power Tolerance	Δ_{STC}	± 2%	± 2%	± 2%
Maximum Power Voltage	$U_{MPP, STC}$	17.4 V	17.6 V	17.8 V
Maximum Power Current	$I_{MPP, STC}$	4.89 A	5.11 A	5.33 A
Open Circuit Voltage	$U_{OC, STC}$	21.6 V	21.8 V	22.2 V
Short Circuit Current	$I_{SC, STC}$	5.25 A	5.51 A	5.79 A
Cell Efficiency	η_{STC}	15.9%	16.8%	17.8%
Maximum System Voltage	U_{DC}	700 V	700 V	700 V

STC: Irradiance 1000 W/m²; Spectrum AM 1,5; Cell Temperature 25°C, Wind 0 m/s



Temperature Coefficients		
Power Coefficient	$\alpha_k (P_{MPP})$	- 0.45 %/K
Voltage Coefficient	$\beta_k (U_{OC})$	- 0.35 %/K
Current Coefficient	$\Phi_k (I_{SC})$	0.065 ± 0.015 %/K

Power Warranty	
10 years performance warranty to 90 %	
25 years performance warranty to 80 %	
5 years warranty against production and material defects	

Certifications	
IEC 61215, IEC 61730, TUV, CE, ISO9001:2000	

Anexo 4: Modelos de data logger ELO

Modelli / Models	Cod.	Descrizione	Description
	ELO305	<ul style="list-style-type: none"> - Memoria flash 2 MB - Display e tastiera - N.2 porte RS232 - N.12 ingressi (99 canali) 	<ul style="list-style-type: none"> - 2 MB flash memory - Display and keyboard - N. 2 RS232 ports - N.12 inputs (99 channels)
	ELO105	<ul style="list-style-type: none"> - Memoria flash 2 MB - N.2 porte RS232 - N.12 ingressi (99 canali) 	<ul style="list-style-type: none"> - 2 MB flash memory - N. 2 RS232 ports - N. 12 sensor inputs (99 channels)
	ELO310	<ul style="list-style-type: none"> - Memoria flash 2 MB - Display e tastiera - N.12 ingressi (99 canali) - N.2 porte RS232 - Batteria 1,2 A/h incorporata 	<ul style="list-style-type: none"> - 2 MB flash memory - Display and keyboard - N. 12 inputs (99 channels) - N.2 RS232 ports - 1,2 A/h battery
	ELO515M/R/S	<ul style="list-style-type: none"> - Radio ZigBee - Memoria flash 2 MB - Display e tastiera - N.12 ingressi (99 canali) - N.1 porta RS232 - Batteria 1,2 A/h 	<ul style="list-style-type: none"> - ZigBee radio - 2 MB flash memory - Display and keyboard - N. 12 inputs (99 channels) - N.1 RS232 ports - 1,2 A/h battery

Anexo 5: Datos de eficiencia registrados en EXCEL

EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES DURANTE LAS PRUEBAS DE OCTUBRE			
Dias de prueba	Panel SM636-120W	Panel LC175-24M	Panel solar SM536-85W
1	8,61	9,76	9,34
2	8,612	9,762	9,342
3	8,612	9,762	9,342
4	8,614	9,764	9,344
5	8,616	9,766	9,346
6	8,618	9,768	9,348
7	8,619	9,769	9,349
8	8,62	9,77	9,35
9	8,623	9,773	9,353
10	8,623	9,773	9,353
11	8,624	9,774	9,354
12	8,625	9,775	9,355
13	8,626	9,776	9,356
14	8,627	9,777	9,357
15	8,627	9,777	9,357
16	8,63	9,78	9,36
17	8,631	9,781	9,361
18	8,631	9,781	9,361
19	8,633	9,783	9,363
20	8,634	9,784	9,364
21	8,637	9,787	9,367
22	8,639	9,789	9,369
23	8,64	9,79	9,37
24	8,642	9,792	9,372
25	8,642	9,792	9,372
26	8,643	9,793	9,373
27	8,643	9,793	9,373
28	8,645	9,795	9,375
29	8,648	9,798	9,378
30	8,648	9,798	9,378
31	8,65	9,8	9,38