



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN
OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS**

TEMA:

“Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.”

AUTOR:

ZAMBRANO Jiménez ÁNGEL Fernando

TUTOR:

PhD. Juan José La Calle

LATACUNGA – ECUADOR

Junio 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

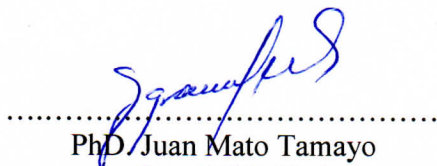
En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Ing. Ángel Fernando Zambrano Jiménez, con el título de tesis: **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TÉRMICO SOLAR PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA WARTSILA ECUADOR, UBICADA EN EL SECTOR DE TABABELA - QUITO. DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO COMPLEMENTARIO A LA RED ELÉCTRICA.”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.


Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.


Latacunga, Junio 2017

Para constancia firman:


.....
MSc. Manuel Angel León Segovia
C.I. 0502041353
PRESIDENTE


.....
Ph.D. Juan Mato Tamayo
C.I. 1756944284
MIEMBRO


.....
Ph.D. Enrique Torres Tamayo
C.I. 1757121940
MIEMBRO


.....
MSc. Luigi Orlando Freire Martinez
C.I. 0502529589
OPOSITOR

CERTIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor de la Maestría en Gestión de Energías, nombrado por el Honorable Consejo Académico de Posgrado.

CERTIFICO:

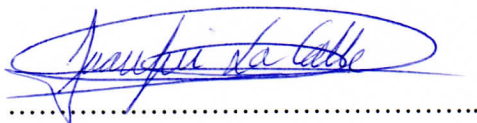
Que: Analizado el Proyecto de Tesis, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el grado de Magíster en Gestión de Energías.

El problema de la investigación se refiere a:

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TÉRMICO SOLAR PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA WARTSILA ECUADOR, UBICADA EN EL SECTOR DE TABABELA - QUITO. DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO COMPLEMENTARIO A LA RED ELÉCTRICA.”

Presentado por el Señor Ing. Ángel Fernando Zambrano Jiménez con C.I.: 0503147647

Sugiero su aprobación y permita continuar con los trámites correspondientes.



.....
PhD. Juan José La Calle

CC.

TUTOR

Latacunga, Junio del 2017

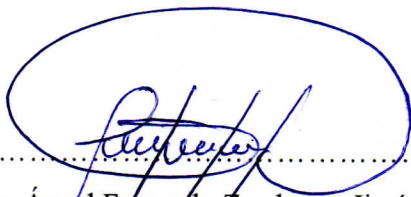
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

El proyecto de tesis de maestría denominado **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TÉRMICO SOLAR PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA WARTSILA ECUADOR, UBICADA EN EL SECTOR DE TABABELA - QUITO. DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO COMPLEMENTARIO A LA RED ELÉCTRICA.”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en las páginas correspondientes, cuya fuente se incorpora en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de la declaración me responsabilizo del contenido, veracidad, alcance científico del proyecto de tesis, en mención.

Latacunga, Junio del 2017.



.....
Ing. Ángel Fernando Zambrano Jiménez
C.I. 0803147647

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento fraterno a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por ser un apoyo y guía en mi desarrollo como profesional, a todos los docentes por impartir sus más grandes conocimientos tanto académicos como personales, en mi formación integral.

Al PhD. Juan José La Calle, quien aportó su conocimiento, tiempo y paciencia al dirigir este proyecto de investigación.

Finalmente a mis padres, por su constante confianza y apoyo incondicional en mí y en todos mis proyectos planteados.

Ángel Zambrano

DEDICATORIA

A mi familia por su amor y comprensión en el trajinar de mis estudios, por entender siempre que todo esfuerzo y sacrificio tuvo siempre como objetivo mi crecimiento y desarrollo profesional, a fin de retribuir su apoyo incondicional durante mi vida estudiantil, ya que son ustedes el motivo de mis esfuerzos

A mi hija, ya que ella es la razón de todos mis propósitos para ser el más grande orgullo y ejemplo para ella, así como también me sentiría gustoso de que este sea uno de los tantos peldaños que deseo que ella alcance.

Y a todos quienes colaboraron para la realización del presente proyecto de investigación.

Ángel Zambrano

INDICE GENERAL

CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	i
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS	iii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
Situación problemática	1
Justificación de la investigación	3
Formulación del problema de la investigación.....	4
Objeto de estudio.....	4
Campo de acción de la investigación	4
Objetivo general de la investigación	4
Hipótesis	5
Objetivos específicos.....	5
Sistema de tareas	5
Visión epistemológica de la investigación	6
Métodos de investigación	6
Alcance de la investigación	7
CAPITULO I	9
1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	11
1.3 Generación eléctrica	13
1.3.1 Generador eléctrico de corriente alterna	13

1.4	Energía solar.....	13
1.5	Radiación solar	14
1.5.1	Tipos de Radiación Solar Incidentes en la superficie terrestre	15
1.5.2	Parámetros de radiación solar	16
1.5.3	Medición de la radiación solar	18
1.6	Tipos de energía solar.....	18
1.6.1	Energía solar directa.....	19
1.6.2	Energía solar térmica.....	19
1.6.3	Energía solar fotovoltaica	20
1.7	Operacionalización de variables.....	30
CAPITULO II.....		32
2.1.	Enfoque de la investigación.....	32
2.1.1.	Hipotético – Deductivo.	32
2.1.2.	Observación Científica.....	32
2.2.	Modalidad de la investigación.....	33
2.2.1.	De campo.	33
2.2.2.	Bibliográfica – Documental.	33
2.3.	Nivel de investigación	34
2.3.1.	Exploratorio.....	34
2.3.2.	Descriptiva	34
2.3.3.	Bibliográfica.....	34
2.4.	Población y muestra	35
2.6.	Equipos.....	37
2.6.1.	Analizador de Redes Hioki 3196	37
2.6.2.	Sunny Sensorbox.....	42
2.7.	Datos solares de otras fuentes disponibles	46

2.7.1.	Secretaria del Ambiente	46
2.7.2.	Atlas Solar del Ecuador.....	47
2.7.3.	La Nasa.....	48
2.8.	Radiación sobre superficie inclinada y horas solares.....	51
CAPITULO III	.....	52
3.1	Recurso Solar.....	52
3.1.1	Procesamiento y Análisis de datos obtenidos	54
3.1.2	Procesamiento y Análisis de datos solares de otras fuentes disponibles	61
3.2	Análisis de Carga.....	70
CAPITULO IV	.....	77
4	PROPUESTA	77
4.1	Título de la propuesta.....	77
4.2	Justificación.....	77
4.3	Objetivos de la propuesta.	78
4.3.1.	Objetivo general.....	78
4.3.2.	Objetivo específicos.....	78
4.4	Estructura de la propuesta.	79
4.5	Desarrollo de la propuesta.	79
4.6.	Valoración socio-económica y ambiental de la propuesta.	92
4.6.1	Valoración económica.....	92
4.6.2.	Valoración Ambiental.	93
CONCLUSIONES GENERALES	.....	95
RECOMENDACIONES GENERALES	.....	97
BIBLIOGRAFÍA:	.....	98
ANEXOS:	.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de radiación en la superficie terrestre	15
Figura 2 Ángulos solares.....	16
Figura 3 Radiación emitida por una diferencial de área de un cuerpo negro.....	18
Figura 4 Instalación Fotovoltaica Básica	21
Figura 5 Esquema de un SFV residencial aislado de la red	22
Figura 6 Esquema de un SFV conectado a la red	23
Figura 7 Constitución de un panel solar destacando sus principales características	24
Figura 8 Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación.	25
Figura 9 Ejemplo de una curva característica y obtención de los valores de tensión y corriente para un panel solar.....	26
Figura 10 Asociación de células solares	27
Figura 11 Analizador de Redes Hioki modelo 3196.....	37
Figura 12 Configuración del analizador 3196 Power Quality Analyzer.....	38
Figura 13 Interface Analizador 3196 Power Quality Analyser.....	39
Figura 14 Esquema de conexión monofásico – 2 hilos.....	40
Figura 15 Esquema de conexión trifásico – 3 hilos – 2 canales.	41
Figura 16 Esquema de conexión trifásico – 3 hilos – 3 canales.	41
Figura 17 Esquema de conexión trifásico – 4 hilos – 4 canales	42
Figura 18 Sunny sensorBox	43
Figura 19 Montaje Base de Sensor	44
Figura 20 Montaje Sensor	45
Figura 21 Esquema de conexiones eléctricas.....	45
Figura 22 Página Web Secretaría del Ambiente	46
Figura 23 Mapa Solar del Ecuador. Insolación Global Promedio	48
Figura 24 Ubicación Wartsila Ecuador	50
Figura 25 Datos Obtenidos de página Web NASA.....	50
Figura 26 Curva de comportamiento I-V del sensor.....	53
Figura 27 Distancia entre estación de Monitoreo y Wartsila Ecuador	62

Figura 28 Distribución de espacios Wartsila Ecuador.....	71
Figura 29 Diagrama Unifilar Barra 220 V.....	71
Figura 30 Diagrama Unifilar Barra 440 V.....	72
Figura 31 Diagrama de conexión.....	82
Figura 32 Inversor SMA Sunny Boy 3000.....	83
Figura 33 Panel Solar SIMAX SM572 - 200.....	85

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Promedio de irradiación solar mensual.....	55
Gráfico 2 Promedio diario de irradiación solar del mes Enero.....	57
Gráfico 3 Promedio diario de irradiación solar del mes Febrero.....	58
Gráfico 4 Promedio diario de irradiación solar del mes Marzo.....	59
Gráfico 5 Promedio diario de irradiación solar del mes Abril.....	59
Gráfico 6 Promedio diario de irradiación solar del mes Mayo.....	60
Gráfico 7 Promedio de irradiación solar mensual.....	61
Gráfico 8 Promedio mensual de Insolación global día (Wh/m ² /día).....	67
Gráfico 9 Energía mensual generada a partir del sistema Fotovoltaico.....	89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Rendimiento según el tipo de inversor.....	28
Tabla 2	Variable Independiente.	30
Tabla 3	Variable Dependiente.....	31
Tabla 4	Técnicas e Instrumentos.....	36
Tabla 5	Estaciones climatológicas Secretaría del Ambiente.....	47
Tabla 6	Promedio por hora de irradiación solar (Wh/m ²).....	54
Tabla 7	Irradiación solar diaria (Wh/m ² /día)	56
Tabla 8	Comparación Insolación global promedio	62
Tabla 9	Comparación Insolación global promedio con Datos Atlas Solar del Ecuador.	63
Tabla 10	Comparación Insolación global promedio con Datos de la NASA.....	64
Tabla 11	Porcentaje de error entre valores medidos en Wartsila VS otras fuentes de datos solares.	65
Tabla 12	Promedio mensual de Insolación global día (Wh/m ² /día) desde el año 2012.....	66
Tabla 13	Valor de k para latitud 0°	68
Tabla 14	Radiación solar promedio mensual sobre superficie inclinada 10°.	69
Tabla 15	Promedio mensual de horas solares	70
Tabla 16	Datos de medidores de energía instalados en Wartsila	72
Tabla 17	Consumo de Energía Barra de 220 V durante el año 2016 en Wartsila.	73
Tabla 18	Consumo de Energía Barra de 440 V durante el año 2016 en Wartsila.	74
Tabla 19	Consumo de Energía Barra de 220 V durante el año 2017 en Wartsila.	75
Tabla 20	Consumo de Energía Barra de 440 V durante el año 2017 en Wartsila.	76
Tabla 21	Producción mensual de energía a partir del sistema fotovoltaico	89
Tabla 22	Costos de implementación del Sistema Fotovoltaico.....	91
Tabla 23	Factor de Emisión de CO2 del sistema interconectado del Ecuador	93

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TEMA: “Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.”

Autor: Zambrano Jiménez Ángel Fernando

Tutor: PhD. Juan José La Calle

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica conectada a la red para una empresa privada en Tababela – Quito. El diseño se fundamenta en los beneficios tanto ambientales como técnicos que presenta la integración de esta tecnología a la matriz energética del país. Como parte primordial del diseño del sistema se toman en cuenta el consumo promedio mensual de la empresa y la irradiación solar en el sector de Tababela. Para obtener el consumo se emplea un analizador de redes y la base de datos de planillas de consumo eléctrico durante un año obteniendo un panorama más claro del comportamiento de la carga en la empresa y dimensionar el sistema fotovoltaico. Para la estimación del potencial solar en el lugar se realiza un análisis tomando datos de radiación solar durante los meses de Enero a Mayo, se los compara con otras fuentes disponibles como NASA, Atlas solar del Ecuador y estaciones meteorológicas de la Secretaría del Ambiente específicamente la estación de Tumbaco que está a 8 km de la empresa. Se realizó el cálculo de la instalación fotovoltaica tomando en cuenta las características técnicas y meteorológicas que afectan al mismo, obteniendo un sistema fotovoltaico de inyección trifásica a la red eléctrica, con una potencia instalada de 9600 Wp. Tomando entonces los valores de Irradiación solar diaria promedio mensual obtenidos (5 kWh/m²/día aproximadamente) en el sector Tababela se consigue una generación anual de 15 848,63 kWh, que a su vez nos permite determinar un rendimiento promedio anual de generación de 1 650,89 kWh/kWp para la zona. Anualmente esta generación limpia y descentralizada implica la reducción de aproximadamente 11,88 toneladas de CO₂ generadas por la combustión fuel-oil (diesel) para producir esta cantidad de energía, lo que se puede considerar como un beneficio ambiental que contribuye a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero. Además se garantiza que la producción de la empresa no se vea afectada en caso de una demanda más alta que la generada o un fallo en el sistema fotovoltaico por su característica de estar conectada a la red nacional.

Palabras Clave: Sistema fotovoltaico, generación distribuida, panel solar, red eléctrica, diseño fotovoltaico

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TOPIC: “Evaluation of solar thermal potential in order to generate electric power at Wartsila Ecuador Company, located in Tababela – Quito. Design of a photovoltaic system complementary to the electrical grid”

Author: Zambrano Jiménez Ángel Fernando

Tutor: PhD. Juan José La Calle

ABSTRACT

This study involves the design of a photovoltaic installation connected to the grid for a private company in Tababela - Quito. The design is based on both, environmental and technical benefits that are assigned through the integration of this technology with the Ecuadorian energy matrix. The average monthly consumption of the company and the solar irradiation in Tababela were taken into account as a fundamental part of the system design. In order to obtain the electricity consumption, an electrical grid analyzer and the database of electricity consumer bills during a year were used to obtain a better view of load behavior in the company and with them sizing the photovoltaic system. For the estimation of the solar potential in the place, an analysis was made taking data about the solar radiation from January to May, it was compared with other available sources such as NASA, ‘Atlas solar del Ecuador’ and meteorological stations of the Environment Secretary, specifically Tumbaco Station that is located 8 Km from the company. The sizing of the photovoltaic installation was made considering technical specifications and meteorological characteristics that affect the system, obtaining a photovoltaic system of three-phase injection to the electrical grid, with 9600 W_p power. The monthly solar irradiance average values obtained (5kWh / m² / day approximately) in Tababela sector, an annual generation of 15848.63 kWh was obtained. It allows us to determine an annual performance average of 1650.89 kWh / kW_p for this area. Annually this clean and decentralized generation would contribute to reduce 11.88 tons of CO₂ approximately, generated by the fuel-oil combustion (diesel oil) to produce this amount of energy, this can be considered as an environmental benefit that contributes to reduce the emission of greenhouse gases. In addition, it is guaranteed that the production of the company is not affected in case of a higher demand than the one generated or a failure in the photovoltaic system because of its characteristic of being connected to the national electrical grid.

Keywords: photovoltaic system, distributed generation, solar panel, electrical grid, photovoltaic design.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos del sector energético a nivel mundial para el siglo XXI es garantizar el suministro de energía eléctrica de forma sostenible abasteciendo simultáneamente el consumo creciente de la energía eléctrica.

En la actualidad, globalmente se viene desarrollando una tendencia de protección al medio ambiente dentro de los parámetros de fabricación, consumo, y menesteres particulares en general, donde la captación y producción energética ha sido el área de mayor afección actualmente, debido al incremento de usuarios del sistema y la difícil producción independiente de los recursos no renovables que poco a poco se van agotando en el mundo.

La normalización mundial ha propuesto medidas de transformación del modelo de producción y consumo de energía, los mismos que han sido aplicados en muchos casos a nivel mundial con excelentes resultados dentro de sus principales objetivos planteados. En países como el Ecuador, la implementación de medidas auxiliares de producción de energía se encuentra en un proceso de crecimiento exponencial sostenido, razón por la cual proyectos como el planteado en la presente investigación pretenden proveer una herramienta factible de aporte sustancial e innovación a los sistemas de generación de energía renovable.

Situación problemática

Durante el siglo XX, el paradigma energético dominante se centró en producir energía, en cantidad abundante y de buena calidad. El efecto de su producción a gran escala no fue motivo de preocupación ambiental hasta fines de la década de los ochenta. Es claro que sin fuentes energéticas abundantes no hubiera sido posible sostener el ritmo de crecimiento económico mundial y alcanzar el grado de calidad de vida actual. Sin duda ese paradigma fue, en su momento, acertado.

Gran parte de los avances logrados internacionalmente en el cuidado de la salud, en la medicina, en las comunicaciones, en la producción de alimentos, entre otros beneficios, se deben al uso extensivo de las fuentes energéticas basadas principalmente en el uso de los llamados recursos fósiles: carbón, gas natural, petróleo y sus derivados.

Sin embargo, en la actualidad el excesivo uso de estos recursos para sus diferentes aplicaciones es de los principales responsables de las emisiones de dióxido de carbono, un gas que contribuye a aumentar el Efecto Invernadero y una amenaza a la estabilidad del clima del planeta. No obstante, es difícil creer que las principales naciones del mundo los reemplacen de forma inmediata.

El sector eléctrico ecuatoriano es un sistema basado en fuentes de energía de origen fósil y energías renovables, siendo el peso de cada fuente energética, de acuerdo al balance energético publicado durante el año 2015, “la termoelectricidad representó el 49% de la oferta total de electricidad, el 46% corresponde a hidro-energía, el 2% a fuentes renovables no convencionales y el 3% restante corresponde a interconexión con Perú y Colombia” (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015, pág. 29). Si se analiza la generación de energía eléctrica, casi la mitad de la producción es de origen hidráulico y fuentes térmicas, manteniendo un porcentaje mínimo de producción proveniente de fuentes renovables no convencionales, como la captación eólica, la energía fotovoltaica, geotérmica entre otras.

Si bien es cierto, el Gobierno Nacional del Ecuador con el desarrollo de proyectos de fomento para la producción de energía renovable no convencional, ha obtenido muy buenos resultados en los primeros años de su introducción, su diseño se ha concentrado principalmente en bosquejos técnicos de gran envergadura, como el presentado en el Parque Nacional Villonaco en Loja, pero aún no se dirige a los sectores auxiliares de producción de energía, representados por los esquemas de producción de Energía Renovable no convencional de escala menor que podrían aplicarse a la pequeña-mediana industria así como al sector doméstico. Al estar

dispersa en pequeñas instalaciones, en muchos puntos de la red, puede suplementar el abastecimiento mediante otras fuentes sin tener que sobredimensionar el sistema de distribución ante futuros aumentos de demanda. Así como repercute en la disminución de las emisiones de CO₂ y por tanto en la reducción de la contaminación atmosférica, del efecto invernadero y del cambio climático que de él se deriva.

Con estos antecedentes se efectuará la evaluación del potencial solar para generar energía eléctrica complementaria a la red nacional en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela-Quito.

Justificación de la investigación

En la actualidad, dentro de un mundo consciente de la necesidad de reformar la ideología de producción de energía hacia la protección general de la naturaleza, la conservación del ambiente y reducir la producción de gases contaminantes, la dependencia de las fuentes eléctricas convencionales debe reducirse en gran medida, tanto a nivel nacional, como de aportación doméstica al sistema.

Respecto a la generación eléctrica con energía solar entre el 2011 y 2012 el Consejo Nacional de Electrificación “CONELEC” aprobó 17 proyectos de generación eléctrica con paneles solares en; Imbabura, Pichincha, Manabí, Santa Elena, entre otros, son un potencial de 272 MW, la energía solar a menor escala se ha aplicado en 91 comunidades de; Esmeraldas, Guayas, Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos gracias al programa Euro-Solar “Energías renovables para el desarrollo”. (Araujo, Alberto, 2013, pág. 10).

Ecuador, por su ubicación es un país con un excelente recurso solar. La irradiación diaria (promedio anual) sobre una superficie horizontal es superior a 4.0 kWh/m²·día, en todo el territorio nacional y en algunos sitios es superior, además, por encontrarse en la mitad del mundo, es relativamente constante a lo largo de todo el año. Además se dispone de fuentes de información que el Estado Ecuatoriano ha invertido en los últimos años como lo es “El Atlas Solar del

Ecuador” con fines de generación eléctrica, así como de datos obtenidos en el documento presentado por Joffre Constante y Enrique Palacios “El recurso solar para generación eléctrica, análisis para el distrito metropolitano de Quito”. Estos datos permitirán realizar el diseño de un sistema eléctrico complementario a la red, que pueda generar la suficiente energía eléctrica para abastecer el consumo de energía en la empresa Wartsila Ecuador, y por su particularidad de estar en paralelo con la red se puede garantizar que no habrá cortes de energía durante la operación normal de la empresa si la demanda es mayor que lo producido por el sistema en mención. Además la ubicación geográfica de la empresa es muy favorable, puesto que no existe presencia de obstáculos para el aprovechamiento de este recurso.

Por lo expuesto anteriormente se considera que el trabajo investigativo es viable para su elaboración.

Formulación del problema de la investigación

¿Cómo incide el potencial térmico solar, en la generación de energía eléctrica para la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito?

Objeto de estudio

Potencial térmico solar del sector Tababela.

Campo de acción de la investigación

Generación de energía eléctrica por medio de sistema fotovoltaico, en la empresa Wartsila Ecuador.

Objetivo general de la investigación

Diseñar un sistema de generación eléctrico fotovoltaico complementario a la red de electrificación, a partir de la evaluación del potencial térmico solar en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela-Quito.

Hipótesis

El diseño de un sistema de generación eléctrico fotovoltaico complementario a la red de electrificación, a partir de la evaluación del potencial térmico solar en el sector de Tababela-Quito, permitirá alimentar el suministro eléctrico de la empresa Wartsila Ecuador, disminuyendo el costo por energía y contribuyendo a la disminución del efecto invernadero. Además se garantiza que la producción de la empresa no se verá afectada al estar conectada a la red nacional en caso de una demanda más alta que la generada por el sistema fotovoltaico.

Objetivos específicos

- Investigar los requerimientos energéticos necesarios para el proceso a desarrollarse.
- Determinar los parámetros de diseño de un sistema de generación fotovoltaico complementario a la red, para la empresa Wartsila, que pueda mantener una simbiosis adecuada de las dos fuentes de suministro, evitando interrupciones innecesarias en la operación normal de la corporación.
- Estructurar la factibilidad final técnica, ambiental y económica de implementación.

Sistema de tareas

- Investigar los requerimientos energéticos necesarios para el proceso a desarrollarse.
 - Búsqueda de información que se relaciona con la investigación.
 - Reconocimiento presencial del proceso.
 - Levantamiento de información.

- Determinar los parámetros de diseño de un sistema de generación fotovoltaico complementario a la red para la empresa Wartsila, que pueda mantener una simbiosis adecuada de las dos fuentes de suministro, evitando interrupciones innecesarias en la operación normal de la corporación.
 - Toma de datos reales de consumo.
 - Revisar datos de fabricante de los elementos a usar en el diseño.
 - Recopilar datos de radiación solar existente de la zona.

- Estructurar la factibilidad final técnica, ambiental y económica de implementación.
 - Análisis y presentación de los resultados obtenidos.
 - Determinar la factibilidad técnica, ambiental y económica del proyecto.

Visión epistemológica de la investigación

El presente trabajo de investigación utilizara un enfoque cuantitativo con el cual se recopilarán, procesarán y analizarán datos de radiación solar, cantidad de consumo de carga, además del tiempo de operación y disponibilidad del sistema que se podría establecer mediante un medio estadístico para su análisis y posterior diseño.

Métodos de investigación

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaran los métodos que se detallan a continuación:

ANALÍTICO

Se quiere explicar un fenómeno iniciando su estudio por las partes más específicas (efectos) y a partir de ellas llegar a una explicación total del problema.

Con este método se podrán identificar las partes motivo de la investigación partiendo de un todo, que en el caso vendría a ser el consumo total de potencia que demanda la empresa para su funcionamiento, además se analizará el potencial solar en la zona y su incidencia para generar energía y suplir la demanda que se requiere para la producción.

OBSERVACIÓN

- Conociendo el problema.
- Hablando con el personal vinculado al problema.

Se establecerán diálogos con los trabajadores de la empresa Wartsila para saber cuál es el consumo de carga, las horas de mayor demanda, las maquinarias con mayor uso y consumo, siendo este el punto de partida de esta investigación.

Alcance de la investigación

En esta investigación el alcance se enmarca en el diseño de un sistema de generación eléctrico fotovoltaico complementario a la red de electrificación a partir de la evaluación del potencial térmico solar en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela-Quito.

La estructura de cada uno de los capítulos de los que está compuesta la investigación se detallan a continuación:

En el Capítulo 1, se analizan tanto el marco contextual como el marco teórico obtenido, de la recolección de información bibliográfica relevante, para nuestro análisis.

En el Capítulo 2, se detalla la metodología para realizar la investigación: el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos a utilizar para la obtención, medición y análisis de información.

En el Capítulo 3, se desarrollan una serie de mediciones y dimensionamientos efectivos, para posteriormente indicar especificaciones de los medios técnicos y tecnología apropiada para su introducción en el marco propositivo posterior.

En el Capítulo 4, se presenta la propuesta para el diseño de un sistema fotovoltaico complementario a red eléctrica, que daría solución a la problemática observada al inicio del estudio técnico, así como una evaluación socio-económica-ambiental de la misma.

Finalmente se adjuntan las Conclusiones y Recomendaciones.

CAPITULO I

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Las energías renovables aparecen como las principales fuentes de energía que se desarrollan en el marco de la evolución económica, tecnológica y social de siglo XXI, las razones esenciales se encuentran en la desaparición y por consecuencia encarecimiento progresivo de los combustibles de tipo fósil – nuclear y la constatada incapacidad de las tecnologías para encontrar soluciones a los graves problemas de contaminación que originan, la energía solar fotovoltaica al igual que otras energías renovables constituye, frente a los combustibles fósiles una fuente inagotable, contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, pues evita los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc.)

El presente trabajo consiste en buscar una alternativa de producción de energía eléctrica basada en tecnologías no convencionales, los antecedentes que servirán de ayuda son los siguientes:

Eras, A. (2012) Estudio Energético del Sistema Eléctrico en Ecuador. Impulso a la Energía Solar Fotovoltaica. Previo a la obtención del título de Máster en Energías Renovables y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Madrid de España.

La autora llega en su investigación a las siguientes conclusiones: El Sector Eléctrico ecuatoriano es un sistema de gestión pública y por el análisis realizado en este trabajo, para fomentar el desarrollo de las energías renovables y beneficiar al desarrollo energético nacional, en la matriz de generación eléctrica aún hay un porcentaje elevado de energía térmica por desplazar con el fin de reducir las

emisiones de CO_2 . El sector residencial e industrial es el mayor demandante de energía eléctrica y todavía en Ecuador existe un 5,23% de la población que carece de este servicio. Se tiene un problema para que la distribución de energía llegue a mayores sectores del País.

Universidad Politécnica Salesiana, (2014) El recurso solar para generación de energía. Análisis para el Distrito Metropolitano de Quito, de los autores Constante Joffre y Palacios Enrique, los autores abordan un estudio y análisis de la radiación solar incidente en el Distrito Metropolitano de Quito y a la vez modelan la misma para poder estimarla y compararla con otras fuentes de información de instituciones competentes.

Cevallos, X. (UTC 2015) Evaluación de la potencialidad eólica y solar en la escuela “Pedro Páez” del barrio Brazales parroquia Eloy Alfaro 2013. Diseño de un sistema de suministro eléctrico híbrido, el autor vio la imperiosa necesidad de realizar una evaluación teórica técnica de la potencialidad de captación eólica y solar dentro de medios domésticos, en este caso para implementación en un predio escolar como es la escuela “Pedro Báez” del barrio Brazales, parroquia Eloy Alfaro, provincia de Cotopaxi en el año 2013. La finalidad principal de este estudio es que, a partir de esta investigación previa, poder conformar un marco propositivo que facilite el diseño de un sistema de suministro eléctrico híbrido, utilizando las dos tecnologías anteriormente mencionadas, eólica y solar.

Noroña, D. (UTC 2015) Monitoreo de la carga y la radiación solar para el diseño de un sistema fotovoltaico en la casa N°10 del barrio María de la ciudad de Latacunga, el propósito del autor pretende determinar la magnitud del potencial solar en la casa N°10 del barrio María de la ciudad de Latacunga que proviene de la radiación directa y difusa.

Los parámetros a considerar durante el diseño son; la radiación solar en vatios por metro cuadrado (W/m^2), la potencia de carga en vatios por hora (W/h) y los Costos de construcción.

1.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO MEJOR ALTERNATIVA

Las estrategias planteadas dentro del Plan Maestro Nacional de Desarrollo, especifican el cambio necesario de la Matriz energética y en sus componentes principales plantea las siguientes iniciativas importantes, relacionadas con la eficiencia y el ahorro energético:

CONELEC, (2013) menciona que; en el cambio de la matriz energética propuesto por el Plan Nacional para el Buen Vivir, se plantearon los siguientes aspectos: a) Aumento de la participación de energías renovables en la producción nacional; b) Reducción de la importación de los derivados de petróleo; c) Cambiar el perfil actual de exportaciones de derivados de petróleo a productos de mayor valor agregado; d) Mayor eficacia y eficiencia del sector de transporte; e) Reducción de las pérdidas de transformación y distribución de la energía; y, f) Uso eficiente de la energía (consumo energético eficiente y responsable).

Este Plan también contempla la soberanía energética con el desarrollo de las capacidades productivas que permitan el autoabastecimiento energético; en particular, de electricidad. Estos planteamientos a largo plazo, se enfocan hacia un desarrollo sustentable del sector energético del Ecuador, incluyendo al sector eléctrico en sus fases de generación, transmisión y distribución, logrando de esta manera que el desarrollo sustentable se oriente a que los agentes minimicen el impacto sobre el medio ambiente CONELEC, (2013).

CONELEC, (2013) menciona que las centrales eléctricas se encuentran entre los mayores consumidores de combustibles fósiles en el mundo, la combustión de fósiles y otras formas de generación de electricidad dan lugar a efectos generalizados como la lluvia ácida, afectando la salud humana si no se gestiona adecuadamente. Esto lleva a considerar estrategias tales como la instalación de sistemas de control de la contaminación, el desarrollo y la utilización de métodos de generación de energía basados en energías renovables, como: eólica, biomasa, hidroeléctrica y solar.

La Constitución de la República de Ecuador, en su artículo 313 y siguientes, establece que el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Se señala que uno de los sectores estratégicos es la energía en todas sus formas y, la provisión del servicio público de energía eléctrica es de responsabilidad del Estado, para lo cual constituirán empresas públicas y podrá delegar a empresas mixtas y, excepcionalmente, a la iniciativa privada y a la economía popular y solidaria, el ejercicio de dichas actividades, en los casos que establezca la ley (CONELEC, 2013)

La utilización práctica de la energía solar, un recurso renovable y limpio, para generación eléctrica, tiene como objetivos principales: la contribución a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, la disminución de la generación con energías no renovables con el consecuente ahorro en combustibles fósiles, y la posibilidad de llegar con electricidad a zonas alejadas de las redes de distribución (CONELEC, 2013)

Por esta razón; debido a la necesidad de contar con un documento técnico que cumpla con esta exigencia a fin de impulsar el uso masivo de la energía solar como fuente energética, motivó al CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) a publicar en agosto de 2008 el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”, el mismo que fue elaborado por la Corporación para la Investigación Energética (CIE). El Atlas incluye la cuantificación del potencial solar disponible y con posibilidades de generación eléctrica, en base a mapas mensuales de radiación directa, global y difusas, con el fin de ubicar proyectos locales más específicos que permitan utilizar esta tecnología para obtener calor y electricidad para diversas aplicaciones como fabricar colectores térmicos y módulos fotovoltaico (NEC, 2011).

El hecho que la radiación solar sea homogénea a lo largo del año reduce en forma significativa el problema de variaciones aleatorias de este parámetro, lo que hace

muy confiable y rentable el uso tecnológico de este recurso para diversas aplicaciones. Estas podrían clasificarse en dos tipos: solar fotovoltaico y solar térmico (NEC, 2011).

1.3 Generación eléctrica

La generación eléctrica es producida en alternadores o generadores, en donde su función principal es transformar alguna clase de energía, ya sea esta química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica; siendo ésta de fácil generación y distribución hasta los consumidores, así como también de fácil transformación a otras formas de energía.

Debido al rápido desarrollo en cuanto al aprovechamiento de la energía eléctrica; se lograron construir grandes plantas generadoras capaces de convertir la energía mecánica obtenida en otras fuentes de energía primaria en energía eléctrica, estableciendo de esta manera el primer escalón dentro del Sistema de suministro eléctrico.

1.3.1 Generador eléctrico de corriente alterna

Martín Blas & Serrano Fernández , (s.f.) mencionan que los generadores transforman la energía mecánica en energía eléctrica, en donde el primer principio que rige sobre el funcionamiento de un generador se llama acción del generador y se conoce también como inducción. El voltaje se puede inducir en un conductor que se encuentra dentro de un campo magnético, esto sucede cuando el flujo magnético se corta por el conductor. En algunos casos se mueve el alambre; en otros, se mueve el campo y aún en otros, ambos se mueven pero a distintas velocidades.

1.4 Energía solar

El sol produce constantemente energía electromagnética, que llega directamente a la Tierra. Así lo viene haciendo desde hace millones de años y parece que seguirá su producción por varios miles de millones de años más. Esta radiación que llega

del Sol es la principal fuente de energía sobre la tierra y sin ella, no sería posible la vida (De Juana, 2009).

Toda energía disponible procede de forma directa o indirecta del Sol, salvo la nuclear, la debida a las mareas y la geotérmica. Para poner de manifiesto la enorme cantidad de energía que procede del Sol se calcula que la que nos llega a la tierra en 10 semanas de intensidad solar media es equivalente a todas las reservas conocidas de combustibles fósiles; Sin embargo, su utilización presenta algunas dificultades tanto por su estacionalidad, su alternancia día-noche, su dependencia de otras condiciones atmosféricas, su baja densidad y en muchas aplicaciones su costo, el mismo que dista aún de ser competitivo frente a los combustibles fósiles (De Juana, 2009).

El sol es la principal fuente primaria de energía, que puede ser usada directamente en sistemas pasivos, así llamados porque no utilizan otra fuente de energía, o en sistemas activos, es decir aquellos emplean otra fuente de energía generalmente eléctrica, empleada para mover el fluido calefactor. La energía solar puede transformarse en eléctrica, mediante células fotovoltaicas, o bien de forma indirecta, a través de sistemas térmicos de concentración, utilizados para producir el vapor que moverá turbinas generadoras (De Juana, 2009).

1.5 Radiación solar

El sol genera radiaciones muy intensas debido a procesos nucleares de fusión como las que se producen en las bombas de hidrógeno, que ocurren a 150 millones de kilómetros lo cual evita a los seres humanos recibir residuos radiactivos, una buena parte de la radiación solar es constituida por fotones y se la denomina radiación electromagnética, tomando en cuenta la capacidad de recibir de los ojos esta se manifiesta en forma visible se denomina luz, pero también hay una parte invisible como los rayos ultravioletas (UV), y los infrarrojos (IR), los primeros son particularmente agresivos con el cuerpo y los segundos se manifiestan en forma de calor. (Meléndez, 2011)

1.5.1 Tipos de Radiación Solar Incidentes en la superficie terrestre

La radiación que incide en el planeta ingresa a la superficie terrestre, en donde la radiación que pasa la atmósfera puede ser reflejada una parte por las nubes, otra parte es absorbida por el suelo y otra llega directamente. De esta figura se puede decir que la radiación puede llegar a nuestro planeta de dos formas distintas, radiación directa y difusa. (Ver *Figura 1*). (Salazar, 2015)

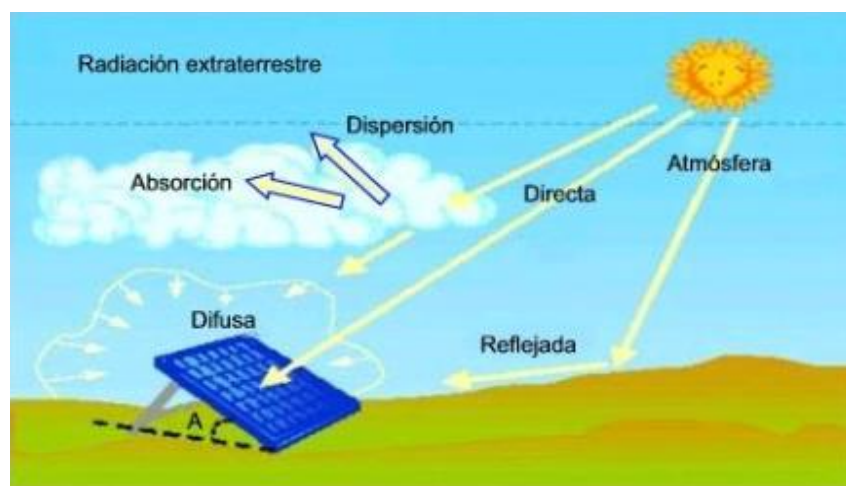


Figura 1 Tipos de radiación en la superficie terrestre

Fuente: EcoPotencia, 2010

Salazar, (2015) menciona que “La radiación directa es aquella que llega directamente del sol, la radiación difusa es aquella cuya dirección ha sido modificada por diversas circunstancias (densidad atmosférica, partículas u objetos con los que chocar, reemisiones de cuerpos, etc.)” (p.27).

Salazar, (2015) especifica que el término de radiación solar se utiliza de manera general sin hacer distinción entre la Irradiancia y la Irradiación. La suma de ambas es la irradiación total incidente, la superficie del planeta está expuesta a la radiación proveniente del Sol; la tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares.

Por esta razón se puede establecer que dada la lejanía del Sol respecto de nuestro planeta, se puede suponer con muy buena aproximación que los rayos del Sol son esencialmente paralelos sobre el planeta. Por ende, en cada punto del mismo, se considera la inclinación de la superficie respecto a dichos rayos, los mismos que depende de la latitud y de la hora del día para una cierta localización en longitud (Salazar, 2015).

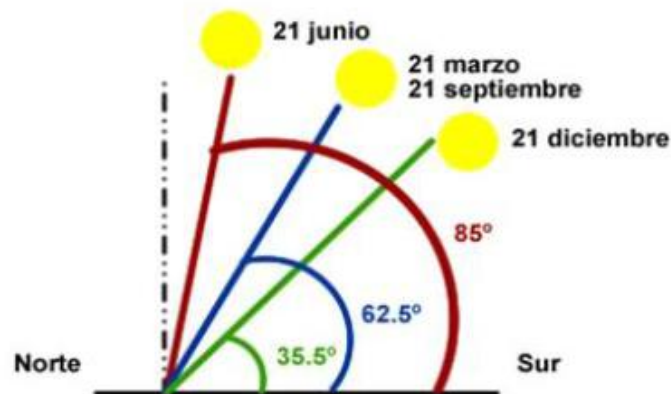


Figura 2 Ángulos solares
Fuente: EcoPotencia, 2010

Dicha inclinación puede definirse a través del ángulo solar (Ver **Figura 2**) que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar. (Meléndez, 2011).

1.5.2 Parámetros de radiación solar

Irradiación o radiación solar (H) o (G): la integración de la irradiación durante un cierto periodo de tiempo, es la energía que proviene del Sol que incide sobre la superficie de la Tierra. Es la resultante de la sumatoria de las radiaciones directa, difusa y reflejada, sus magnitudes físicas son $[J/m^2]$ o $[W/m^2]$ (NEC, 2011).

Radiación solar directa (HD): Es la radiación incidente que proviene directamente del sol sin sufrir ningún tipo de dispersión. (NEC, 2011).

La radiación difusa (Hd); es la radiación que llega a la superficie de la tierra, luego de haberse dispersado por las nubes y otros elementos que se encuentran en la atmósfera, va en todas las direcciones. (NEC, 2011).

Irradiancia solar (I): Es el flujo radiante o potencia incidente por unidad de área de todo tipo de radiación electromagnética [W/m^2]. (NEC, 2011).

Radiación reflejada (Hr): Proviene de la reflexión producida por el suelo o por otros elementos que rodean a la superficie, se considera a las superficies verticales como las que reciben mayor radiación reflejada. Además cuentan con un coeficiente de reflexión denominado Albedo. (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013).

Constante solar: La constante solar, se define como la cantidad de energía solar en la unidad de tiempo, por unidad de superficie normal a la dirección de la radiación incidente, en la superficie exterior de nuestra atmósfera. Su valor medio estándar es de $1.353W / m^2$. (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)

Ley de Stefan-Boltzmann: Establece que toda materia que no se encuentra a una temperatura infinita emite dos radiaciones térmicas. Estas radiaciones se originan a partir de la energía térmica de la materia limitada por la superficie más baja por la que fluyen, la velocidad a la que libera energía por unidad de área (W/m^2) se denomina la potencia emisiva superficial J y se determina con la ecuación (1), “Es una cantidad medible por lo tanto la cantidad de energía que emite un cuerpo negro (Ver **Figura 3**), por unidad de tiempo y por unidad de área es:” (Romero, 2010)

$$J(T) = \sigma T^4 \quad (1)$$

Dónde:

J = Potencia emisiva superficial (W/m^2)

T = Temperatura absoluta (K)

σ = Constante de Stefan - Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} W / m^2K^4$)

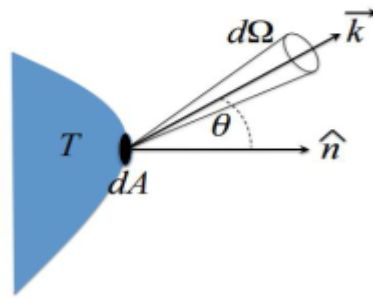


Figura 3 Radiación emitida por una diferencial de área de un cuerpo negro

Fuente: Romero V, 2010

1.5.3 Medición de la radiación solar

Existen instrumentos y métodos para determinar la cantidad de energía o radiación solar que llega a una superficie, entre ellos:

Pirarómetro o solarímetro: Es un medidor de radiación hemisférica total del sol, sobre una superficie horizontal. Consta de un sensor colocado bajo una cubierta semiesférica (NEC, 2011).

Pirheliómetro o actinómetro: Utilizado para medir la radiación solar directa, necesitan un seguidor solar para realizar la medición durante el día. Esta proporciona medidas correctas cuando está enfocado directamente al Sol. (NEC, 2011).

Heliógrafo: Registra las horas de sol brillante efectivas en el día, es decir mide la insolación. Para un sistema fotovoltaico, se debe saber cuánta energía solar promedio se cuenta en el lugar de la instalación (HSP) (AEMET, 2010), (NEC, 2010).

1.6 Tipos de energía solar

En esta sección se detallan los tipos de energía solar.

1.6.1 Energía solar directa

Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, para la iluminación de recintos. En este sentido, cualquier ventana es un colector solar. Otra aplicación directa, muy común, es el secado de ropa y algunos productos en procesos de producción con tecnologías simples (Fernández, 2010).

1.6.2 Energía solar térmica

Se denomina térmica a la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio. La climatización de viviendas, calefacción, refrigeración, secado, entre otras, este tipo de aplicaciones de energía del sol se le denomina Agua Caliente Sanitaria (ACS). (Fernández, 2010).

Este tipo de energía aprovecha la radiación del Sol para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable (López, 2006).

La conversión de la energía luminosa del Sol en energía calorífica se produce directamente de forma cotidiana, sin que sea necesaria la intervención del hombre en este proceso. Todos hemos realizado, en alguna ocasión, el experimento de quemar un papel con la ayuda de una lupa. La lupa concentra los rayos solares en un punto determinado de su superficie (foco). Esta concentración de rayos (y por tanto de energía) produce un rápido aumento de la temperatura del papel, provocando su combustión (López, 2006).

En el caso de una instalación térmica, los captadores solares se valdrán de superficies de color oscuro para absorber la mayor cantidad de radiación solar posible. Así, en días soleados, bastará con que los rayos solares incidan directamente sobre nuestro sistema de captación para obtener el aporte energético que necesitamos para su uso en muy diversas aplicaciones. Eso sí, habrá que

evitar que la energía obtenida pueda perderse instantes después si realmente queremos sacar provecho de esta fuente de energía tan beneficiosa para el ciudadano por sus ventajas medioambientales y su grado de autonomía (López, 2006).

Cualquier sistema de captación solar se basará, pues, en combinar el “efecto de cuerpo negro” con el “efecto invernadero”, con lo que, por un lado, se consigue aprovechar gran parte de la radiación que llega hasta una instalación solar, y por otro, impedir la fuga de calorías una vez ganadas (López, 2006).

1.6.3 Energía solar fotovoltaica

Se llama fotovoltaica a la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin que tenga un efecto térmico (Fernández, 2010).

De acuerdo a Lojano Chacha & Rios Gonzalez, (2013) El efecto fotoeléctrico fue descubierto por Becquerel en 1839, y se puede resumir así: ciertos materiales absorben la luz solar provocando cargas negativas y positivas debido a la excitación y el movimiento de sus electrones. En 1957 la empresa Bell construyó los primeros módulos fotovoltaicos comerciales. Desde entonces la tecnología ha ido perfeccionándose eligiendo los materiales ideales para la construcción de módulos, aumentando su rendimiento y fiabilidad. Los módulos fotovoltaicos (también llamados paneles o placas) están compuestos por varias células solares conectadas entre ellas, y cada instalación está compuesta por varios módulos conectados entre sí. Por ello la potencia obtenida es proporcional a la superficie expuesta al sol. Hoy en día el abanico de usos es ilimitado desde pequeñas calculadoras solares, hasta grandes centrales capaces de generar millones de kilovatios cada año, de un modo fiable, limpio, económico y sin generar residuos.

Los módulos generan electricidad únicamente cuando están expuestos a la radiación solar, por esta razón en la noche o en días muy nublados no generan electricidad. Para almacenar esta electricidad se utilizan baterías. De este modo

tenemos asegurado el suministro eléctrico todo el tiempo. (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)



Figura 4 Instalación Fotovoltaica Básica

Fuente: (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)

1.6.3.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Existen dos tipos de sistemas de energía solar fotovoltaica, los sistemas aislados y los sistemas interconectados a la red eléctrica.

Sistemas fotovoltaicos aislados o autónomos

En regiones rurales o aisladas los sistemas fotovoltaicos autónomos constituyen ya la solución de fondo y son parte fundamental e imprescindible para la garantía de fluido eléctrico y de las comunicaciones. A diferencia de los sistemas conectados a red, los sistemas autónomos requieren de las baterías para almacenar energía que será consumida en los ciclos diarios. En la Figura 5 puede observarse el esquema básico de una instalación FV autónoma. (NEC-11, 2011).

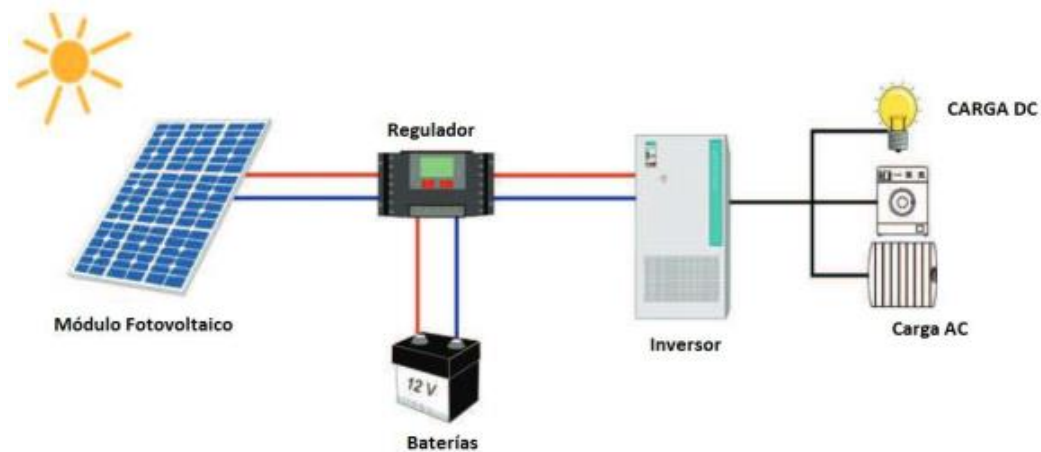


Figura 5 Esquema de un SFV residencial aislado de la red

Fuente: (Salazar, 2015)

Sistema fotovoltaico conectado a la red

Este sistema consiste en captar la radiación solar emitida hacia la tierra todos los días del año y transformarla en energía eléctrica mediante la instalación de un campo fotovoltaico compuesto por paneles solares, esta energía generada en el campo fotovoltaico es adaptada mediante un inversor de corriente, a las mismas características de la red de distribución y se vierte directamente a ella; al contrario de los sistemas aislados la energía captada no se almacena en acumuladores para aprovecharla en periodos de baja o nula radiación solar; esencialmente el sistema se compone de un campo de paneles fotovoltaicos y un inversor de características un poco especiales y que es el elemento clave de conexión.

Un sistema fotovoltaico conectado a la red se muestra en la Figura 6, consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional. El concepto inyección a la red tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas de pocos kilovatios pico (KWp) de potencia instalada hasta centrales de varios megavatios pico (MWp). En la Figura 6 se muestra un diagrama de los componentes principales de un sistema de conexión a red. (NEC, 2011).

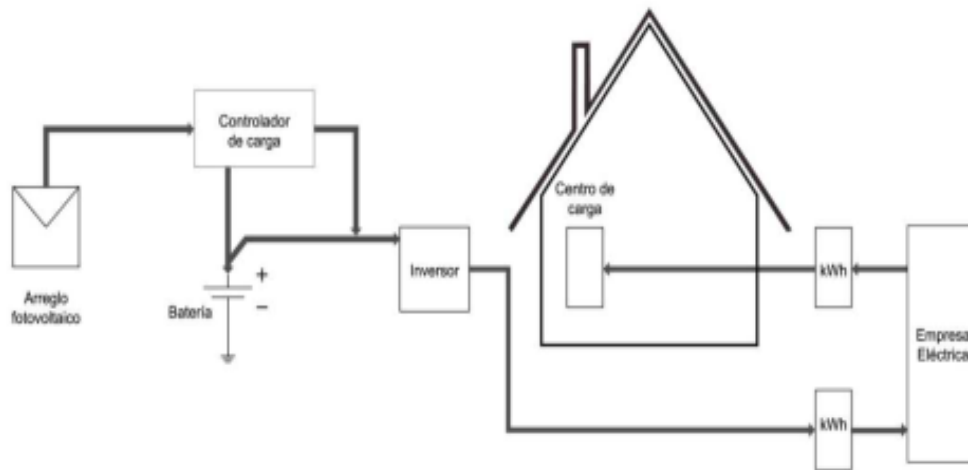


Figura 6 Esquema de un SFV conectado a la red

Fuente: NEC, 2011, p.39

Inicialmente los sistemas fotovoltaicos de conexión a red se desarrollaron para centrales fotovoltaicas de gran tamaño, tras comprobarse en la práctica que estas centrales trabajaban correctamente y en la medida en que avanzó el desarrollo de la electrónica, se comenzaron a diseñar sistemas de menor envergadura, más pequeños y manejables, con la finalidad de ser instalados a modo de pequeñas centrales domésticas solares, totalmente adaptables a viviendas dotadas de una acometida convencional de suministro eléctrico desde la red.

1.6.3.2 Componentes de un sistema fotovoltaico

Los componentes básicos usados para la instalación son:

1.6.3.2.1 Módulo fotovoltaico

Es el elemento primordial de la instalación, convierte la energía de sol en corriente eléctrica (corriente continua). Está formada por la unión de diversos paneles, para dotar a la instalación de la potencia necesaria.

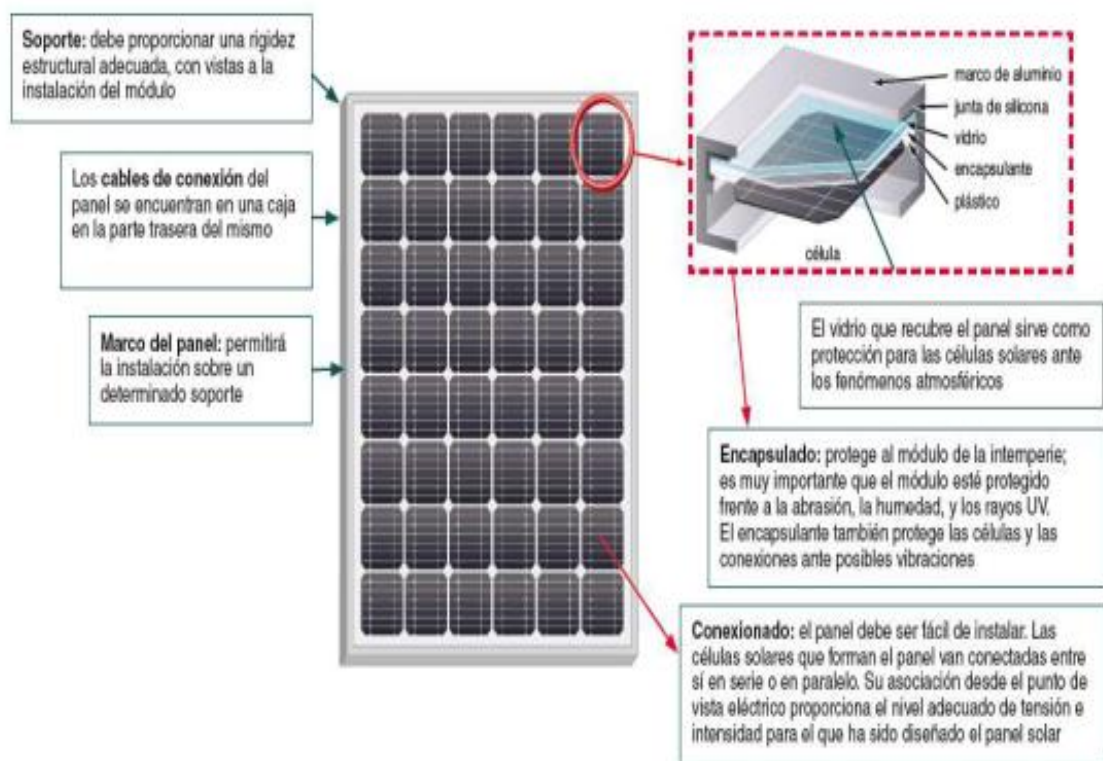


Figura 7 Constitución de un panel solar destacando sus principales características

Fuente: (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)

Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6V, 12V, 24V, etc.), que definirán el nivel de tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

A continuación se destacan las principales características de todo panel solar y se puede representar en un esquema típico de su construcción. Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- Silicio amorfo.

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Figura 8 Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación.

Fuente: (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)

A la hora de trabajar con los paneles solares nos interesa saber qué datos nos proporciona el fabricante, con la finalidad de utilizarlos correctamente. En los catálogos aparecen todos aquellos parámetros que nos son de utilidad a la hora de realizar el diseño de la instalación.

De acuerdo a la información que proporciona el fabricante, en su catálogo respectivo indica todas sus características, desde el punto de vista práctico, para la respectiva elección de un panel solar.

No obstante, hay que tener cuidado, ya que los valores proporcionados por el fabricante son obtenidos siempre en unas determinadas condiciones de irradiación solar y temperatura ambiente. En la práctica siempre existirá una pequeña desviación sobre los valores teóricos cuando el panel esté colocado en la instalación Ver Figura 9.

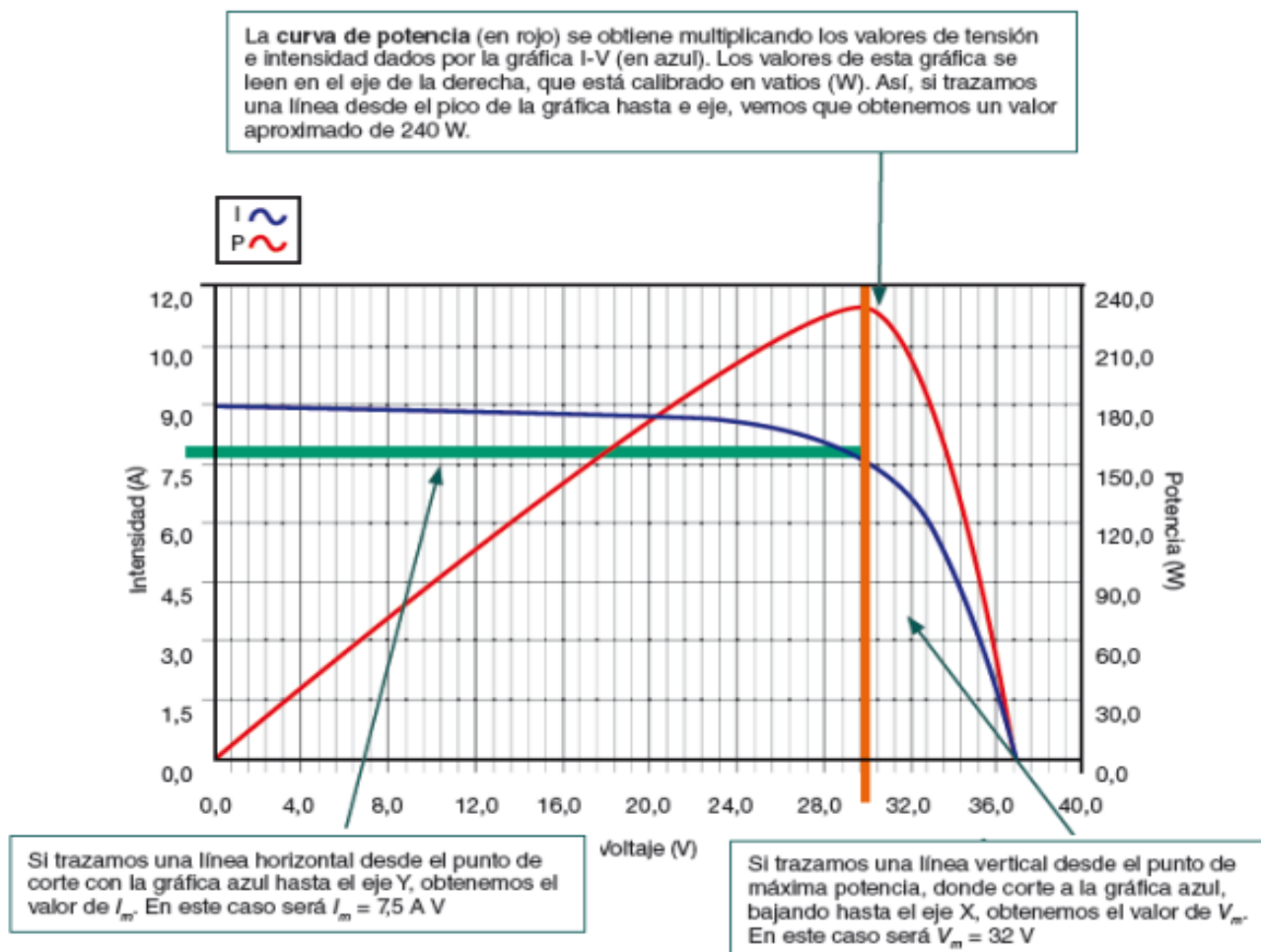


Figura 9 Ejemplo de una curva característica y obtención de los valores de tensión y corriente para un panel solar.

Fuente: (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)

Potencia de la célula solar

La potencia que proporciona una célula solar de tamaño estándar (10 x 10 cm) es muy pequeña aproximadamente 1 o 2 W, por lo que generalmente será necesario tener que asociar varias de ellas con el fin de proporcionar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico de la instalación. Es de este hecho de donde surge el concepto de panel solar o modulo fotovoltaico. Según la conexión eléctrica que hagamos de las células, nos podemos encontrar con diferentes posibilidades:

- La conexión en serie de las células permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente. (Ver Figura 10).
- La conexión en paralelo permitirá aumentar la intensidad total del conjunto. (Ver Figura 10).

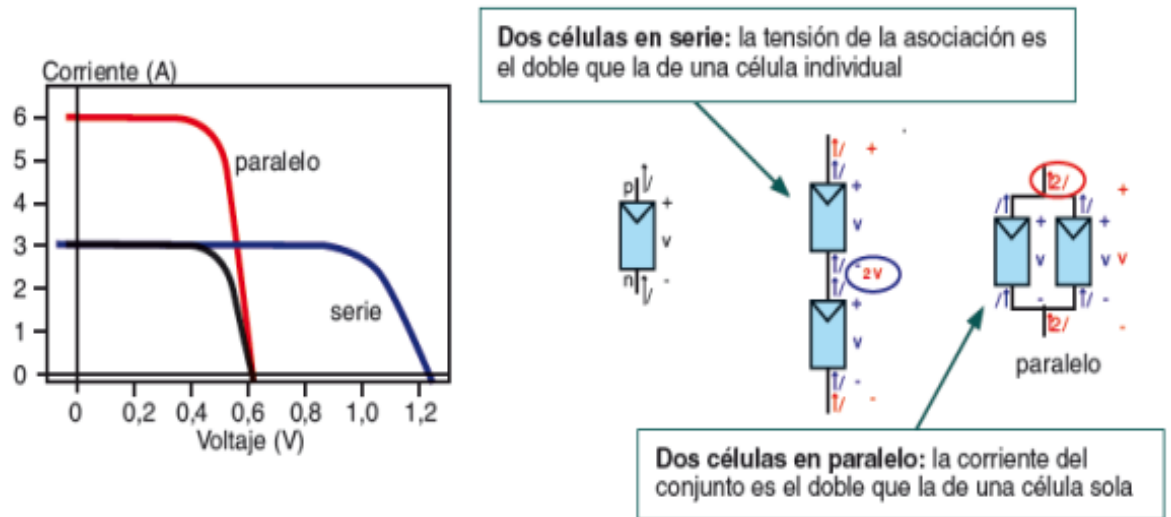


Figura 10 Asociación de células solares

Fuente: (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)

1.6.3.2.2 Inversores

El inversor es el encargado de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, la conexión del inversor se hace en baja tensión (210/121 V en sistemas trifásicos y 120/240 V en sistemas monofásicos a tres hilos), estos deben ser del tipo conexión a la red eléctrica con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico pueda proporcionar a lo largo de cada día. (Salazar, 2015)

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Auto conmutado.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.

- No funcionará en isla o modo aislado.

Los inversores, cumplirán con las Directivas Comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como micro cortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc. (NEC, 2011)

El rendimiento según el tipo de inversor, se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1 Rendimiento según el tipo de inversor

Tipo de Inversor		Rendimiento al 20% de la potencia nominal	Rendimiento a potencia nominal
Onda senoidal (*)	$P_{NOM} \leq 500 VA$	>80%	>70%
	$P_{NOM} > 500 VA$	>80%	>80%
Onda no senoidal		>85%	>80%

Fuente: NEC-11, (2011), (p.45)

1.6.3.2.3 Banco de baterías

En este tipo de sistemas el banco de baterías es un elemento necesario e indispensable para el correcto funcionamiento de la instalación, este elemento es el encargado de almacenar la energía excedente producida en el día para ser consumida en la noche, también permite mantener una reserva para días nublados. (Salazar, 2015)

Las características principales de las baterías solares son:

- Entregar el máximo valor de corriente a una carga fija en forma continua durante un determinado número de horas sin necesidad de recarga.
- Permitir un alto grado de profundidad de descarga.
- Tener una larga vida útil determinada por el máximo número de ciclos de carga y descarga.

Es importante identificar y diferenciar conceptualmente las baterías solares para sistemas fotovoltaicos de las que se utilizan normalmente en los automotores (SLI) por razones de precio y facilidad de adquisición, pero que no trabajan adecuadamente en estos, lo que trae un perjuicio para el usuario final, debido a que los parámetros y la construcción de una batería solar, son muy diferentes de las baterías para automotores. (NEC, 2011)

1.6.3.2.4 Seguridad y Cableado

Como cualquier instalación eléctrica, el sistema dispone de las necesarias protecciones para garantizar la seguridad. La instalación se completa con protecciones, cableado, toma de tierra y contadores. Se instala un cuadro eléctrico en el cual van ubicadas las protecciones e interruptores necesarios y el contador de energía. Además La instalación debe disponer de su propia toma de tierra. Los tramos de cableado deben cumplir el reglamento electrotécnico de baja tensión en ambos tramos, el de continua desde el campo al inversor, y el de alterna desde el inversor a la red. (Salazar, 2015)

1.6.3.2.5 Estructuras y Accesorios

La estructura que soporta los módulos debe ser de material inalterable a la corrosión y a los agentes atmosféricos (acero galvanizado en caliente o el aluminio anodizado). La estructura debe ser capaz de soportar el peso de los módulos (del orden de 10 kg/m²) y las cargas de viento y nieve, según la normativa vigente. Si se desea disminuir la resistencia al viento, es aconsejable

separar los módulos entre sí del orden de 1 cm. (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)

Actualmente se está desarrollando un amplio rango de productos de estructuras para la instalación de los módulos fotovoltaicos en los edificios. Estos incluyen estructuras de montaje sobre fachadas, tejados, terrazas e incluso tejas fotovoltaicas que pueden ser utilizadas remplazando las tejas ordinarias. (Lojano Chacha & Rios Gonzalez, 2013)

1.7 Operacionalización de variables

A continuación en la Tabla 2 y Tabla 3 se muestran las variables independientes y dependientes a ejecutar en el presente proyecto de investigación, además la categoría, indicadores, técnicas e instrumentos.

Tabla 2 Variable Independiente.

VARIABLE INDEPENDIENTE:	Potencial solar en el sector de Tababela - Quito				
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Potencial solar: Cantidad de energía solar que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear.	Ubicación del emplazamiento	Coordenadas geográficas	UTM	mediciones	GPS
	Recurso Solar	Radiación sobre la superficie	Wh/m2/día	Cálculo / Software	Ecuaciones y/o Estadística / Atlas solar Ecuador
	Energía requerida	Potencia	kW	Cálculos	Ecuaciones

Fuente: Ángel Zambrano

Tabla 3 Variable Dependiente.

VARIABLE DEPENDIENTE:	Generación de energía eléctrica a partir de radiación solar.				
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa proveniente del sol en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio).	Parámetros de diseño	Potencia consumida	Wh	Medición, Cálculos	Vatímetro, Excel
	Sistema fotovoltaico conectado a la red	Modos de trabajo	-	Investigación	Fuentes fabricantes
	Pre - factibilidad	Costo / Reducción CO ₂	-	Cálculos	Ecuaciones

Fuente: Ángel Zambrano

CAPITULO II

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En el capítulo presente se expone la metodología, el enfoque metodológico, el diseño, la modalidad, tipo y nivel de investigación, se declara la población o universo de estudio y se define la muestra para la carga y la radiación solar en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en Tababela-Quito para aplicar los instrumentos de recolección de la información.

2.1. Enfoque de la investigación

2.1.1. Hipotético – Deductivo.

Permite el planteamiento de hipótesis o preguntas directrices que se pueden analizar deductiva o inductivamente para una posterior comprobación experimental, con lo que se logra una relación directa entre la teoría y la realidad del fenómeno. Paralelamente a este método, se aplicó la formulación empírica ya que al tratarse de una investigación de origen técnico su fundamento radica en la percepción directa del objeto de investigación, para lo cual se respaldaría con la observación científica y la medición del fenómeno.

2.1.2. Observación Científica.

Provee la determinación directa de la caracterización sectorial dentro de su curso natural, sin la alteración de las condiciones naturales, es decir que la observación tiene un aspecto contemplativo donde, dentro de esta investigación, nos permitió identificar el uso de energías renovables no convencionales dentro del medio industrial señalando la potencialidad de la incidencia de la radiación solar fotovoltaica.

Complementario a la observación, es necesaria la aplicación de una medición del fenómeno, tomando en cuenta una metodología que prevenga en gran medida la incertidumbre dentro de las herramientas de medición. Este proceso se desarrolla con la finalidad de obtener la información numérica acerca de una propiedad o cualidad del objeto o fenómeno, donde se comparan magnitudes medibles y conocidas, es decir, es la atribución de valores numéricos a las propiedades de los objetos y complementarlas expandiendo la cantidad y calidad de datos con los ya existentes en medios públicos, otros proyectos de investigación, servidores Web, entre otros que nos permitirán tener una mejor referencia para nuestra investigación.

2.2. Modalidad de la investigación

En la presente investigación se utilizaron las siguientes modalidades:

2.2.1. De campo.

Es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en el que se producen los acontecimientos. El investigador toma contacto en forma directa con la realidad para obtener información.

En la empresa Wartsila, se realizó un levantamiento de información de los parámetros en contacto directo con las partes a las que se desea intervenir.

2.2.2. Bibliográfica – Documental.

Constituye la investigación del problema determinado con el propósito de ampliar, profundizar y analizar su conocimiento, producido éste por la utilización de fuentes primarias en el caso de documentos y secundarias en el caso de libros, revistas, periódicos y otras publicaciones.

Se amplía revisión en libros, revistas, artículos digitales para tener una idea clara de lo que se quiere conseguir con este trabajo de investigación, se visitaron los sitios web para obtener catálogos de los fabricantes de paneles solares, baterías,

reguladores e inversores, etc. con el fin de verificar costos, especificaciones técnicas y disponibilidad determinando los más adecuados.

Se analizaron los recursos del Atlas Solar para fines de generación eléctrica en el Ecuador, datos de radiación solar desde los servidores de la Nasa y datos de la red de estaciones meteorológicas de la secretaria del ambiente.

2.3. Nivel de investigación

A continuación se detallan los tipos de investigación utilizados.

2.3.1. Exploratorio

El estudio exploratorio a través de la investigación de campo nos facilitó la obtención de las mediciones de parámetros del nivel de radiación solar y carga de consumo en la empresa necesarios para el diseño de un sistema alternativo amigable con el medio ambiente, además de proveer un diagnóstico inicial de la problemática presente, adquiriendo resultados que permiten formular alternativas de solución directa dentro de un marco propositivo justificado. Se utilizaron instrumentos de medición adecuados, bajo parámetros de selección y procedimientos para reducir la incertidumbre de la medida.

2.3.2. Descriptiva

Este nivel de investigación nos permitió desarrollar la investigación de manera detallada de todos los parámetros que intervienen en el proceso, para determinar el gasto en energía eléctrica, mayores consumidores, horas pico en la demanda de trabajo entre otros factores mismos del proceso, además analiza las variables para comparar entre diferentes sistemas fotovoltaicos y obtener una alternativa de costo – beneficio aceptable que satisfaga los requerimientos de la empresa.

2.3.3. Bibliográfica

El tipo de investigación nos abrió las puertas para la recopilación de información bibliográfica que permitirá establecer un punto de partida desde documentación ya establecida, donde el tema de energías renovables es de un carácter muy amplio, y existen una gran cantidad de documentación tanto a nivel nacional e internacional

con cifras y datos técnicos que ayudarán a la comprensión, entendimiento y puesta en marcha del proyecto.

2.4. Población y muestra

La población y muestra está contemplada en las mediciones de carga y horas de trabajo en la empresa Wartsila ubicada en Tababela – Quito, también se tomarán en cuenta los datos de consumo emitidos por la empresa eléctrica de los meses disponibles. Estos datos serán útiles para el dimensionamiento del sistema, dimensionamiento de equipos y accesorios necesarios para cubrir las necesidades requeridas.

Según la norma ecuatoriana de construcción NEC-11 apartado 14.2.5. Elementos de medición y registro de parámetros del sistema fotovoltaico (SFV), para sistemas conectados a la red es obligatorio, la determinación de la cantidad de energía incidente disponible en la ubicación de la instalación. (NEC, 2011)

Irradiación solar (KW/m^2 *día), se puede hacer con un piranómetro.

El registrador de datos debe permitir almacenar mediciones y contar con software de descarga y presentación de datos. Según la Guía técnica de aplicación para instalaciones de energías renovables (2014), la población consiste en un número total de registros de radiación solar por parte del piranómetro, la elección de los datos de radiación solar dependerá directamente de la situación de la instalación, así como de las condiciones meteorológicas predominantes y particulares de cada lugar (p. 41).

“Los datos ofrecidos en las tablas de radiación suelen ser medias de medidas realizadas durante el transcurso de un mes se pueden presentar condiciones meteorológicas prolongadas de lluvias, días nublados, tiempo seco y claro, que pueden afectar a los cálculos mensuales de radiación solar” (Guía técnica de aplicación para instalaciones de energías renovables, 2014, p. 41)

2.5. Técnicas e instrumentos

Dada la naturaleza del estudio, es preciso tomar en cuenta las siguientes consideraciones técnicas e instrumentos de recolección.

- El método de cálculo del sistema fotovoltaico está basado en la norma de construcción de energías renovables Ecuador NEC-11, capítulo 14.

Dentro de las consideraciones técnicas necesarias y primordiales para el diseño del sistema se consideran:

- Estimación del consumo de energía, para lo cual se elaborarán tablas en las que deben constar el consumo de energía promedio diarias de uso y mensuales en kWh.
- La determinación de la cantidad de energía incidente disponible en la ubicación de la instalación, Irradiación solar (kW/m^2 /día), se puede hacer con un piranómetro.

Tabla 4 Técnicas e Instrumentos.

Técnicas	Instrumentos
Medición de campo	Analizador de Redes Piranómetro Contador eléctrico (EEQ)
Cálculo	Ecuaciones
Comparación y estadística	Tablas

Fuente: Ángel Zambrano

2.6. Equipos

Se detallan los equipos utilizados para la adquisición de medidas del presente proyecto.

2.6.1. Analizador de Redes Hioki 3196

Los analizadores de la serie 3196 POWER QUALITY ANALYZER de la marca japonesa “HIOKI”, son instrumentos de medida programables capaces de registrar en memoria los principales parámetros eléctricos y fenómenos relacionados con las ondas de voltaje y corriente. El mismo se tiene disponible como equipo para servicios en campo del personal de Field Service de la empresa.



Figura 11 Analizador de Redes Hioki modelo 3196

Características técnicas

- **Voltaje de alimentación:** 12 V DC output AC ADAPTER 9458 (Universal 100 to 240 V AC, 50/60 Hz), or BATTERY PACK 9459 (7.2 V/2450 m Ah Ni-MH).
- **Dimensiones y peso:** 298 mm (11.73 in)W × 215 mm (8.46 in)H × 67 mm (2.64 in)D, 2.25 kg (79.4 oz)...sin batería.
- **Interface:** PC card slot (9726/ 9727/ 9728 PC card, 128Mb to 512Mb), RS-232C, LAN (10BASE-T).

- **Normas:** El Equipo Hioki trabaja y calcula parámetros eléctricos en función de la norma EN 50 160,
- **Safety:** En61010-1:2001; Voltage Input: Pollution Degree 2, Measurement Category III (anticipated transient over voltage 6000 V)
- **Circuito de medida:** Monofásico/dos hilos, Monofásico/tres hilos, trifásico/tres hilos, Trifásico/cuatro hilos.

2.6.1.1. Puesta en marcha del analizador HIOKI 3196

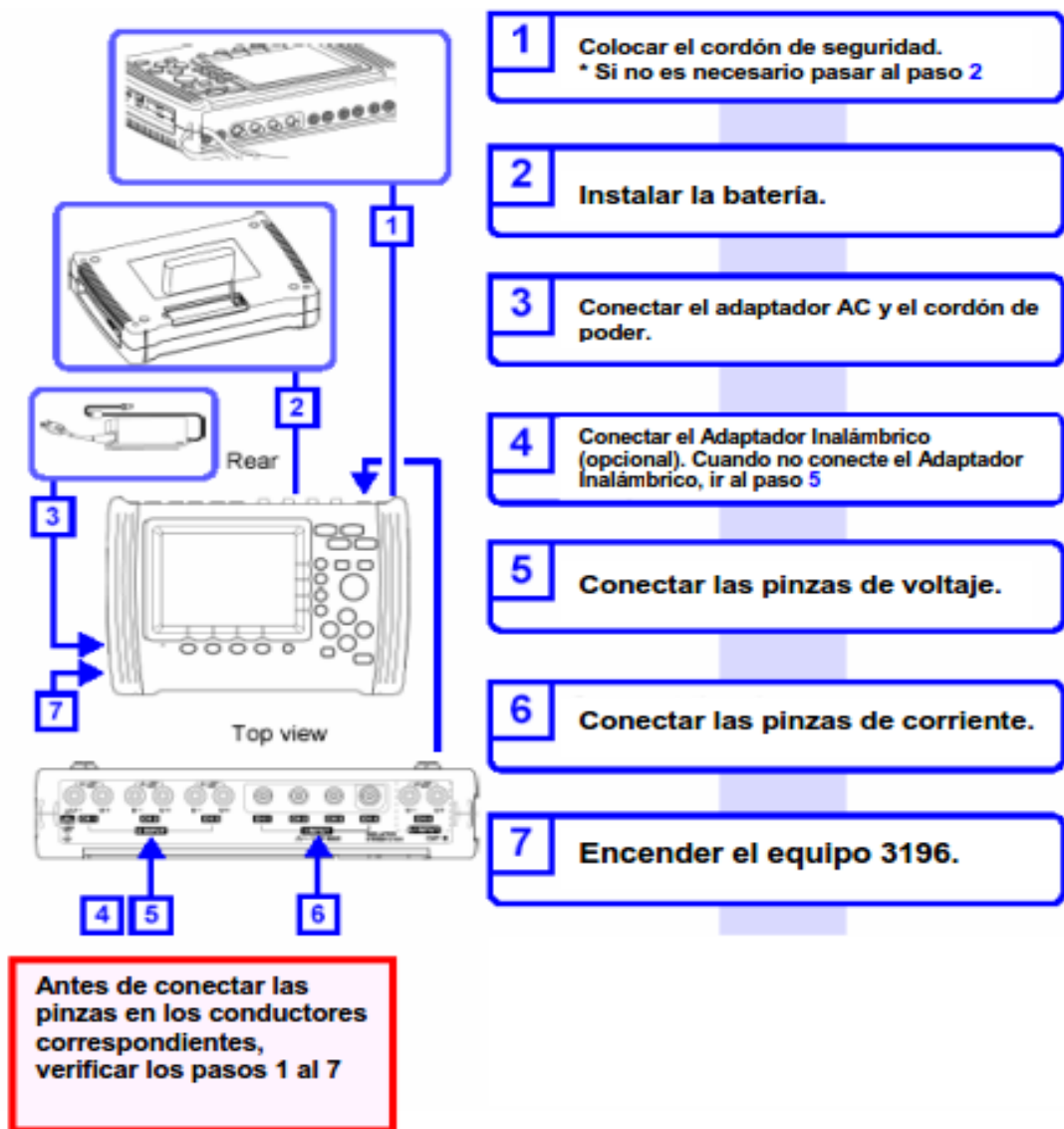


Figura 12 Configuración del analizador 3196 Power Quality Analyzer

Fuente: Manual de operación Hioki 3196

2.6.1.2. Botones y Funciones analizador HIOKI 3196

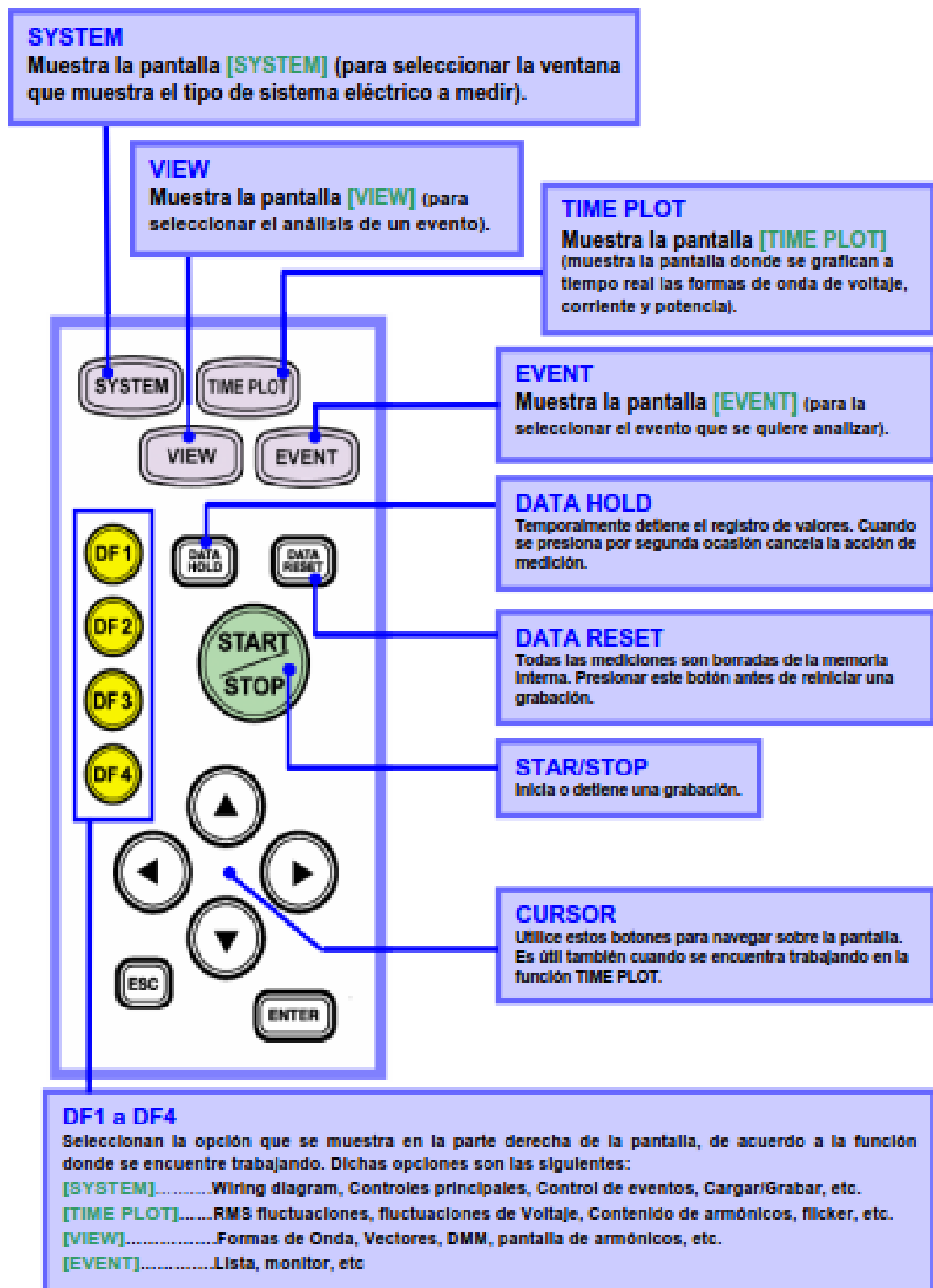


Figura 13 Interface Analizador 3196 Power Quality Analyser

Fuente: Manual de operación Hioki 3196

2.6.1.3. Diagramas de conexión

- Es importante colocar la toma de tierra para evitar interferencias sobre el aparato.
- Colocar las pinzas de voltaje y corriente en cada una de las fases de la red que se requiere medir, y la conexión con el neutro si éste se encuentra disponible.
- Verificar las configuraciones de conexión indicadas en los esquemas para obtener las lecturas de los parámetros eléctricos de forma correcta.

A continuación se detallan los esquemas de conexión para las distintas configuraciones de medición:

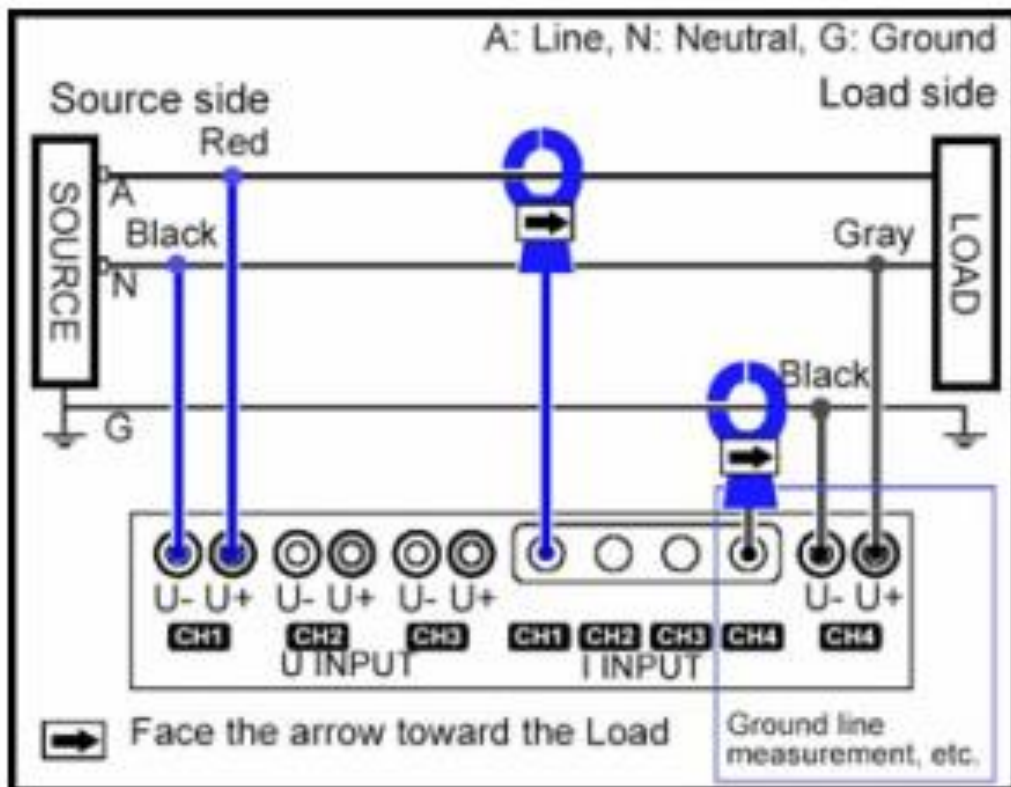


Figura 14 Esquema de conexión monofásico – 2 hilos

Fuente: Manual de operación Hioki 3196

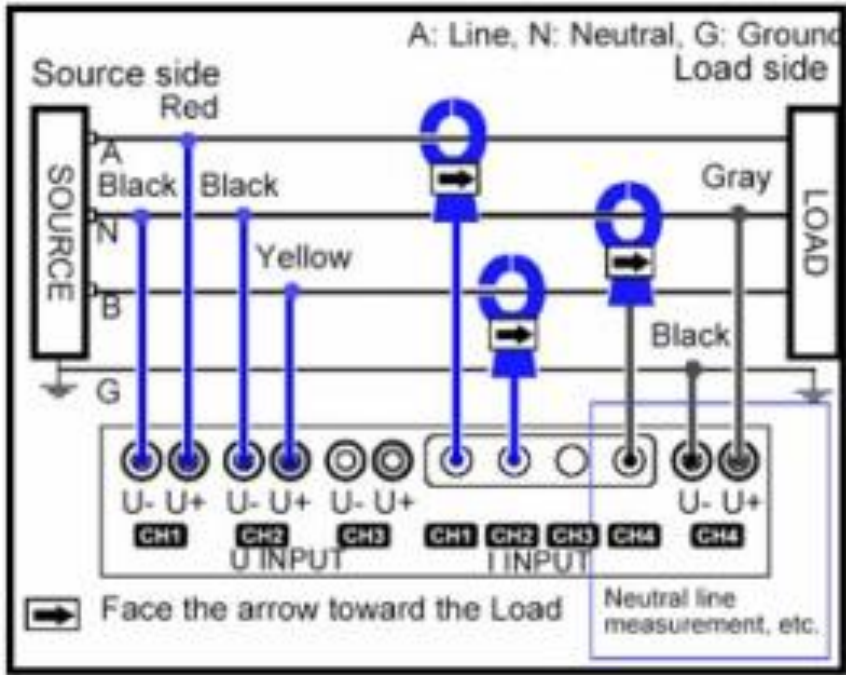


Figura 15 Esquema de conexión trifásico – 3 hilos – 2 canales.

Fuente: Manual de operación Hioki 3196

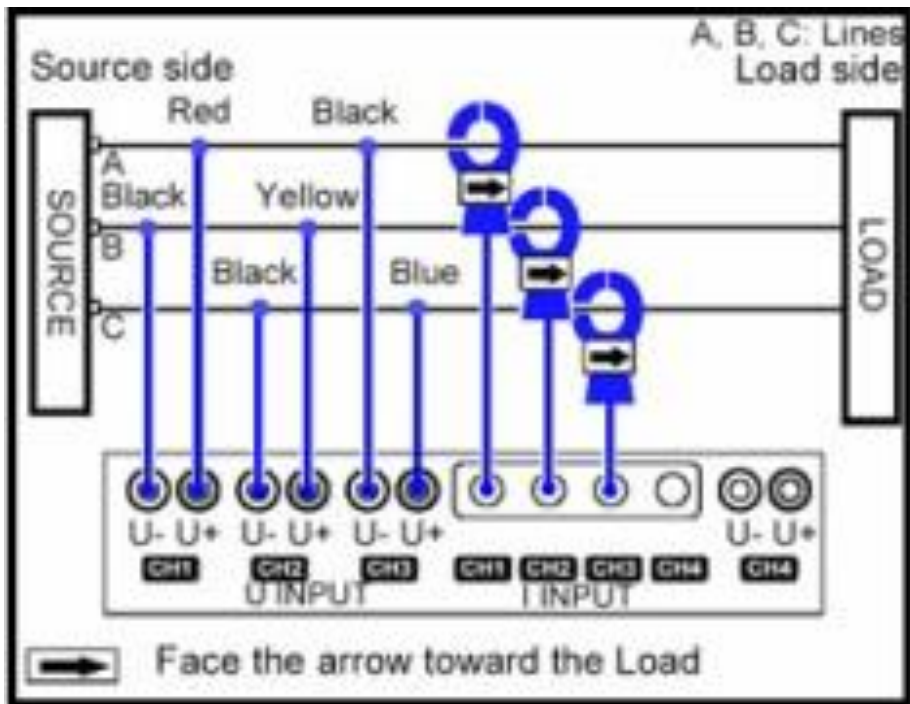


Figura 16 Esquema de conexión trifásico – 3 hilos – 3 canales.

Fuente: Manual de operación Hioki 3196

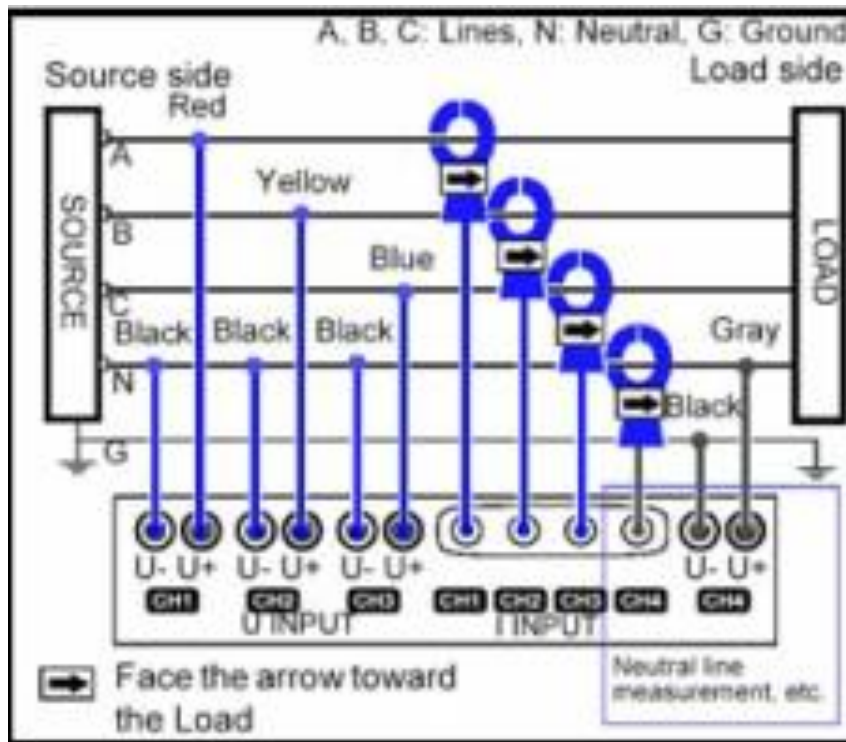


Figura 17 Esquema de conexión trifásico – 4 hilos – 4 canales

Fuente: Manual de operación Hioki 3196

2.6.2. Sunny Sensorbox

Con la Sunny SensorBox y los sensores externos es posible registrar datos sobre el entorno de su instalación fotovoltaica, los cuales son relevantes para la monitorización de su rendimiento. (SMA, 2004)

Para ello la Sunny SensorBox posee un sensor de irradiación integrado y un sensor externo de temperatura del módulo. Además, usted puede conectar un sensor de temperatura ambiente opcional y un anemómetro opcional a la Sunny SensorBox. La Sunny SensorBox está integrada en un bus de comunicación RS485.



Figura 18 Sunny sensorBox

Fuente: Manual de operación

Con la intensidad de irradiación (W/m^2) del sensor de irradiación integrado y el rendimiento registrado de la instalación fotovoltaica a lo largo de un día, usted podrá establecer una comparación entre el rendimiento producido por la instalación y la intensidad de irradiación medida. Se pueden visualizar los datos recogidos por la Sunny SensorBox a través del Sunny Portal o Flashview.

2.6.2.1. Montaje Sunny SensorBox

Requisitos para el lugar de montaje de la Sunny SensorBox:

- La Sunny SensorBox se puede montar en intemperie (IP65).
- La temperatura ambiente tiene que estar entre -25 °C y 70 °C .
- Si se utiliza el sensor de irradiación integrado, la Sunny SensorBox debe montarse con el mismo ángulo de inclinación y la misma orientación que la instalación fotovoltaica, para poder así obtener resultados de medición que se puedan cotejar con el rendimiento de la instalación.
- La selección del lugar de montaje depende de los sensores utilizados, para lo cual deben tenerse en cuenta las longitudes de cable máximas de estos.
- Sensor de temperatura del módulo: longitud de cable preconfeccionada de 2,5 m. El cable no puede alargarse ni acortarse.

- Sensor de temperatura ambiente: longitud máxima del cable de 30 m.
- Anemómetro: longitud de cable preconfeccionada de 3 m (el cable se puede acortar o alargar hasta una longitud máxima de 30 m).
- La longitud de cable máxima de la última Sunny SensorBox al RS485-Power Injector es de 150 m.
- La longitud máxima del cable de todo el bus de comunicación RS485 es de 1.200 m.

Montaje sobre el marco del módulo

1. Determinar el lugar de montaje teniendo en cuenta el espacio disponible y la orientación prescrita para la Sunny SensorBox.

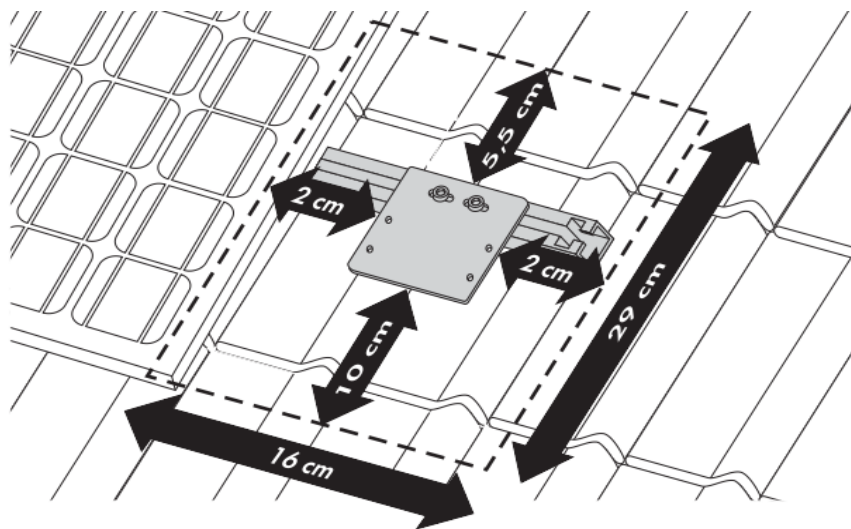


Figura 19 Montaje Base de Sensor

Fuente: Manual de operación Hioki 3196

2. Fijar la placa de montaje al marco del módulo con tornillos y tuercas correderas adecuados (del fabricante del marco del módulo).
3. Por lo general los tornillos hasta el M10 encajan en las tuercas correderas del fabricante del marco de módulo.
4. Abrir las tapas laterales de la Sunny SensorBox usando las escotaduras.
5. Fijar la Sunny SensorBox a la placa de montaje usando los tornillos.

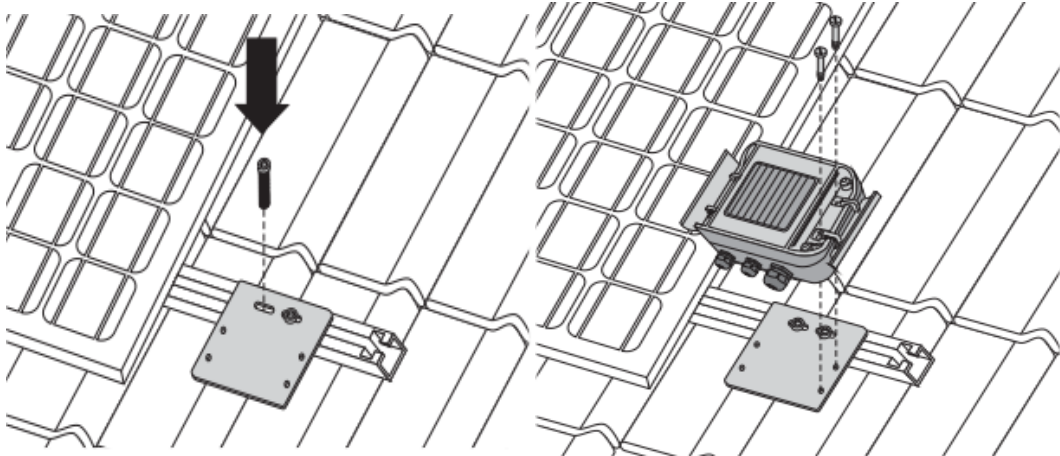
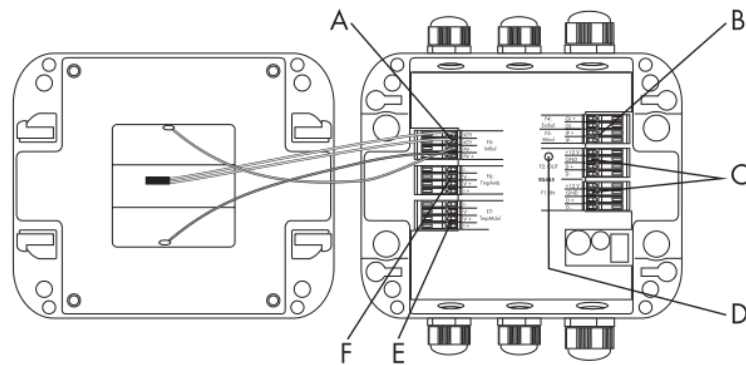


Figura 20 Montaje Sensor

Fuente: Manual de operación

6. Proceder con las conexiones en la Sunny SensorBox.



- A Borne de conexión del sensor de irradiación integrado
- B Borne de conexión del anemómetro
- C Conexión del cable de comunicación RS485
- D LED para la comunicación RS485
- E Borne de conexión para el sensor de temperatura del módulo
- F Borne de conexión para el sensor de temperatura ambiente

Figura 21 Esquema de conexiones eléctricas.

Fuente: Manual de operación

2.7. Datos solares de otras fuentes disponibles

2.7.1. Secretaría del Ambiente

En la página web de la Secretaría de Ambiente reposan públicamente datos de radiación solar desde el año 2008 hasta la fecha, ya que se actualizan continuamente aproximadamente cada hora. Para el propósito, se descargó la información hasta Mayo del año 2017, para iniciar con el proceso de validación de los datos de radiación solar con los datos obtenidos con el sensor instalado en la empresa Wartsila.



Figura 22 Página Web Secretaría del Ambiente

Fuente: Secretaría del Ambiente.

La “Secretaría de Ambiente” publica en su página web (<http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/indice-de-calidad-del-aire-2>), ver **Figura 22** datos de radiación solar de 7 estaciones climatológicas, descritas en la **Tabla 5**:

Tabla 5 Estaciones climatológicas Secretaría del Ambiente

ESTACIÓN	UBICACIÓN		
Nombre	Latitud	Logitud	Altura m.s.n.m
Carapungo	-0,9833	-78,4472	2 660
Cotocollao	-0,10778	-78,4972	2 793
Belisario	-0,18	-78,49	2 835
El Camal	-0,25	-78,51	2 840
Tumbaco	-0,21	-78,4	2 331
Los Chillos	-0,3	-78,46	2 453
Guamani	-0,334	-78,553	2 800

Fuente: Secretaría del Ambiente

El sensor empleado para la medición por parte de la “Secretaría de Ambiente” es también un piranómetro de la marca Kipp & Zonen modelo CMP 3, medición de radiación solar global, 180° de visión y estabilidad del 1% por año. (Secretaría del Ambiente, 2016)

2.7.2. Atlas Solar del Ecuador

Se procedió a realizar un análisis de los mapas de insolación y datos de radiación solar para determinar los niveles en sector de Tababela. Gracias a ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad), entidad gubernamental que tiene por misión “Regular y Controlar los servicios públicos de suministro de energía eléctrica y de alumbrado público general, se realizó la revisión del mapa solar de la Provincia de Pichincha, lugar donde se encuentra localizada la parroquia de Tababela, gracias a que en la página web de dicha entidad se encuentra el archivo titulado “ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA”, el CONELEC contrató en el año 2008 la elaboración del Mapa Solar del Ecuador, y se basa en datos tomados de sistemas satelitales del NREL (National Renewable Energy Laboratory) de los Estados Unidos entre 1985 y 1991 que interpola la información a celdas de 1 km². (NEC, 2011)

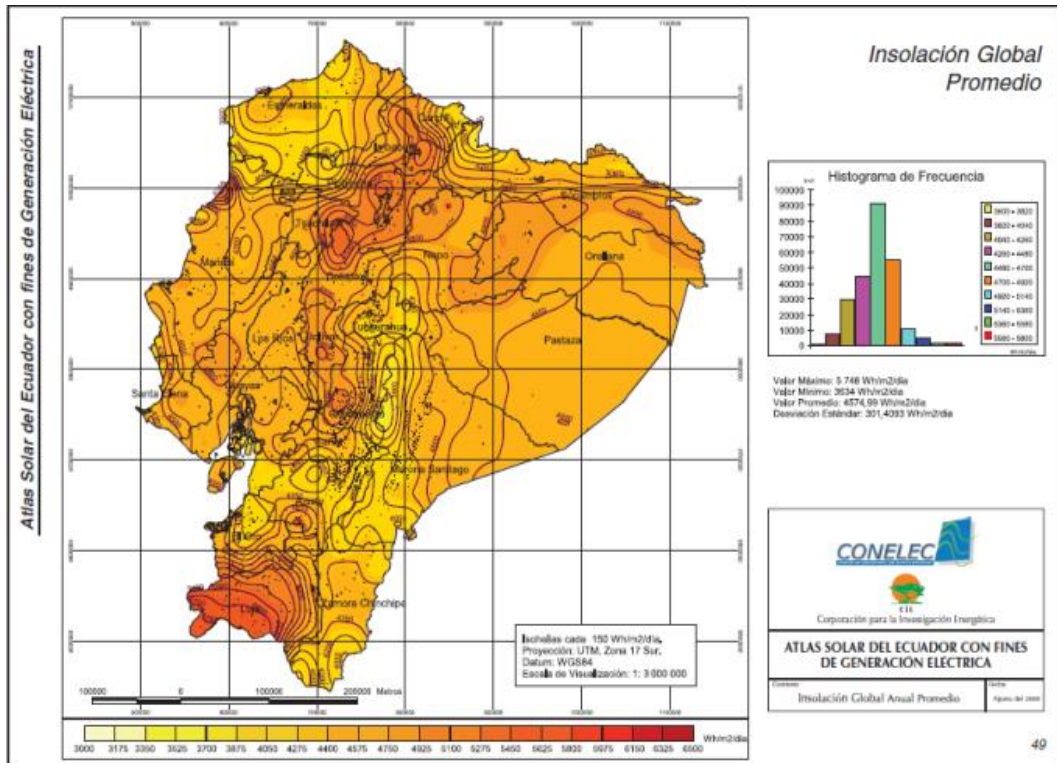


Figura 23 Mapa Solar del Ecuador. Insolación Global Promedio
Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica

De la **Figura 23**, gracias al histograma de frecuencias, se deduce que en el territorio ecuatoriano se recibe un promedio de 4,5 kWh/m²/día de irradiación solar.

2.7.3. La Nasa

Existe un sitio web de recursos de energía renovable patrocinado por el Programa de Ciencias Aplicadas de la NASA la cual tiene una aplicación On-line que permite obtener tablas de datos de radiación solar para una localización particular. (ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER – CENTRO DE DATOS DE CIENCIA ATMOSFÉRICA), que además de los datos de radiación solar diario, también da datos como humedad relativa, velocidad del viento, etc.

La NASA, a través de su "Dirección de Misión Científica, ha apoyado desde hace mucho tiempo los sistemas satelitales y la investigación, proporcionando datos importantes para el estudio de los procesos climáticos. Estos datos incluyen estimaciones a largo plazo de las cantidades meteorológicas y los flujos de energía solar superficial. Estos productos basados en satélites y modelados han demostrado ser lo suficientemente precisos como para proporcionar datos fiables de recursos solares y meteorológicos sobre regiones donde las mediciones superficiales son escasas o inexistentes y ofrecen dos características únicas: los datos son globales y, en general, contiguos en el tiempo. (NASA Langley Research Center, 2016)

Para fomentar el uso comercial de los datos solares y meteorológicos globales, la NASA apoyó y continúa apoyando el desarrollo del conjunto de datos de meteorología superficial y energía solar (SSE) que se ha formulado específicamente para las necesidades de diseño de sistemas fotovoltaicos y de energías renovables. De igual importancia es el acceso a estos datos; Para este fin los parámetros SSE están disponibles a través de aplicaciones web amigables basadas en las necesidades de los usuarios. (NASA Langley Research Center, 2016)

El sitio web original de entrega de datos de SSE, destinado a facilitar el acceso a los parámetros necesarios en la industria de las energías renovables (por ejemplo, energía solar y eólica), se publicó en 1997. Los datos solares y meteorológicos contenidos en esta primera versión se basaron En los datos científicos de la NASA / Programa Mundial de Investigación sobre el Clima de la Versión 1.1 (SRB) y los datos TOVS del Proyecto Internacional de Climatología de Nubes por Satélite (ISCCP). En general, la meteorología y la radiación solar para la versión 6.0 de SSE se obtuvieron de los programas de investigación de satélites y de re-análisis de la NASA Science Mission Directorate. Los parámetros basados en los datos solares y / o meteorológicos se obtuvieron y validaron basándose en las recomendaciones de los asociados en la industria energética. La versión 6.0 amplía la cobertura temporal de los datos meteorológicos y solares de 10 años a

más de 22 años (por ejemplo, julio de 1983 a junio de 2005) con datos mejorados de la NASA e incluye nuevos parámetros y estudios de validación. (NASA Langley Research Center, 2016)

El sitio web pide las coordenadas en Grados Decimales (G.D.) o Grados Minutos Segundos (G.M.S.) de la localización que requerimos información. Para ello se utilizó la herramienta de Google Maps y obtener estas coordenadas.



Lugar: Wartsila Ecuador S.A.
Ubicación: Tababela – Ecuador
Grados Decimales:
Latitud: -0.20
Longitud: -78.33

Figura 24 Ubicación Wartsila Ecuador

Fuente: Google Maps

Una vez ingresados los datos requeridos, se obtienen los resultados siguientes:

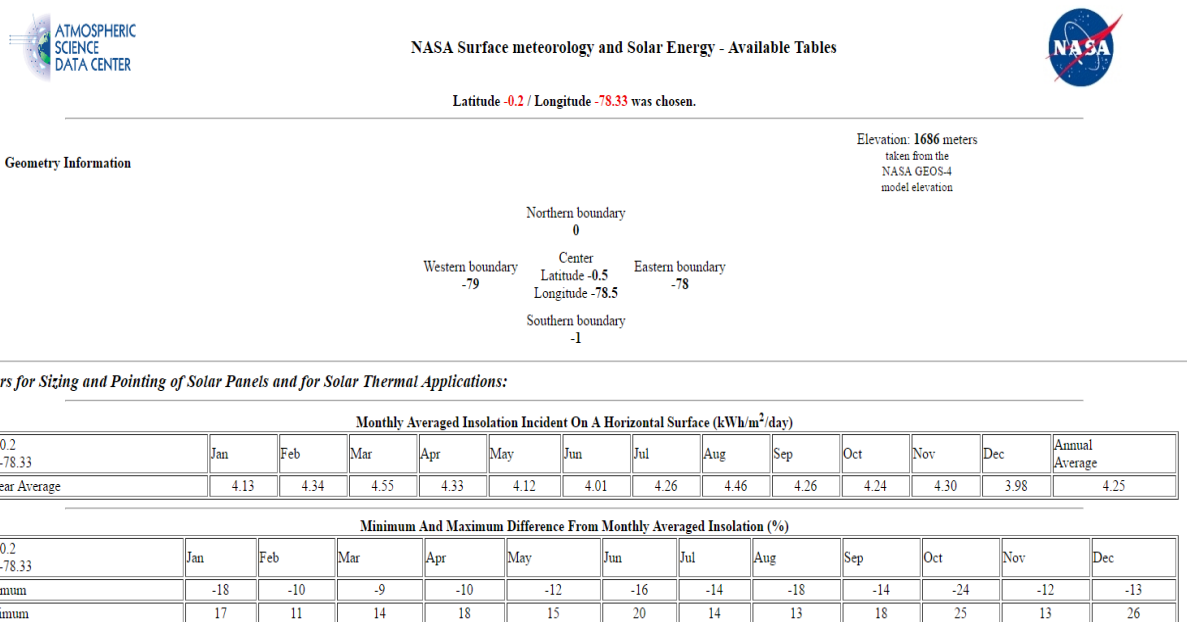


Figura 25 Datos Obtenidos de página Web NASA.

Fuente: Nasa Website

2.8. Radiación sobre superficie inclinada y horas solares.

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción – NEC (2011) “el campo de colectores debe tener una inclinación mínima de 5° y máxima de 15° y es recomendable la orientación hacia la línea equinoccial.” (Cap. 14, p. 22) con el fin de garantizar la no acumulación de suciedades en la cubierta, la cual disminuye la eficiencia de los paneles solares.

Para determinar la radiación sobre superficie inclinada ($\overline{H_T}$), la cual se determina según NEC, (2011):

$$\overline{H_T} = k * \overline{H}$$

Donde:

\overline{H} = Es la media mensual diaria de radiación sobre una superficie horizontal.

k = Es un factor de corrección para planos inclinados.

El número de horas diarias de irradiación solar a 1000 W/m², determina el número de horas sol día (HS), según NEC (2011):

$$HS = \frac{\overline{H_T}}{1000} \left[\frac{Wh/m^2/día}{W/m^2} \right]$$

Donde:

HS = número de horas diarias de irradiación solar a 1000 W/m²

$\overline{H_T}$ = Radiación sobre una superficie inclinada (Wh/m²/día).

CAPITULO III

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos de la radiación solar en vatios por metro cuadrado (W/m^2) con el Sunny sensor box y la potencia de la carga en vatios por hora (W/h) obtenidas con el analizador de redes Hioki 3196 y de las planillas de consumo eléctrico desde el año 2016 en la empresa Wartsila. Con estos datos se determinará la potencia que puede entregar a la red el sistema fotovoltaico y conocer el porcentaje en el que se disminuiría la energía consumida por la empresa en el tiempo en el que el sistema fotovoltaico se encuentra en operación.

3.1 Recurso Solar

Los datos mensuales de radiación solar en la zona de estudio se obtuvieron de los valores promedio de las medidas realizadas durante el transcurso de los meses de Enero a Mayo del presente año, considerando condiciones meteorológicas varias como son lluvias, días nublados soleados los mismos que están expresadas en Wh/m^2 .

El sensor empleado para este estudio almacena los datos medidos cada 15 minutos durante los meses descritos anteriormente.

Se han considerado varios análisis para estudiar las medidas de radiación solar, descritas a continuación.

Valor promedio por horas de Irradiación solar durante cada mes (Wh/m^2):

Este valor se obtuvo mediante el cálculo del promedio de los datos obtenidos de irradiación solar por hora durante todo el mes analizado. (Ver Anexo A 1-5).

En base a estos datos se analizaron las horas con mayor eficiencia para el uso del panel solar, considerando las horas en las cuales existe radiación mayor a 200 W/m^2 de acuerdo a lo establecido como límite mínimo en la curva I-V (**Figura 26**).

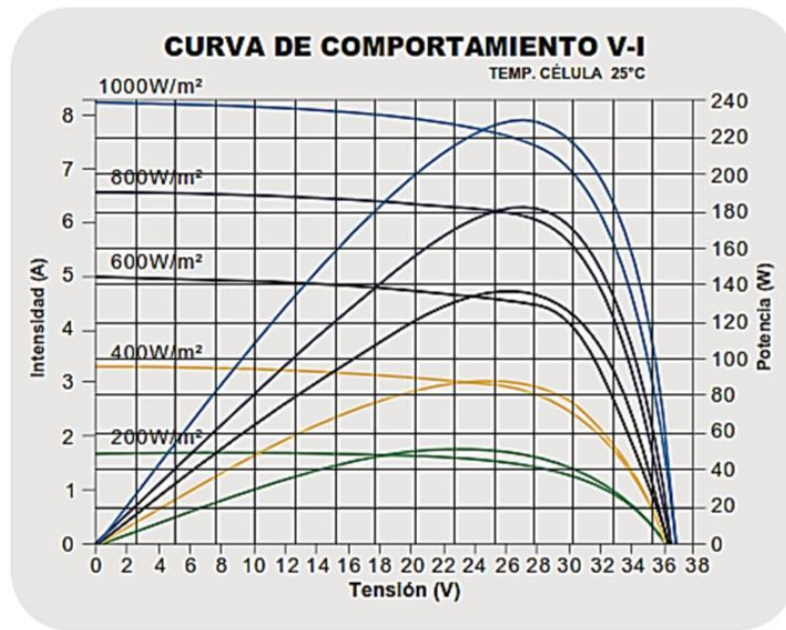


Figura 26 Curva de comportamiento I-V del sensor

Fuente: Technical DataSheet

Irradiación solar diaria ($\text{Wh/m}^2/\text{día}$):

Este valor se calculó tomando los datos de radiación solar medidos por el sensor (Sunny SensorBox) cada 15 minutos al día, los mismos que fueron sumados y divididos para cuatro, (Ver Anexo A 6-10) estableciendo de esta manera valores de la irradiación solar en un día.

Valor Promedio mensual de irradiación ($\text{Wh/m}^2/\text{día}$):

Este dato se obtuvo mediante el promedio obtenido de la energía solar promedio diaria de cada uno de los meses analizados, con la finalidad de determinar qué mes fue el que presentó mayor o menor radiación solar según el estudio realizado.

3.1.1 Procesamiento y Análisis de datos obtenidos

Valor promedio por horas de Irradiación solar durante cada mes

En **Tabla 6** se registran los valores promedios obtenidos de irradiación, generados de acuerdo al comportamiento del clima durante todo el mes de análisis dentro de las horas establecidas de estudio; por tanto se pudo observar que los meses de abril y mayo registran los valores de irradiación más alta en comparación al resto de meses analizados dentro de las primeras horas del día.

En las horas cercanas al medio día, es decir entre las 11:00 am y 13:00 pm se registran los valores de irradiación más altas obtenidas durante todo el día para los cinco meses analizados, mientras tanto la mínima irradiación encontrada fue a las 18:00. Se puede establecer también que los valores reportados de irradiación solar desde las primeras horas de luz hasta las altas horas de la tarde se encuentran sobre los 200 W/m² establecido como valor estándar para la mayor eficiencia del panel solar empleado.

Tabla 6 Promedio por hora de irradiación solar (Wh/m²)

MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
8:00	118,25	102,52	97,26	189,37	164,06
9:00	317,52	299,18	307,20	413,17	354,46
10:00	521,13	540,78	506,59	584,07	519,49
11:00	649,15	670,37	600,52	706,76	551,29
12:00	719,77	702,38	631,76	725,33	603,00
13:00	677,66	662,53	582,43	664,10	632,49
14:00	601,93	549,13	448,57	538,15	587,70
15:00	456,87	471,56	336,48	359,97	462,23
16:00	292,41	294,96	222,42	249,96	329,07
17:00	159,67	167,37	138,34	112,95	152,54
18:00	54,16	40,39	37,17	25,81	25,20

Fuente: Ángel Zambrano

Mediante el **Gráfico 1** se pudo observar con mayor claridad lo indicado en la tabla anterior, en donde se estableció que los datos tabulados de irradiación solar son directamente proporcionales al tiempo de análisis, hasta llegar a un punto en donde la irradiación solar alcanza su máximo esplendor dependiendo de las condiciones climáticas presentes en ese momento para luego de ello empezar a decrecer hasta llegar a valores de irradiación menores a los 100 Wh/m². El pico más alto de irradiación solar se registró a las 12:00 para la mayoría de los meses estudiados a excepción del mes de mayo en donde a la 13:00 pm presentó un valor de 632,49 Wh/m² considerado como el más elevado registrado para ese mes, es importante también mencionar que la irradiación reportada en este mes después de la una de la tarde es la más alta registrada en relación a las obtenidas en los meses de enero hasta abril.

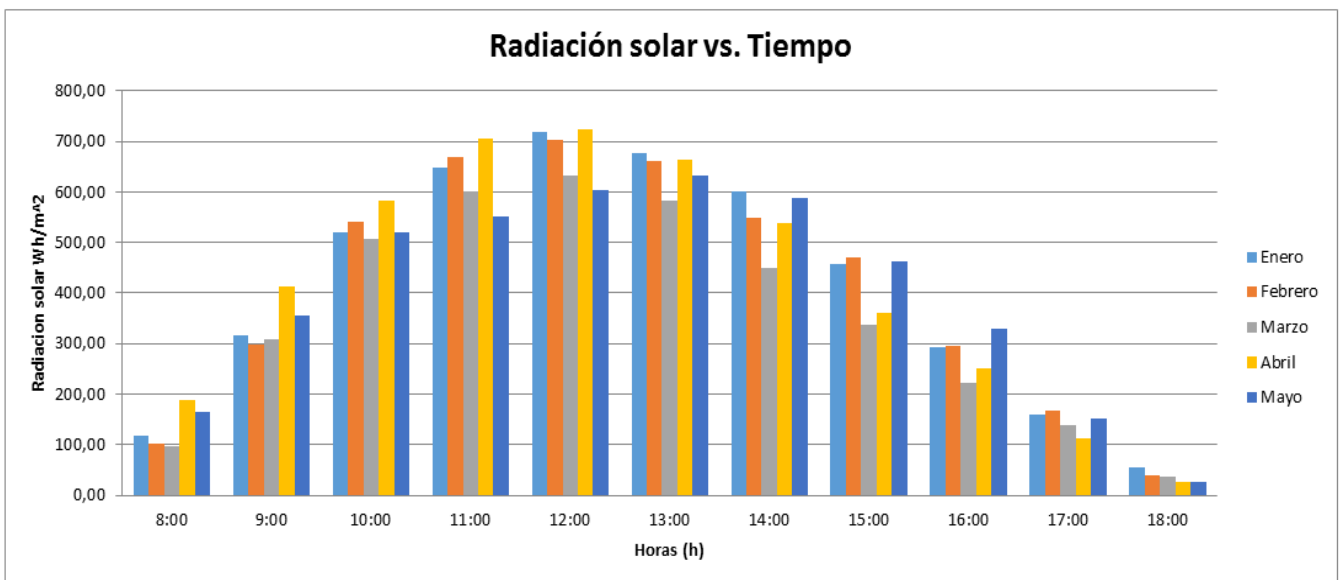


Gráfico 1 Promedio de irradiación solar mensual

Fuente: Ángel Zambrano

Por esta razón, se puede considerar que las horas en donde el panel solar presenta mayor efectividad para la producción de energía se encuentran dentro del rango de las 11:00 am a 13:00 pm ya que en este se presentan las mejores condiciones para la irradiación debido a la ubicación perpendicular del sol, en donde la radiación emitida por este astro llegan de manera directa, se puede apreciar que las condiciones climáticas son un factor importante para la obtención de resultados,

ya que los días van desde totalmente despejados o soleados a días con nubosidades y lluvias que absorben las radiaciones solares, disminuyendo la irradiación sobre la superficie.

Irradiación solar diaria

Considerando el análisis de la Irradiación obtenida durante los cinco primeros meses del año, se obtuvo como resultado el promedio de los datos por día establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 7 Irradiación solar diaria (Wh/m²/día)

DIA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	3384,00	3484,30	4168,25	2864,08	4221,58
2	4051,33	4096,08	4523,74	4446,17	4701,21
3	4053,28	4643,19	4582,37	4285,96	6268,30
4	4717,23	6439,13	4343,19	5720,95	5084,54
5	3056,66	5844,91	3526,55	5754,38	3744,37
6	2726,57	4775,62	3870,04	5268,78	3431,79
7	5126,50	5944,91	4438,17	4299,63	3529,83
8	4280,30	5094,20	3466,04	3259,21	1927,38
9	4121,78	4389,62	3732,46	3415,75	4240,42
10	4070,36	6484,37	3281,33	4281,13	2626,99
11	4094,41	5575,60	2596,08	4910,58	3950,12
12	4316,42	4698,74	3892,02	4101,92	4531,14
13	5064,11	5009,31	3400,34	4406,87	3698,46
14	4756,93	3490,82	3798,17	4742,38	2792,67
15	3059,30	2914,33	2404,71	5052,53	3321,82
16	7022,77	3140,83	3901,34	5454,46	4237,59
17	6053,52	3551,46	4709,34	4417,13	5103,65
18	6032,13	5275,58	4226,91	3989,50	4233,70
19	5122,89	6276,00	3686,87	2567,41	6049,64
20	1773,22	4046,50	4581,50	3805,88	3503,46
21	2176,96	5934,54	6072,40	4675,62	5535,32
22	7175,97	2155,29	3213,80	5569,55	5125,83
23	6401,49	4387,59	4099,96	5996,91	5654,42
24	7065,65	4519,91	3828,05	4142,50	4017,79
25	4914,98	3025,17	5719,91	4863,05	5026,08
26	3162,79	2792,33	3691,33	5102,29	3936,41
27	4973,62	4780,38	3832,84	6364,13	5648,25
28	5112,63	3301,46	5592,55	4602,58	6535,71
29	4729,30		2856,04	4612,33	4575,34
30	4780,36		3430,01	4458,04	5061,58
31	4186,75		1811,50		3811,67

Fuente: Ángel Zambrano

Mediante estos resultados se pudo distinguir que el mes que presento mayor cantidad de variaciones de radiación solar fue el mes de enero ya que la tendencia de este no fue constante al presentar cambios bruscos de aumento o disminución de irradiación día a día, resultado que pudo generarse debido a la presencia de nubes o precipitaciones lluviosas. Mientras que marzo fue el mes en donde existieron menor cantidad de fluctuaciones y la variación registrada por día fue mínima; obteniendo valores de radiación solar dentro de un rango de 3000 a 6000 Wh/m².dia.

Al considerar los meses con mayores cambios a nivel climático se pudo observar que la radiación solar obtenida aun en los días nublados o lluviosos se obtienen niveles de radiación solar factibles para el uso del panel solar.

Mediante el **Gráfico 2** se puede observar que en el primer mes del año se registran fluctuaciones de radiación solar significativas a partir del día 15 con picos altos registrados para los días 16, 22 y 24 reportado valores superiores a los 7000 Wh/m²/día. Mientras que para los días 20 y 21 existió una disminución considerable de radiación solar, sin embargo se puede establecer que estas mediciones con niveles bajas no son influyentes en el resultado obtenido durante el mes.

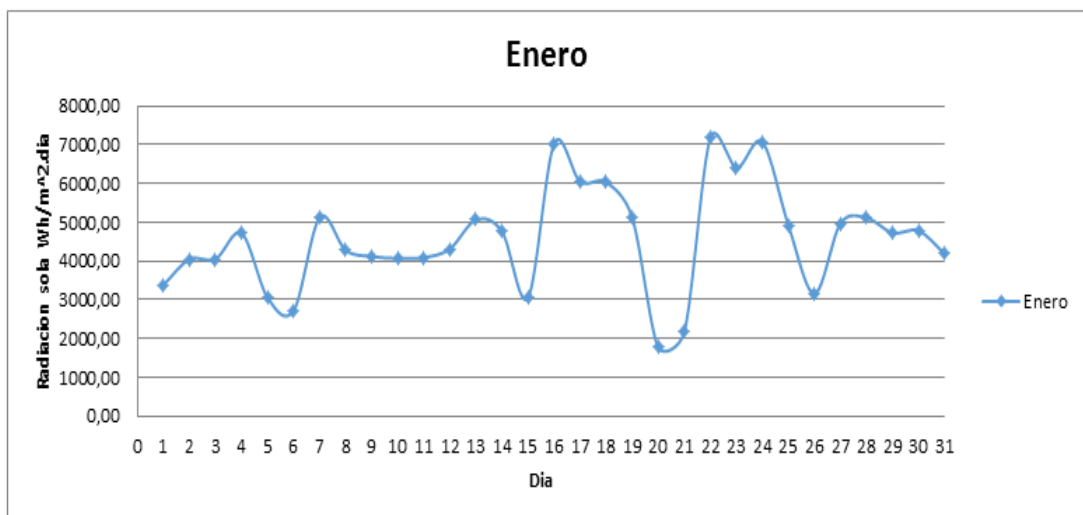


Gráfico 2 Promedio diario de irradiación solar del mes Enero

Fuente: Ángel Zambrano

Durante el mes de Febrero se observó que el valor más bajo de radiación solar registrado fue en el día 22, así como también se pudo distinguir que existe una mayor cantidad de días soleados que registraron valores de radiación solar muy favorables para la generación de energía a partir de radiación solar, a pesar de no alcanzar valores de 7000 W/m^2 como los registrados el mes anterior. (Ver Gráfico 3).

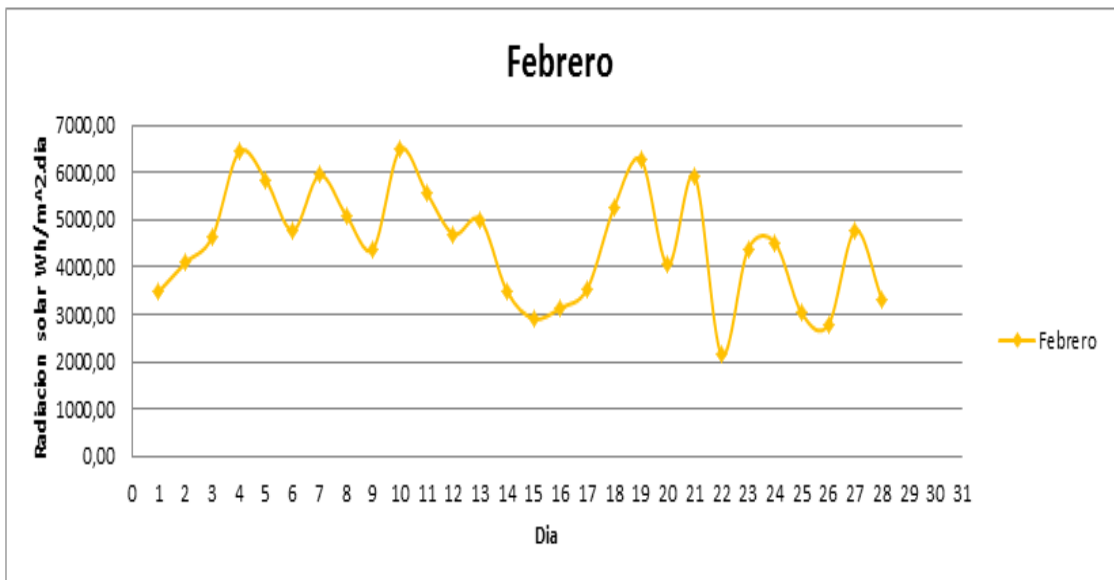


Gráfico 3 Promedio diario de irradiación solar del mes Febrero

Fuente: Ángel Zambrano

De acuerdo al **Gráfico 4** presentado a continuación se puede diferenciar que la mayoría de días en los que se midió la radiación solar tuvieron un comportamiento similar con días no muy despejados, registrando como valor más alto el medido el día 21, así como también se pudo observar que la tendencia de las mediciones durante el periodo de 31 días establecidos fue muy similar día a día con pocas variaciones.

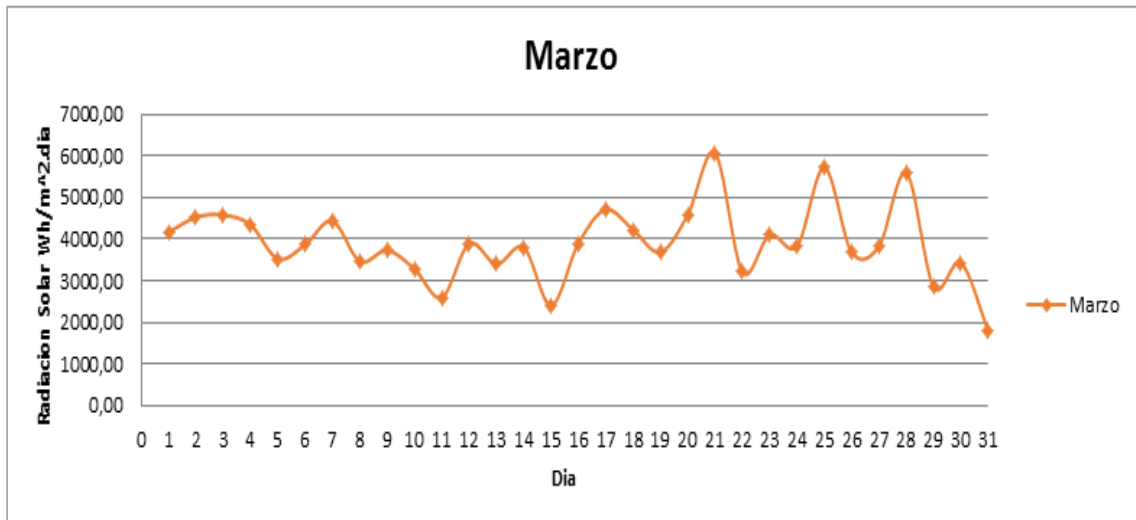


Gráfico 4 Promedio diario de irradiación solar del mes Marzo

Fuente: Ángel Zambrano

Mediante el resultado obtenido en la **Gráfico 5** de los valores promedio de irradiación solar al día medidos durante el mes de abril se puede distinguir que existieron cuatro puntos con irradiaciones bajas registrados en los días 1, 8, 9, y 19 resultantes de los cambios climáticos presentados, tales como nubosidades o lluvias, así como también la tendencia existente en este mes fue variante, pero con un promedio final favorable para la generación de energía a partir de radiación solar.

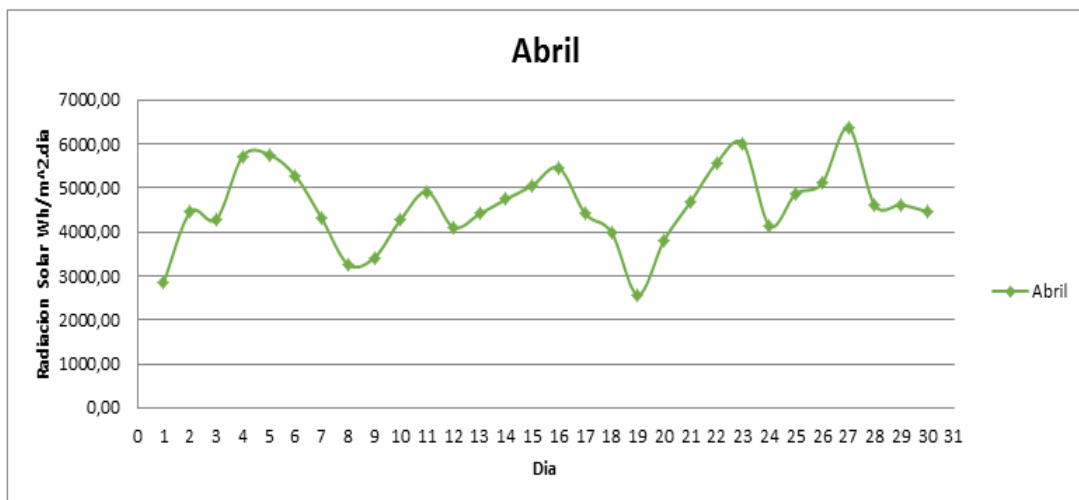


Gráfico 5 Promedio diario de irradiación solar del mes Abril

Fuente: Ángel Zambrano

Finalmente en el mes de mayo se evidencio que la irradiación solar medida durante el mes es muy variante con picos altos y bajos dependientes del clima, el punto más bajo se registró según el **Gráfico 6** el día 8 dando un valor cercano a los 2000 Wh/m², sin embargo la radiación promedia mensual obtenida es muy favorable para generar energía a partir de fuentes solares.

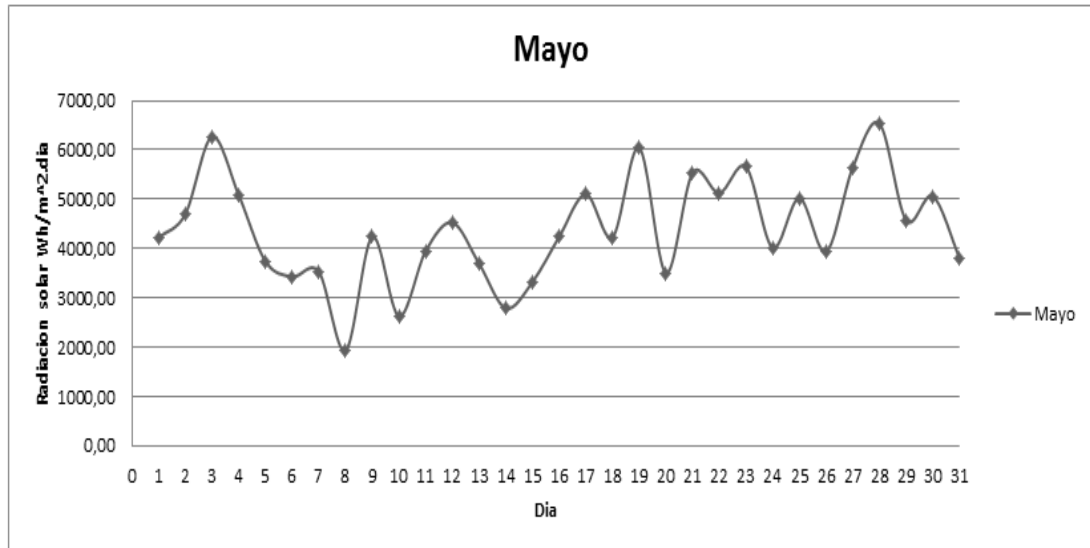


Gráfico 6 Promedio diario de irradiación solar del mes Mayo

Fuente: Ángel Zambrano

Valor Promedio mensual de irradiación

Finalmente se obtuvieron los valores promedios de irradiación solar obtenidos durante el mes en donde de acuerdo al **Gráfico 7** reportado a continuación se pudo distinguir que el mes que presento un valor promedio de irradiación mayor fue el mes de abril, registrando un valor de 4581,06 Wh/m²/día, mientras que el mes de marzo fue considerado como aquel en donde la irradiación solar fue mínima ya que el valor reportado para este fue de 3912,12 Wh/m²/día, cabe recalcar que si bien es cierto este es uno de los valores más bajos reportados durante los meses de análisis, comparándolo con los valores de irradiación de países como Alemania que es uno de los principales exponentes de la energía

solar con un promedio de 2700 Wh/m²/día el promedio de marzo excede en un 45% al valor promedio normal en Alemania, por lo que es factible la implementación de un sistema foto voltaico en Ecuador, que goza de un lugar privilegiado por encontrarse en el centro de la tierra en la línea ecuatorial.

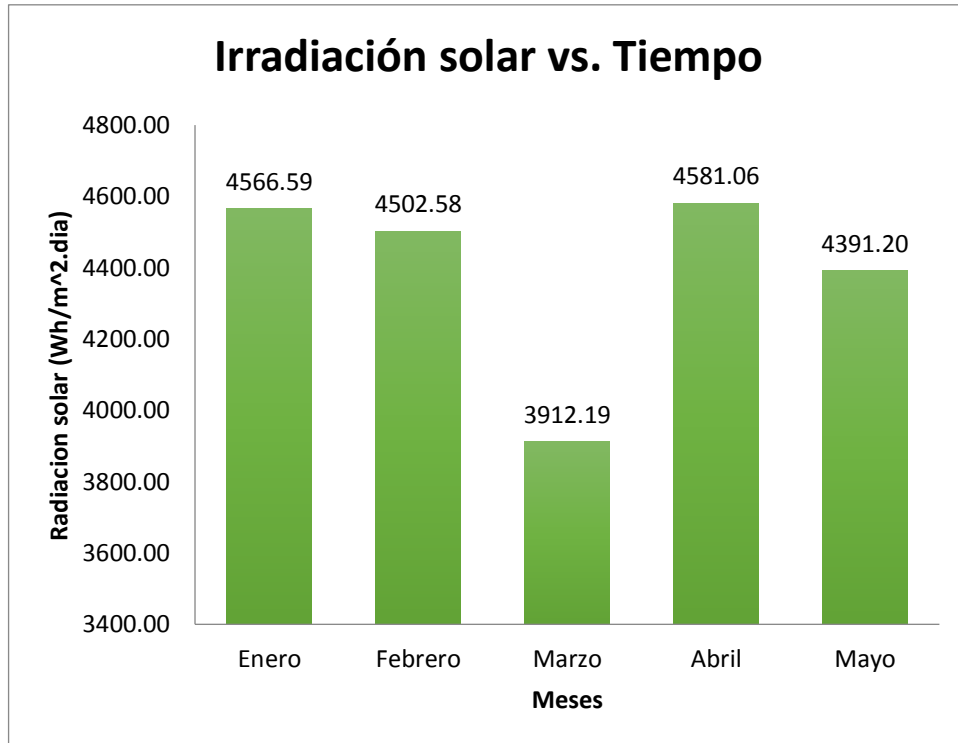


Gráfico 7 Promedio de irradiación solar mensual

Fuente: Ángel Zambrano

3.1.2 Procesamiento y Análisis de datos solares de otras fuentes disponibles

3.1.2.1 Datos de radiación solar de la Secretaría del Ambiente

La estación más cercana a la empresa Wartsila Ecuador ubicada en el sector de Tababela es la estación de Tumbaco a una distancia aproximada de 8 Km, ver **Figura 27**.

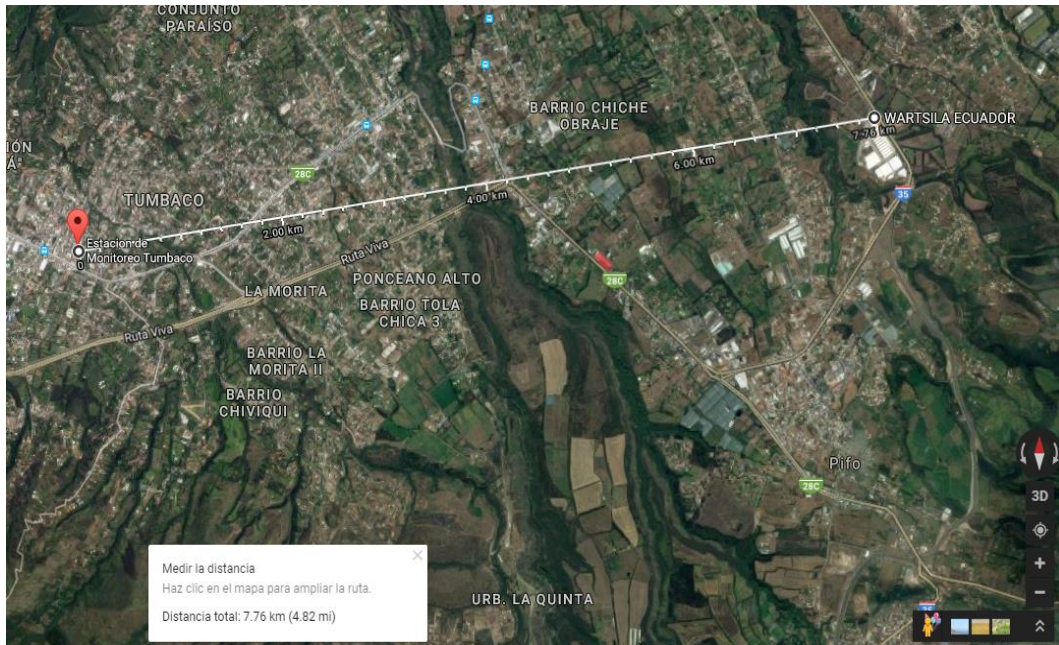


Figura 27 Distancia entre estación de Monitoreo y Wartsila Ecuador

Fuente: Google Maps.

Los datos de radiación solar se descargaron de la página Web desde Enero del 2012 hasta Mayo del 2017, la principal dificultad y esfuerzo se presentó en la organización de los datos, es decir en la construcción de la base de datos reportados como una tabla resumen en el anexo B1.

En primera instancia se hace el análisis de los meses de Enero a Mayo del 2017 (Ver Anexo B 1-5) con el fin de contrastar con los valores obtenidos del sensor instalado en la empresa Wartsila Ecuador.

Tabla 8 Comparación Insolación global promedio

AÑO	MES	Insolación global promedio día Wh/m2/día (Estación Tumbaco)	Insolación global promedio día Wh/m2/día (Wartsila Ecuador)	Error (%)
2017	Enero	4696,02	4566,59	2,76%
2017	Febrero	4531,14	4502,58	0,63%
2017	Marzo	4043,73	3912,19	3,25%
2017	Abril	4698,44	4581,06	2,50%
2017	Mayo	4418,92	4391,2	0,63%

Fuente: Ángel Zambrano

Como se puede apreciar en la **Tabla 8** el error entre las mediciones obtenidas con el sensor instalado en la empresa Wartsila Ecuador y la estación de monitoreo de la Secretaria del Ambiente ubicada en Tumbaco varía de 0,63 % a 3,25 % aproximadamente, estos valores se los puede considerar como despreciables ya que son bajos y podrían deberse a la exactitud del equipo +/- 5%.

3.1.2.2 Datos de radiación solar de Atlas Solar del Ecuador

Con la ayuda del atlas solar del Ecuador y al documento Norma Ecuatoriana de Construcción edición 2011 (NEC, 2011) capítulo 14, se obtienen los datos de la **Tabla 9** para contrastarlos con los valores obtenidos del sensor instalado en la empresa Wartsila Ecuador.

Tabla 9 Comparación Insolación global promedio con Datos Atlas Solar del Ecuador.

MES	Insolación global promedio día Wh/m2/día (Atlas Solar del Ecuador)	Insolación global promedio día Wh/m2/día (Wartsila Ecuador)	Error (%)
Enero	4940,00	4566,59	7,56%
Febrero	4640,00	4502,58	2,96%
Marzo	4780,00	3912,19	18,16%
Abril	4530,00	4581,06	1,13%
Mayo	4830,00	4391,2	9,08%

Fuente: Ángel Zambrano

Como se puede apreciar en la **Tabla 9**, el error entre las mediciones obtenidas con el sensor instalado en la empresa Wartsila Ecuador y los valores del atlas solar del Ecuador varía de 1,13% a 18,16% aproximadamente, se podría considerar el error como alto, hay que considerar que la base de datos usada para el atlas solar data de 1985 a 1991 y los datos se los obtiene mediante satélite, además que los datos dependen mucho de la percepción al visualizar en la escala de colores, sin embargo nos da un valor aproximado de la radiación solar.

3.1.2.3 Datos de radiación solar de la Nasa

Con la ayuda de los datos obtenidos a través de la página WEB de la Nasa, se obtienen los datos de la **Tabla 10** para contrastarlos con los valores obtenidos del sensor instalado en la empresa Wartsila Ecuador.

Tabla 10 Comparación Insolación global promedio con Datos de la NASA.

MES	Insolación global promedio día Wh/m2/día (NASA Website)	Insolación global promedio día Wh/m2/día (Wartsila Ecuador)	Error (%)
Enero	4130,00	4566,59	-10,57%
Febrero	4340,00	4502,58	-3,75%
Marzo	4550,00	3912,19	14,02%
Abril	4333,00	4581,06	5,72%
Mayo	4120,00	4391,2	-6,58%

Fuente: Ángel Zambrano

Como se puede apreciar en la **Tabla 10**, el error entre las mediciones obtenidas con el sensor instalado en la empresa Wartsila Ecuador y los valores de la NASA varía de -3,75 % a 14,02 % aproximadamente, es importante recalcar que la NASA nos da valores porcentuales de variación máximos y mínimos del promedio mensual de radiación, si analizamos los datos obtenidos están dentro de estos límites.

3.1.2.4 Comparación entre datos medidos y datos solares de otras fuentes disponibles

De acuerdo a la norma ecuatoriana de construcción capítulo 14 se recomienda disponer de un sistema actualizado de la información de radiación solar en el sitio donde se instalará el sistema solar fotovoltaico de al menos con datos de 12 meses anteriores. (NEC, 2011)

En este caso los datos medidos fueron contemplados durante los meses Enero a Mayo, al disponer de diversas fuentes de radiación solar se usarán las mismas para obtener los datos faltantes de los meses de Junio a Diciembre.

A continuación se describe sobre la **Tabla 11** el porcentaje de error del promedio mensual de radiación solar expresado en Wh/m²/día de los meses medidos en la empresa Wartsila y las diferentes fuentes de consulta.

Tabla 11 Porcentaje de error entre valores medidos en Wartsila VS otras fuentes de datos solares.

MES	% error Valores medidos VS Valores (NASA Website)	% error Valores medidos VS Valores Estación Tumbaco	% error Valores medidos VS Valores Atlas Solar
Enero	-10,57%	2,76%	7,56%
Febrero	-3,75%	0,63%	2,96%
Marzo	14,02%	3,25%	18,16%
Abril	5,72%	2,50%	1,13%
Mayo	-6,58%	0,63%	9,08%

Fuente: Ángel Zambrano

Como se puede apreciar en la **Tabla 11**, los valores que presentan mayor desviación de los valores medidos son los datos provenientes del Atlas solar del Ecuador hasta un 18,16% y los de la Nasa hasta un 14,02 %.

Los datos más aproximados a los medidos son los de secretaría del ambiente en la estación de Tumbaco con valores hasta un 3,25 % que se pueden considerar despreciables o causados por la exactitud del equipo +/- 5%.

Además la distancia a la que se encuentra la estación de Tumbaco es solo de 8 Km aproximadamente. Con estos antecedentes se usó la base de datos de la estación de Tumbaco de la Secretaria del ambiente desde el año 2012 y disponibles en el Anexo B 1.

Tabla 12 Promedio mensual de Insolación global día (Wh/m²/día) desde el año 2012.

MES	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	2012- 2017
Enero	4403,18	5841,27	5569,03	5194,78	5550,25	4709,30	5211,30
Febrero	4685,71	4411,18	5410,05	6158,16	5364,32	4531,14	5093,42
Marzo	5379,82	5337,97	4599,41	5177,96	4702,49	4043,73	4873,56
Abril	4750,34	5330,58	5576,98	5614,48	5228,13	4698,44	5199,82
Mayo	4898,41	4706,58	5079,92	4823,06	5569,08	4418,92	4915,99
Junio	5609,40	5499,64	5272,44	5870,53	5035,31	ND	5457,46
Julio	5916,79	5804,54	6065,65	5320,24	5405,95	ND	5702,63
Agosto	6340,64	5860,64	6095,49	6537,55	6858,90	ND	6338,64
Septiembre	7049,65	5325,19	6031,55	6941,15	5244,33	ND	6118,37
Octubre	5219,67	5573,38	5553,66	5655,46	5268,30	ND	5454,09
Noviembre	5230,93	5368,32	5324,80	5185,65	5127,67	ND	5247,47
Diciembre	5296,32	5522,21	5186,50	5891,56	4645,21	ND	5308,36

Fuente: Secretaria del Ambiente

En la **Tabla 12**, se detalla el promedio mensual de insolación global día (Wh/m²/día) obtenida de la estación de Tumbaco perteneciente a la Secretaría del Ambiente desde el año 2012 hasta el 2017. En la última columna se determina el promedio anual de insolación global día por mes desde el año 2012 hasta 2017, estos datos nos servirán para los cálculos posteriores en el diseño de nuestro sistema fotovoltaico.

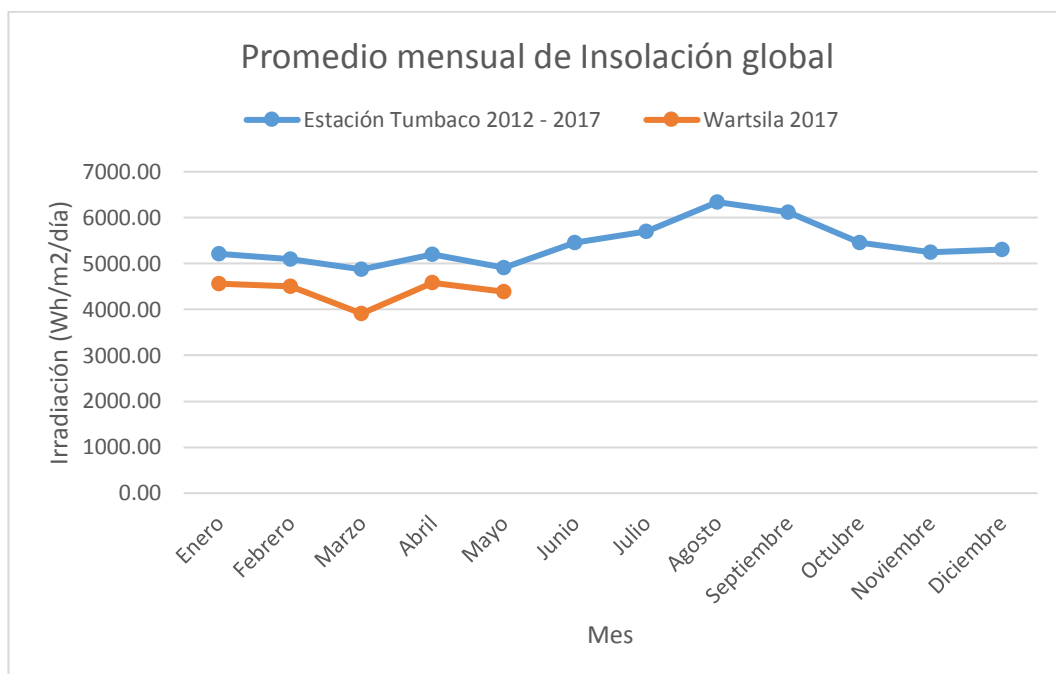


Gráfico 8 Promedio mensual de Insolación global día (Wh/m²/día)

Fuente: Ángel Zambrano

En el **Gráfico 8** Promedio mensual de Insolación global día (Wh/m²/día), se observa el comportamiento de la irradiación solar desde el año 2012 al 2017 en la serie de color azul. En la serie de color anaranjado se representa la irradiación solar medida en la empresa Wartsila de Enero a Mayo del 2017. Se aprecia claramente que la tendencia es la misma en las dos series, dejando al mes de Marzo como el mes con menor promedio de irradiación solar del año. Además se aprecia que los niveles de irradiación solar en el 2017 es menor que la del promedio del 2012 al 2017, esto se debe a que en el presente año el Ecuador se ha visto afectado por una etapa de lluvias intensas durante el transcurso de los primeros meses del año y que de acuerdo a expertos no se ha visto en los últimos años (Inamhi, 2017). Con estos antecedentes se ve la importancia de tener datos solares de varios años que permitan tener una mejor estimación del recurso solar y podrían dar mucha más exactitud al estudio económico, ya que los resultados, por ejemplo de ingresos por venta de energía y el tiempo de recuperación de inversión, serían más exactos. Estos indicadores son extremadamente importantes para el inversionista.

3.1.2.5. Cálculo de radiación sobre superficie inclinada y horas solares.

Para determinar la radiación sobre superficie inclinada ($\overline{H_T}$), la cual se determina según NEC, (2011):

$$\overline{H_T} = k * \overline{H}$$

Donde:

\overline{H} = Es la media mensual diaria de radiación sobre una superficie horizontal, este se obtendrá del promedio mensual de irradiación solar obtenido en la **Tabla 12**.

k = Es un factor de corrección para planos inclinados, según NEC (2011), Capítulo 14, tabla 14.B1.1 se estandariza los valores de k para los distintos valores de inclinación de paneles de acuerdo a la latitud y mes del año. En nuestro caso la ubicación de Wartsila detallada en la **Figura 24** tiene una latitud de -0,2 por lo que se selecciona este valor de k.

Tabla 13 Valor de k para latitud 0°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	0.98	0.97	0.96	0.97	0.98	1	1.01	1.02	1.02
10	1.03	1.01	0.99	0.96	0.93	0.92	0.93	0.95	0.99	1.02	1.04	1.04
15	1.04	1.01	0.97	0.92	0.88	0.87	0.88	0.92	0.97	1.02	1.05	1.05
20	1.04	1	0.95	0.88	0.83	0.81	0.83	0.88	0.95	1.01	1.05	1.06
25	1.03	0.99	0.92	0.84	0.77	0.75	0.77	0.83	0.92	0.99	1.04	1.06
30	1.02	0.97	0.88	0.79	0.71	0.68	0.7	0.78	0.88	0.97	1.03	1.05
35	1	0.94	0.84	0.74	0.64	0.61	0.64	0.72	0.84	0.94	1.02	1.03
40	0.98	0.9	0.8	0.68	0.57	0.53	0.56	0.66	0.79	0.91	0.99	1.01
45	0.95	0.87	0.75	0.61	0.5	0.45	0.49	0.59	0.73	0.87	0.96	0.98

Fuente: (NEC, 2011), Capítulo 14, tabla 14.B1.1.

Para nuestro caso se tomará los valores de compensación del factor k de la **Tabla 13** con una inclinación de 10° para los paneles solares, con estos valores se obtiene en la **Tabla 14** los valores de radiación solar con esta inclinación.

Tabla 14 Radiación solar promedio mensual sobre superficie inclinada 10°.

MES	Insolación global promedio día Wh/m2/día 2012 - 2017	Valor k Lat. = 0° Incl. = 10°	Radiación sobre superficie inclinada Wh/m2/día
Enero	5211,30	1,03	5367,64
Febrero	5093,42	1,01	5144,36
Marzo	4873,56	0,99	4824,83
Abril	5199,82	0,96	4991,83
Mayo	4915,99	0,93	4571,88
Junio	5457,46	0,92	5020,87
Julio	5702,63	0,93	5303,45
Agosto	6338,64	0,95	6021,71
Septiembre	6118,37	0,99	6057,19
Octubre	5454,09	1,02	5563,18
Noviembre	5247,47	1,04	5457,37
Diciembre	5308,36	1,04	5520,69
<i>Promedio</i>	5410,10		5320,42

Fuente: Ángel Zambrano

En la **Tabla 14** se aprecia la radiación solar sobre los paneles solares inclinados 10 ° con respecto al plano horizontal, con esto se garantiza la no acumulación de suciedades que afecten al rendimiento de los mismos. Al inclinar los paneles se observa que el promedio de radiación solar disminuye aproximadamente un 1.66 %, quedando un valor promedio anual de irradiación solar de 5320 W/m²/día.

Para determinar el número de horas solares de irradiación solar a 1000 W/m² se usa la siguiente ecuación:

$$HS = \frac{\overline{H_T}}{1000} \left[\frac{Wh/m^2/día}{W/m^2} \right]$$

Donde:

HS = número de horas diarias de irradiación solar a 1000 W/m²

$\overline{H_T}$ = Radiación sobre una superficie inclinada (Wh/m²/día), de acuerdo a lo obtenido en la **Tabla 14**.

Tabla 15 Promedio mensual de horas solares

MES	Horas Solares (h)
Enero	5,37
Febrero	5,14
Marzo	4,82
Abril	4,99
Mayo	4,57
Junio	5,02
Julio	5,30
Agosto	6,02
Septiembre	6,06
Octubre	5,56
Noviembre	5,46
Diciembre	5,52
<i>Promedio</i>	5,32

Fuente: Ángel Zambrano

En la **Tabla 15** se obtiene el promedio mensual de horas solares pico (HS), estos valores nos ayudarán con la estimación de energía generada a través del sistema fotovoltaico. Se puede apreciar que se obtiene un valor promedio anual de horas solares de 5.32.

3.2 Análisis de Carga

Wartsila es una empresa líder mundial en el mercado marino y de energía, brindando soluciones durante todo el ciclo de vida de las instalaciones. A través del énfasis en la innovación tecnológica y la eficiencia total. Wartsila enfoca principalmente en sus oficinas y talleres los servicios de ventas, mantenimiento correctivo y preventivo de partes de motores Wartsila, capacitaciones, servicio de mantenimiento en alternadores y turbos. Para ello está distribuida en el edificio de oficinas y un galpón destinado al taller, laboratorios y bodega. (Wartsila, 2017)

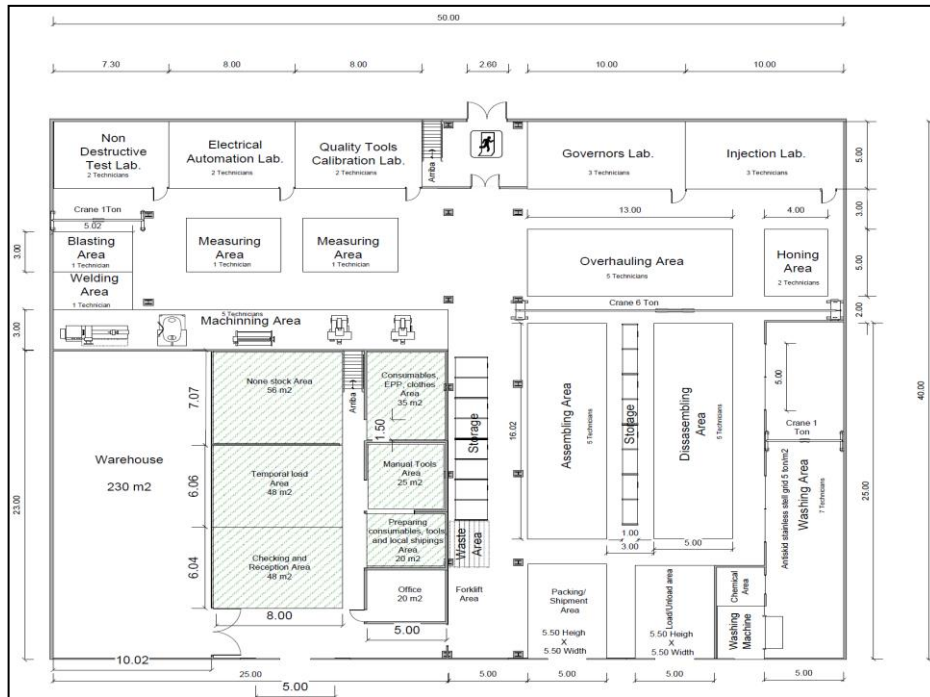


Figura 28 Distribución de espacios Wartsila Ecuador.

Fuente: Wartsila Ecuador

La empresa dispone de dos fuentes de suministro eléctrico trifásicas desde la red nacional, una de 220 V y la otra de 440 V, distribuidas como se detalla a continuación en la **Figura 29** y **Figura 30**:

TABLERO PRINCIPAL
DE BARRAS 220V
OFICINAS Y
LABORATORIOS

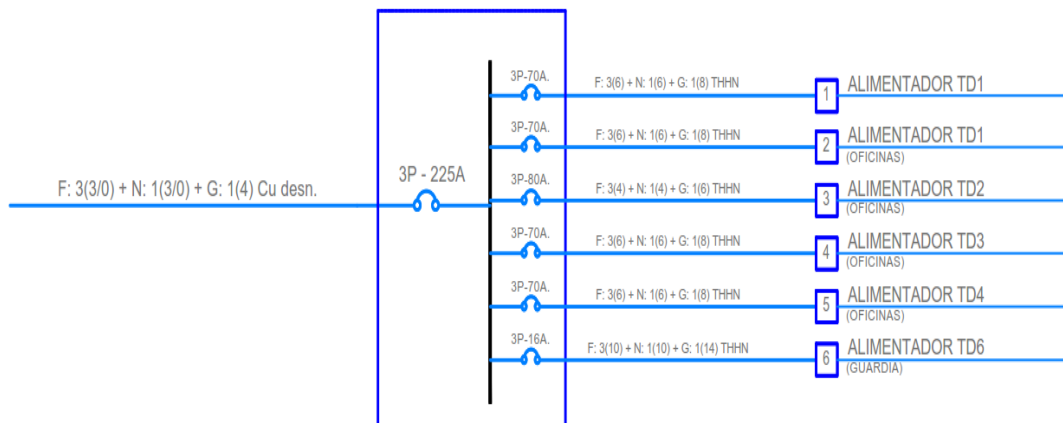


Figura 29 Diagrama Unifilar Barra 220 V.

Fuente: Wartsila Ecuador

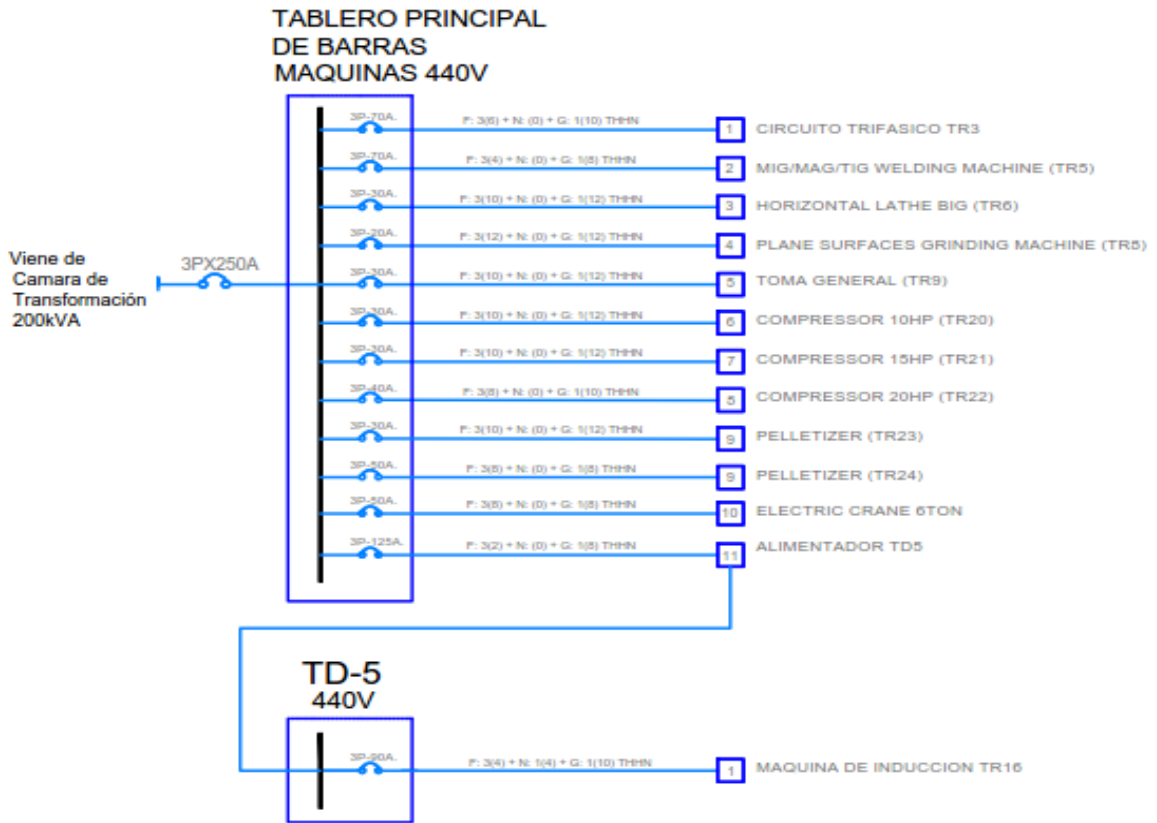


Figura 30 Diagrama Unifilar Barra 440 V.

Fuente: Wartsila Ecuador

Cada suministro tiene un contador de energía independiente, en la siguiente tabla se detallan los datos de los mismos:

Tabla 16 Datos de medidores de energía instalados en Wartsila

Medidores de Energía instalados en Wartsila		
Voltaje	220 V	440 V
N. Suministro	1917137-K	1922265-9
Código Único Eléctrico Nacional	1401917137	1401922265

Fuente: Ángel Zambrano

Con los datos de los mismos se recopila la información de consumo de energía en horarios de 7:00 a 22:00 horas y de 22:00 a 7:00 horas del año 2016.

Tabla 17 Consumo de Energía Barra de 220 V durante el año 2016 en Wartsila.

Consumo de Energía Wartsila 2016				N. Suministro: 1917137-K 1401917137		
AÑO	MES	Horario 7:00 - 22:00 P. Activa (kWh)	Horario 22:00 - 7:00 P. Activa (kWh)	P. Reactiva kVarh	Factor de potencia	Pago consumo mensual \$
2016	Enero	7593,00	4170,00	947,00	1,00	1304,20
	Febrero	6249,00	3284,00	817,00	1,00	985,04
	Marzo	6551,00	3543,00	830,00	1,00	1154,24
	Abril	7589,00	4489,00	1039,00	1,00	1338,82
	Mayo	6888,00	3871,00	1028,00	1,00	1244,00
	Junio	6415,00	3498,00	964,00	1,00	1120,33
	Julio	6561,00	3624,00	1018,00	1,00	1138,24
	Agosto	5855,00	3307,00	883,00	1,00	1041,79
	Septiembre	7654,00	4109,00	1044,00	1,00	1326,40
	Octubre	6879,00	3563,00	1017,00	1,00	1197,17
	Noviembre	6670,00	3559,00	982,00	1,00	1173,68
	Diciembre	7267,00	3967,00	1076,00	1,00	1281,56
<i>Promedio</i>		6847,58	3748,67	970,42	1,00	1192,12

Fuente: Empresa Eléctrica Quito

En la **Tabla 17** se detallan los valores de consumo de energía por mes del año 2016 en la barra de 220 Voltios, de la misma se puede apreciar que el consumo de energía mensual de 7:00 a 22:00 es de 6847,58 kWh, el consumo de energía promedio de 22:00 a 7:00 horas es de 3748,67 kWh, este valor corresponde a los equipos que funcionan de manera indefinida como aires acondicionados, calefactores, UPS, servidores, iluminación. El consumo de reactivos es bajo en comparación al de energía activa por lo que el factor de potencia es aproximadamente 1. El promedio de pago mensual por consumo eléctrico es de 1192,12 dólares.

Tabla 18 Consumo de Energía Barra de 440 V durante el año 2016 en Wartsila.

Consumo de Energía Wartsila 2016				N. Suministro: 1922265-9 1401922265		
AÑO	MES	Horario 7:00 - 22:00 P. Activa (kWh)	Horario 22:00 - 7:00 P. Activa (kWh)	P. Reactiva kVarh	Factor de potencia	Pago consumo mensual \$
2016	Enero	1963,00	353,00	642,00	0,96	422.79
	Febrero	1413,00	180,00	892,00	0,87	316,88
	Marzo	1778,00	391,00	727,00	0,95	451.48
	Abril	2296,00	525,00	1272,00	0,91	459.60
	Mayo	918,00	249,00	707,00	0,86	390.14
	Junio	762,00	265,00	475,00	0,91	245.68
	Julio	774,00	120,00	531,00	0,86	223.40
	Agosto	1211,00	167,00	852,00	0,85	350.88
	Septiembre	2909,00	891,00	1102,00	0,96	551.48
	Octubre	3559,00	714,00	1584,00	0,94	702.81
	Noviembre	2643,00	441,00	1728,00	0,87	584.37
	Diciembre	5891,00	2183,00	3219,00	0,93	999.78
<i>Promedio</i>		2176,42	539,92	1144,25	0,91	489,31

Fuente: Empresa Eléctrica Quito

En la **Tabla 18** se detallan los valores de consumo de energía por mes del año 2016 en la barra de 440 Voltios, de la misma se puede apreciar que el consumo de energía mensual de 7:00 a 22:00 es de 2176,42 kWh, el consumo de energía promedio de 22:00 a 7:00 horas es de 539,92 kWh, este valor corresponde a los compresores de aire que funcionan en modo automático. El consumo de reactivos es considerable por lo que el factor de potencia promedio es aproximadamente 0,91. Al momento la empresa paga por el bajo factor de potencia en este suministro. El promedio de pago mensual por consumo eléctrico es de 489,31 dólares.

Tabla 19 Consumo de Energía Barra de 220 V durante el año 2017 en Wartsila.

Consumo de Energía Wartsila 2017					N. Suministro: 1917137-K 1401917137		
AÑO	MES	Horario 7:00 - 18:00 P. Activa (kWh)	Horario 18:00 - 22:00 P. Activa (kWh)	Horario 22:00 - 7:00 P. Activa (kWh)	P. Reactiva kVarh	Factor de potencia	Pago consumo mensual \$
2017	Enero	4212,00	1885,00	3398,00	1048,00	0,99	1105.60
	Febrero	4455,00	1882,00	3310,00	1123,00	0,99	1104.76
	Marzo	4289,00	1635,00	3174,00	1020,00	0,99	1047.39
	Abril	5276,00	2164,00	3910,00	1230,00	0,99	1278.22
<i>Promedio</i>		4558.00	1891,50	3448,00	1105,25	0,99	1133,99

Fuente: Hioki 3196

En la **Tabla 19** se detallan los valores de consumo de energía por mes del año 2017 hasta Abril en la barra de 220 Voltios, la misma está dividida en tres horarios de 7:00 a 18:00 horas que son las horas normales de trabajo donde el consumo de energía mensual es de 4558,00 kWh, el segundo horario es de 18:00 a 22:00 horas que normalmente se realizan tareas de prioridad alta y con autorización del Jefe inmediato en el cuál el promedio de consumo de energía es de 1891,50 kWh. El último horario es de 22:00 a 7:00 en el cuál no es permitido trabajar y la demanda de energía corresponde a los equipos que funcionan de manera indefinida y de modo automático como aires acondicionados, calefactores, UPS, servidores, iluminación, etc y asciende a un promedio de 3448 kWh. El consumo de reactivos no es considerable por lo que el factor de potencia promedio es aproximadamente 0,99. El promedio de pago mensual por consumo eléctrico promedio es de 1133,99 dólares.

Tabla 20 Consumo de Energía Barra de 440 V durante el año 2017 en Wartsila.

Consumo de Energía Wartsila 2017					N. Suministro: 1922265-9 1401922265		
AÑO	MES	Horario 7:00 - 18:00 P. Activa (kWh)	Horario 18:00 - 22:00 P. Activa (kWh)	Horario 22:00 - 7:00 P. Activa (kWh)	P. Reactiva kVarh	Factor de potencia	Pago consumo mensual \$
2017	Enero	2672,00	499,00	839,00	2337,00	0,83	716.37
	Febrero	2628,00	655,00	672,00	2325,00	0,82	687.58
	Marzo	2174,00	243,00	307,00	1564,00	0,85	560.62
	Abril	2605,00	500,00	777,00	2555,00	0,80	680.49
<i>Promedio</i>		2519.75	474,25	648,75	2195,25	0,82	661,27

Fuente: Hioki 3196

En la **Tabla 20** se detallan los valores de consumo de energía por mes del año 2017 hasta Abril en la barra de 440 Voltios, la misma está dividida en tres horarios de 7:00 a 18:00 horas que son las horas normales de trabajo donde el consumo de energía mensual es de 2519,75 kWh, el segundo horario es de 18:00 a 22:00 horas en el que normalmente se realizan tareas de prioridad alta y con autorización del Jefe inmediato en el cuál el promedio de consumo de energía es de 474,25 kWh. El último horario es de 22:00 a 7:00 en el cuál no es permitido trabajar y la demanda de energía corresponde a los equipos que funcionan de manera indefinida y de modo automático, esta asciende a un promedio de 648,75 kWh. El consumo de reactivos es considerable por lo que el factor de potencia promedio es aproximadamente 0,82. Al momento la empresa paga por el bajo factor de potencia en este suministro. El promedio de pago mensual por consumo eléctrico promedio es de 661,27 dólares.

CAPITULO IV

4 PROPUESTA.

4.1 Título de la propuesta.

Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador.

4.2 Justificación.

En la actualidad, dentro de un mundo consiente de la necesidad de reformar la ideología de producción de energía hacia la protección general de la naturaleza, la conservación del ambiente y reducir la producción de gases contaminantes, la dependencia de las fuentes eléctricas convencionales debe reducirse en gran medida, tanto a nivel nacional, como de aportación doméstica al sistema.

Respecto a la generación eléctrica con energía solar entre el 2011 y 2012 el Consejo Nacional de Electrificación “CONELEC” aprobó 17 proyectos de generación eléctrica con paneles solares en Imbabura, Pichincha, Manabí, Santa Elena entre otros con un potencial de 272 MW, la energía solar a menor escala se ha aplicado en 91 comunidades de Esmeraldas, Guayas, Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos gracias al programa Euro-Solar “Energías renovables para el desarrollo”. (Araujo, Alberto, 2013, pág. 10).

Ecuador, por su ubicación es un país con un excelente recurso solar. La irradiación diaria (promedio anual) sobre una superficie horizontal es superior a 4.0 kWh/m²/día, en todo el territorio nacional y en algunos sitios es superior. Como es en el caso de Tababela con una irradiación diaria de 5 kWh/m²/día aproximadamente lo que lo hace un lugar privilegiado para aplicaciones solares. Por encontrarse en la mitad del mundo la irradiación es constante a lo largo de todo el año. Además se dispone de fuentes de información que el Estado

Ecuatoriano ha invertido en los últimos años como lo es El Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, estaciones de monitoreo de la Secretaría del Ambiente y datos disponibles al público en su página Web, así como de datos obtenidos en el documento presentado por Joffre Constante y Enrique Palacios “El recurso solar para generación eléctrica, análisis para el distrito metropolitano de Quito”. Estos datos permitirán realizar el diseño de un sistema eléctrico complementario a la red, que pueda generar la suficiente energía eléctrica para abastecer el consumo de energía en la empresa Wartsila Ecuador, y por su particularidad de estar en paralelo con la red se puede garantizar que no habrá cortes de energía durante la operación normal de la empresa si la demanda es mayor que lo producido por el sistema en mención. Además la ubicación geográfica de la empresa es muy favorable, puesto que no existe presencia de obstáculos para el aprovechamiento de este recurso.

Por lo expuesto anteriormente se considera que el trabajo investigativo en mención es viable para su elaboración.

4.3 Objetivos de la propuesta.

4.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de generación eléctrico fotovoltaico complementario a la red de electrificación a partir de la evaluación del potencial térmico solar en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela-Quito.

4.3.2. Objetivo específicos

- Investigar los requerimientos energéticos necesarios para el proceso a desarrollarse.
- Determinar los parámetros de diseño de un sistema de generación fotovoltaico complementario a la red para la empresa Wartsila, que pueda

mantener una simbiosis adecuada de las dos fuentes de suministro evitando interrupciones innecesarias en la operación normal de la corporación.

- Estructurar la factibilidad final técnica, ambiental y económica de implementación.

4.4 Estructura de la propuesta.

Se utilizarán los resultados de la irradiación solar promedio y el promedio de la carga obtenida en el desarrollo del capítulo III para dimensionar, proponer y seleccionar los componentes principales del sistema fotovoltaico más adecuado para la empresa Wartsila.

De acuerdo al análisis de carga instalada en la empresa Wartsila se detalla a continuación la alternativa para el sistema fotovoltaico conectado a la red.

- Sistema fotovoltaico de inyección trifásica a la red eléctrica de 220 V: El cuál esta en conformado por tres inversores monofásicos, destinando uno para cada fase.

4.5 Desarrollo de la propuesta.

El primer aspecto en considerar a la hora de realizar el diseño del sistema solar fotovoltaico conectado a la red eléctrica es la potencia pico, según el CONELEC (2011) en su regulación 004-11 estableció: “Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 15 años a partir de la fecha de suscripción del título habilitante, para todas las empresas que hubieren suscrito dicho contrato hasta el 31 de diciembre de 2012” (p. 6), por lo que al momento ya no se otorgan concesiones ni autorizaciones para el desarrollo

de este tipo de proyectos solares fotovoltaicos, pero se anuncia que se trabaja en el desarrollo de una regulación que norme el uso de techos. Esto implica que el valor excedente de energía producida por el sistema fotovoltaico inyectado a la red no se pueda facturar, además por la características de los medidores de energía instalados de tipo no bidireccionales, no tienen la capacidad de distinguir la dirección en que fluye la energía, por lo que se verá como consumo que se cargará al costo de la factura mensual.

Con estos antecedentes se realiza un análisis del comportamiento de la carga en la empresa Wartsila detallado en la **Tabla 19** y **Tabla 20**, tomando los horarios de 7:00 a 18:00 horas que de acuerdo al análisis obtenido en el **Gráfico 1** es el horario donde tiene incidencia la generación de energía a partir de la radiación solar.

Determinación de Potencia Pico en Barra de 220 V:

Consumo de energía máxima reportada mensual = 5276,00 kWh.

Consumo de energía promedio mensual = 4558,00 kWh.

Consumo de energía mínima reportada mensual = 1635,00 kWh.

Se toma el consumo de energía mínima, el valor de menor consumo en el horario de 18:00 a 22:00 horas que correspondería a las cargas fijas mínimas que siempre se encuentran energizadas como son; UPS, servidores, aires acondicionados, entre otros. Esta carga se puede considerar como base y que no variará en fines de semana y días festivos donde la empresa permanece cerrada, garantizándonos que la energía producida por el sistema fotovoltaico se consuma en la empresa y no se inyecte en la red. Para obtener el consumo de energía diario se divide por el número de días y se decrementa un margen de seguridad del 20% para evitar inyectar energía a la red eléctrica obteniéndose 43,95 kWh/día.

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción - NEC en su capítulo 14, ecuación 14-10 la potencia pico del sistema se determina:

$$\text{Potencia pico del Sistema} = \frac{\text{Demanda Energética}}{\text{HS} * \text{PR}}$$

- HS = Horas solares
- PR = Rendimiento global del sistema

Según NEC, (2011) el rendimiento por funcionamiento a temperaturas diferentes de las condiciones normales se calcula según las ecuaciones siguientes. Se asume que la radiación instantánea es de 1000 W/m²:

$$\text{PR} = \eta_{temp} * \eta_{suciedad} * \eta_{inversor}$$

$$\text{PR} = 0,91 * 0,98 * 0,95 = 0,85$$

Donde:

$$T_c = T_a + 1,25(\text{NOCT} - 20)$$

$$T_c = 15,8 + 1,25(45 - 20) = 47,05$$

$$\eta_{temp} = 1 - C_T(T_c - 25)$$

$$\eta_{temp} = 1 - 0,0039 (47,05 - 25)$$

$$\eta_{temp} = 0,91$$

T_c = Temperatura de la celda a una irradiación de 1000 W/m².

T_a = Temperatura ambiente = 15,8 °C de acuerdo a la temperatura media anual en Tababela. (climate-data.org, s.f.)

C_T = Coeficiente de variación de la potencia por funcionamiento a temperaturas diferentes de las estándares de prueba, obtenido de hojas de datos de panel solar SIMAX 125 de -0,39 %/°C.

NOCT = Temperatura de operación normal de la celda, obtenido de hoja de datos de 45 °C.

$\eta_{inversor}$ = Rendimiento inversor, marca SMA modelo Sunny Boy de 0,95.

$\eta_{suciedad}$ = Según NEC, (2011) “El rendimiento por efectos de suciedad no debe ser inferior a 2%”. (p.60), por lo que se obtiene un valor de 0,98.

Una vez obtenido los datos necesarios se calcula la potencia pico del sistema:

$$Potencia\ pico\ del\ Sistema = \frac{43,95\ kWh}{5,3\ h * 0,85} = 9,75\ kW.$$

Selección de Inversor

Para la selección del inversor, la alternativa para el nivel de voltaje de corriente alterna 220 Vac es conectar un inversor a cada fase de la acometida principal como se detalla en la **Figura 31**.

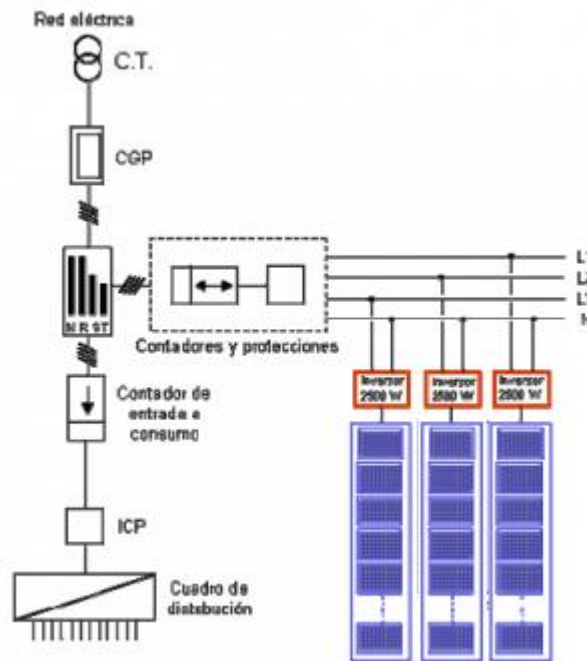


Figura 31 Diagrama de conexión

Fuente: Angel Zambrano

Para determinar la potencia de cada inversor necesitamos la potencia por fase, para lo cual dividimos la potencia pico del sistema entre 3.

$$P_{fase} = \frac{P_{pico}}{3} = \frac{9,75 \text{ kW}}{3} = 3,25 \text{ kW}.$$

Después de analizar varios tipos de inversores se selecciona el siguiente, por su facilidad de instalación y alto rendimiento, el cuál fue cotizado por la empresa PROVIENTOS.SA, distribuidora de materiales de energías renovables:

Marca: SMA

Modelo: SUNNY BOY SB serie 3000

Descripción: El nuevo Sunny Boy sin transformador es la solución perfecta para generadores fotovoltaicos exigentes e hasta para instalaciones ubicadas parcialmente a la sombra. Su rendimiento es más eficiente y su manejo más cómodo. Con la elevada tensión de CC, se produce un ahorro de costes al emplear menos strings paralelos. Con una pantalla LCD gráfica mucho más informativa y posibilidad de ajuste de potencia reactiva. (extraído de hoja de datos).



Figura 32 Inversor SMA Sunny Boy 3000

Fuente: Hoja de datos.

Entrada Corriente Continua:

Potencia máxima: 3200W

Tensión máxima: 600VDC

Rango de tensión para MPPT: 268 V – 480 V

Corriente máxima: 12A

Número máximo de strings: 3

Salida Corriente Alterna

Potencia aparente de CA máxima: 3000 VA

THD: 4%

Tensión nominal: 220 V, 230 V, 240 V / 180 V – 280 V

Corriente máx. de salida : 15 A.

Frecuencia: 50/60 Hz

Factor de potencia (cos phi): -0.8 a 0.8

Rendimiento: 95 %

Selección de Paneles Solares:

De la variedad de paneles en el mercado se escoge el panel con las siguientes características:

Marca: SIMAX

Modelo: Panel Mono cristalino 200 Wp / SM572 - 200

Potencia: 200W 0...+ 3%

Voltaje circuito abierto/Vmpp: 45.1 / 37.0V

Corriente cortocircuito/Impp: 5.88/ 5.41 A

Configuración: 6 x 12 (125 x 125mm)

NOCT: 47°C +/-2 Max.

Voltaje String: 1000VDC

Dimensiones: 1580 x 808 x 45 mm

Garantía técnica: 5 años

Garantía de potencia: 90% a 10 años, 80% a 25 años

Coefficiente de Temperatura (Pmax): -0.39% / °C

Coefficiente de Temperatura (Voc): -0.34% / °C

Coefficiente de Temperatura (Isc): 0.052% / °C



Figura 33 Panel Solar SIMAX SM572 - 200

Fuente: Hoja de datos.

Para definir el número total de paneles en la instalación, se debe tomar en cuenta las características del inversor el cual fija la potencia máxima de nuestra instalación. Los límites de potencia son los siguientes:

Número de Inversores: 3

Potencia Max. Entrada por inversor = 3200 [W]

Potencia Max. Salida por inversor = 3000 [W]

$$N_p = \frac{P_{inversor}}{P_{panelPico}} = \frac{3,2 \text{ kW}}{0,2 \text{ kW}} = 16 \text{ paneles máximo.}$$

Luego se procede a calcular el número máximo de módulos por ramal, y la cantidad de ramales en paralelo para finalmente conocer el total de paneles presentes en la instalación.

Número máximo de módulos por inversor en serie:

$$N_s = \frac{V_{maxInv}}{V_{c.a. Panel}} = \frac{600 \text{ V}}{45,1 \text{ V}} = 13,30 = 13 \text{ paneles máximo.}$$

Número máximo de ramales en paralelo

$$N_p = \frac{I_{maxInv}}{I_{cc Panel}} = \frac{12 A}{5,88 A} = 2,04 = 2 \text{ ramales en paralelo máximo.}$$

Con estos datos se realiza el arreglo de paneles en serie y paralelo de la siguiente forma:

Para obtener el número de paneles en serie por ramal dividimos el número máximo de paneles para el número de ramales:

$$N_{serie.ramal} = \frac{N_{panelesmax}}{N_p} = \frac{16}{2} = 8 \text{ paneles en serie } \cdot \text{ ramal}$$

Nos da un valor de 8 paneles en serie por ramal que es menor a los 13 paneles que se deben conectar máximo en serie para proteger el inversor, sin embargo para garantizar el correcto funcionamiento del inversor se debe garantizar un voltaje mínimo de 268 V, para ello verificamos que en las peores condiciones con los 8 paneles en serie cumpla esta condición:

$$V_{min} = V_{mpp} * N_s * \text{Pérdidas cableado} = 37 * 8 * 0,95 = 281,2 V.$$

El arreglo de paneles sería el adecuado, 2 ramales de 8 paneles en serie cada uno, nos da un total de 16 paneles con una Potencia pico de 3,2 kWp, esto es por cada fase y para cada inversor. En total se requerirían 48 paneles.

Dimensionamiento de cables en corriente directa (CC) y Alterna (CA)

De acuerdo a lo establecido por NEC, (20011):

Las secciones de los conductores externos deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean inferiores al 3% entre el arreglo fotovoltaico y el regulador de carga, inferiores al 1% entre la batería y el regulador de carga, e inferiores al 3% entre el regulador de carga y las cargas. Todos estos valores corresponden a la condición de máxima corriente. (Cap. 14, p.50)

El cable entre el arreglo fotovoltaico y el regulador de carga se debe seleccionar de tal forma que su ampacidad sea 1,25 veces la corriente de cortocircuito de todo el campo fotovoltaico. Igual para el cable entre el regulador y la batería. (Cap. 14, p.50)

$$\Delta V = \frac{2 * \rho * L * I_{m\acute{a}x}}{s}$$

Donde:

ρ = Resistividad del cobre en (0,0176 Ω mm²/m)

L= Longitud en (m) del arreglo fotovoltaico al inversor

$I_{m\acute{a}x}$ = Corriente máxima * 1,25 = 12*1,25 = 15 A.

s= sección en mm² = 2,5 mm² se obtiene de hojas de datos de acuerdo a la corriente.

ΔV = Caída de tensión (V).

$$\Delta V = \frac{2 * 0,0176\Omega \text{ mm}^2/\text{m} * 15\text{m} * 15 \text{ A}}{2,5 \text{ mm}^2} = 3,17 \text{ Vdc.}$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{mpp}} = \frac{3,17}{296} = 1,07 \%$$

Con el cable de 2,5 mm² de sección es suficiente para garantizar una caída de tensión menor al 3%.

Para el dimensionamiento de los cables entre la salida del inversor y la acometida se usa los datos de placa del inversor, donde $I_{m\acute{a}x} = 15$ (A)

$$I = I_{max} * 1,25 = 18,75$$

De acuerdo a las tablas de sección de conductor y corriente se selecciona un clave de 2,5 mm², con estos datos se obtiene el porcentaje de pérdidas de voltaje:

$$\Delta V = \frac{2 * 0,0176\Omega \text{ mm}^2/\text{m} * 15\text{m} * 18,75 \text{ A}}{2,5 \text{ mm}^2} = 3,96 \text{ Vac.}$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{mpp}} = \frac{3,96}{220} = 1,8 \%$$

Con el cable de 2,5 mm² de sección es suficiente para garantizar una caída de tensión menor al 3%.

Estructuras y Accesorios:

La estructura que soporta los módulos debe ser de material inalterable a la corrosión y a los agentes atmosféricos (acero galvanizado en caliente o el aluminio anodizado). La estructura debe ser capaz de soportar el peso de los módulos (del orden de 10 kg/m²) y las cargas de viento y nieve, según la normativa vigente. Facilitan la instalación de mantenimiento de los paneles a la vez que proporcionan no solo la orientación necesaria, sino también el ángulo de inclinación idóneo para un mejor aprovechamiento de la radiación.

Cálculo de la energía producida anualmente por el sistema

La energía producida por el sistema fotovoltaico en un período anual puede ser estimada, de forma aproximada, con la ecuación siguiente:

$$\text{Energía Generada} = \text{Potencia Pico} * HS * PR$$

Donde:

Potencia Pico: Potencia total pico del sistema fotovoltaico = 9,6 kWp.

HS: Horas Solares, detalladas en promedio mensual en **Tabla 15**.

PR: Rendimiento global del sistema = 0,85.

Con estos datos se calcula la producción mensual de energía del sistema fotovoltaico y el total generado al año.

Tabla 21 Producción mensual de energía a partir del sistema fotovoltaico

MES	Horas Solares (h)	PR	Potencia Pico del Sistema FV (kWp)	Número de días	Energía Generada mensual (kWh)
Enero	5,37	0,85	9,6	31	1357,80
Febrero	5,14	0,85	9,6	28	1175,38
Marzo	4,82	0,85	9,6	31	1220,49
Abril	4,99	0,85	9,6	30	1222,00
Mayo	4,57	0,85	9,6	31	1156,50
Junio	5,02	0,85	9,6	30	1229,11
Julio	5,30	0,85	9,6	31	1341,56
Agosto	6,02	0,85	9,6	31	1523,25
Septiembre	6,06	0,85	9,6	30	1482,80
Octubre	5,56	0,85	9,6	31	1407,26
Noviembre	5,46	0,85	9,6	30	1335,97
Diciembre	5,52	0,85	9,6	31	1396,51

Fuente: Angel Zambrano

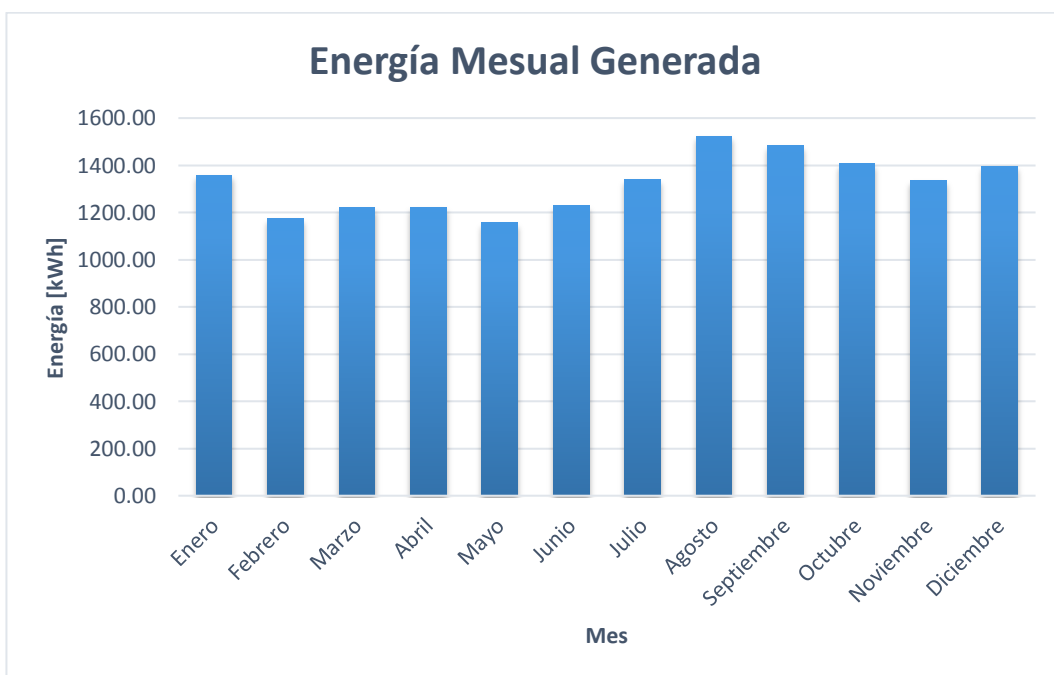


Gráfico 9 Energía mensual generada a partir del sistema Fotovoltaico.

Fuente: Angel Zambrano

En la **Tabla 21** se observa la producción mensual de energía a partir del sistema fotovoltaico, se tiene un promedio mensual de producción de energía de 1320,72 kWh, el valor más alto de producción de energía es 1523 kWh, que es menor a 1635 kWh, valor obtenido como carga mínima de la **Tabla 19** para los días no laborables de la empresa, con lo que se garantiza no inyectar energía a la red eléctrica. El total de producción anual es de 15848,63 kWh, este cálculo es importante, debido a que una vez calculada la energía producida se puede multiplicar por un valor monetario y con esto conocer el porcentaje de ahorro del sistema.

Como se puede observar en el **Gráfico 9**, la energía generada mensualmente es casi constante, cosa que no sucede en países como Alemania que es de los pioneros en energía solar debido a la presencia de las 4 estaciones, con estos antecedentes la explotación de la tecnología fotovoltaica en el sector de Tababela presenta condiciones favorables para contribuir en forma importante a los requerimientos energéticos del país.

Espacio físico requerido para la instalación

Para calcular el espacio necesario para los 48 paneles del sistema fotovoltaico se toma en cuenta las dimensiones de la hoja de datos:

Largo: 1580 mm. = 1,58 m.

Ancho: 808 mm. = 0,808 m.

Espesor: 35 mm.

Determinamos el área de cada panel:

$$A_{panel} = Largo * ancho = 1,58m * 0,808m = 1,28 m^2$$

$$A_{total} = A_{panel} * N_p = 1,28 m^2 * 48 = 61,44 m^2$$

Se requeriría de un área mínima de 61,44 m² para la instalación de los paneles solares, no sería un limitante ya que el techo de los galpones de taller tiene un área de 1150 m², este sería el lugar ideal para la instalación fotovoltaica ya que no se tiene ningún obstáculo sobre ellos.

Costos involucrados en la construcción del sistema fotovoltaico.

En la **Tabla 22** se muestra a continuación los costos involucrados de materiales, mano de obra, montaje y transporte que se necesita para la construcción del sistema fotovoltaico, la cotización fue realizada por la empresa PORVIENTOS S.A.:

Tabla 22 Costos de implementación del Sistema Fotovoltaico

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
1	3	pcs	SMA SUNNY BOY SB serie 3000	2684	8052
2	48	pcs	Panel Solar Monocristalino 200Wp	243	11664
3	48	pcs	Estructura de soporte paneles solares, Estructuras en hierro galvanizado para instalación en techo	100	4800
4	1	pcs	Gabinete eléctrico 100*60*30 Gabinete metálico para alojamiento de protecciones.	275	275
5	1	pcs	Material conexionado Material eléctrico menor de conexiona hasta la caja de breakers	300	300
6	1	pcs	Instalación Transporte, instalación, pruebas y puesta en marcha	2250	2250
				Subtotal	27341
				Descuento (-15%)	4101.15
				Subtotal	23239.85
				IVA (12%)	2788.782
				TOTAL	26028.632

Fuente: PROVIENTOS S.A.

En la **Tabla 22** se puede observar que los costos más relevantes del sistema son los paneles solares con un 42 % aproximadamente y los inversores un 30 % aproximadamente.

4.6. Valoración socio-económica y ambiental de la propuesta.

4.6.1 Valoración económica.

Para determinar el valor económico de producción de energía del sistema fotovoltaico es necesario determinar la tarifa de kWh consumido que la compañía paga a la empresa eléctrica, para ello tomamos los datos de la **Tabla 17**, las columnas de precio de pago mensual y consumo mensual, dándonos un valor de 0,11 USD/kWh.

Con los datos obtenidos en la **Tabla 21** de producción mensual obtenemos un total de producción anual de 15848,63 kWh, para obtener el valor anual de producción económico del sistema fotovoltaico aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{Producción Económica anual} = \text{Energía}P * \text{Costo}kWh$$

$$\text{Producción Económica anual} = 15848,63 \text{ kWh} * 0,11 \text{ USD/kWh}$$

$$\text{Producción Económica anual} = 1743,34 \text{ USD}$$

Para determinar el periodo de retorno de la inversión de la instalación solar fotovoltaica propuesta, se usa la fórmula siguiente:

Según Lojano Chacha & Rios Gonzalez, (2013):

$$T = \frac{I}{E - M}$$

Donde:

T: tiempo de recuperación de la inversión (años).

I: Inversión total del proyecto.

E: Beneficio anual económico de la energía producida.

M: Costes anuales de mantenimiento, (p. 153)

Para los costos de mantenimiento se considerará el 10% del valor de producción anual económico, es decir 174,34 USD, que se puede considerar un valor aceptable ya que el sistema fotovoltaico requiere muy poco mantenimiento.

$$T = \frac{26028,63}{1743,34 - 174,34}$$

$$T = 16,6 \text{ años}$$

De este modo, obtenemos que nuestra inversión la recuperaremos en aproximadamente 16 años de los 25 años de vida útil del proyecto sin incluir costes financieros y de amortización.

4.6.2. Valoración Ambiental.

Los principales contaminantes de la generación de electricidad en el país son el dióxido de carbono, el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno. Las emisiones de CO₂ representan más del 90% del total de gases de efecto invernadero proveniente de la generación de electricidad.

La implementación del sistema fotovoltaico ayudará a reducir la contaminación en el medio ambiente, con beneficios tanto local como universal, para el bienestar de los seres vivos del planeta, el cálculo de emisiones dejadas de emitir al ambiente, según MAE, (2013) se define un factor de emisión de 0,75 tCO₂/MWh.

Tabla 23 Factor de Emisión de CO₂ del sistema interconectado del Ecuador

Proyectos Hidroeléctricos, térmicos			Proyectos Eólicos, Solares		
EFgrid,OM = 0.7079 (t CO ₂ /MWh)					
EFgrid,BM = 0.3044 (t CO ₂ /MWh)					
WOM	0.5		WOM	0,75	
WBM	0.5		WBM	0,25	
EFgrid,CM,2013	0.5062	(t CO ₂ /MWh)	EFgrid,CM,2013	0.6071	(t CO ₂ /MWh)

Fuente: Ministerio del Ambiente

Para calcular los beneficios medioambientales que conlleva el sistema fotovoltaico conectado a la red de electrificación, se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Toneladas de CO}_2 = \text{Energía Generada} * \text{Factor de emisión de CO}_2$$

$$\text{Toneladas de CO}_2 = 15,848 \text{ MWh} * 0,75 \text{ t CO}_2/\text{MWh}$$

$$\text{Toneladas de CO}_2 = 11,88 \text{ t CO}_2.$$

Por lo tanto la instalación del sistema fotovoltaico conectado a la red, aportaría en la reducción de aproximadamente 11,88 toneladas de CO₂ por año a la atmosfera, así como también favorecerá a dejar la dependencia de combustibles fósiles y a mitigar el cambio climático.

CONCLUSIONES GENERALES

- Al evaluar el potencial solar en el sector de Tababela mediante la medición de irradiación solar y contrastación con diferentes fuentes disponibles, se concluye que, debido a la ubicación del territorio Ecuatoriano cerca de la línea ecuatorial, el país y específicamente el sector de Tababela gozan de uno de los niveles de irradiación solar más elevados con un promedio anual de $5,4 \text{ kWh/m}^2$ aproximadamente, dando apertura al uso de la energía solar como generadora de energía eléctrica.
- Teniendo como origen la demanda energética que se requiere en la empresa Wartsila, con un promedio mensual de 4558 kWh en la barra de 220 V, y al no disponer de una regulación de tarifa aún definida en Ecuador para aplicaciones fotovoltaicas de menor escala, conectadas a la red y con razón social diferente a la producción de energía, se limita el sistema de generación fotovoltaico a 9,6 kWp que es el valor mínimo de consumo de energía en la empresa, obtenido después del análisis durante los fines de semana y feriados donde la empresa no trabaja. Con esto se garantiza que la energía generada se consuma en su totalidad internamente y no se inyecte a la red eléctrica, ya que no se podría facturar por la misma.
- Por el nivel de voltaje al que se va conectar el sistema fotovoltaico (220 V trifásico) se tomaron en cuenta para el diseño inversores monofásicos de 220 V, de las mismas características en cada una de las fases, garantizando así que no se produzca un desbalance entre las fases.
- La implantación de este sistema renovable de energía repercute en la disminución de las emisiones de CO₂, y por tanto en la reducción de la contaminación atmosférica por efecto invernadero y del cambio climático que de él se deriva. Respecto al CO₂, en una instalación de estas características, se reduciría en 11,88 toneladas/año la emisión de este gas al dejar de usar generación quemando combustibles fósiles, colaborando en la preservación del entorno medioambiental e incentivando la implementación de este tipo de sistemas.
- La producción anual conjunta del sistema fotovoltaico es de 15 848,63 kWh, lo que nos representa un valor económico de 1743,34 USD al año que la empresa dejará de pagar a la generadora eléctrica, recuperando el valor del sistema en un promedio de 16 años. Tomando en cuenta la vida útil de los componentes del sistema fotovoltaico de 25 años se hace

factible la implementación del mismo. Sin embargo durante el proceso de investigación no se profundiza el análisis económico, ya que el objetivo de la investigación se centra en la factibilidad ambiental y técnica.

- La implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica dan la opción al consumidor de ser productor de energía, beneficiándose de su consumo interno y en muchos países permitiendo la venta; consiguiéndose con ello descentralizar la generación de energía eléctrica y generarla en el mismo sitio donde se la va a utilizar, evitando de esta manera posibles pérdidas que se producen en su transporte y distribución. Además se garantiza que la producción de la empresa no se vea afectada en caso de una demanda más alta que la generada o un fallo en el sistema fotovoltaico por su característica de estar conectada a la red nacional.
- La ejecución de proyectos de este tipo permitirá, además de identificar los entornos y las potenciales barreras técnicas, reconocer las barreras sociales y económicas a las que previsiblemente se enfrentaría la implementación de este tipo de aplicaciones en el ámbito nacional.

RECOMENDACIONES GENERALES

- Se recomienda la utilización de softwares de diseño disponibles que puedan servir como complemento para el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica, así se obtiene un mejor resultado en los cálculos finales que aproximan el proyecto aún más a la realidad.
- Difundir a través de medios digitales los datos obtenidos de radiación solar como una base para el diseño de sistemas fotovoltaicos e incluso analizar la posibilidad de utilizar los valores para el diseño de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua en hogares residenciales o procesos que lo requieran.
- Realizar el monitoreo de radiación solar en diferentes ciudades del Ecuador, teniendo así una estimación más real de la radiación solar facilitando la implementación y el desarrollo de sistemas fotovoltaicos en el país.
- La manutención del sistema se provee para una vida útil de 25 años, siendo primordial adjuntar en un estudio posterior un cronograma de mantenimiento industrial, así como medidas de seguridad para el personal de acción directa sobre el equipo y socialización del sistema con los involucrados.

BIBLIOGRAFÍA:

- Araujo, Alberto. (2013). *Energías Renovables*. Bogotá: Nuevas Ediciones.
- climate-data.org. (s.f.). *climate-data.org*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/location/181352/>
- CONELEC, C. N. (10 de Septiembre de 2013). *Ministerio de Electricidad y Energías Renovables Ecuador*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/files/vol4.pdf>
- De Juana, J. M. (2009). Fuentes de energía renovable. En J. M. De Juana Sardón, *Energías Renovables para el desarrollo* (pág. 8). Madrid: Paraninfo.
- Doplim. (s.f.). *Doplim*. Obtenido de <http://ambato.doplim.ec/calentador-de-agua-solar-id-264633.html>
- Fernández, J. M. (2010). Introducción a la energía solar. En J. M. Fernández Salgado, *COMPENDIO DE ENERGÍA SOLAR* (págs. 1,2,7,8). MADRID: MUNDI PRENSA.
- Lojano Chacha, D., & Rios Gonzalez, O. (2013). *Análisis técnico-económico para la generación de energía solar fotovoltaica en el Ecuador y su conexión a la red pública, basada en el artículo 63 de la regulación No. CONELEC-004/11*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- López, J. M. (Octubre de 2006). *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. Recuperado el Agosto de 28 de 2016, de http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_solar_termica_A2006.pdf
- MAE. (2013). *Factor de Emisión de CO2 del sistema nacional interconectado del Ecuador*. Quito: Ministerio del Ambiente.

Martín Blas , T., & Serrano Fernández , A. ((s.f.)). *Magnetismo*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid (UPM) - España.: <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/magnet/generador.html>

Meléndez, S. (2011). *Arquitectura Sustentable*. Mexico: Trillas.

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Balance Energético Nacional*. Quito.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2013). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable | Ecuador*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>

NASA Langley Research Center. (2 de Junio de 2016). Surface meteorology and Solar Energy (SSE) Release 6.0 Methodology. Norfolk, Virginia, USA.

NEC. (2011). *Norma Ecuatorina de Construcción Capítulo 14. Energías Renovables*. Quito: Gobierno nacional de la Republica del Ecuador.

Romero, V. (20 de Mayo de 2010). *Instituto de Física Unan*. Obtenido de Instituto de Física Unan: <http://www.fisica.unam.mx/personales/romero/2010/Cuerpo-Negro.pdf>

Salazar, E. R. (2015). *Monitoreo de la carga y la radiación solar para el diseño de un sistema fotovoltaico en la casa n°10 del barrio María de la ciudad de Latacunga*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Secretaría del Ambiente. (2016). *Calidad del Aire en Quito, Informe Anual 2015*.
Quito: Secretaría del Ambiente.

SMA. (2004). *Monitorización de la instalación Sunny Sensor Box*. Niestetal:
SMA Solar Technology AG.

Wartsila. (2017). <https://www.wartsila.com/>. Obtenido de:
<https://www.wartsila.com/>: <https://www.wartsila.com/ecu/sobre-nosotros>

ANEXOS:

- **ANEXO A** DATOS DE RADIACIÓN SOLAR OBTENIDOS POR EL SUNNY SENSOR BOX EN (W/m²).
- **ANEXO B** DATOS DE RADIACIÓN SOLAR EN (WH/M²). SECRETARIA DEL AMBIENTE.
- **ANEXO C** ATLAS SOLAR DEL ECUADOR.
- **ANEXO D** SMA SENSORBOX TECH DATA.
- **ANEXO E** HIOKI 3196 TECH DATA.
- **ANEXO F** HOJA DE DATOS PANEL FOTOVOLTAICO.
- **ANEXO G** HOJA DE DATOS INVERSOR SMA SUNNY BOY 3000.
- **ANEXO H** VALIDACIONES.

ANEXO A

ANEXO A			Promedio por horas de Irradiación solar durante Enero (Wh/m ²)										A 1	
AÑO	MES	DIA	8:00 W/m ²	9:00 W/m ²	10:00 W/m ²	11:00 W/m ²	12:00 W/m ²	13:00 W/m ²	14:00 W/m ²	15:00 W/m ²	16:00 W/m ²	17:00 W/m ²	18:00 W/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Enero	1	130.63	320.75	306.88	454.63	503.21	680.25	374.79	382.79	100.92	106.04	20.88	3381.75
2017	Enero	2	82.87	272.17	528.08	689.50	650.33	609.13	373.63	410.96	243.58	149.42	38.50	4048.16
2017	Enero	3	154.25	386.96	664.67	559.67	583.46	687.17	330.40	331.66	226.70	89.69	30.42	4045.03
2017	Enero	4	319.75	534.42	664.67	739.67	741.33	711.58	558.09	202.50	176.71	25.29	16.40	4690.40
2017	Enero	5	44.00	276.08	507.79	711.00	767.71	420.50	64.88	97.29	86.83	61.92	16.08	3054.08
2017	Enero	6	58.75	125.67	214.54	263.96	239.00	362.93	285.15	394.15	449.73	273.08	58.75	2725.70
2017	Enero	7	189.04	457.09	576.17	668.42	689.04	777.42	751.48	486.83	352.70	106.75	65.25	5120.17
2017	Enero	8	252.96	454.34	697.00	754.33	727.25	599.96	616.14	17.13	43.54	97.67	17.00	4277.30
2017	Enero	9	184.67	100.63	625.83	757.88	786.92	552.06	618.38	107.58	213.63	102.83	57.04	4107.44
2017	Enero	10	28.42	103.42	182.25	598.85	750.58	803.30	575.33	275.75	307.76	265.25	178.95	4069.86
2017	Enero	11	62.79	128.04	566.75	786.46	835.25	654.57	637.92	254.96	136.79	20.00	7.13	4090.66
2017	Enero	12	65.00	360.04	617.29	741.00	815.09	572.17	645.75	418.29	62.25	10.13	7.17	4314.17
2017	Enero	13	140.71	327.17	428.58	649.38	832.08	775.31	866.23	675.36	274.42	66.67	25.56	5061.44
2017	Enero	14	8.96	146.13	704.63	736.33	735.25	751.05	786.35	666.74	157.82	37.50	25.92	4756.68
2017	Enero	15	26.29	114.33	207.00	351.33	502.92	478.34	486.76	493.65	263.10	103.95	30.88	3058.55
2017	Enero	16	152.08	505.75	676.33	724.04	769.42	900.72	878.96	853.64	757.89	608.41	190.16	7017.40
2017	Enero	17	112.84	563.50	607.75	689.33	803.95	902.88	889.34	769.72	447.80	227.29	29.88	6044.27
2017	Enero	18	57.75	340.06	679.00	779.84	921.73	882.60	851.94	739.65	551.95	201.42	22.58	6028.51
2017	Enero	19	122.46	386.70	691.05	811.56	857.36	915.65	873.41	250.16	130.67	58.79	13.96	5111.76
2017	Enero	20	178.09	100.58	197.49	270.92	501.80	254.15	224.92	128.79	81.90	16.21	7.14	1961.99
2017	Enero	21	18.25	100.88	156.01	335.34	395.54	318.88	334.65	288.58	131.66	80.42	12.08	2172.28
2017	Enero	22	210.92	547.71	695.84	792.04	908.51	909.47	902.56	824.28	768.02	459.52	156.13	7174.97
2017	Enero	23	52.84	190.08	454.40	819.20	939.01	926.10	924.74	834.24	691.16	431.45	137.90	6401.11
2017	Enero	24	248.54	530.75	684.96	853.34	940.67	963.48	853.68	807.50	637.91	394.45	149.25	7064.53
2017	Enero	25	188.17	485.09	657.54	551.67	581.02	433.07	456.94	424.46	584.79	396.79	154.71	4914.23
2017	Enero	26	15.54	135.25	449.13	530.42	805.28	526.17	292.75	200.58	119.92	59.38	25.00	3159.41
2017	Enero	27	62.87	345.84	353.00	809.03	1101.55	801.71	481.05	570.46	217.29	162.63	66.38	4971.79
2017	Enero	28	87.38	504.17	607.67	792.75	839.25	767.96	552.08	589.71	234.75	93.84	42.33	5111.88
2017	Enero	29	60.42	262.50	512.09	596.92	593.38	924.50	843.29	630.75	172.50	105.92	26.04	4728.30
2017	Enero	30	239.79	458.79	668.25	594.29	793.37	736.25	563.79	553.67	138.89	17.21	13.22	4777.52
2017	Enero	31	108.79	278.17	572.29	710.46	401.79	408.00	764.59	481.17	301.04	119.92	36.17	4182.38
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														4568.51

ANEXO A			Promedio por horas de Irradiación solar durante Febrero (Wh/m ²)										A 2	
AÑO	MES	DIA	8:00 W/m ²	9:00 W/m ²	10:00 W/m ²	11:00 W/m ²	12:00 W/m ²	13:00 W/m ²	14:00 W/m ²	15:00 W/m ²	16:00 W/m ²	17:00 W/m ²	18:00 W/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Febrero	1	26.29	114.33	432.00	351.33	502.92	478.34	486.76	493.65	388.10	178.95	30.88	3483.55
2017	Febrero	2	62.79	353.04	616.75	786.46	835.25	607.08	412.08	254.96	136.79	20.00	7.13	4092.33
2017	Febrero	3	90.19	341.13	618.80	374.17	665.53	714.83	722.50	593.63	127.00	351.88	38.96	4638.61
2017	Febrero	4	249.75	364.96	531.92	806.88	908.25	922.84	819.63	870.83	659.96	285.75	13.38	6434.13
2017	Febrero	5	341.58	482.88	724.29	864.33	672.88	745.63	479.29	651.50	387.92	433.50	48.00	5831.79
2017	Febrero	6	149.38	392.08	638.42	771.00	884.42	912.54	435.42	317.25	149.25	69.25	54.38	4773.37
2017	Febrero	7	341.58	482.88	724.29	864.33	672.88	620.63	704.29	651.50	387.92	433.50	48.00	5931.79
2017	Febrero	8	284.54	626.96	650.00	823.17	859.33	633.88	647.63	479.25	51.00	14.63	17.08	5087.45
2017	Febrero	9	107.17	395.50	581.46	567.00	687.92	445.71	446.50	452.25	350.92	234.71	120.50	4389.62
2017	Febrero	10	52.84	265.08	479.40	819.20	939.01	926.10	907.63	834.24	691.16	431.45	137.90	6484.00
2017	Febrero	11	93.04	341.71	600.96	821.75	835.33	867.96	592.29	480.10	553.96	357.71	28.79	5573.60
2017	Febrero	12	30.34	230.75	603.28	799.25	699.58	927.58	585.79	420.63	324.79	64.46	12.29	4698.74
2017	Febrero	13	79.24	161.71	403.50	858.04	666.63	783.75	908.29	752.79	223.17	150.25	53.33	5040.70
2017	Febrero	14	85.71	280.42	588.92	602.88	361.33	242.29	456.25	428.33	258.61	141.46	42.50	3488.69
2017	Febrero	15	166.34	232.00	362.46	503.59	335.63	392.92	561.63	114.13	63.58	113.58	64.50	2910.33
2017	Febrero	16	44.42	242.96	749.21	412.88	308.88	596.46	162.29	235.42	268.63	68.67	49.96	3139.75
2017	Febrero	17	42.46	154.04	305.00	407.33	872.50	531.71	224.67	276.46	458.04	154.17	124.58	3550.96
2017	Febrero	18	64.17	311.92	667.00	860.88	913.04	898.42	564.54	439.17	346.50	191.87	16.58	5274.08
2017	Febrero	19	78.92	442.71	657.34	844.00	909.84	888.54	924.79	835.13	415.96	210.63	65.79	6273.63
2017	Febrero	20	144.21	565.58	701.54	777.00	830.08	356.50	102.50	375.29	120.38	42.29	28.88	4044.25
2017	Febrero	21	173.92	416.29	635.38	838.88	856.83	851.50	860.92	724.67	404.00	164.29	7.38	5934.04
2017	Febrero	22	2.58	48.75	117.04	207.96	275.38	378.42	468.00	328.71	245.13	70.38	12.96	2155.29
2017	Febrero	23	65.04	373.50	594.54	764.54	809.00	765.21	318.38	302.21	251.29	106.17	35.71	4385.59
2017	Febrero	24	17.50	105.92	378.92	613.42	854.00	973.75	824.08	405.54	198.63	123.92	22.50	4518.16
2017	Febrero	25	13.00	137.13	413.92	690.29	766.29	587.04	236.83	99.42	56.58	19.59	5.08	3025.17
2017	Febrero	26	34.79	216.08	350.92	474.92	717.17	265.71	156.09	227.21	257.50	76.63	14.58	2791.58
2017	Febrero	27	7.25	126.71	403.50	858.04	666.63	783.75	908.29	752.79	223.17	50.25	0.00	4780.38
2017	Febrero	28	21.59	170.13	611.08	406.92	360.25	451.88	458.34	406.79	258.88	126.38	29.25	3301.46
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														4501.18

ANEXO A			Promedio por horas de Irradiación solar durante Marzo (Wh/m ²)										A 3	
AÑO	MES	DIA	8:00 w/m ²	9:00 w/m ²	10:00 w/m ²	11:00 w/m ²	12:00 w/m ²	13:00 w/m ²	14:00 w/m ²	15:00 w/m ²	16:00 w/m ²	17:00 w/m ²	18:00 w/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Marzo	1	61.46	298.92	587.96	775.88	706.42	704.42	599.42	189.96	118.58	89.25	35.63	4167.88
2017	Marzo	2	30.34	230.75	603.28	624.25	699.58	927.58	585.79	420.63	324.79	64.46	12.29	4523.74
2017	Marzo	3	16.17	83.42	189.75	703.25	813.50	540.83	586.67	861.50	517.79	221.37	47.25	4581.49
2017	Marzo	4	90.19	341.13	618.80	374.17	665.53	714.83	722.50	293.63	127.00	351.88	38.96	4338.61
2017	Marzo	5	85.71	280.42	588.92	602.88	361.33	242.29	456.25	428.33	250.34	161.00	66.96	3524.42
2017	Marzo	6	102.92	455.25	506.79	327.38	443.63	642.08	535.71	409.54	222.92	175.25	47.83	3869.29
2017	Marzo	7	113.09	438.00	544.33	642.17	631.38	625.50	558.79	415.92	293.96	130.25	44.79	4438.17
2017	Marzo	8	64.29	343.71	733.33	644.63	802.67	487.96	199.92	66.84	32.67	73.17	15.96	3465.12
2017	Marzo	9	86.00	361.21	543.04	288.54	310.25	402.08	472.33	407.83	635.58	205.71	18.38	3730.96
2017	Marzo	10	93.42	422.17	518.71	609.42	453.13	582.92	359.92	51.88	43.92	121.00	23.79	3280.25
2017	Marzo	11	132.17	302.00	378.75	220.29	336.00	510.54	347.83	142.54	111.92	88.46	24.33	2594.83
2017	Marzo	12	153.71	190.21	519.94	747.17	667.96	531.17	319.79	325.46	216.88	178.38	37.71	3888.35
2017	Marzo	13	43.71	111.58	197.04	712.42	604.96	646.84	254.17	484.79	255.92	62.00	26.92	3400.34
2017	Marzo	14	54.67	370.17	508.46	641.17	885.21	678.83	225.46	158.75	156.25	106.33	12.13	3797.42
2017	Marzo	15	44.92	149.17	317.00	281.38	324.25	331.04	264.25	262.63	317.88	92.92	19.04	2404.46
2017	Marzo	16	159.25	522.46	729.83	789.17	791.29	488.17	132.96	192.00	55.04	25.75	6.04	3891.96
2017	Marzo	17	171.58	218.63	489.38	766.88	893.09	886.88	515.17	273.71	324.04	96.04	68.21	4703.59
2017	Marzo	18	37.08	144.62	425.79	659.04	727.08	810.75	759.88	325.92	190.17	112.09	33.75	4226.16
2017	Marzo	19	17.92	154.29	387.50	460.92	561.29	600.29	849.71	461.33	19.67	87.17	86.54	3686.62
2017	Marzo	20	68.00	462.33	653.46	686.25	625.59	844.63	665.17	206.42	94.25	124.17	149.92	4580.17
2017	Marzo	21	150.92	583.21	739.25	824.33	952.89	982.13	827.37	725.20	180.54	71.35	25.29	6062.48
2017	Marzo	22	88.00	219.58	445.79	620.33	727.17	612.09	276.29	64.09	85.63	56.29	17.92	3213.17
2017	Marzo	23	352.04	599.13	736.83	807.79	622.21	307.13	72.38	265.21	208.00	73.71	18.96	4063.37
2017	Marzo	24	51.79	172.96	517.42	746.54	831.00	781.50	536.67	112.83	51.17	18.79	6.29	3826.96
2017	Marzo	25	341.58	482.88	724.29	864.33	672.88	620.63	479.29	651.50	387.92	433.50	48.00	5706.79
2017	Marzo	26	75.50	300.13	402.42	581.96	650.58	519.63	472.58	323.08	258.83	85.83	18.71	3689.25
2017	Marzo	27	100.63	226.42	473.58	691.09	660.29	285.33	345.00	527.37	255.59	215.50	51.04	3831.84
2017	Marzo	28	93.04	416.71	750.96	821.75	952.28	542.96	592.29	480.10	553.96	357.71	28.79	5590.55
2017	Marzo	29	29.46	129.63	296.09	520.08	476.59	430.54	349.92	271.59	181.33	122.46	48.13	2855.79
2017	Marzo	30	98.92	476.42	535.13	407.64	492.87	625.17	299.67	257.71	125.17	73.33	33.88	3425.88
2017	Marzo	31	6.71	35.88	40.42	173.00	241.79	148.67	242.59	372.75	297.25	213.58	38.88	1811.50
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														3908.75

ANEXO A			Promedio por horas de Irradiación solar durante Abril (Wh/m ²)										A 4	
AÑO	MES	DIA	8:00 w/m ²	9:00 w/m ²	10:00 w/m ²	11:00 w/m ²	12:00 w/m ²	13:00 w/m ²	14:00 w/m ²	15:00 w/m ²	16:00 w/m ²	17:00 w/m ²	18:00 w/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Abril	1	19.75	107.17	109.34	225.29	587.54	609.13	278.04	447.67	283.33	171.38	25.46	2864.08
2017	Abril	2	169.38	468.79	594.63	798.21	584.58	670.17	467.42	352.46	190.83	118.67	27.17	4442.30
2017	Abril	3	191.92	425.79	742.29	704.00	604.96	630.34	312.08	204.96	261.00	157.25	44.79	4279.38
2017	Abril	4	52.42	172.58	384.54	806.17	961.46	682.54	802.50	753.84	638.33	405.50	58.75	5718.62
2017	Abril	5	282.58	574.17	506.21	778.54	772.75	735.00	775.63	600.33	604.00	86.79	10.88	5726.88
2017	Abril	6	381.88	559.46	642.96	864.04	422.21	407.04	391.96	763.46	602.87	159.00	32.67	5227.53
2017	Abril	7	347.88	491.75	698.13	683.79	643.50	446.00	572.38	214.63	108.17	41.84	15.25	4263.30
2017	Abril	8	58.71	374.63	469.71	596.96	708.63	367.38	351.88	93.50	144.88	72.42	20.54	3259.21
2017	Abril	9	36.00	303.42	498.71	461.63	552.92	422.56	341.03	369.71	152.29	231.33	46.17	3415.75
2017	Abril	10	403.38	613.04	750.96	804.29	831.79	474.54	76.84	18.83	167.38	66.71	24.38	4232.13
2017	Abril	11	88.65	348.92	708.50	833.71	951.13	648.17	606.83	199.69	311.91	181.58	29.75	4908.83
2017	Abril	12	222.84	501.29	608.08	776.50	737.13	606.58	407.96	71.71	92.71	62.50	11.63	4098.92
2017	Abril	13	105.71	542.96	418.53	743.04	509.71	486.67	450.63	613.04	373.71	127.54	30.96	4402.49
2017	Abril	14	110.83	475.92	764.29	783.21	955.67	460.13	700.09	189.04	132.75	103.96	61.75	4737.63
2017	Abril	15	112.54	376.54	504.21	723.67	727.04	868.00	736.33	472.13	390.04	97.88	21.67	5030.03
2017	Abril	16	284.54	626.96	650.00	823.17	944.59	633.88	947.63	454.25	51.00	14.63	17.08	5447.71
2017	Abril	17	379.75	544.46	666.08	834.17	903.58	627.21	247.88	134.13	34.42	27.67	2.88	4402.21
2017	Abril	18	97.38	256.63	481.29	645.71	673.13	923.29	659.79	210.92	22.50	11.75	2.13	3984.50
2017	Abril	19	102.33	317.67	431.71	514.79	503.88	358.46	64.12	42.00	133.08	81.88	15.00	2564.91
2017	Abril	20	263.58	382.34	504.54	459.79	499.71	802.00	670.00	96.75	75.29	36.75	2.63	3793.38
2017	Abril	21	149.38	392.08	638.42	771.00	884.42	912.54	335.42	317.25	149.25	69.25	54.38	4673.37
2017	Abril	22	242.29	261.96	544.50	791.71	836.88	838.42	634.58	633.13	452.50	285.92	45.17	5567.05
2017	Abril	23	427.46	496.04	743.21	799.21	642.50	826.17	856.21	756.67	369.00	17.63	18.25	5952.33
2017	Abril	24	153.92	346.75	606.00	788.04	947.25	985.46	237.71	40.42	26.88	3.83	1.00	4137.25
2017	Abril	25	97.00	504.63	748.38	789.33	762.46	820.50	717.38	251.67	129.21	26.13	12.25	4858.92
2017	Abril	26	87.63	384.46	735.21	672.58	820.75	920.42	816.00	308.21	188.42	129.58	36.67	5099.92
2017	Abril	27	249.75	364.96	531.92	806.88	908.25	922.84	819.63	795.83	659.96	285.75	13.38	6359.13
2017	Abril	28	127.04	312.25	638.75	700.17	624.38	724.96	739.42	363.63	251.17	90.13	23.88	4595.75
2017	Abril	29	354.21	605.96	726.17	777.79	607.88	401.04	355.63	363.00	286.75	93.92	18.33	4590.67
2017	Abril	30	80.38	261.67	474.88	445.54	649.21	711.63	771.67	666.42	215.08	129.50	49.50	4455.46
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														4569.65

ANEXO A			Promedio por horas de Irradiación solar durante Mayo (Wh/m ²)										A 5	
AÑO	MES	DIA	8:00 w/m ²	9:00 w/m ²	10:00 w/m ²	11:00 w/m ²	12:00 w/m ²	13:00 w/m ²	14:00 w/m ²	15:00 w/m ²	16:00 w/m ²	17:00 w/m ²	18:00 w/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Mayo	1	79.50	221.63	651.17	672.38	485.71	595.58	595.21	205.38	493.63	194.38	26.13	4220.67
2017	Mayo	2	62.71	305.46	503.75	495.46	679.63	645.38	832.96	693.54	245.83	197.96	30.71	4693.38
2017	Mayo	3	264.33	456.29	660.79	784.21	857.38	904.71	846.42	791.67	507.34	174.25	17.33	6264.71
2017	Mayo	4	120.75	455.71	462.67	646.34	661.88	793.50	696.88	491.29	447.54	263.79	40.08	5080.42
2017	Mayo	5	264.29	369.79	667.04	706.67	666.67	515.67	310.21	178.25	46.39	7.25	6.75	3738.97
2017	Mayo	6	204.67	305.13	368.96	484.08	507.50	562.21	349.96	353.88	158.00	83.21	24.13	3401.71
2017	Mayo	7	36.04	216.71	373.92	554.63	506.04	681.38	472.42	360.79	304.54	17.13	4.25	3527.83
2017	Mayo	8	22.67	76.88	227.59	252.13	298.84	297.25	265.83	218.75	177.63	69.63	20.21	1927.38
2017	Mayo	9	58.96	198.50	552.29	439.08	348.67	471.42	600.75	696.75	576.75	275.25	4.50	4222.92
2017	Mayo	10	6.17	67.00	122.83	106.04	131.09	131.54	540.78	657.09	603.00	243.17	21.38	2630.07
2017	Mayo	11	14.67	39.00	131.46	292.00	687.92	645.71	721.50	752.25	525.92	139.71	0.00	3950.12
2017	Mayo	12	84.42	298.25	657.59	808.59	674.75	572.71	634.88	456.04	291.21	43.67	3.38	4525.47
2017	Mayo	13	160.67	284.04	504.96	395.96	503.67	803.42	569.38	282.33	161.50	23.54	2.13	3691.59
2017	Mayo	14	40.75	112.83	230.62	403.12	447.00	382.00	343.50	354.39	338.83	122.83	15.63	2791.51
2017	Mayo	15	73.21	243.46	362.13	533.67	697.40	792.75	468.50	120.29	9.75	12.63	2.17	3315.94
2017	Mayo	16	156.50	223.75	569.00	790.59	796.58	698.00	632.25	268.00	71.33	24.50	0.00	4230.51
2017	Mayo	17	132.83	580.50	704.67	770.75	783.42	785.15	815.50	312.09	103.75	73.17	35.42	5097.23
2017	Mayo	18	51.42	140.92	252.33	350.23	476.17	783.84	855.48	731.74	506.42	85.17	0.00	4233.70
2017	Mayo	19	322.25	512.79	656.54	784.58	789.29	848.33	585.00	575.54	533.56	358.88	36.38	6003.14
2017	Mayo	20	226.92	550.87	603.54	384.08	194.83	411.58	519.29	251.42	180.58	124.04	23.63	3470.79
2017	Mayo	21	42.42	354.88	539.79	593.21	607.33	937.74	754.29	705.58	564.71	343.13	89.42	5532.49
2017	Mayo	22	62.00	498.25	637.58	509.67	776.00	831.83	894.46	508.92	173.21	202.79	25.71	5120.42
2017	Mayo	23	357.34	581.59	708.25	559.67	630.21	667.00	666.79	587.54	529.00	307.17	40.46	5635.01
2017	Mayo	24	187.67	406.25	635.46	372.08	605.38	444.29	264.25	513.13	346.17	212.83	28.79	4016.29
2017	Mayo	25	407.67	618.58	746.08	704.71	678.42	594.84	499.17	452.92	220.67	55.63	25.75	5004.41
2017	Mayo	26	92.96	393.29	528.88	451.04	422.13	446.12	529.08	586.83	313.88	102.21	65.50	3931.91
2017	Mayo	27	130.59	391.54	685.42	473.34	869.00	757.79	759.17	574.79	557.54	399.25	45.71	5644.13
2017	Mayo	28	339.46	481.42	730.17	742.84	813.92	888.75	862.25	736.92	582.63	268.00	71.63	6517.96
2017	Mayo	29	317.71	453.21	519.96	678.09	807.59	649.54	513.59	252.67	206.63	137.92	27.04	4563.92
2017	Mayo	30	374.12	572.79	697.29	761.08	786.96	681.25	458.50	424.75	200.54	77.79	11.67	5046.75
2017	Mayo	31	390.38	577.00	411.63	589.71	501.54	385.84	360.38	233.71	222.83	88.04	35.29	3796.34
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														4381.54

Medición de Radiación Solar en Estación Wartsila, Mayo 2017

AÑO	MES	DIA	7:00 W/m²	7:15 W/m²	7:30 W/m²	7:45 W/m²	8:00 W/m²	8:15 W/m²	8:30 W/m²	8:45 W/m²	9:00 W/m²	9:15 W/m²	9:30 W/m²	9:45 W/m²	10:00 W/m²	10:15 W/m²	10:30 W/m²	10:45 W/m²	11:00 W/m²	11:15 W/m²	11:30 W/m²	11:45 W/m²	12:00 W/m²	12:15 W/m²	12:30 W/m²	12:45 W/m²	13:00 W/m²	13:15 W/m²	13:30 W/m²	13:45 W/m²	14:00 W/m²	14:15 W/m²	14:30 W/m²	14:45 W/m²	15:00 W/m²	15:15 W/m²	15:30 W/m²	15:45 W/m²	16:00 W/m²	16:15 W/m²	16:30 W/m²	16:45 W/m²	17:00 W/m²	17:15 W/m²	17:30 W/m²	17:45 W/m²	18:00 W/m²	Total (Wh/m².dia)	
2017	Mayo	1	3.67	22.00	45.33	84.67	166.00	179.00	178.67	277.50	257.33	508.00	649.00	779.33	668.33	628.00	688.33	676.67	696.50	628.00	465.33	426.50	423.00	465.00	580.50	674.33	662.50	735.67	659.00	578.50	407.67	311.00	188.33	101.67	220.50	399.33	540.00	593.67	441.50	328.50	208.00	169.00	72.00	66.00	38.50	0.00	4221.58		
2017	Mayo	2	31.33	37.00	48.67	68.67	96.50	129.33	258.00	265.50	569.00	575.00	488.00	454.67	497.33	485.50	477.67	454.67	564.00	619.67	614.33	626.50	858.00	696.67	651.50	623.33	610.00	821.00	832.33	817.00	861.50	804.67	743.67	711.50	514.33	316.00	218.33	215.00	234.00	299.00	238.33	167.50	87.00	68.50	40.33	0.00	4701.21		
2017	Mayo	3	14.33	22.00	252.00	301.33	482.00	465.50	448.67	465.00	446.00	559.00	737.00	670.50	676.67	821.67	745.50	733.67	836.00	830.50	840.33	832.67	926.00	930.67	949.67	880.50	858.00	804.67	877.00	874.00	830.00	885.00	840.33	783.00	658.33	615.67	562.50	472.67	378.50	227.00	223.00	146.00	101.00	60.33	7.00	2.00	0.00	6268.30	
2017	Mayo	4	16.50	22.67	36.33	82.00	342.00	450.33	437.50	434.33	500.67	437.00	527.33	442.33	444.00	647.00	645.67	648.00	644.67	500.00	486.50	871.67	789.33	860.50	835.00	728.00	750.50	748.00	730.67	635.50	673.33	558.00	451.33	459.33	496.50	575.67	502.50	399.00	313.00	349.00	304.50	260.67	141.00	122.00	28.33	10.00	0.00	5084.54	
2017	Mayo	5	68.00	112.00	149.00	355.50	440.67	493.00	392.50	258.67	335.00	467.00	723.33	743.33	734.50	736.33	455.67	803.00	831.67	827.00	829.00	613.00	397.67	427.33	517.00	549.33	569.00	394.50	332.00	214.33	300.00	209.33	122.33	170.00	211.33	121.33	9.50	8.33	2.00	1.50	14.00	11.50	9.00	12.00	6.00	0.00	3744.37		
2017	Mayo	6	120.33	152.50	110.00	216.67	339.50	537.67	335.00	138.50	209.33	191.33	364.50	381.00	539.00	469.00	370.00	355.33	742.00	721.33	481.67	481.67	350.00	477.00	653.67	444.50	548.67	602.00	383.00	315.00	347.33	354.50	400.33	352.00	402.50	260.67	114.00	257.00	233.00	28.00	67.00	118.50	93.00	54.33	40.50	23.00	21.50	11.50	3431.79
2017	Mayo	7	8.00	6.00	5.00	34.67	98.50	148.33	259.67	345.50	113.33	263.33	341.00	411.67	479.67	488.50	620.00	629.00	481.00	447.33	403.33	773.50	400.00	572.67	846.50	746.00	560.33	537.00	615.33	413.33	324.00	278.33	289.33	413.50	462.00	461.00	367.67	203.50	186.00	38.00	15.50	14.00	1.00	3.50	9.50	4.00	0.00	3529.83	
2017	Mayo	8	4.00	9.33	35.33	42.00	57.00	88.50	58.33	103.67	152.00	258.67	285.67	214.00	245.50	231.00	314.00	218.00	357.67	306.00	299.67	232.00	239.50	264.33	375.67	309.50	263.00	312.00	274.00	214.33	208.67	188.33	250.00	228.00	225.00	207.00	143.50	135.00	116.50	99.67	46.00	16.33	39.00	24.50	13.33	4.00	1927.38		
2017	Mayo	9	70.00	48.00	29.67	59.50	98.67	152.00	129.00	271.67	241.33	404.50	577.00	646.67	581.00	668.00	474.00	340.00	274.33	442.33	244.00	273.00	435.33	417.50	466.33	509.33	492.50	503.33	656.00	580.00	663.67	726.00	603.00	672.67	785.33	691.00	610.00	529.00	477.00	374.50	373.67	226.50	126.33	15.00	3.00	0.00	4240.42		
2017	Mayo	10				3.33	9.00	25.00	47.00	86.00	110.00	99.67	119.33	139.00	133.33	96.67	87.50	111.00	129.00	130.00	133.67	137.67	123.00	119.33	114.00	132.50	160.33	371.13	420.85	511.73	859.43	762.00	760.67	577.00	528.67	749.33	682.00	570.67	410.00	376.33	216.00	210.00	170.33	71.00	13.50	1.00	0.00	2626.99	
2017	Mayo	11		3.00	8.33	22.00	12.53	32.33	39.00	39.00	45.67	68.00	113.67	150.67	193.50	197.00	274.00	308.00	389.00	579.33	688.00	747.33	737.00	623.50	729.67	684.67	545.00	625.67	726.00	758.00	776.33	714.00	777.33	777.00	740.67	679.33	594.00	400.33	430.00	374.50	211.33	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3950.12		
2017	Mayo	12	22.67	37.00	86.00	89.67	125.00	224.67	301.33	314.00	353.00	574.67	513.00	775.67	767.00	776.50	802.67	810.67	844.50	768.67	650.67	654.00	625.67	692.00	570.50	535.00	493.33	688.00	634.33	678.67	538.50	529.00	502.50	467.67	325.00	415.50	320.67	213.00	215.67	55.50	84.50	24.67	10.00	6.50	7.00	0.00	0.00	4531.14	
2017	Mayo	13	27.50	99.67	219.67	152.00	171.33	165.67	197.50	248.00	525.00	712.00	658.00	334.33	315.50	269.67	391.00	422.50	500.67	412.67	603.00	472.00	527.00	600.66	960.00	945.00	708.00	731.33	616.00	546.50	383.67	328.33	274.00	321.67	205.33	264.50	129.00	190.50	62.00	32.67	21.50	25.00	2.00	2.00	4.50	0.00	3698.46		
2017	Mayo	14	4.67	23.50	22.33	30.67	86.50	115.00	175.33	71.00	90.00	120.33	225.50	223.33	355.33	288.93	377.19	474.56	471.81	431.33	448.00	472.00	436.67	537.67	309.50	358.00	323.33	372.24	357.60	310.08	334.08	296.93	289.68	338.64	492.32	448.00	335.50	330.33	241.50	226.00	195.00	36.00	34.33	46.50	13.00	2.00	1.00	2792.67	
2017	Mayo	15	23.50	40.33	56.33	87.50	108.67	131.00	208.50	330.67	303.67	330.00	323.67	368.33	426.50	513.33	515.33	507.00	599.00	654.28	712.14	698.94	724.24	895.00	848.00	744.33	683.67	588.00	536.67	431.33	318.00	308.00	101.50	46.33	25.33	22.00	1.00	1.00	15.00	7.00	21.00	31.00	1.50	5.67	3.00	0.00	0.00	3321.82	
2017	Mayo	16	28.33	66.67	140.00	205.33	216.00	173.33	183.67	233.67	304.33	461.67	595.33	572.00	647.00	732.00	806.67	801.00	822.67	792.00	855.00	781.00	758.33	745.67	652.00	648.67	745.67	777.67	653.67	577.00	530.67	536.67	322.67	100.00	112.67	107.33	17.33	48.00	112.67	74.33	17.67	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4237.59		
2017	Mayo	17	25.67	98.33	70.00	95.00	268.00	521.00	567.67	602.00	631.33	640.00	690.00	745.33	743.33	734.67	767.00	791.67	789.67	788.00	786.67	781.00	778.00	941.36	660.10	686.75	852.39	939.00	841.33	787.33	694.33	544.00	351.00	239.67	113.67	185.67	138.33	66.00	25.00	43.33	97.00	89.67	62.67	104.67	32.00	2.00	3.00	5103.65	
2017	Mayo	18	5.33	26.33	63.33	110.67	135.33	143.67	144.67	140.00	201.00	263.33	306.67	238.33	296.97	346.53	345.59	411.84	480.33	400.67	431.33	592.33	744.67	788.00	863.00	739.67	804.90	922.82	889.76	804.44	824.15	719.76	721.92	661.13	638.33	575.33	540.67	271.33	199.33	139.67	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4233.70		
2017	Mayo	19	186.00	217.00	158.00	374.67	539.33	475.50	484.33	534.00	557.33	707.67	770.50	632.00	516.00	791.00	778.33	780.00	789.00	788.67	791.67	792.50	784.33	876.00	832.00	81.00	874.33	680.00	519.33	465.67	675.00	630.33	582.50	593.67	495.67	679.03	599.15	466.24	389.82	458.00	389.00	366.50	222.00	120.00	15.00	8.00	2.00	6049.64	
2017	Mayo	20	130.67	103.00	246.67	290.00	268.00	544.33	627.50	642.33	389.33	785.50	444.33	561.33	623.00	583.33	369.33	300.00	281.67	154.00	101.00	190.00	329.00	381.00	350.00	408.00	507.33	502.67	489.50	584.67	500.33	311.00	318.00	185.67	191.00	167.00	184.00	151.33	211.00	184.50	67.00	33.67	39.50	26.50	16.50	12.00	3503.46		
2017	Mayo	21	11.33	23.00	26.33	30.33	90.00	184.33	475.50	282.67	477.00	627.00	385.67	780.00	366.50	583.00	808.00	589.50	392.33	787.67	975.76	1103.76	883.78	789.00	798.50	706.00	723.67	789.50	698.00	618.00	675.00	659.33	607.33	582.50	510.00	599.00	450.50	359.00	298.00	265.00	224.00	113.67	18.00	2.00	5535.32				
2017	Mayo	22	21.67	25.50	26.33	56.67	139.50	312.00	564.33	591.00	525.67	497.33	809.00	696.33	547.67	532.00	493.33	409.33	604.00	774.33	807.00	803.00	719.67	850.00	864.00	810.33	803.00	904.50	852.67	929.67	891.00	777.67	528.00	488.67	241.33	250.50	196.00	130.00	116.33	378.00	282.00	76.67	74.50	72.50	26.33	4.00	0.00	5125.83	
2017	Mayo	23	77.67	258.67	358.00	361.67	451.00																																										

ANEXO B

ANEXO B		Datos de radiación solar (W/m ²) obtenidos de la Secretaría del Ambiente de los últimos 5 años				B 1	
ESTACION	MAGNITUD	MES	2012	2013	2014	2015	2016
T U M B A C O	R A D I C I O N S O L A R	Enero	4403.18	5841.27	5569.03	5194.78	5550.25
		Febrero	4685.71	4411.18	5410.05	6158.16	5364.32
		Marzo	5379.82	5337.97	4599.41	5177.96	4702.49
		Abril	4750.34	5330.58	5576.98	5614.48	5228.13
		Mayo	4898.41	4706.58	5079.92	4823.06	5569.08
		Junio	5609.40	5499.64	5272.44	5870.53	5035.31
		Julio	5916.79	5804.54	6065.65	5320.24	5405.95
		Agosto	6340.64	5860.64	6095.49	6537.55	6858.90
		Septiembre	7049.65	5325.19	6031.55	6941.15	5244.33
		Octubre	5219.67	5573.38	5553.66	5655.46	5268.30
		Noviembre	5230.93	5368.32	5324.80	5185.65	5127.67
		Diciembre	5296.32	5522.21	5186.50	5891.56	4645.21

ANEXO B			Datos de radiacion solar en (Wh/m2). Secretaria del Ambiente del mes de Enero										B 2	
AÑO	MES	DIA	8:00 W/m ²	9:00 W/m ²	10:00 W/m ²	11:00 W/m ²	12:00 W/m ²	13:00 W/m ²	14:00 W/m ²	15:00 W/m ²	16:00 W/m ²	17:00 W/m ²	18:00 W/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Enero	1	91.21	135.24	352.32	314.84	539.24	713.72	448.4	476.41	292.15	151.05	75.12	3600.36
2017	Enero	2	120.38	215.34	343.05	647.82	940.84	836.65	418.39	446.86	274.66	171.74	87.1	4519.9
2017	Enero	3	125.48	434.43	516.3	605.13	796.46	353.45	460.91	346.57	388.57	216.54	74.9	4330.06
2017	Enero	4	173.01	403.21	533.94	586.95	904.79	956.52	864.71	416.36	109.96	27.31	7.86	5007.08
2017	Enero	5	60.04	197.75	426.26	676.69	927.44		233.75	30.85	109.91	112.57	41.39	2827.56
2017	Enero	6	76	159.58	193.69	237.47	317.94	349.78	291.05	558.2	425.89	127.48	58.69	2805.85
2017	Enero	7	140.7	382.26	549.63	519.74	682.81	926.95	775.71	755.1	285.07	180.32	104.55	5324.88
2017	Enero	8	94.93	417.53	544.21	577.26	915.77	979.47	540.27	30.56	25.25	140.47	29.65	4308.58
2017	Enero	9	145.45	466.16	599.6	580.33	920.14	959.24	175.74	105.77	232.52	121.53	28.41	4372.96
2017	Enero	10	71.27	199.32	434	712.67	901.66	660.57	301.62	477.22	249.22	221.66	57.54	4292.36
2017	Enero	11	88.7	295.73	627.98	570.2	879.82	911.78	382.16	366.26	73.11	25.52	7.31	4240.83
2017	Enero	12	147.1	346.73	573.63		733.94	981.89	545.22	202.65	33.44	10.61		3593.44
2017	Enero	13	226.8	363.34	440.14	708.83	897.8	957.87	957.06	301.21	48	40.34	30.21	4981.02
2017	Enero	14	35.26	301.01	680.22	871.17	846.15	889.41	963.41	190.42	55	51.93	33.71	4928.08
2017	Enero	15	65.8	148.73	280.9	368.18	571.59	479.57	618.11	385.98	264.2	135.76	66.42	3389.5
2017	Enero	16	114.34	487.71	692.43	840.07	938.84	962.05	904.97	814.31	676	455.84	188.08	7087.48
2017	Enero	17	224.96	360.68	665.15	782.47	833.8	958.34	970.58	747.55	488.21	254.16	20.5	6337.33
2017	Enero	18	173.16	456.44	678.65	840.82	939.71	907.54	801.59	797.57	544.57	200.77	39.25	6396.2
2017	Enero	19	232.08	528.34	698	835.63	942.12	958.46	745.72	241.69	170.65	64.41	24.18	5474.92
2017	Enero	20	73.15	115.39	238.91	203.8	489.51	266.47	255.03	170.67	72.24	18.45	8.35	1922.85
2017	Enero	21	29.34	108.1	172.02	397.97	379.07	342.18	384.44	318.98	180.84	83.24	17.55	2413.73
2017	Enero	22	126.46	427.91	690.99	848.93	956.94	986.27	931.61	880.03	759.42	533.73	171.33	7320.07
2017	Enero	23	86.38	212.98	508.65	850.73	947.24	940.19	929.09	847.91	704.83	475.75	200.51	6712.74
2017	Enero	24	201.2	458.89	687.13	854.03	947.5	969.32	938.68	854.74	684.07	456.52	195.15	7256.87
2017	Enero	25	147.77	388.91	576.65	467.69	581.66	436.22	453.02	463.35	655.57	476.53	196.17	4854.34
2017	Enero	26	25.22	164.2	304.21	557.2	884.56	444.17	356.52	273.45	141.21	130.49	37.09	3320.72
2017	Enero	27	67.78	302.13	417.23	812.83	1124.38	805.64	504.35	656.88	224.39	172.84	117.79	5215.97
2017	Enero	28	105.66	359.78	601.66	877.55	886.35	729.69	555.9	638.58	382.82	187.78	75.67	5412.5
2017	Enero	29	71.45	336.96	423.55	598.72	566.46	1000.4	874.27	710.46	156.79	226.46	40.03	5014.38
2017	Enero	30	121.71	435.8	526.85	566.92	826.04	764.43	564.85	649.34	187.44	75.17	18.24	4749.72
2017	Enero	31	122.28	232.17	352.74	271.99	279.45	418.79	804.16	675.39	484.68	226.57	96.96	3976.05

Promedio Mensual (Wh/m².dia) **4709.30**

ANEXO B			Datos de radiacion solar en (Wh/m2). Secretaria del Ambiente del mes de Febrero										B 3	
AÑO	MES	DIA	8:00 W/m ²	9:00 W/m ²	10:00 W/m ²	11:00 W/m ²	12:00 W/m ²	13:00 W/m ²	14:00 W/m ²	15:00 W/m ²	16:00 W/m ²	17:00 W/m ²	18:00 W/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Febrero	1	59.96	206.22	407.14	335.91	350.3	368.18	483.83	505.08	456.85	182.92	87.4	3455.98
2017	Febrero	2	74.54	390.12	509.49	431.01	280.75	940.49	756.31	275.38	327.26	154.34	36.7	4184.80
2017	Febrero	3	110.73	195.51	276.28	286.49	562.65	556.82	660.83	782.48	426.03	431.94	111.44	4409.52
2017	Febrero	4	158.41	419.01	713.53	799.41	640.3	746.86	795.99	916.34	800.48	414.51	200.55	6610.17
2017	Febrero	5	75.3	188.01	666.42	746.93	737.93	788.96	773.48	678.56	704.71	241.43	150.63	5762.33
2017	Febrero	6	113.55	175.82	241.45	509.47	798.46	854.9	733.13	634.1	556.71	204.07	145.11	4982.57
2017	Febrero	7	155.23	420.08	606.74	573.29	690.26	752.99	888.3	799.59	684.66	176.85	230.48	5994.95
2017	Febrero	8	61.15	280.21	470.39	649.79	905.02	848.1	643.38	523.53	400.19	416.28	133.04	5335.09
2017	Febrero	9	81.73	417.12	666.68	842.65	499.4	350.95	289.07	269.29	268.73	176.35	150.08	4020.33
2017	Febrero	10	186.46	428.56	679.64	802.33	921.39	961.88	842.46	807.29	647.1	395.08	133.66	6824.49
2017	Febrero	11	54.8	370.39	593.54	791.75	756.59	1022.36	794.74	632.56	344.12	102.65	14.92	5485.89
2017	Febrero	12	105.4	294.33	524.03	830.85	884.85	477.2	388.71	673.77	404.03	102.6	49.16	4748.61
2017	Febrero	13	129.99	287.36	324.06	337.4	548.22	975.61	944.82	556.04	331.58	230.59	66.15	4740.94
2017	Febrero	14	34.33	82.49	280.14	555.8	460.01	278.5	504.41	577.21	458.38	239.89	53.75	3529.24
2017	Febrero	15	116.09	231.8	367.52	456.13	326.81	346.6	535.7	94.8	78.33	142.56	140.39	2856.44
2017	Febrero	16	85.74	295.44	732.75	441.72	235.35	630.74	165.12	151.55	305.48	50.67	15.07	3120.43
2017	Febrero	17	78.51	189.49	302.94	457.68	904.48	590.2	261.04	289.97	456.09	112.13	133.39	3783.04
2017	Febrero	18	101.62	325.05	678.03	891.07	975.86	940.95	548.9	466.2	385.82	145.53	37.67	5507.28
2017	Febrero	19	130.73	448.49	682.52	850.08	951.96	892.6	906.9	887.36	395.51	288.34	72.32	6520.69
2017	Febrero	20	202.96	324.74	634.87	718.23	510.86	436.95	521.03	370.45	137.54	77.51	19.92	3964.80
2017	Febrero	21	242.87	462.41	679.79	822.76	788.82	846.47	776.75	485.25	302.91	139.52	51.71	5619.44
2017	Febrero	22	25.35	83.54	120.81	222.29	290.66	388.29	442.15	307.13	231.71	65.21	31.37	2210.53
2017	Febrero	23	113.4	409.39	741.45	779.79	811.34	707.86	370.25	333.73	268.16	97.62	21.32	4666.59
2017	Febrero	24	32.48	142.7	401.3	566.16	891.69	1066.67	794.32	464.72	188.01	44.66	6.45	4603.91
2017	Febrero	25	28.55	165.64	450.33	749.42	659.18	569.06	221.9	74.03	107.68	58.28	21.65	3107.65
2017	Febrero	26	74.56	223.59	342.91	413.69	729.47	193.44	145.16	221.04	252.43	68.44	23.1	2693.95
2017	Febrero	27	51.42	145.63	427.71	881.67	653.7	783.64	905.15	756.13	209.6	44.47	1.95	4864.58
2017	Febrero	28	55.79	178.61	426.29	287.97	509.43	549.63	593.01	433.49	305.17	262.22	12.77	3620.33
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														4543.73

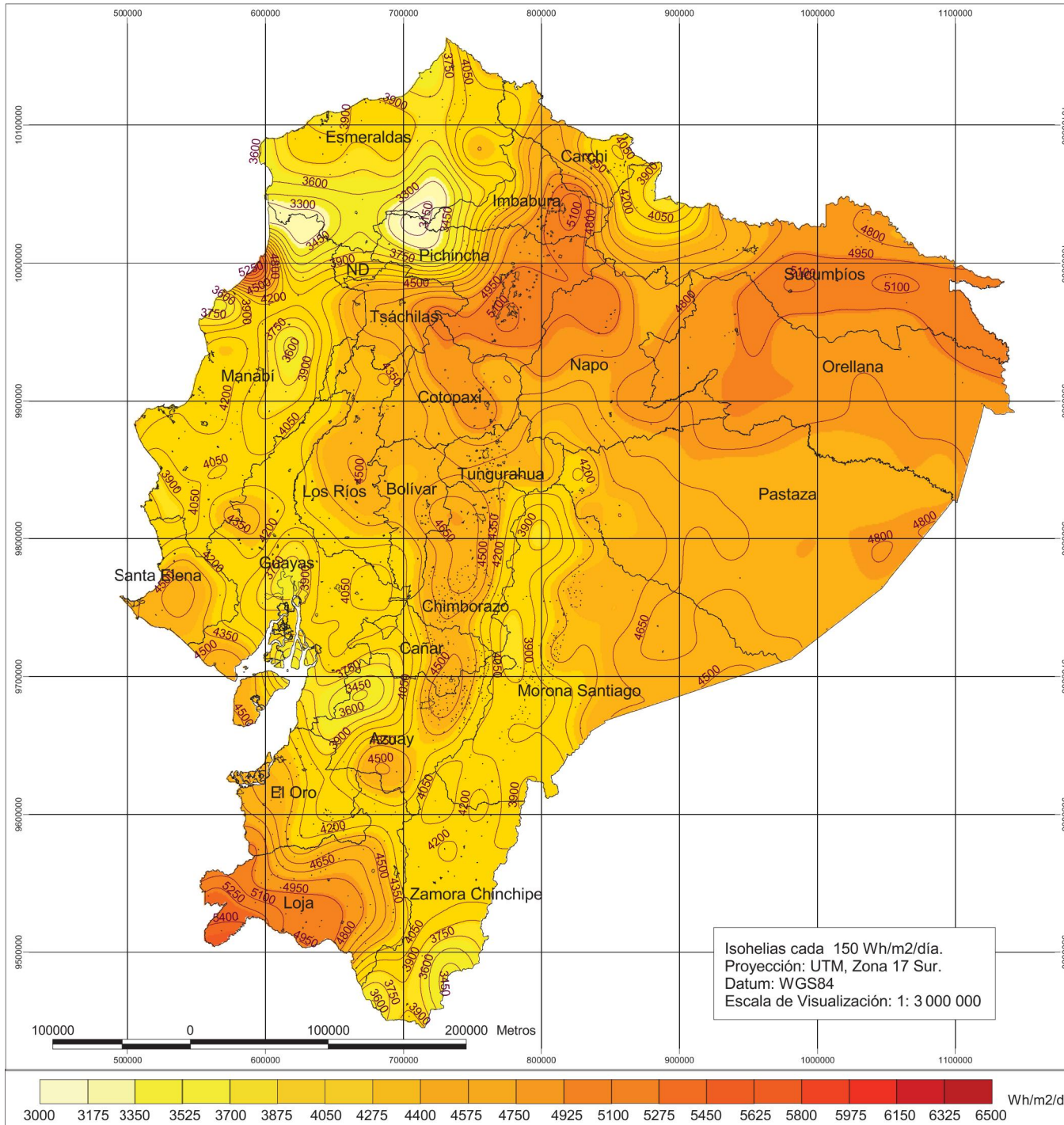
ANEXO B			Datos de radiacion solar en (Wh/m2). Secretaria del Ambiente del mes de Marzo										B 4	
AÑO	MES	DIA	8:00 W/m ²	9:00 W/m ²	10:00 W/m ²	11:00 W/m ²	12:00 W/m ²	13:00 W/m ²	14:00 W/m ²	15:00 W/m ²	16:00 W/m ²	17:00 W/m ²	18:00 W/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Marzo	1	117.26	342.44	668.36	679.58	710.77	692.33	610.14	146.6	154.39	166.82	93.59	4393.05
2017	Marzo	2	93.11	296.71	658.72	652.84	423.73	1020.53	591.57	426.58	114.77	94.62	27.82	4405.54
2017	Marzo	3	63.67	93.15	250.08	703.81	804.96	504.22	618.72	911.49	603.92	306.98	50.26	4920.13
2017	Marzo	4	109.96	352.89	620.24	371.87	668.55	742.34	794.48	284.29	117.39	430.62	45.27	4552.47
2017	Marzo	5	101.04	305.09	500.63	639.76	403.46	282.09	446.27	484.67	475.49	261.12	152.69	4062.79
2017	Marzo	6	104.2	225.67	298.45	393.71	652.8	680.55	648.26		345.72	412.79	95.18	3864.42
2017	Marzo	7	161.35	440.66	573.59	664.09	570.91	643.94	556.8	418.04	341.47	147.92	44.3	4573.56
2017	Marzo	8	95.8	397.8	386.55	742.13	760.13	526.69	213.9	96.5	171.98	52.27	47.83	3500.58
2017	Marzo	9	143.63	322.41	312.06	349.29	288.82	342.95	430.05	429.64	706.84	209.37	20.84	3570.57
2017	Marzo	10	199.59	492.99	638.38	460.01	318.2	667.01	171.52	62.88	147.02	152.62	51.57	3375.04
2017	Marzo	11	145.49	362.12	302.04	201.9	338.38	527.76	359.01	184.45	125.66	55.8	25.35	2638.82
2017	Marzo	12	165.14	230.54	553.61	793.65	673.59	515.46	263.05	252.5	276.29	207.45	93.77	4047.23
2017	Marzo	13	85.02	141.1	315.09	697.23	482.12	509.33	416.84	442.34	423.71	145.1	52.99	3715.76
2017	Marzo	14	161.44	461.81	446.44	686.28	925.21	641.5	292.26	190.16	163.96	56.81	30.03	4065.65
2017	Marzo	15	76.13	172.75	267.13	322.85	351.38	336	295.36	318.85	359.08	100.54	57.01	2666.62
2017	Marzo	16	205.24	464.91	671.99	846.57	596.03	564.13	141.05	221.88	25.5	29.72	42.85	3835.02
2017	Marzo	17	116.54	240.47	493.87	552.56	971.25	1025.77	523.69	362	253.09	174.08	115.06	4850.04
2017	Marzo	18	57.43	182.71	427.67	694.45	756.98	869.26	806.37	380.41	241.95	156.84	29.06	4605.09
2017	Marzo	19	37.54	171.76	372.21	478.95	576.18	599.49	931.68	569.18	19.01	82.54	85.42	3928.82
2017	Marzo	20	88.94	411.16	635.32	521.3	574.15	872.12	721.15	221.32	108.29	182.12	179.42	4532.23
2017	Marzo	21	205.68	475.66	705.08	847.14	955.17	982.11	827.05	794.69	167.71	79.77	37.85	6105.55
2017	Marzo	22	90.91	259.57	482.43	587.87	679.42	335.75	321.74	167.8	83.56	48.45	34.59	3101.70
2017	Marzo	23	172.74	469.4	697.57	815.03	879.89	499.31	537.87	438.19	262.95	188.73	60.07	5044.57
2017	Marzo	24	96.23	348.16	519.53	757.82	846.27	791.11	513.27	117.31	66.57	63.55	30.09	4167.64
2017	Marzo	25	227.92	331.62	726.97	889.57	652.98	545.42	498.28	685.58	392.26	425.47	52.26	5455.09
2017	Marzo	26	112.24	239.3	394.93	592.44	665.26	509.93	470.72	374.44	254.63	71.74	13.84	3716.21
2017	Marzo	27	102.61	244.4	456.28	658.14	652.8	298.37	337.09	528.67	256.59	219.24	94.33	3860.77
2017	Marzo	28	101.99	400.13	707.4	850.64	952.24	402.27	616.66	481.68	588.05	342.8	49.97	5508.59
2017	Marzo	29	100.01	247.37	331.92	402.45	493.04	405.97	305.06	228.26	246.16	150.06	115.88	3032.19
2017	Marzo	30	132.68	476.48	536.07	409.04	493.53	493.05	325.24	366.48	46.03	99.24	29.3	3442.09
2017	Marzo	31	34.58	49.92	60.59	192.19	259.61	163.83	259.14	382.38	315.36	237.23	145.67	2106.14
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														4053.03

ANEXO B			Datos de radiacion solar en (Wh/m2). Secretaria del Ambiente del mes de Abril										B 5	
AÑO	MES	DIA	8:00 W/m ²	9:00 W/m ²	10:00 W/m ²	11:00 W/m ²	12:00 W/m ²	13:00 W/m ²	14:00 W/m ²	15:00 W/m ²	16:00 W/m ²	17:00 W/m ²	18:00 W/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Abril	3	130.23	344.78	775.54	868.13	630.46	587.33	264.57	318.99	370.99	166.41	62.62	4543.71
2017	Abril	4	92.98	192.11	385.46	766.81	988.47	635.68	817.51	766.21	633.38	405.64	92.64	5789.63
2017	Abril	5	176.64	374.57	576.62	769.24	881.5	558.59	846.05	624.51	659.41		138.54	5631.73
2017	Abril	6	121.54	231.76	247.71	857.1	905.69	516.69	437.29	823.07	648.49	180.72	101.25	5087.95
2017	Abril	7	230.42	361.08	596.29	756.93	875.14	866.55			257.35	76.71	43.51	4090.43
2017	Abril	8	78.49	318.59	520.96	479.43	574.69	282.52	221.91	82.29	111.23	200.72	26.48	2905.84
2017	Abril	9	97.67	290.32	522.53	480.05	585.85	422.15	341.11	356.4	135.79	285.39	56.02	3577.99
2017	Abril	10	227.36	478.65	702.34	844.36	959.38	850.6	227.46	77.54	39.56	102.6	66.86	4597.44
2017	Abril	11	132.06	393.23	709.97	855.23	997.94	659.83	608.82	204.94	311.5	179.95	23.95	5086.36
2017	Abril	12	82.57	343.68	591.39	677.89	987.94	671.44	647.59	131.24	62.47	79.85	14.82	4307.07
2017	Abril	13	124.24	399.54	423.1	753.6	354.41	383.99	581.45	769.86	252.32	213.54	46.79	4320.77
2017	Abril	14	137.56	497.85	448.94	851.7	1046.14	486.27	711.01	171.49	190.64	142.26	94.41	4800.84
2017	Abril	15	147.2	347.71	468.06	831.43	792.22	888.89	736.81	498.69	485.69	92.33	31.59	5349.14
2017	Abril	16	196.22	510.14	664.9	895.26	946.04	650.23	991.6	399.15	99.61	61.8	46.59	5477.42
2017	Abril	17	118.95	403.26	590.34	800.92	928.64	809.09	145.22	379.42	123.98	63.88	7.6	4400.96
2017	Abril	18	81.04	267.17	445.16	788.15	721.19	948.38	697.82	216.16	17.69	11.61	9.51	4212.67
2017	Abril	19	55.99	231.89	386.1	523.44	440.12	445.43	99.86	99.35	145.14	130.02	39.61	2612.70
2017	Abril	20	130.11	394.11	509.43	445.58	544.39	814.82	696.62	75.52	79.22	42.1	13.93	3776.23
2017	Abril	21	137.18	319.38	676.54	803.17	891.82	925.66		488.2	256.55	182.72	71.91	4765.30
2017	Abril	22	116.84	275.58	573.58	807.36	877.18	891.62	663.55	624.31	413.37	283.45	64.13	5603.57
2017	Abril	23	241.63	472.02	688.04	828.46	620.03	927.45	875.15	778.47	333.42	59.46	70.14	5936.95
2017	Abril	24	129.18	349.99	592.61	836.09	971.96	999.13	205.86	49.75	31.29	24.02	12.8	4227.28
2017	Abril	25	172.55	527.79	577.89	822.83	629.09	663.73	857.89	550.9	371.63	83.76	12.84	5283.71
2017	Abril	26	125.92	366.97	668.07	709.15	881.01	912.56	857.45	233.67	158.14	127.79	49.36	5109.01
2017	Abril	27	184.34	206.77	659.17	844.88	905.04	929.74	847.2	802.42	640.28	299	50.64	6402.15
2017	Abril	28	132.32	255.3	526.92	670.25	600.29	772.76	746.24	335.46	330.11	321.18	45.85	4764.47
2017	Abril	29	95.44	321.74	669.46	722.31	660.47	511.67	439.71	457.17	356.75	314.37	66.65	4643.02
2017	Abril	30	137.06	257.64	443.2	482.81	661.08	762.43	782.3	714.47	222.61	195.45	14.94	4690.78
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														4714.11

ANEXO B			Datos de radiacion solar en (Wh/m2). Secretaria del Ambiente del mes de Mayo										B 6	
AÑO	MES	DIA	8:00 W/m ²	9:00 W/m ²	10:00 W/m ²	11:00 W/m ²	12:00 W/m ²	13:00 W/m ²	14:00 W/m ²	15:00 W/m ²	16:00 W/m ²	17:00 W/m ²	18:00 W/m ²	Total (Wh/m ² .dia)
2017	Mayo	3	99.09	377.66	690.41	751.53	864.56	942.63	872.98	791.78	510.82	140.85	20.64	6076.93
2017	Mayo	4	217.97	392.03	447.21	689.89	606	837.67	670.1	511.4	490.42	269.87	80.09	5235.38
2017	Mayo	5	154.4	367.04	631.44	759.46	500.7	471.04	261.48	364.19	102.38	58.31	41.38	3756.16
2017	Mayo	6	219.67	410.52	422.14	349.58	396.46	442.75	432.47	330.65	179.4	82.24	36.73	3341.66
2017	Mayo	7	86.65	230.06	421.71	493	590.2	647.57	311.87	421.22	307.84	195.15	40.84	3768.80
2017	Mayo	8	38.19	136.27	261.91	351.93	264.4	314.03	280.24	227.77	146.81	89.33	26.64	2145.50
2017	Mayo	9	135.22	290.69	592.98	332.56	377.5	465.25	672.46	711.68	601.53	215.28	45.84	4463.81
2017	Mayo	10	17.36	45.13	67.93	74.03	106.54	163.16	540.68	618.77	645.78	253.67	25.46	2561.57
2017	Mayo	11	24.4	79.19	154.82	310.65	708.04	656.81	756.54	730.08	563.15	158.77	4.13	4153.66
2017	Mayo	12	128.18	327.2	687.46	778.91	657.94	545.72	650.61	488.52	306.68	61.77	6.99	4666.48
2017	Mayo	13	150.19	511.64	344.27	390.53	519.43	808.88	612.35	285.1	170.65	22.94	6.24	3841.50
2017	Mayo	14	73.61	108.28	267.22	405.25	436.28	383.72	343.8	355.56	316.96	113.64	32.59	2848.14
2017	Mayo	15	112.84	286.7	335.8	554.37	700.03	803.01	425.19	104.24	14.62	21.9	7.67	3391.89
2017	Mayo	16	126.63	275.26	639.26	788.69	758.89	747.14	661.49	222.33	77.25	14.37	10.45	4342.24
2017	Mayo	17	125.62	434.69	657.03	792	870.48	786.97	861.69	327.95	113.43	99.18	26.47	5118.16
2017	Mayo	18	74.16	168.19	264.4	349.5	485.84	796.16	860.94	729.3	505.79	93.19	9.62	4345.51
2017	Mayo	19	172.05	474.19	650.98	772.19	846.41	879	592.89	574.06	535.39	349.18	97.86	5968.65
2017	Mayo	20	131.9	396.18	459.27	261.5	349.15	397.43	635.51	349.5	328.21	317.71	79.29	3725.15
2017	Mayo	21	103.32	365.95	519.36	607.14	553.76	939.81	737.06	711.46	569.8	351.52	110.07	5581.99
2017	Mayo	22	126.41	527.19	640.77	466.87	787.35	852.25	878.65	525.15	175.62	196.6	45.98	5246.15
2017	Mayo	23	188.26	447.45	685.87	544.94	642.35	665.85	678.84	585.57	524.95	357.23	110.43	5459.73
2017	Mayo	24	120.49	299.91	603.47	438.23	647.45	475.23	265.31	556.5	335.76	206.33	56.13	4020.06
2017	Mayo	25	226.15	499.06	554.52	538.35	892.84	602.08	574.47	408.45	342.68	182.86	83.39	4932.22
2017	Mayo	26	108.98	233.27	253.68	311.24	404.63	385.8	459.13	480.66	401.66	231.43	98.56	3392.23
2017	Mayo	27	130.08	423.69	651.75	443.12	927.62	576.51	825.72	586.04	573.07	401.22	93.81	5641.29
2017	Mayo	28	223.34	458.03	651.22	797.65	897.04	916.9	868.64	760.96	584.98	313.34	75.37	6567.93
2017	Mayo	29	225.87	415.89	538.09	633.39	812.98	697.87	544.93	285.1	228.86	252.15	96.8	4765.57
2017	Mayo	30	191.6	416.36	632.37	766.71	865.25	730.53	876.65	252.52	393.85	85.40	1,17	5144.16
2017	Mayo	31	157.06	299.19	295.73	430.45	475.04	355.92	460.91	319.36	514.9	339.63	55.3	3739.18
Promedio Mensual (Wh/m ² .dia)														4422.13

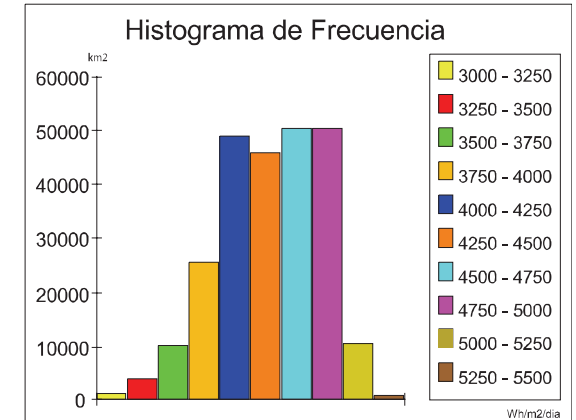
ANEXO C

MAPAS



Isohelas cada 150 Wh/m²/día.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000

Insolación Global Enero



Valor Máximo: 5 523 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 089 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 411,18 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 415,7527 Wh/m²/día

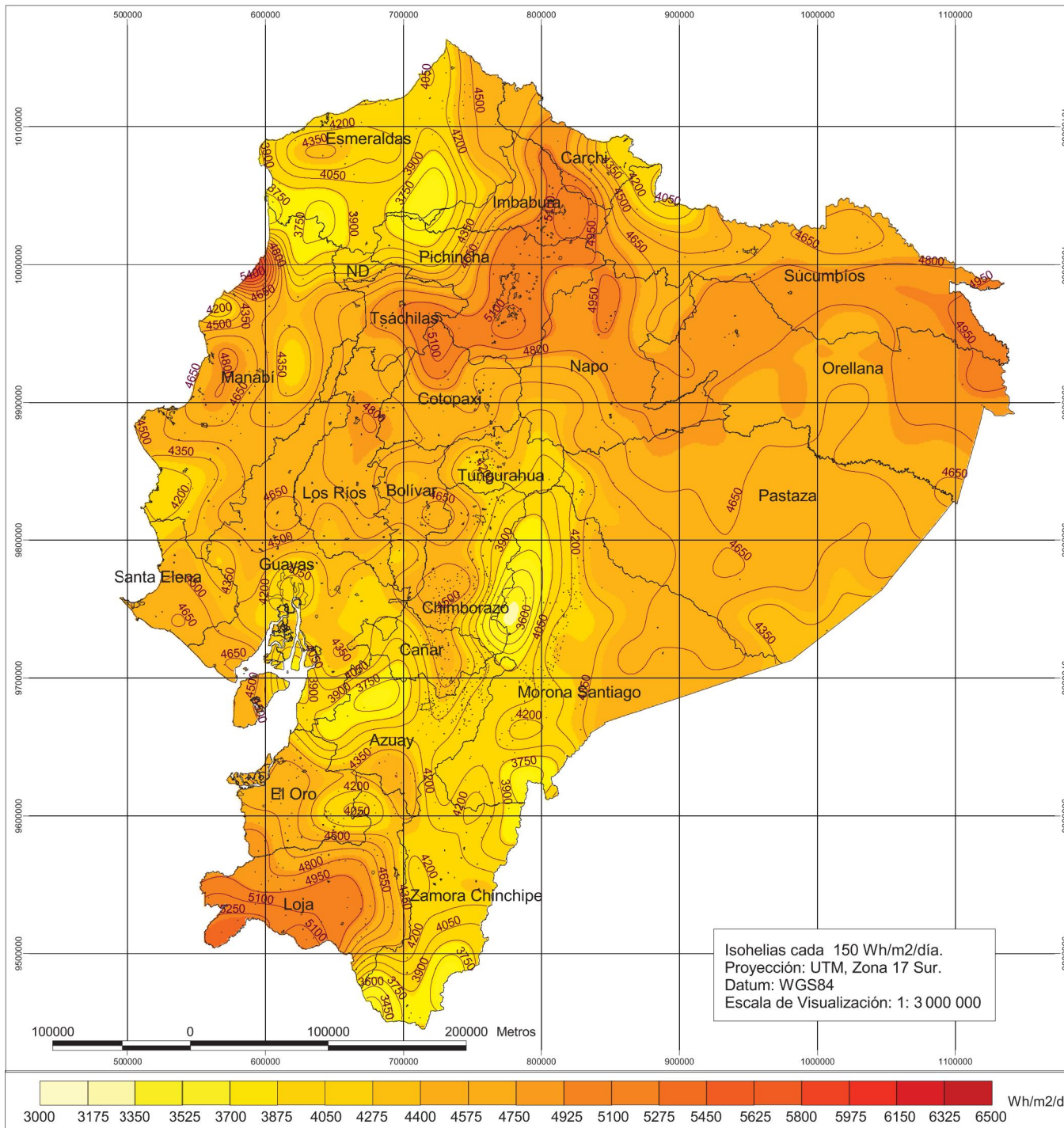


Corporación para la Investigación Energética

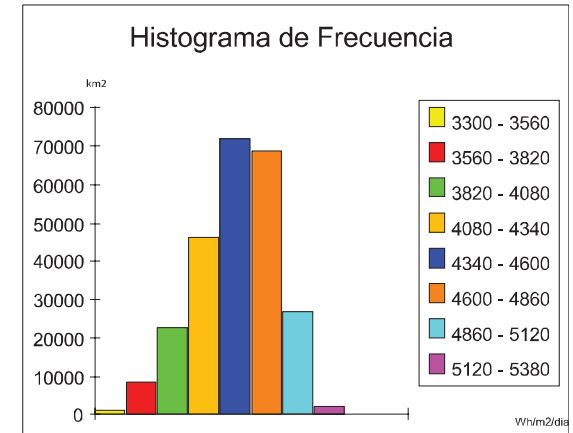
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:
 Insolación Global para el mes de Enero

Fecha:
 Agosto del 2008



Insolación Global Febrero



Valor Máximo: 5 817 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 315 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 480,31 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 334,7997 Wh/m²/día

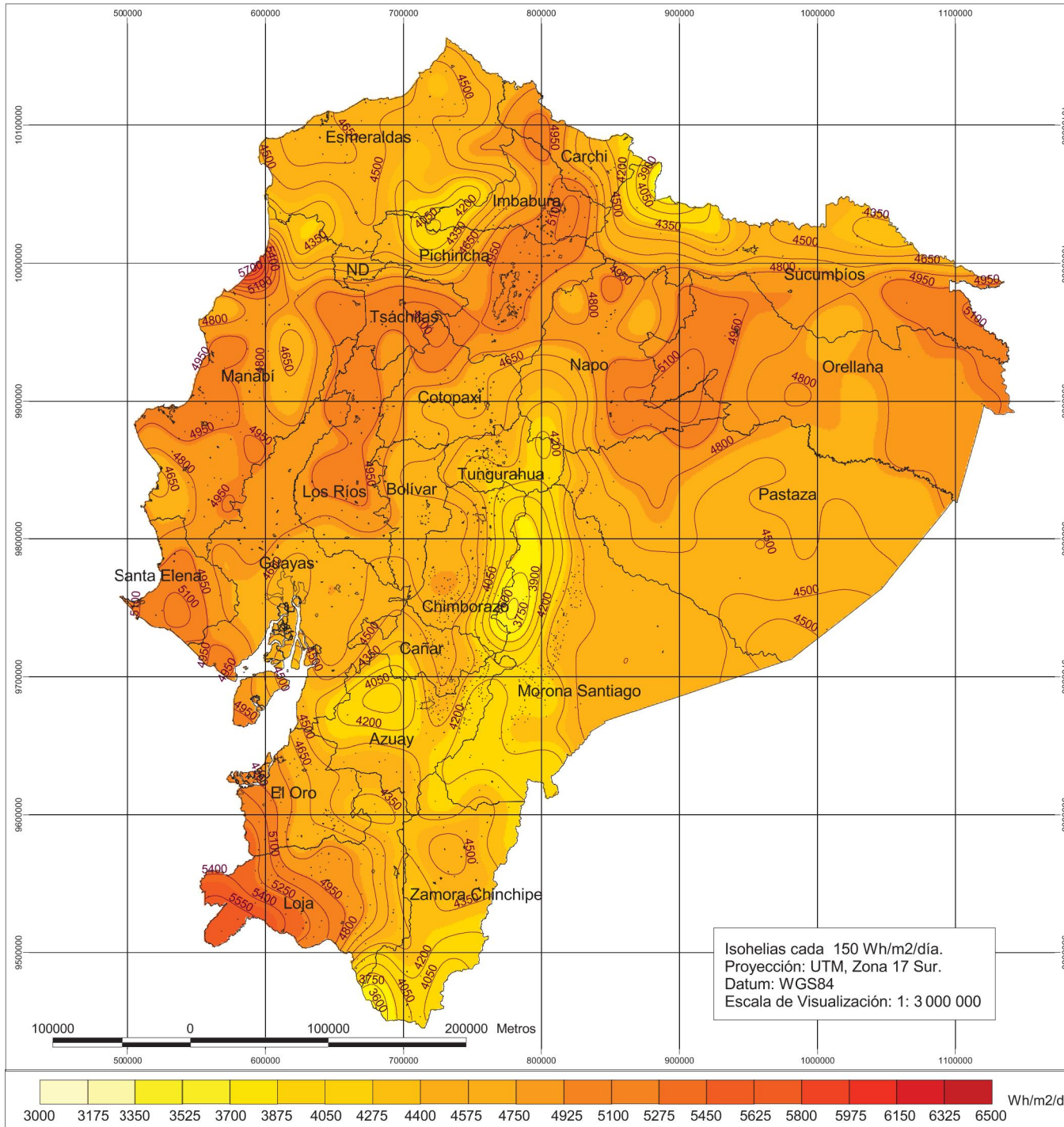


CONELEC
CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD

CIE
Corporación para la Investigación Energética

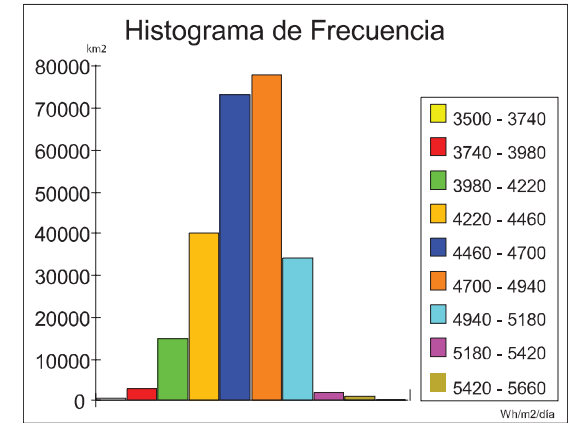
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene: Insolación Global para el mes de Febrero	Fecha: Agosto del 2008
---	---------------------------



Isohelas cada 150 Wh/m²/día.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000

Insolación Global Marzo



Valor Máximo: 5 855 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 572 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 655,19 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 291,5249 Wh/m²/día

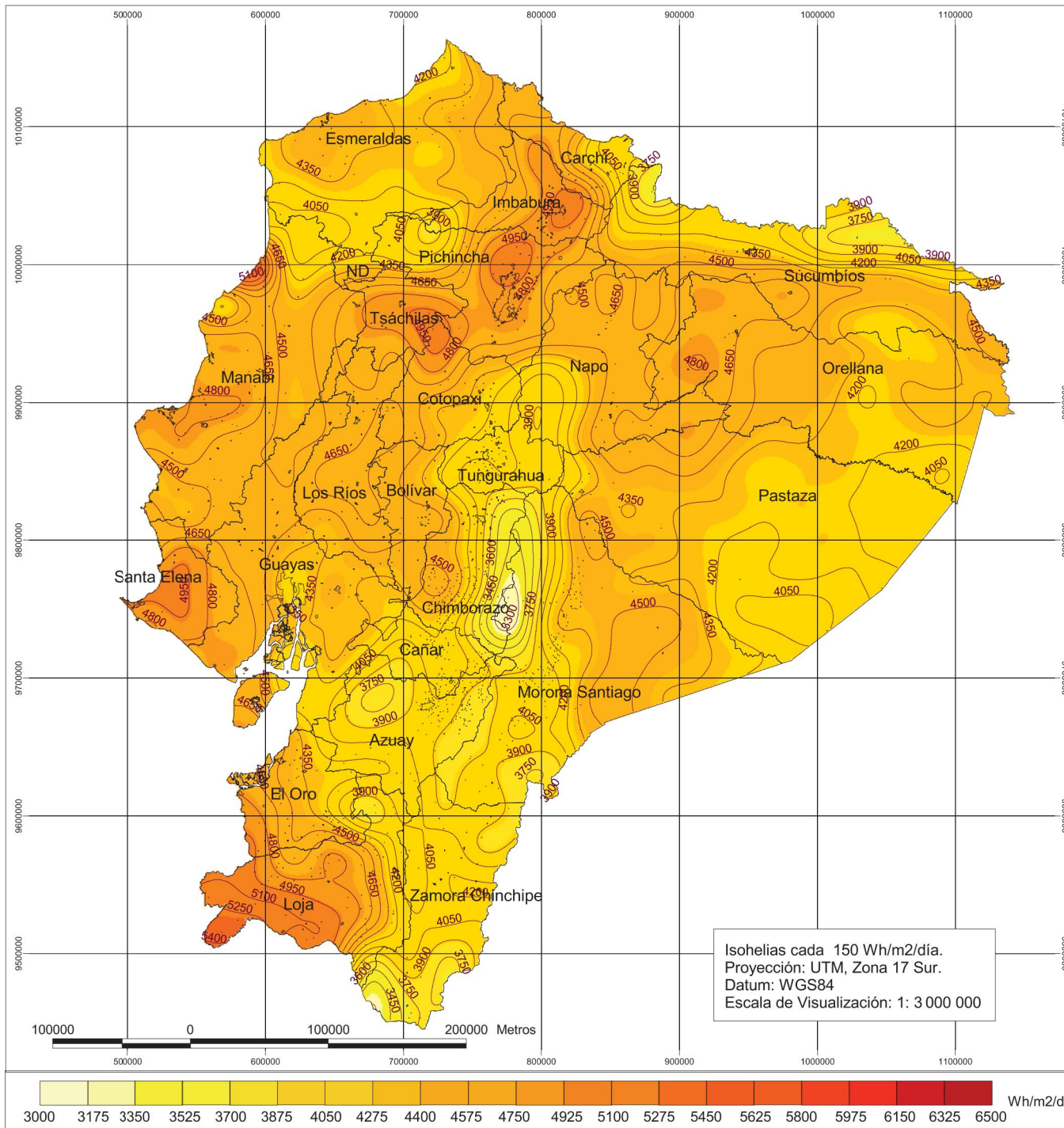


Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

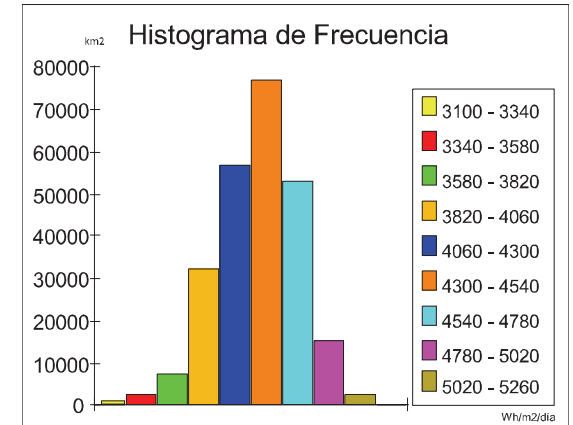
Contiene:
Insolación Global para el mes de Marzo

Fecha:
Agosto del 2008



Isohelias cada 150 Wh/m2/día.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000

Insolación Global Abril



Valor Máximo: 5 421 Wh/m2/día
 Valor Mínimo: 3 188 Wh/m2/día
 Valor Promedio: 4 360,2057 Wh/m2/día
 Desviación Estándar: 315,9972 Wh/m2/día

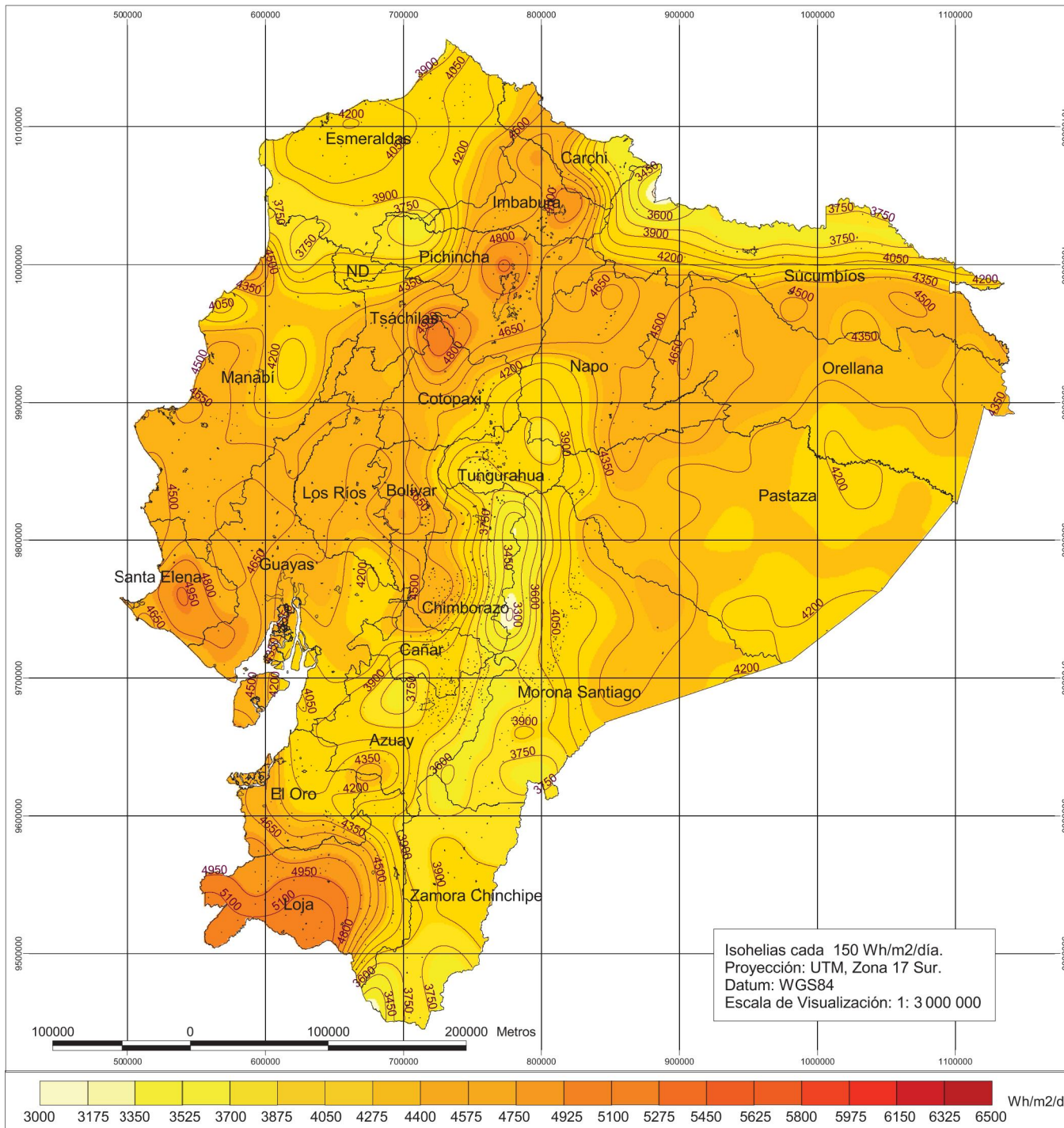


Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

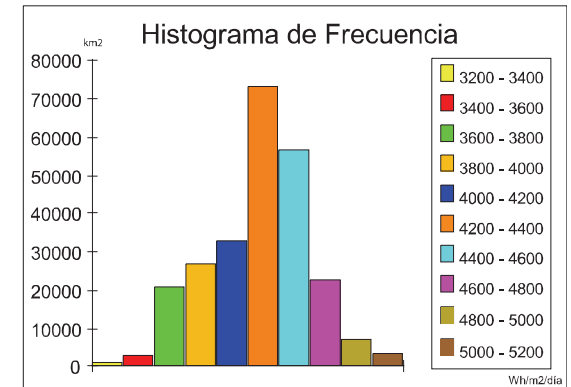
Contiene:
Insolación Global para el mes de Abril

Fecha:
Agosto del 2008



Isohelias cada 150 Wh/m²/día.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000

Insolación Global Mayo



Valor Máximo: 5 213 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 288 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 276,06 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 325,6587 Wh/m²/día

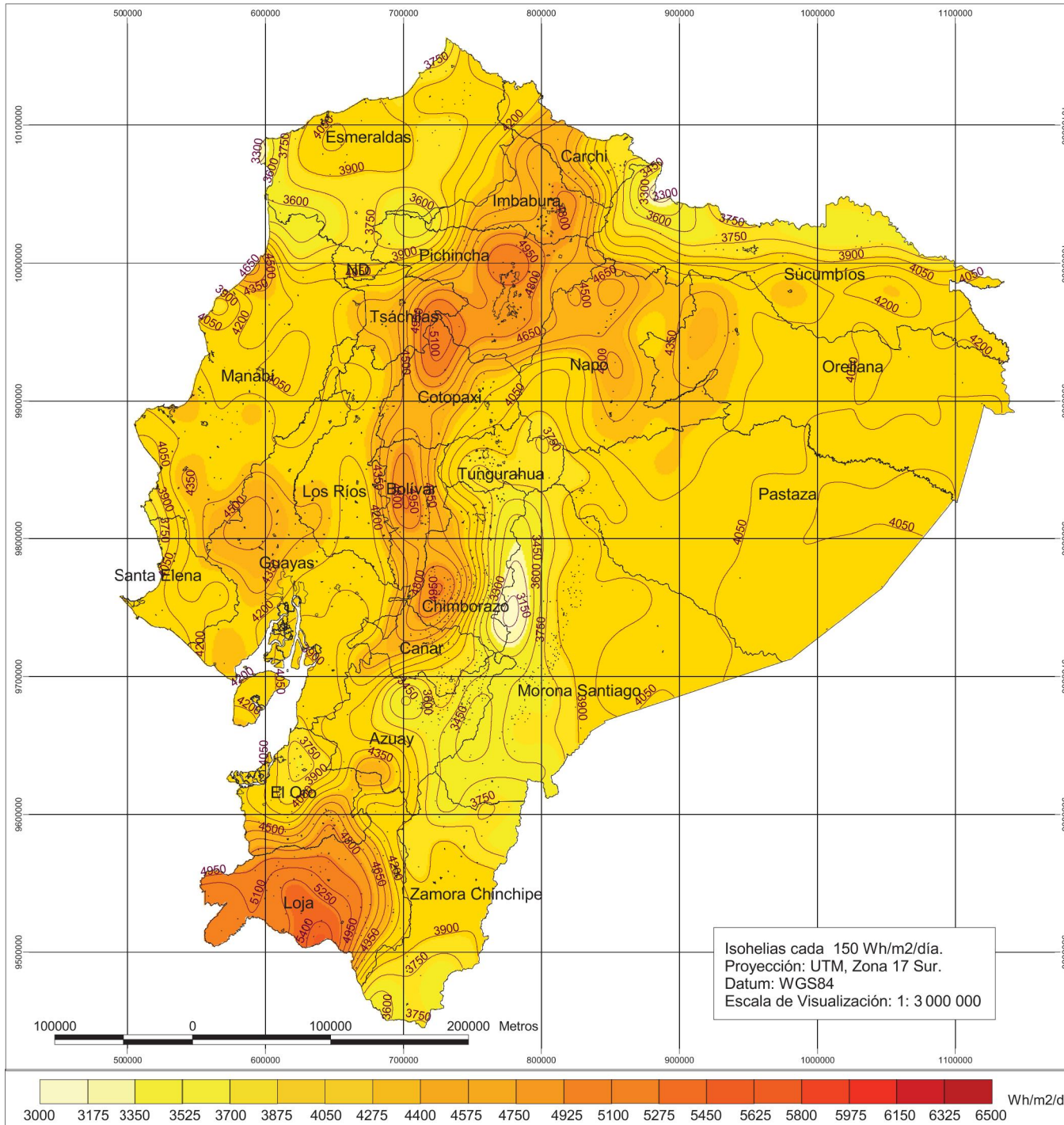


Corporación para la Investigación Energética

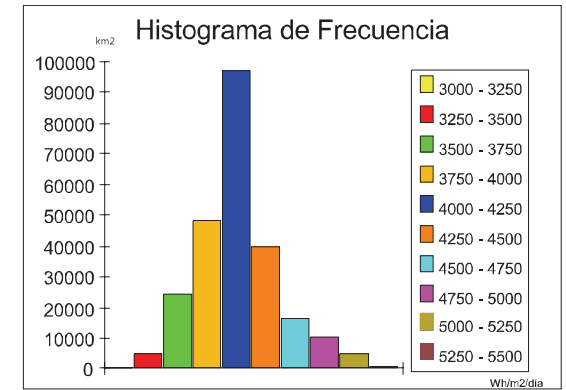
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene: Insolación Global para el mes de Mayo

Fecha: Agosto del 2008



Insolación Global Junio



Valor Máximo: 5 474 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 107 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 140,13 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 351,9731 wh/m²/día

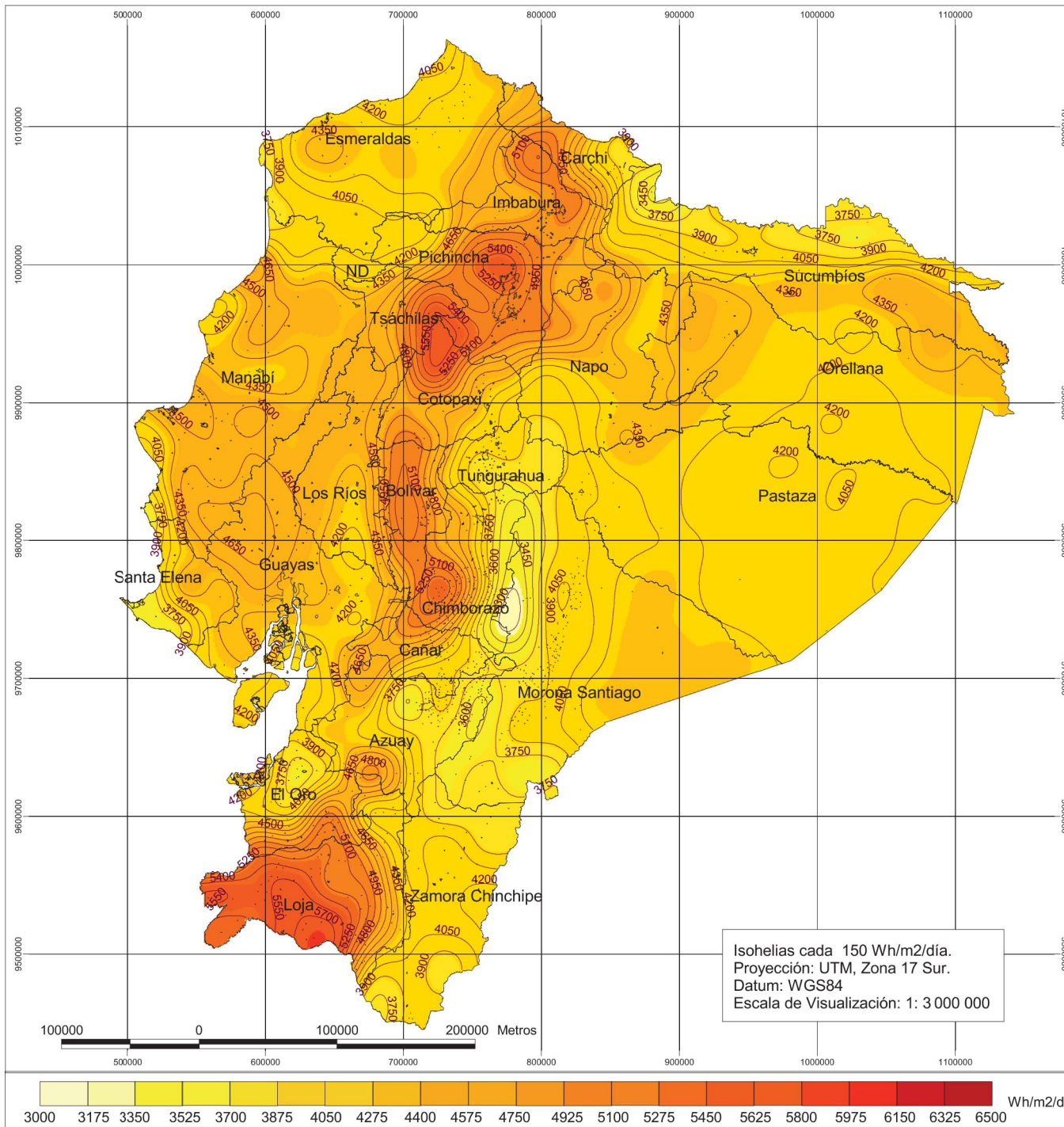


Corporación para la Investigación Energética

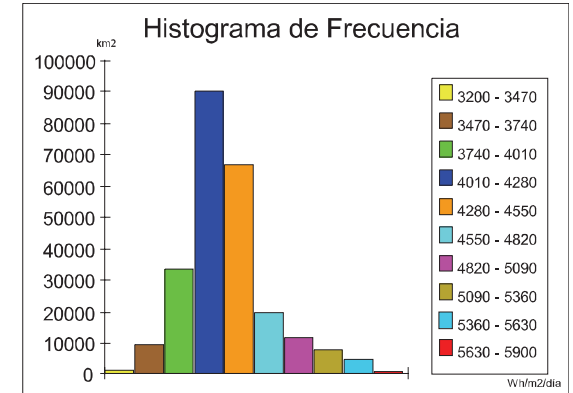
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene: Insolación Global para el mes de Junio

Fecha: Agosto del 2008



Insolación Global Julio



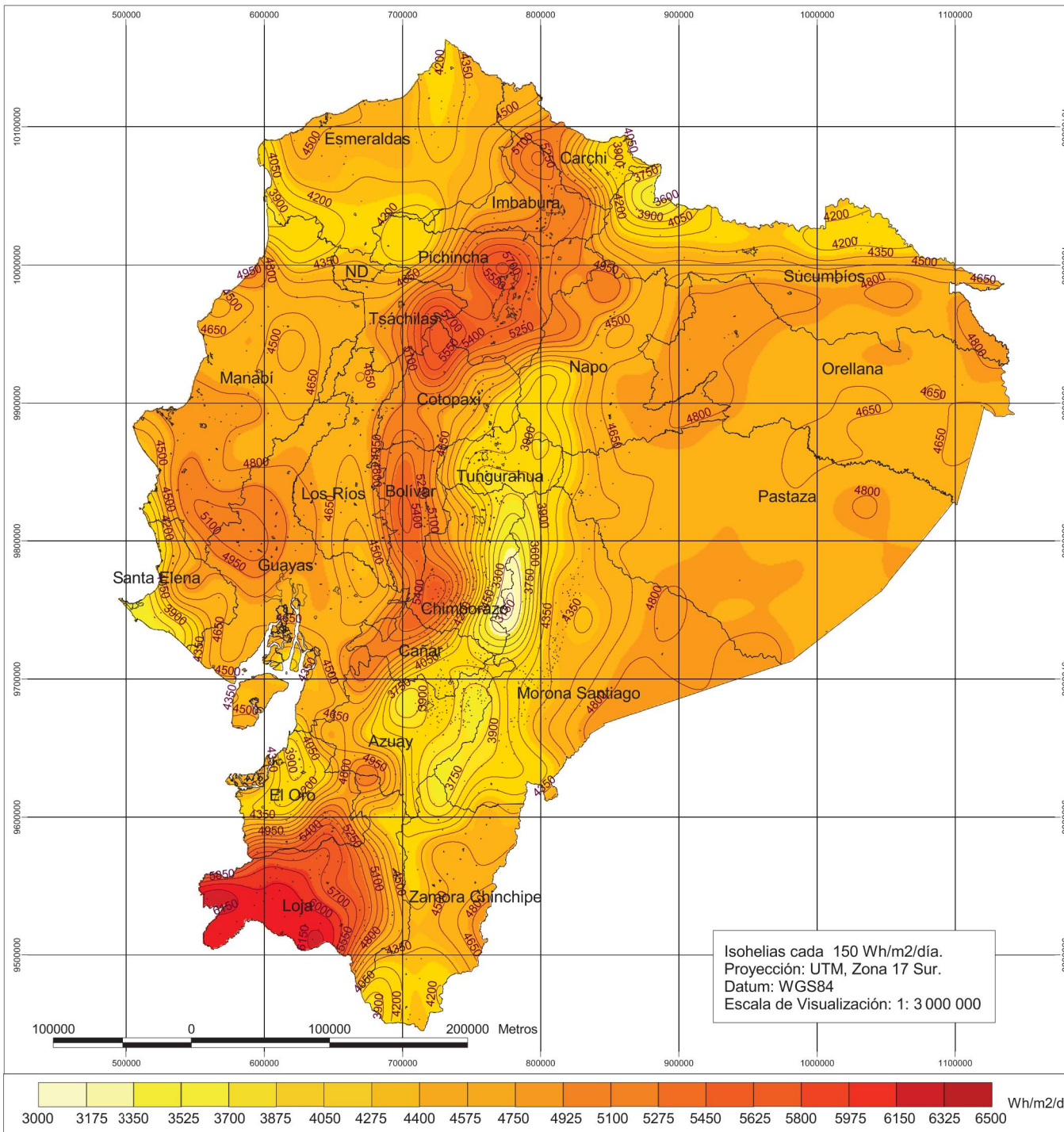
Valor Máximo: 5 842 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 216 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 308,48 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 392,9003 Wh/m²/día

CONELEC
CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD

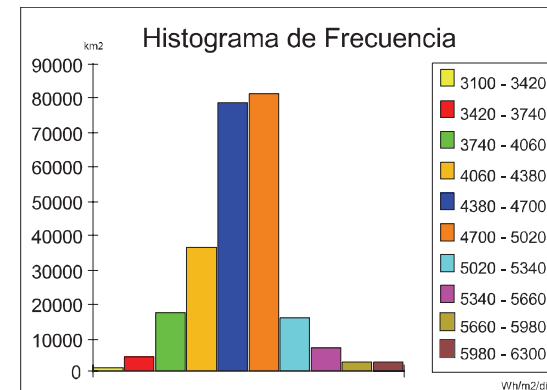
CIE
Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene: Insolación Global para el mes de Julio	Fecha: Agosto del 2008
---	---------------------------



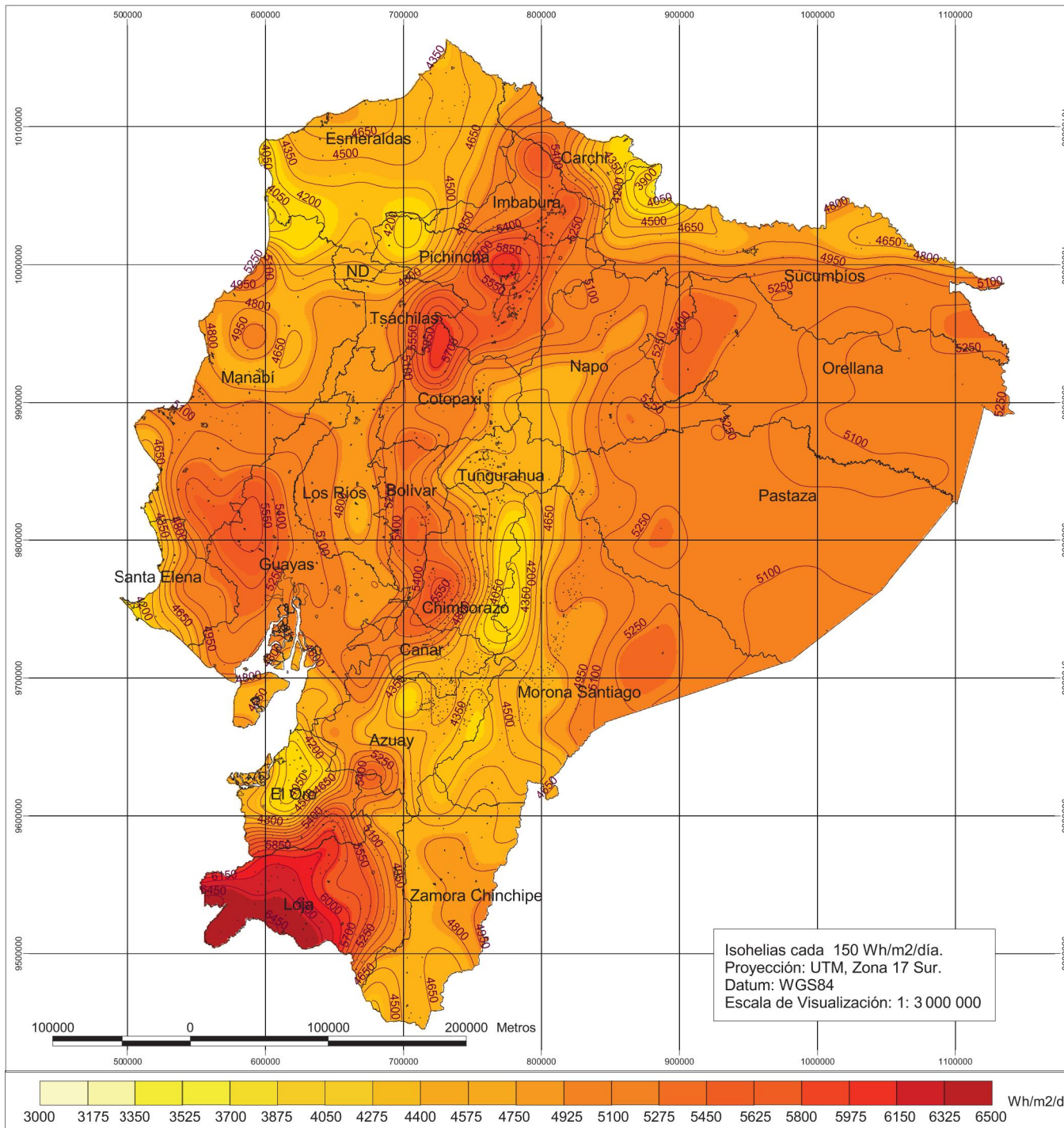
Insolación Global Agosto



Valor Máximo: 6 254 Wh/m2/día
 Valor Mínimo: 3 117 Wh/m2/día
 Valor Promedio: 4 624,62 Wh/m2/día
 Desviación Estándar: 429,5265 Wh/m2/día

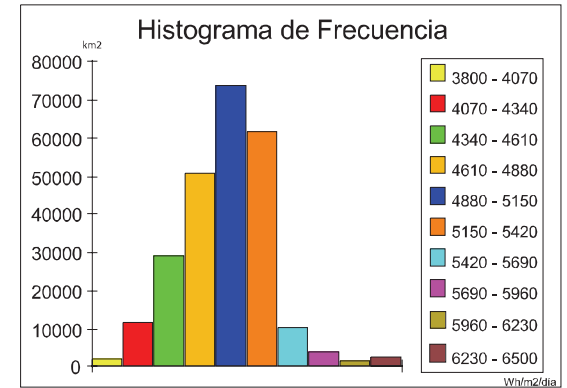
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene: Insolación Global para el mes de Agosto	Fecha: Agosto del 2008
--	---------------------------



Isohelias cada 150 Wh/m²/día.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000

Insolación Global Septiembre



Valor Máximo: 6 492 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 835 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 974,44 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 390,9649 Wh/m²/día

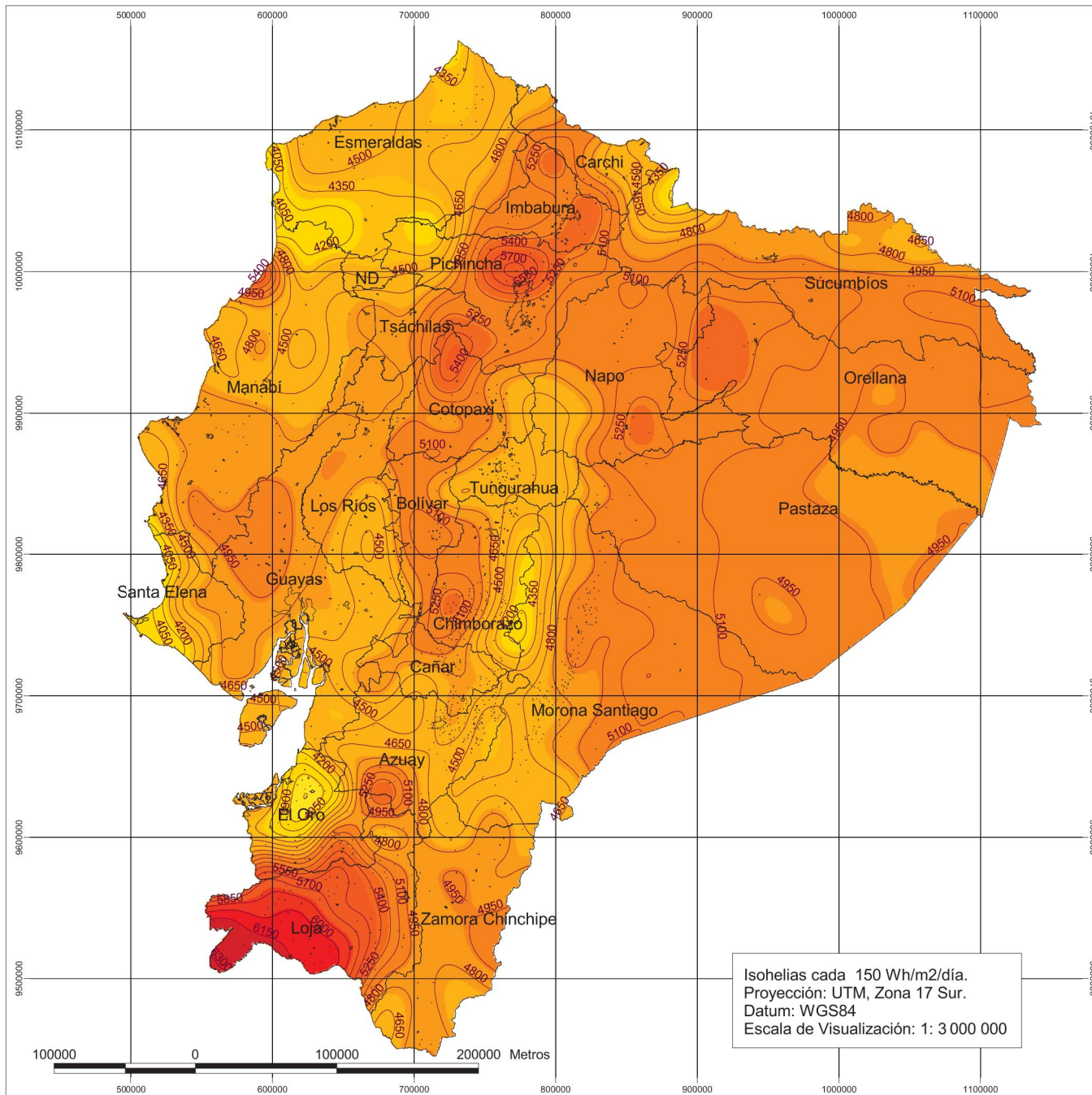


Corporación para la Investigación Energética

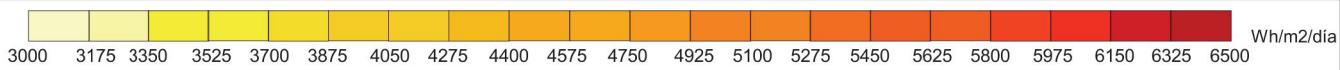
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:
Insolación Global para el mes de Septiembre

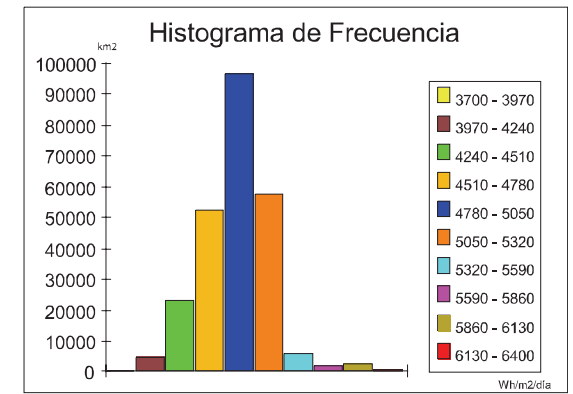
Fecha:
Agosto del 2008



Isohelias cada 150 Wh/m²/día.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000



Insolación Global Octubre

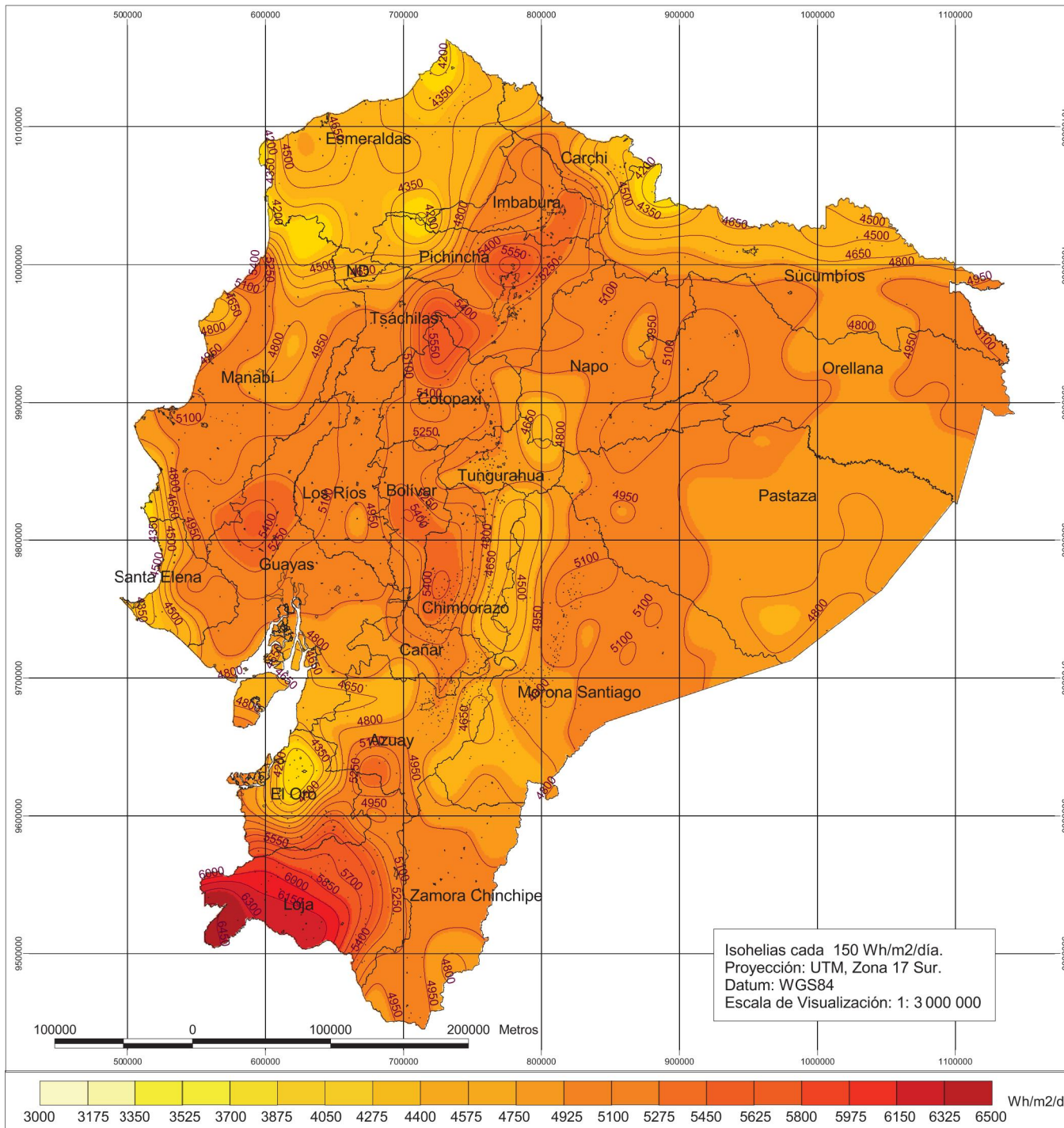


Valor Máximo: 6 323 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 748 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 888,34 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 324,2121 wh/m²/día

Corporación para la Investigación Energética

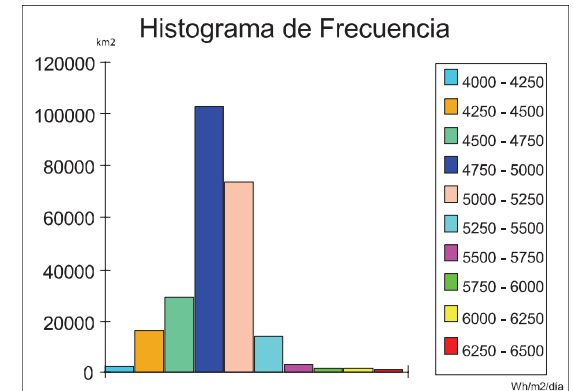
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene: Insolación Global para el mes de Octubre	Fecha: Agosto del 2008
---	---------------------------



Isohels cada 150 Wh/m²/día.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000

Insolación Global Noviembre



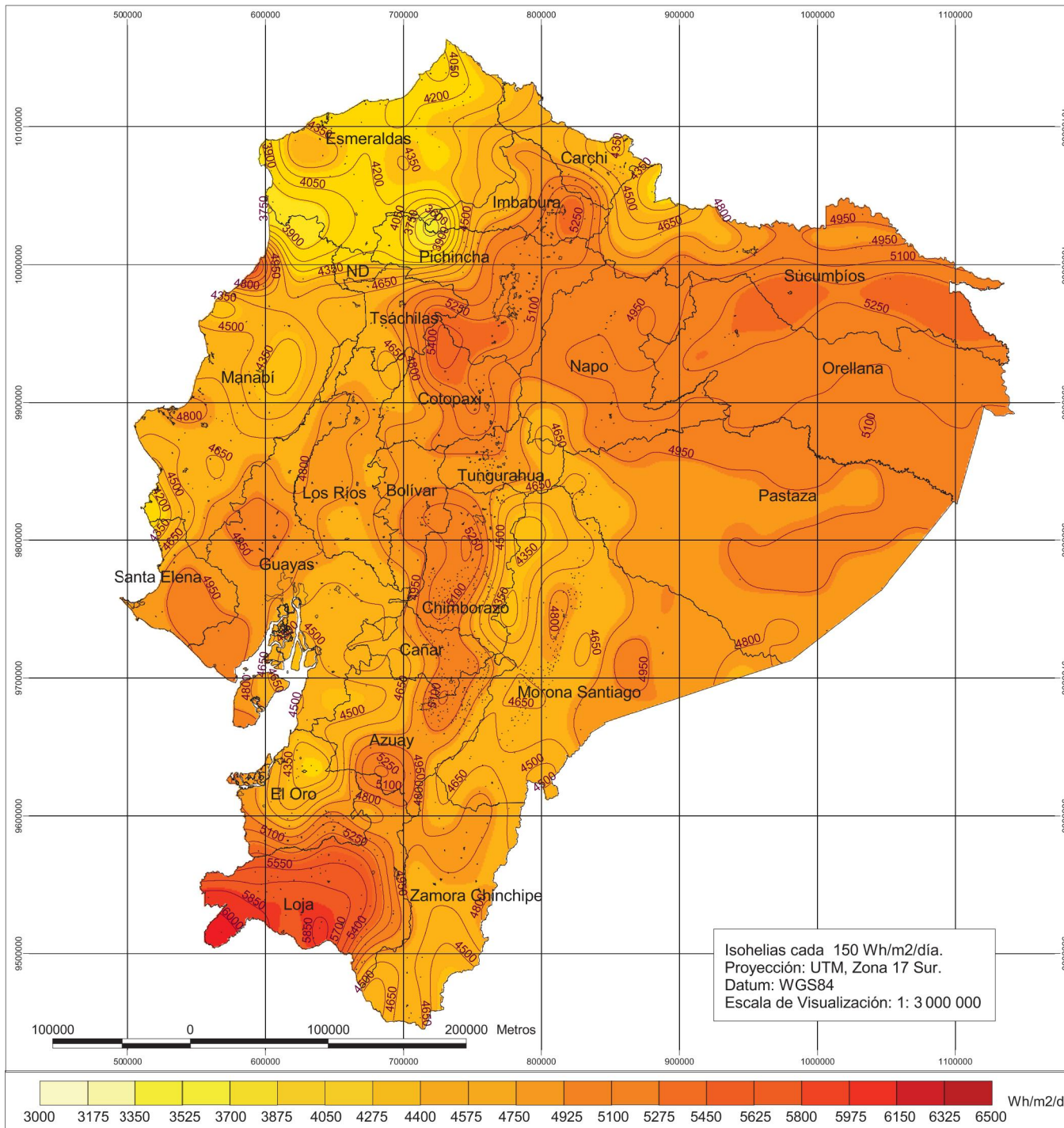
Valor Máximo: 6 484 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 4 059 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4 943,48 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 306,6717 Wh/m²/día



Corporación para la Investigación Energética

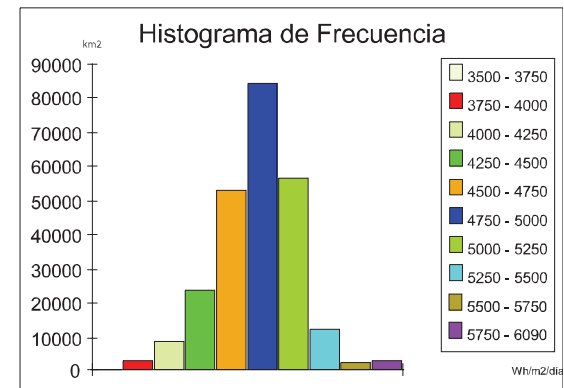
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene: Insolación Global para el mes de Noviembre
 Fecha: Agosto del 2008



Isohelas cada 150 Wh/m²/día.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000

Insolación Global Diciembre



Valor Máximo: 6 089 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 3 537 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 4837,51 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 333,9529 Wh/m²/día

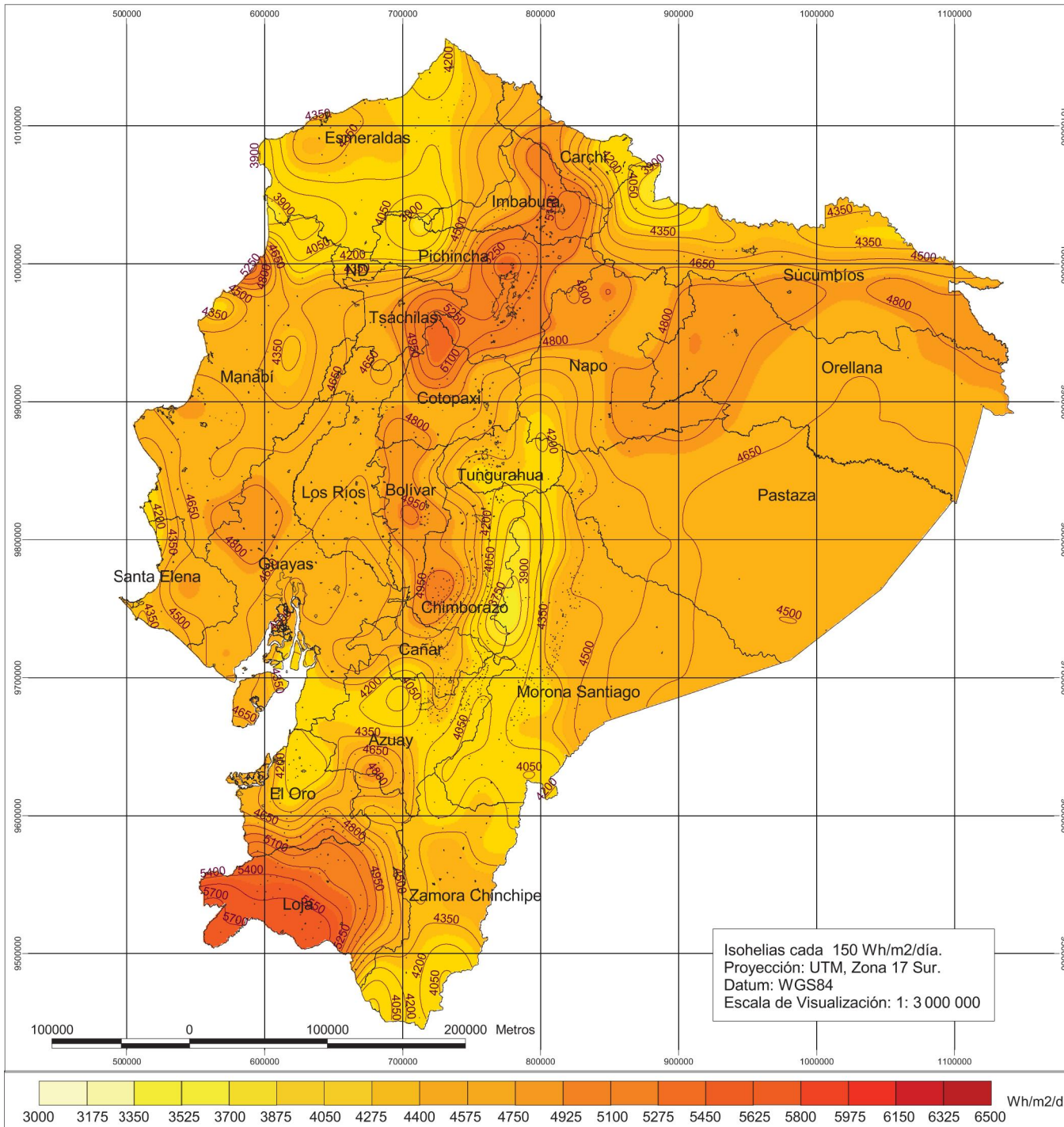


Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

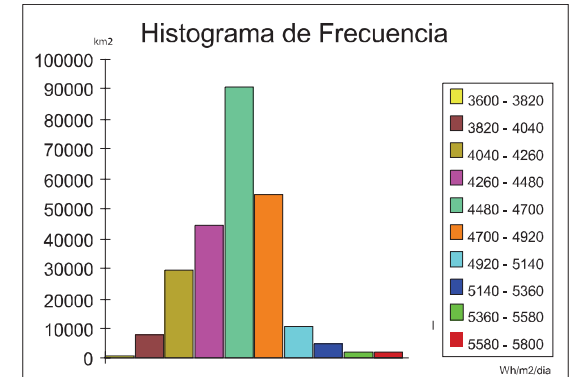
Contiene:
 Insolación Global para el mes de Diciembre

Fecha:
 Agosto del 2008



Isohelias cada 150 Wh/m2/dia.
 Proyección: UTM, Zona 17 Sur.
 Datum: WGS84
 Escala de Visualización: 1: 3 000 000

Insolación Global Promedio



Valor Máximo: 5 748 Wh/m2/dia
 Valor Mínimo: 3634 Wh/m2/dia
 Valor Promedio: 4574,99 Wh/m2/dia
 Desviación Estándar: 301,4093 Wh/m2/dia



Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:
 Insolación Global Anual Promedio

Fecha:
 Agosto del 2008

ANEXO D

SUNNY SENSORBOX

SUNNY SENSORBOX



Reliable

- Rapid error detection via continuous target-actual comparison of plant performance

Informative

- Precise acquisition of irradiation intensity, module temperature, ambient temperature and wind speed values

Easy to install

- Easy installation on the solar generator
- Simple integration into existing PV plants via RS485

- Data analysis on any PC or in the Sunny Portal

SUNNY SENSORBOX

The weather station for PV plants

The Sunny SensorBox is installed directly onto the modules and measures the sun radiation and temperature. In combination with Sunny WebBox and Sunny Portal, it provides a continuous target-actual comparison of plant performance. This makes it possible to detect shade, dirt, and gradually declining performance in a generator and thus maximizes yield security. Additional sensors for optional measurement of ambient temperature or wind speed permit more precise calculations.



SUNNY SENSORBOX

Innovation and precision for your performance monitoring

Complete system monitoring easily installed

The Sunny SensorBox is installed outdoors at the solar generator, and comes with an integrated solar cell, which measures solar irradiation. The module temperature is measured by means of the temperature sensor which is included. From the present solar irradiation level and the module temperature, it is possible to calculate the expected output, and to compare it with the actual measured output of the inverters. Temporary or continuous yield losses caused by unknown failure sources are therefore a thing of the past.

... extendable

Once the Sunny SensorBox has been aligned to the modules, it is simply connected with the inverters to a Sunny WebBox with an RS485 data connection. From there, the data can be transferred to a PC for further processing, or to the Sunny Portal for automatic performance analysis. The Sunny SensorBox also enables the connection of additional sensors, e. g. to measure the ambient temperature or wind speed for calculations which are even more precise. This ensures reliable system monitoring for operators – and maximum yield security.

Typical system design – Cable Transmission

Electricity Generation

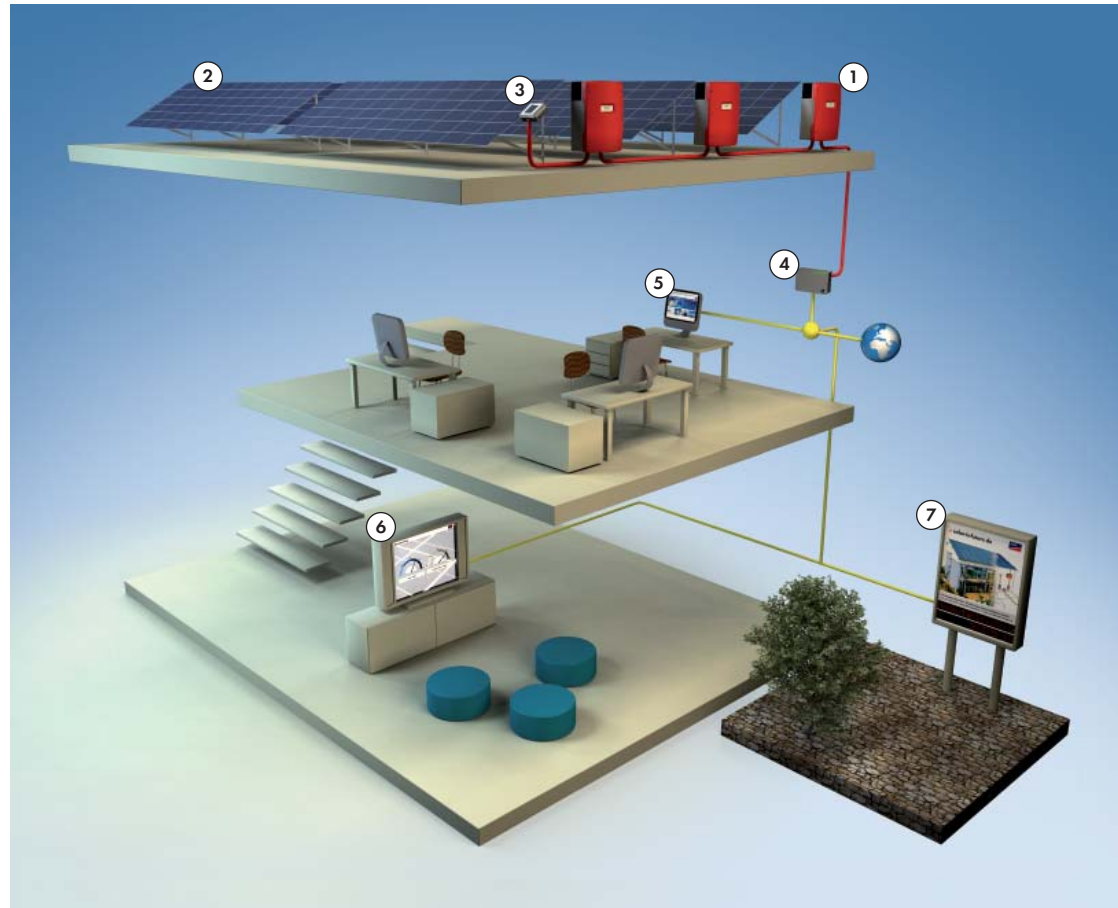
- ① SUNNY MINI CENTRAL
- ② Solar generator

System Monitoring

- ③ SUNNY SENSORBOX
- ④ SUNNY WEBBOX
- ⑤ SUNNY PORTAL
- ⑥ FLASHVIEW
- ⑦ SUNNY MATRIX

— RS485

— Local network / Internet



Performance ratio as a quality indicator

Shadowing, defects, surface contamination and gradual malfunctions such as deteriorating modules have a serious impact on the generator yield and the overall performance and are not to be underestimated. Particularly annoying for the operator is the fact that the losses in yield could have been avoided in most cases – if the error had been detected in time. The system efficiency of the PV-plant (performance ratio) is therefore an essential value. The performance ratio indicates the ratio of actual yield to the theoretically possible yield. Since the performance ratio indicates how the irradiated energy on the generator side is exploited, it is the decisive quality factor for the performance of the entire PV system. This is where the

Sunny SensorBox comes into play.

How to determine the performance ratio

You simply divide the actual energy yield through the possible energy yield. While the inverter measures the actual energy, the possible energy yield is determined according to the efficiency of the modules, the module surface and the recorded insolation. Good grid connected PV systems reach performance ratios of between 60 % and 80 % – ratios under this value can indicate malfunctions of the system.

ANEXO E

LABORATORIO ELECTRICIDAD CC Y BAJA FRECUENCIA
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

1.-INFORMACIÓN Y DATOS

Empresa: WARTSILA ECUADOR S.A.
Solicitante: Ing. Jhonatan Camacho
Dirección: Quito, Autopista E31 km 24 ½

Certificado N°: LBF-2017-0226
Fecha de Calibración: 2017-02-17

2.-CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: (23 ± 5°C)
Humedad Relativa: (57.5 ± 12.5%)

Lugar de Calib.: Tecniprecisión

3.-IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD BAJO PRUEBA

ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Marca: HIOKI
Modelo: 3196
Serie: 0 2 0 6 0 2 4 0 8 **Código:** WEC-FS-AE01/70319900

Unidad del Eq.: V / A
Rango: 600 / 500
Resolución: 0,01 / 0,01

4.-TRAZABILIDAD

Método Utilizado: Por comparación directa según procedimiento de calibración LCT-PCBF-13.

Incertidumbre de Medida: El cálculo de la incertidumbre se estimó multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura (k=2.0), que corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. Según documento "Guide to the Expression

Patrones utilizados:

Patrón Utilizado:	Marca / Modelo:	Serie:	Fecha de Calibración:
Calibrador Multifunción	FLUKE 5500A	1 4 7 0 0 0 6	2016-11-22
Trazabilidad	Certificado N°:	Próxima Calibración:	
COLMETRIK	CMK-GELEC-16132	2018-11-23	
Patrón Utilizado:	Marca / Modelo:	Serie:	Fecha de Calibración:
Bobina de Corriente	TRANSMILLE EA002	1 1 1 4 7 5 E 1 5	2015-06-03
Trazabilidad	Certificado N°:	Próxima Calibración:	
UKAS	2 8 5 5 9	2017-06-03	

5.- RESULTADOS

ITEM #	PARAMETRO RANGO	V. PATRÓN CORREGIDO	VOLTAJE AC		
			LECTURA MEDIA (UBP)	ERROR (V)	INCERTID. k=2 (+/- V)
CANAL A					
1	600 V - 60 Hz	100,0041	100,95	0,9459	0,023
2		200,0023	200,24	0,2377	0,022
3		299,9993	300,20	0,2007	0,027
4		599,9890	600,30	0,3110	0,052
CANAL B					
5	600V - 60 Hz	100,0041	100,32	0,3159	0,023
6		200,0023	200,36	0,3577	0,023
7		299,9993	300,48	0,4807	0,027
8		599,9890	600,84	0,8510	0,068
CANAL C					
9	600V - 60 Hz	100,0041	100,49	0,4859	0,023
10		200,0023	200,60	0,5977	0,022
11		299,9993	300,78	0,7807	0,027
12		599,9890	601,27	1,2810	0,068

LCT-FPBF-13 REV.01-2016

Pág. 01 de 02

Empresa: WARTSILA ECUADOR S.A.
Solicitante: Ing. Jhonatan Camacho
Dirección: Quito, Autopista E31 km 24 ½

Certificado N°: LBF-2017-0226

Fecha de Cal.: 2017-02-17

FRECUENCIA Hz					
ITEM #	PARÁMETRO RANGO	V. PATRÓN CORREGIDO	LECTURA MEDIA (UBP)	ERROR (Hz)	INCERTID. k=2 (+/- Hz)
13	60 Hz	59,9988	60,001	0,0022	0,019

MEDIDOR DE INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA

CORRIENTE AC					
ITEM #	PARÁMETRO RANGO	V. PATRÓN CORREGIDO	LECTURA MEDIA (UBP)	ERROR (A)	INCERTID. k=2 (+/- A)
CANAL A					
14		50,20	50,77	0,570	0,15
15	500A - 60 HZ	150,14	151,78	1,640	0,63
16		501,84	506,39	4,550	0,96
CANAL B					
17		50,20	50,22	0,020	0,15
18	500A - 60 HZ	150,14	150,24	0,100	0,63
19		501,84	498,81	-3,030	0,96
CANAL C					
20		50,20	50,85	0,650	0,15
21	500A - 60 HZ	150,14	151,75	1,610	0,63
22		501,84	505,73	3,890	0,96

6.-OBSERVACIONES

- 6.1 Los resultados obtenidos hacen referencia al ítem mencionado en el punto 2 del presente documento.
- 6.2 La calibración se realizó a una temperatura ambiente media de 23 ± 5 °C y humedad relativa en el rango de 45% a 70% para determinar la incertidumbre se considera un nivel de confianza del 95% "y un factor de cobertura $k=2$ de acuerdo a la GUM", se relaciona únicamente a los valores medidos y no incluye estabilidad del instrumento bajo prueba para largo tiempo.
- 6.3 Las mediciones realizadas por nuestros laboratorios se basan en patrones de Referencia que mantienen Trazabilidad a organismos Nacionales y/o Internacionales acreditados.
- 6.4 La estabilidad y funcionamiento del equipo, depende de varios factores, los cuales están fuera del control de nuestros laboratorios de calibración.
- 6.5 Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección General de Tecniprecisión.

Calibrado por:


Tigo. Fernando Avilés
Técnico Magnitudes Eléctricas



Revisado por:


Carlos Argaje
Director Técnico

POWER QUALITY ANALYZER 3196

Power Measuring Instruments



Investigate All Your Power Quality Problems

- Remote control and data collection via LAN modem
- A full range of clamp sensors (Seven models with ratings from 5 to 5000 A AC)
- PQA-HiVIEW PRO 9624-50 software for flexible PC analysis



- Power waveform observation
- Abnormal waveform recording
- Harmonic measurement
- Flicker measurement
- Power measurement
- All in a single unit !

EN50160
IEC61000-4-30



ISO 9001
JMI-0216



ISO14001
JQA-E-90091



www.hioki.com

HIOKI company overview, new products, environmental considerations and other information are available on our website.

PQA-HiVIEW PRO 9624-50
Compatible to 400Hz Circuits!

Capture all power anomalies without fail!

Problems with power quality are all around us

Have you ever experienced any of the following ?

- Flickering lights
- Light bulbs burn out quickly
- Electronic office equipment does not function properly
- Sometimes devices operate abnormally
- Overheating in facilities using condensers fitted with reactors
- 3E (electrical overload, reverse phase, or phase loss) relays sometimes trip

These types of problems and others are often due to degraded power quality.

Discovering the cause can be difficult

The quickest way to solve power problems is to have a clear understanding of the cause, and be able to determine where the phenomenon occurred. However, it is not always possible to accurately grasp all of the various types of anomalies that may occur on power lines, even when using recording or harmonic analysis devices to investigate them.

Dedicated measuring instruments are required in order to accurately grasp these kinds of anomalies.

Fully identify the many phenomena hiding in your power lines

Overlooking the smallest of power anomalies can lead to enormous financial loss. Checking the quality of your power lines is the best way to prevent problems before they occur.

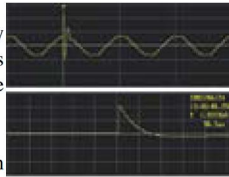
● Transient Overvoltage (Impulse)

Phenomenon :

Occurs due to lightning or circuit breaker/relay contact damage or closure. Often involves radical changes in voltage with high voltage peaks.

Damage :

In the vicinity of the event, high voltage often damages equipment power supplies or causes devices to reset.



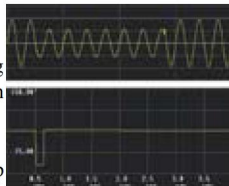
● Voltage Dip

Phenomenon :

Caused by momentary voltage drops resulting from large rush current in loads, such as when starting up a motor.

Damage :

The drop in voltage may cause devices to stop operating or reset.



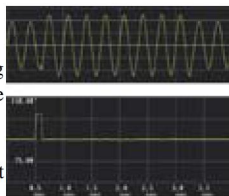
● Voltage Swell

Phenomenon :

Caused by lightning strikes or opening/closing power lines with heavy loads, causing the voltage to swell momentarily.

Damage :

The surge in voltage may damage equipment power supplies or cause devices to reset.



● Flicker (IEC, $\Delta V10$)

Phenomenon :

Caused by blast furnaces, arc welding, and thyristor-controlled loads, and involving regularly repeated voltage impulses spanning one or more cycles.

Damage :

Because this phenomenon is cyclically repeated, it may cause lights to flicker or devices to malfunction.



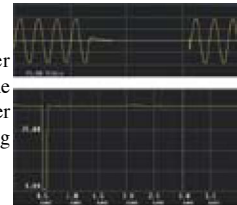
● Instantaneous interruptions

Phenomenon :

An instantaneous or short/long term power supply interruption caused by accidents at the power company (such as interruption of power transmission due to lightning strike) or tripping of breakers due a power supply short.

Damage :

Thanks to the increasingly widespread adoption of uninterruptible power supplies, equipment such as computers is increasingly protected against this problem. However, it may still cause other devices to stop operating or reset.



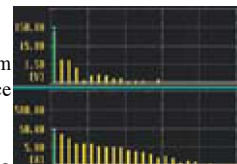
● Harmonics

Phenomenon :

Often occurs due to voltage/current waveform distortion when a semiconductor control device is used in a device's power supply.

Damage :

When harmonic components become too large, they can cause serious malfunctions, such as overheating in motor transformers, or burn-out of reactors connected to phase advance capacitors.



● Unbalance factor

Phenomenon :

Voltage/current waveform distortion and voltage drops or voltage phase reversals can occur when the load on a particular power line phase increases due to load fluctuations or imbalances.

Damage :

Voltage imbalance, reverse phase voltage, and harmonics can result in events such as uneven motor rotation, tripping of 3E breakers, and overheating due to transformer overloading.



The 3196 can simultaneously measure, record, and analyze all of the above phenomena.



Supports data analysis with a wide range of functions!

The 3196 measures, records and analyzes power line quality

Features

- **Supports single-phase 2-wire, single-phase 3-wire, three-phase 3-wire and three-phase 4-wire systems.** Further, the unit has an **extra input channel providing enhanced analysis capabilities.**

An isolated CH4 terminal is provided for AC and DC measurement.

- Neutral line measurement you can use for ground fault detection!
- Analyze DC power supplies
- Performs simultaneous analysis of two isolated systems, such as single phase and three phase lines

- **Comes equipped with Δ -Y and Y- Δ conversion functions**

Supports Δ -Y voltage conversion for three-phase, 3-wire systems, and Y- Δ voltage conversion for three-phase, 4-wire systems. Selectable display of inter-line voltage and phase voltage.

- **Wide selection of clamp on current sensors**

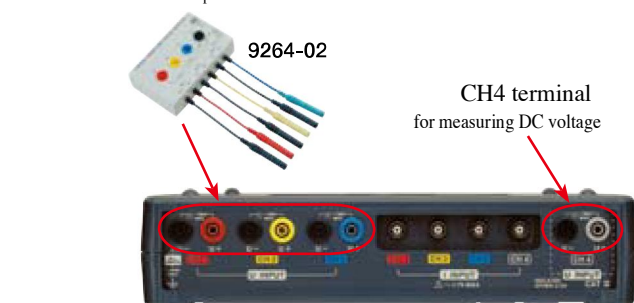
In addition to clamp-on current sensors Models **9660** (100 A), **9661** (500 A), **9669** (1000 A), and **9667** (5000 A, flexible), HIOKI also provides the **9694** (5 A) sensor, which is ideal for CT terminal measurement, as well as two other clamps for 5A leak measurement, Models **9657-10** and **9675**, to suit every application need.

- **Three-phase voltage wiring adapter (optional)**

Use the wiring adapter to simplify voltage wiring procedures.

- **9264-01** for three-phase, 3-wire systems
- **9264-02** for three-phase, 4-wire systems

* The 9264-01/02 Wiring Adapters are designed to reduce voltage cord wiring to a bare minimum for use with specific power lines. Do not use with installations other than those specified.



- **External event input/output terminals**

Event output :

Outputs a signal when events occur—either as an alarm or device control signal.

Event input :

Accepts a trigger signal to initiate measurement.

- **Small and Lightweight**

Compact A4 size, and weighing only 2.25 kg (79.4 oz).

Printing method : Thermal line dot
 Printing width : 72 mm (2.83")
 Printing speed : 47.5 mm/sec (1.87"/sec)
 Power supply : AC ADAPTER 9671 or the BATTERY PACK
 Dimensions and mass : 119 (4.69") × 77 (3.03") × 174 (6.85") mm, approx. 500 g (17.6 oz.)



- **Full compatibility to 400Hz circuits**

(Please specify inspection data sheet requirements for 400 Hz test points at time of order.)

- **Simultaneous measurement and continuous processing**

All data are measured simultaneously and processing is performed continuously, so important fault data is not missed.

Further, transient overvoltages up to 2000 V with durations as low as 0.5 μ s are captured without fail.

- **Seven different display languages**

Select a display language from Japanese, English, German, French, Spanish, Italian or Chinese. You can switch between the different display languages to suit your location.

- **6.4-inch color LCD**

The unit uses a TFT color LCD screen, providing bright display with a wide viewing angle. The color display provides easy viewing of waveforms, both indoors and out.

- **Extended measurement of up to one month with internal memory**

The unit's internal memory (13 MB) supports up to one month of continuous recording.

*The amount of time available for continuous measurement can be checked when setting the measurement interval.

*Use a PC card to record at shorter measurement intervals over longer periods in conjunction with the internal memory.

Storage Media	Storage of Events (Usage capacity)	Interval time	Power Saving RMS only	P&Harm Saving RMS + harmonics	ALL DATA Save all data	
Internal Memory Time Series: 5MB Fixed Events: 8MB Fixed	Max. 100 (approx. 8MB)	1 s	2 h 01 m	8 m	5 m	
		1 m	5 days 1 hour	8 h 29 m	5 h 45 m	
		1 h	31 days	21 days 5 h	14 days 9 h	
PC Card (256MB)	When storing 100 (approx. 8MB)	1 m	31 days [249 days]	17 days 9 h	11 days 19 h	
		Max. 1000 (approx. 81MB)	1 m	31 days [166 days]	11 days 14 h	7 days 20 h
		Max. 1000 (approx. 81MB)	1 s	2 days 18 h	4 h 38 m	3 h 8 m

*When recording Time Series data, select MAX/MIN/AVE

*Refer to the specifications for details regarding the recordable items.

*Max. continuous save: 31 days

*During the measurement period, all dips, swells and interruptions are calculated.

- **PC card slot**

Flash ATA cards up to 528 MB can be used to allow more detailed data collection.

Compact flash cards can also be used with an adapter.

- **LAN and RS-232C interfaces**

The 3196 features an HTTP server to enable easy configuration and data analysis through a Web browser from a remote location.

- **Synchronize the 3196 clock**

Connect the optional the GPS Box XD112 to make sure the time recorded for measured events is based on the global standard time.



Set includes antenna and RS-232C cable

- **Two types of carrying case available (optional)**

Choose from the soft (**9339**) or hard (**9340**) carrying case and measure while the 3196 is safely stored.

The top side of the case holds the 3196.



Model 9339
soft case



The bottom side of the case holds accessories.

Real-time data display for power supplies

Display waveform, vector, DMM, and harmonic data in real-time

The VIEW screen displays voltage/current waveforms, vector diagrams, DMM values (voltage, current, and power), and harmonic data. All data can be measured and processed simultaneously, and power conditions such as distortion factor, K factor, and the unbalance factor for three-phase lines can be monitored using the various data displays.

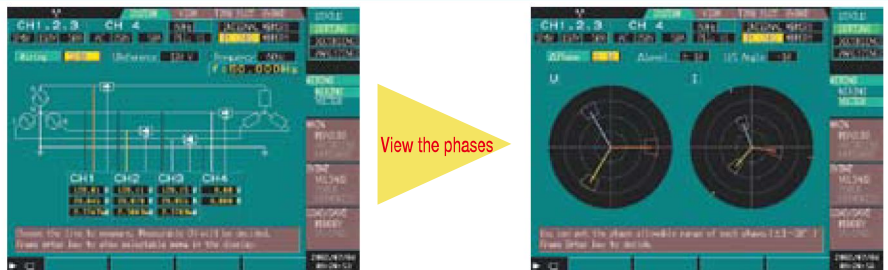
Connect the 3196 to a power source to display power line data in real-time

All power line conditions can be monitored from the VIEW screen!

- **Display data in real-time**
 - 1. Waveform display (voltage/current display, 4-channel voltage display, 4-channel current display)
 - 2. Vector display
 - 3. DMM display (power, voltage, and current displays)
 - 4. Harmonics (graph and list displays)
- **Power management through a rich array of information**
 - 1. Check the distortion of power waveforms using electronic devices and electrical overloads.
 - 2. Manage the phase of power lines. Check the phase and wiring of the VT (PT) and CT terminals.
 - 3. Manage, maintain and check the unbalance factor, peak values, and distortion factor of power lines.
 - 4. Assess and develop countermeasures to prevent the occurrence of harmonic power flow.

Check for proper instrument connection using the numerical value or vector display

Connect the 3196 to the power line to be monitored while viewing the connection diagram. Upon connection, you can confirm voltage, current, and power values. Further, through the vector display, you can verify proper connection of clamp-on current sensors to the VT (PT) and CT terminals.



Waveform display

This displays the voltage and current waveforms for each phase. Waveform display makes it easy to understand distortion conditions that (as with harmonics) are difficult to grasp from numerical values alone.

Select a waveform display range of 2, 4, 10, or 12 cycles.

Display either dual screens for voltage and current, or waveforms for individual voltage and current phases.

The cursor value is displayed.

DMM display

This displays detailed data for voltage, current, and power. View the data necessary for power management or maintenance and inspection of power lines at a single glance.

U ₁	209.28 V	I ₁	2.438 A
U ₂	209.47 V	I ₂	0.360 A
U ₃	210.88 V	I ₃	2.461 A
U _{sum}	209.70 V	I _{sum}	1.748 A
P ₁	0.115kW	S ₁	0.298kVA
P ₂	0.010kW	S ₂	0.042kVA
P ₃	0.155kW	S ₃	0.248kVA
P _{sum}	0.285kW	S _{sum}	0.595kVA
PF ₁	0.272	PF ₂	0.488
PF ₃	0.266	PF _{sum}	0.397

Detailed values for voltage, current and power are displayed.

Vector display

This displays the voltage and current vectors for each phase, as well as RMS values and phase angles as numerical values. Easily check the phase of three-phase lines and harmonics.

Displays the unbalance factor when measuring three-phase power lines. (For 3P3W3M and 3P4W settings)

Display the fundamental voltage waveform for the 1st order (U1, U2, and U3) as a phase angle of 360° as a standard. Ideal for checking three-phase power lines.

Harmonics display

This displays harmonics and inter-harmonics data in a graph or list. You can also display the phase difference for each harmonic order, and work out the current direction for harmonics.

You can select all of the connected channels.

The harmonic order cursor value is displayed.

Inter-harmonics display (light blue)

Detailed numerical data for up to the 50th harmonic order is displayed in a list.

Capture anomalies while using time series measurement to monitor power lines

Simultaneous time series monitoring for RMS fluctuations, voltage fluctuations, harmonics fluctuations, and flickering

RMS fluctuation, voltage fluctuation, harmonic fluctuation, and flicker (IEC and $\Delta V10$) time series data is displayed on the TIME PLOT screen. In addition to cursor measurement, you can enlarge events that occur in the voltage fluctuation event screen if a voltage dip, swell, or instantaneous interruption event occurs during the measurement period.

Simply set the interval and start time series measurement to display events in the fluctuation graph

Time series fluctuation results are displayed in the TIME PLOT screen

Continuous data calculation processing of all data without fail!

All measurement results are automatically recorded

- 1. RMS fluctuation (dual screen display selection)
- 2. Voltage fluctuation (interval and event displays)
- 3. Harmonic fluctuation (harmonics and inter-harmonics displays)
- 4. Flicker (graph and list displays)
 - Pst and Plt measurement conditions according to IEC standards
 - $\Delta V10$ measurement (according to Japanese domestic guidelines)

Calculation method for measured data

- 1. RMS fluctuations/Harmonic fluctuations : Values are calculated continuously every 200 ms. The maximum, minimum, and average values are those applicable within the specified interval.
- 2. Voltage fluctuations : Values are calculated for a single waveform shifted by a half wave. The maximum and minimum values are those applicable within the specified interval. Detailed measurement of voltage fluctuations is possible because values are calculated every half wave.
- 3. Flicker : Values are calculated in accordance using calculation methods defined in the IEC and $\Delta V10$ standards.

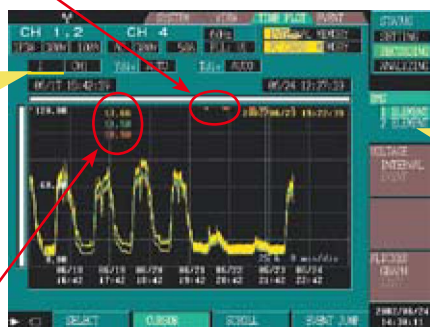
In addition to displaying the various measurements in fluctuation graphs, the 3196 also displays the maximum, minimum, and average values for each specified interval.

Further, when the 3196 captures a power anomaly, an event marker appears in the upper part of the graph.

RMS fluctuation display

When a power anomaly occurs during measurement, the event is indicated using the ▼ marker.

All RMS measurement items can be selected for display.



Dual screen display is possible for combinations such as voltage and current.

Cursor values (maximum, minimum, and average values for the specified interval) are displayed.

Harmonic fluctuation display

You can specify display of up to six harmonic orders.



Cursor values are displayed for the specified orders.

Voltage fluctuation display

Cursor values (maximum and minimum values for the specified interval) are displayed.

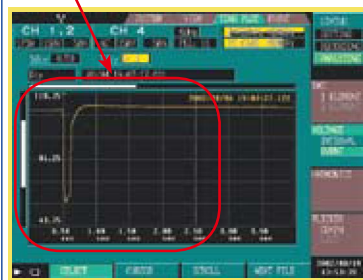
Even when a long interval is set, momentary voltage fluctuations are accurately captured.



Markers are displayed in blue. (▼ marker)

Event display

When an event such as a dip, swell, or instantaneous interruption occurs, the time axis is enlarged on the event screen.



Flicker display

IEC flicker display

Displays the Pst and Plt values as a graph once every ten minutes.

The Pst and Plt cursor values are displayed.



Displays a list of detailed data for Pst and Plt values once every ten minutes.

No.	Time	Pst	Plt
1	00:00	0.200	0.411
2	00:10	0.302	0.400
3	00:20	0.397	0.410
4	00:30	0.229	0.410
5	00:40	0.304	0.388
6	00:50	0.331	0.388
7	01:00	0.318	0.388
8	01:10	0.386	0.375
9	01:20	0.420	0.388
10	01:30	0.304	0.388

Use event data to analyze the cause of power anomalies!

Display the details for power anomalies captured using event triggers

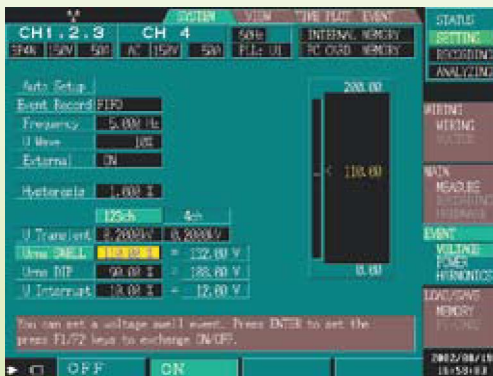
You can capture a variety of power anomalies by setting the individual trigger levels on the event setting screen. Captured data is displayed in the event list. This enables you to quickly confirm **detailed data for phenomena (such as date/time, waveforms, RMS values, and harmonics)**, that are the source of problems, and effectively assess the cause of the problem.

Set event triggers, start measurement → Capture power anomalies → Search list → Display details

Make event trigger settings and start measurement!

1. Select a trigger threshold value that is suitable for the parameter being measured.

Set thresholds along with other settings. You can make threshold settings while monitoring the actual input level, input waveform, and harmonics graph.



Current input level

Threshold setting value

You can confirm the current input level.

All trigger settings can be made at once, enabling accurate capture of complex power anomalies.

When using the unit's internal memory to save events, up to 100 events are automatically saved, or up to 1000 events when using a PC card.

Once measurement is finished, search the event list to confirm detailed data for events-even during measurement

2. Confirm the details for events in the list screen.

The capture date and event category are displayed.

3. Confirm the number of captured events in the monitor screen.

Select an event with the cursor and press the ENTER key



Waveform display range:
14 waveforms at 50 Hz
16 waveforms at 60 Hz

Simultaneously display voltage and current waveforms for instantaneous interruptions.

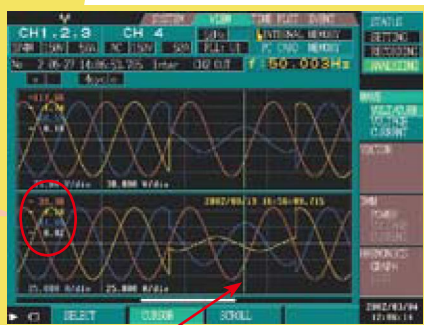


The number of times each event occurred is visible at a glance. You can also check the events while they are being measured.

Shows **detailed data** for the event that you selected with the cursor. (Date of occurrence, event type, level, continuous measurement period)

Transient overvoltages up to 2000 Vpk with durations as low as 0.5 μs are captured without fail.

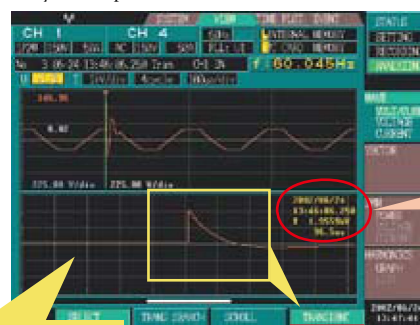
Cursor value



Confirm values using the cursor.

For transient capture

Transient display range within 4 ms



Detailed transient values

Enlarge the transient waveform display.

Remote measurement is simplified using the HTTP server function

Real-time measurement/control and download measurement data over the Worldwide Web

The HTTP server function as a standard feature makes remote measurement even more convenient

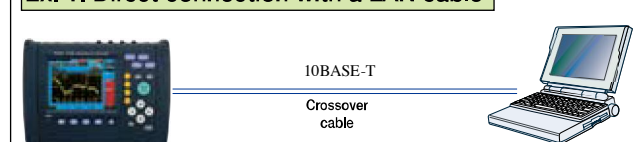
You can perform remote observation and control using an ordinary Web browser, such as Internet Explorer, without the need for special software. Further, you can download measurement data that has been saved onto a PC card.

Using the 3196 and your PC, you can observe power anomalies at remote locations and analyze measurement data

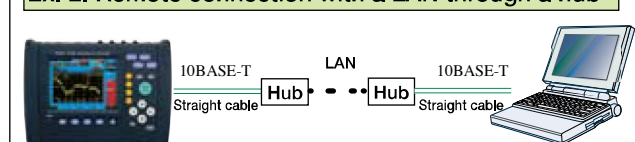
Choose from a variety of network measurement plans

By connecting a PC to the 3196, you can set up various types of network measurement systems through a LAN or RS-232C interface.

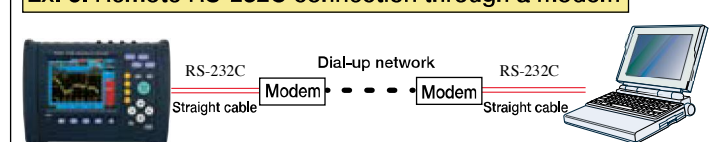
Ex. 1. Direct connection with a LAN cable



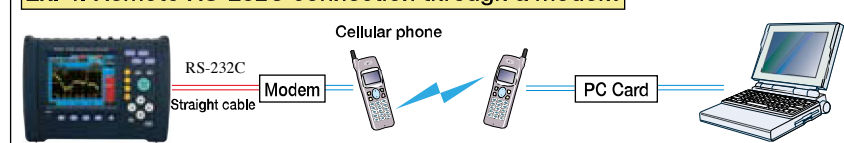
Ex. 2. Remote connection with a LAN through a hub



Ex. 3. Remote RS-232C connection through a modem



Ex. 4. Remote RS-232C connection through a modem



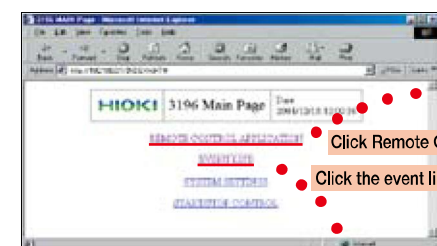
Transfer Measurement Data to Your PC

Data saved in Binary/Text/BMP formats in the PC Card or internal memory of the 3196 can easily be transferred to your PC using the freeware Down96, supplied with your purchase or downloadable from the HIOKI website. (Compatible with 3196 version 1.21 or later)

Note: To further analyze binary data, use the optional PQA HVIEW Pro 9624-50 application software.

View the 3196 screen on your PC as soon as you open the remote application from your Web browser!

1. Enter the IP address for the 3196 on the browser to display the main screen.

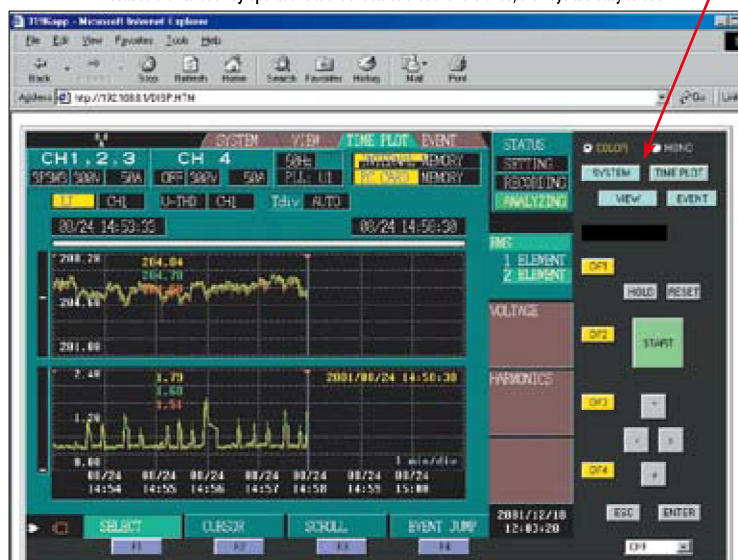


Click Remote Operation!

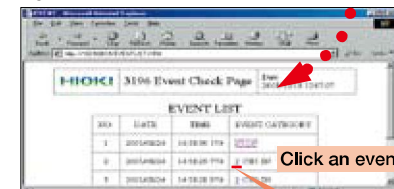
Click the event list!

2. A display screen and operation keys identical to those for the 3196 appear, allowing full control of remote operation.

Because the various key operations are identical to those for the 3196, the keys are easy to use.

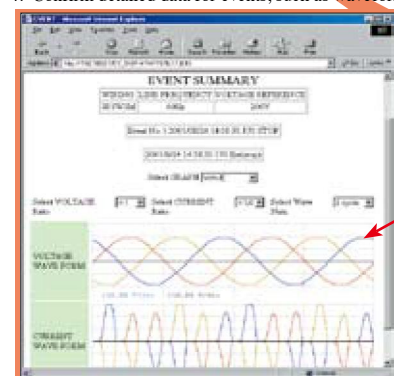


3. Confirm the events that occurred in the list.



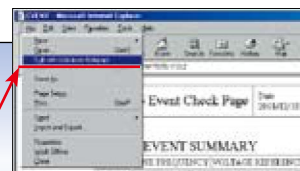
Click an event category!

4. Confirm detailed data for events, such as waveforms.



Convenient Feature

5. You can also convert waveform data into text. Click the waveform data. Microsoft Excel starts, and you can save the text data for the waveforms.



6. Using the report creation function, you can paste the event screen displayed into Microsoft Word.

* When Microsoft Word is selected as the Internet Explorer HTML editor, Compatible with Microsoft Word 97 or later.

Easy-to-Use Application Software Package for Further Data Analysis

PQA-HiVIEW PRO 9624-50

Features

Viewer function

Use this function to display screens similar to those used for the 3196.

Select from the **TIME PLOT screen** (voltage fluctuation, RMS fluctuation, harmonic fluctuation, inter-harmonic fluctuation), **event list screen**, **event data screen** (waveforms, vectors, DMM, harmonics, event details), **ΔV_{10} screen** (Japanese standard), or **settings screen**. In the TIME PLOT screen, and use the two cursors (A and B) to calculate waveforms within a specified interval.

Demand/integral power consumption function

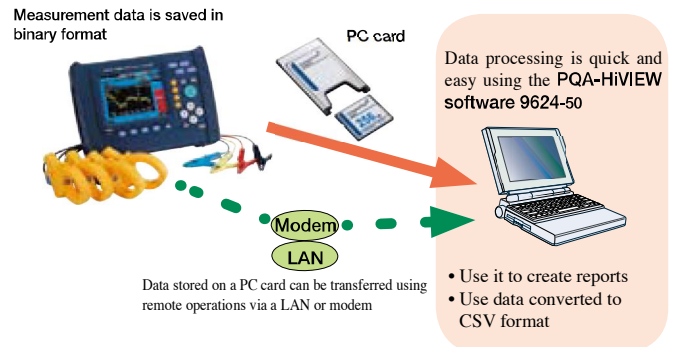
Calculate demand and integral power consumption from TIME PLOT data for effective power.

Binary CSV format conversion function

Convert binary data into CSV format for event waveforms within the specified range in the TIME PLOT screen or event waveforms selected in the event waveform screen. Files saved in CSV format can be used with spreadsheet software on your PC.

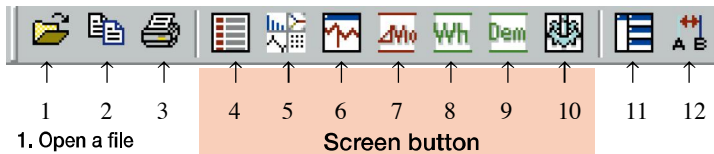
Print function

Use this function in each screen to output reports to a printer connected to your PC.



1. Load measurement data and then select the desired display from the toolbar

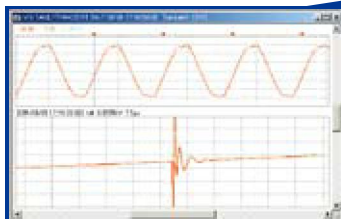
1. After loading the data, the possible displays are shown on the toolbar



1. Open a file
2. Copy (a screen)
3. Print
4. Event list screen
5. Event data screen
6. TIME PLOT screen
7. ΔV_{10} screen
8. Integral power consumption screen
9. Demand screen
10. Settings screen
11. Arrange windows
12. A and B cursors

Event list screen

This screen displays an event list corresponding to the event list on the 3196.

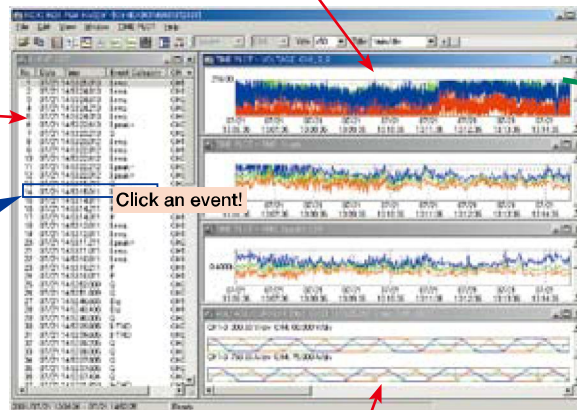


Event data screen

1. Displays detailed data for the event that you selected in the event list.
2. Displays nine different screens that correspond to the VIEW screen on the 3196, such as the waveform, vector, harmonics, and DMM screens.

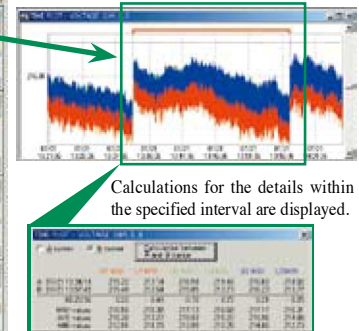
TIME PLOT screen

This screen enables you to select four different types of data, including RMS fluctuation, voltage fluctuation, harmonic fluctuation, and inter-harmonic fluctuation data, and display the data in graphs corresponding to the TIME PLOT screen of the 3196.

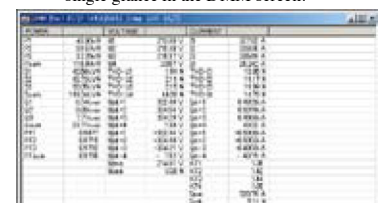


Spot analysis using the cursor

Conduct spot analysis of time series data using the A and B cursors.



View power, voltage, and current data at a single glance in the DMM screen!

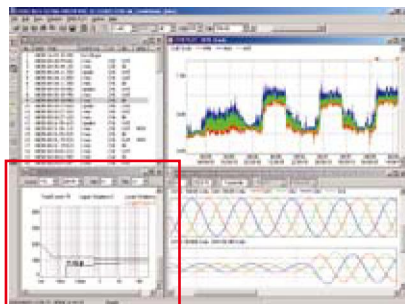


2. Display multiple 3196 screens simultaneously on your PC, and make calculations and analyses using cursors

ITIC curve display function

Make ITIC (CBEMA) curve analyses (limit curve) based on the power quality control standards of the U.S.A.

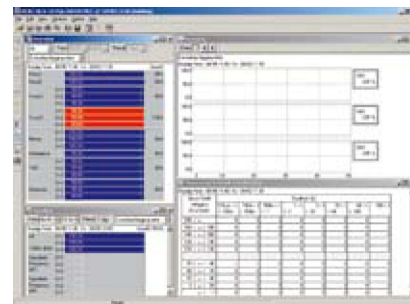
* Change the upper or lower limit of the curve as desired.



EN50160 display functions

(applicable standard is EN50160:1999)

Effectively evaluate and analyze the quality of power according to EU standards.



Downloading from LAN

Data (BINARY/TEXT/BMP) recorded on a PC card or the internal memory of the 3196 can be downloaded via LAN to a personal computer. (*This can be done without use of the freeware Down96. Measurement on the 3196 must be halted during download.)

Report generation function

Choose from 3 types of report generation settings to take care of all the troublesome reporting operations, and either send the data to a printer or save as a Rich Text file. (Automatic: Output basic items. Individual setting: Select any item for output. Detailed setting: Specify a time-series graph in details for output.)

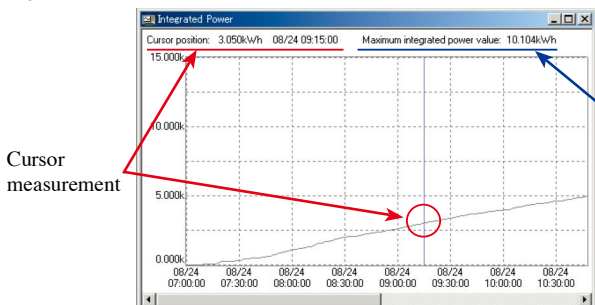
Positive phase, negative phase, and zero phase function

Recalculate event data captured by 3P4W circuits, and display each component of the voltage/current of the positive phase, negative phase, and zero phase.

Analyze power consumption and demand using acquired data

Integral power consumption analysis and demand analysis screens

These screens allow you to calculate measurement data and display it in the integral power consumption graph or demand graph. (Use them to display the maximum demand, average demand, and load ratio values.) Further, you can confirm the power data for a specific interval using the cursor function.



General power consumption is displayed.



Quickly print reports and apply data

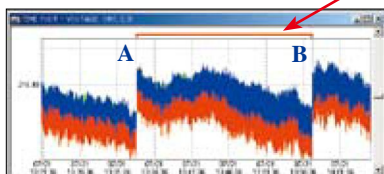
CSV format conversion function

Convert data displayed in the TIME PLOT or event waveform screen into CSV format. Converted data can be used with spreadsheet software on your PC.

Convenient Feature

Specify a range using the **A and B cursors**, and convert the data within that range into CSV format.

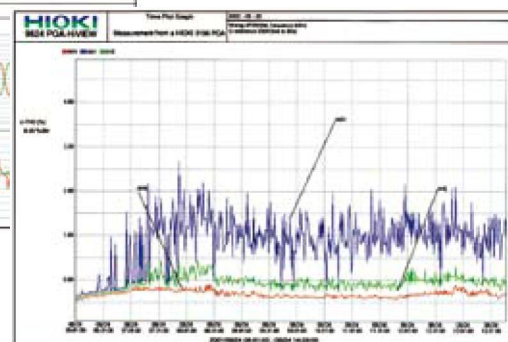
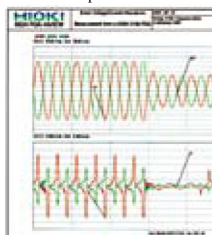
The interval between the A and B cursors is displayed in red.



Print function

Print a hard copy of the event list screen, event data screen, ΔV10 screen, integral power consumption screen, or demand screen, one at a time. In the TIME PLOT screen, you can collect all of the screens that are currently open and print them on a single sheet.

Print example: Event waveform screen printed on A4 paper



Print example: TIME PLOT screen (U-THD RMS fluctuation) printed on A4 paper

9624-50 Specifications

-1. Function specifications

Data loading functions

Data that can be loaded : Binary data recorded using the **3196** SET files (Settings data), ITV files (TIME PLOT data), EVT files (Event data (lists, voltage and current waveforms, transient waveforms, numerical values), FLC files (Flicker

data (AV10, IEC)), TRN files (Transient waveforms), EN50160. files (EN50160 data), EVENT.EN files (EN50160 Event data)

Maximum data capacity : Up to 528 MB

Data display functions

SYSTEM display function

Screen display : SYSTEM (settings) content screen

TIME PLOT display function

Screen display : RMS fluctuation, voltage fluctuation, harmonic fluctuation, inter-harmonic fluctuation

Number of display screens : Up to 4 screens

Cursor function : A and B cursors (interval calculation function provided)

EVENT list display function

Screen display : EVENT list content display

Display method selection : Order events occurred in, or order of priority

EVENT data display function

Display function : Display the event data selected in the EVENT list display screen

Screen display : Display one of the following screens ((1) to (4))

(1) **Waveform display** : Select from the voltage/current waveform, 4-channel voltage waveform, 4-channel current waveform, and voltage/transient overvoltage waveform displays.

(2) **Vector display** : Select from the harmonic RMS value and phase angle displays.

(3) **DMM display** : Displays power, voltage, and current values.

(4) **Harmonics display** : Select from the harmonics bar graph and list displays.

Cursor function : A and B cursors (interval calculation function provided) for the waveform display screen

Positive/ Negative/ Zero phase calculation function

: Display voltage and current of the positive phase, negative phase, and zero phase. (In vector display screen, this is conducted during the 3P4W wiring analysis.)

Flicker graph Display function

Screen display : AV10 Flicker graph or IEC Flicker graph

Cursor function : A and B cursors (interval calculation function provided)

EVENT voltage fluctuation graph Display function

Cursor function : A and B cursors (interval calculation function provided)

Integral power consumption calculation function

Settings : Analysis start time/period : Set the year, month, day, hours, minutes, and seconds. /1 to 31 days

Display method and calculation items :

Integral power consumption graph, Integral power consumption (consumption + regeneration, and cursor measurement functions provided), Maximum integral power consumption (final integral power consumption for the specified analysis period)

Demand calculation function

Settings : Analysis start time/period : Set the year, month, day, hours, minutes, and seconds. /1 to 31 days

Demand interval settings : 5, 10, or 30 minutes, 1, 2, 3, 6, or 12 hours

Display method and calculation items :

Demand graph (for consumption only), Average demand (average demand value for the specified analysis period), Maximum demand (maximum demand value for the specified analysis period), Load ratio (average demand/maximum demand × 100 [%])

ITIC curve display function

Display function : Plot event points on limited value curve (points indicating swell/dip/interruption occurrence period and voltage)

Percent of nominal voltage: Maximum swell voltage or residual voltage ratio against official voltage

Violation count display : Number of upper-limit violations, number of lower-limit violations, and total number of events

Limit curve selection : ITIC curve or user-defined curve (any setting)

EN50160 display function

Screen display : Overview/Harmonic/Signaling/Measurement result sorting

Copy function

Copy content : Saves the various screens in BMP format

Print function

Print format: Prints screen images, **Paper size**: A4 and Letter, **Print preview**: Yes

CSV format conversion function

Screens that can be converted : TIME PLOT and event waveform screens

Conversion settings : Specified interval conversion (TIME PLOT screen only)
Conversion setting selection (TIME PLOT screen only)

Report creation function

Output format : Output setting contents can be printed, or saved as a rich text file.

(1) **Automatic output** : RMS voltage fluctuation graph, worst case, maximum/minimum list, total harmonic voltage distortion graph, Overview and Signaling data of EN50160, and all event detail list.

(2) **Arbitrary output** : Includes, in addition to automatic output, RMS current fluctuation graph, transient waveform, total harmonic current distortion graph, Harmonic and result classification data of the EN50160, and settings list.

(3) **Detailed output** : Voltage fluctuation, RMS fluctuation, harmonics fluctuation, and interharmonics fluctuation.

Settings save function

Save user-defined curves, setting for sorting measurement result, report setting, etc.

Download function

Download data from the **3196** via LAN.

-2. Basic specifications

Supplied accessories : CD-R × 1

Operating environment : PC/AT-compatible devices

OS : English or Japanese versions of the following

- Microsoft Windows 95 (9624 only, OSR2 or later versions only supported, Internet Explorer 3 or later required)
- Microsoft Windows 98, Me, NT 4.0, 2000 or XP

Memory : At least 128 MB

3196 Specifications

-1. Measurement and recording items

Recording item	Power	P&Harm	ALL_D	Recording item	Power	P&Harm	ALL_D
Transient overvoltage	○	○	○	Voltage unbalance factor	○	○	○
Voltage swell	○	○	○	Current unbalance factor	○	○	○
Voltage dip	○	○	○	Harmonic voltage	×	○	○
Instantaneous interruption	○	○	○	Harmonic current	×	○	○
Frequency	○	○	○	Harmonic power	×	○	○
RMS voltage	○	○	○	Harmonic voltage-current phase difference	×	○	○
RMS current	○	○	○	Inter-harmonic voltage	×	×	○
Voltage peak	○	○	○	Inter-harmonic current	×	×	○
Current peak	○	○	○	Total harmonic voltage distortion factor	○	○	○
Effective power	○	○	○	Total harmonic current distortion factor	○	○	○
Apparent power	○	○	○	Total inter-harmonic voltage distortion factor	×		○
Reactive power	○	○	○	Total inter-harmonic current distortion factor	×	×	○
Power factor/Displacement power factor	○	○	○	K factor	○	○	○
				Flicker (ΔV10/Pst, Plt)	○	○	○

* Select from a total of six different patterns when recording data. These consist of three available data patterns (Power, P&Harm, or ALL DATA), combined with two patterns, AVE and ALL (maximum, minimum, and average), of detailed data for each measurement item.

-2. Basic specifications

Power quality measurement standards conformance : IEC61000-4-30:2003, IEEE1159, EN50160:1999

Clock functions : Auto calendar, auto leap year, 24-hour clock

Real-time clock accuracy : Within ±0.3 s/day (when the 3196 is turned on)

Internal memory capacity for data : 13 MB (time series and event data)

Maximum recording interval : 1 month (internal memory)

Measurement time control : Manual/Specified time

Time series data settings

Recording item setting patterns : Power, P&Harm, and ALL DATA

MAX/MIN/AVE values : AVE values, ALL values (maximum, minimum, and average values)

Interval selections : 1, 3, 15, or 30 seconds, 1, 5, 10, 15, or 30 minutes, 1 or 2 hours

Event settings

Event settings : All measurement settings except flicker and inter-harmonics

Event threshold value setting : OFF or desired numerical value

Maximum number of recording events : 100 (internal memory)

(Simultaneous events count as 1 event.)

Power supply : 12 V DC from the AC ADAPTER 9458 or BATTERY PACK 9459

Maximum rated power : 40 VA

Continuous operating time with battery : Approximately 30 minutes (Battery pack 9459)

External dimensions : Approximately 298W (11.73") × 215H (8.46") × 67D (2.64") mm (not including projections)

Mass : Approximately 2.25 kg (79.4 oz.) (including Battery pack 9459)

3196 Specifications

(Guaranteed accuracy period : 6 months / Certain specifications vary when measuring 400Hz circuits. Please inquire with your HIOKI distributor for details.)

-3. Input specifications

Measurement line types: Single-phase 2-wire, Single-phase 3-wire, Three-phase 3-wire (3P3W2M, 3P3W3M) or Three-phase 4-wire, plus one extra input channel

Input channels : Voltage : 4 channels (U1 to U4) (channel U4 can be switched between AC and DC)
Current : 4 channels (I1 to I4)

Input methods : Voltage between U1, U2, and U3 without inter-channel isolation
Voltage between U1 to U3 and U4 with inter-channel isolation
Current input by clamp-on sensor

Input resistance : Voltage : 4 MΩ ±10% (differential input)
Current : 200 kΩ ±10%

Measurement method : Simultaneous digital sampling of voltage and current
PLL synchronization (automatically switches to fixed clock during dropouts, so sampling is never interrupted)

PLL synchronization channel source : Voltage at either U1, U2, or U3
PLL synchronization frequency range : 42.5 to 69 Hz

Sampling frequency :
For calculations (including DC measurement) : 256 points/cycle
: 256 points/8 cycles (for 400 Hz)
For harmonic and inter-harmonic analysis : 2048 points/10 cycles (for 50 Hz)
: 2048 points/12 cycles (for 60 Hz)
: 2048 points/80 cycles (for 400 Hz)
For transient overvoltage (impulse) : 2 MHz

A/D converter resolution :
For calculations (including DC measurement) : 16 bits
For transient overvoltage (impulse) : 12 bits

Voltage measurement range :
Channels 1 to 3 : 150.00, 300.00, 600.00 Vrms
Channel 4 : 60.000, 150.00, 300.00, 600.00 Vrms
±60.000, 600.00 V pk (DC measurement)

Voltage crest factor : 3 or less

Current measurement range :
With Model 9694 sensor : 5.0000, 50.000 Arms
With Model 9660 sensor : 50.000, 100.00 Arms
With Model 9661 sensor : 50.000, 500.00 Arms
With Model 9667 sensor : 50.000, 500.00 A or 500.00 A, 5.0000 kArms
With Model 9669 sensor : 100.00 A, 1.0000 kArms

Current crest factor : 4 or less

-4. Measurement specifications

(For specifications when measuring 400Hz circuits, please inquire with your HIOKI distributor.)

RMS voltage

Measurement method : True RMS (calculated continuously every 10 or 12 cycles at 50 or 60 Hz respectively)

Range selection : Manual (channels 1 to 3 are set in the same operation)

Measurement accuracy : AC : ±0.2% rdg. ±0.1% f.s.
DC : ±0.3% rdg. ±0.4% f.s.

RMS current

Measurement method : True RMS (calculated continuously every 10 or 12 cycles at 50 or 60 Hz respectively)

Range selection : Manual (channels 1 to 3 are set in the same operation)

Measurement accuracy : ±0.2% rdg. ±0.1% f.s. + clamp-on sensor accuracy

Transient overvoltage (impulse)

Measurement method : 2 MHz sampling

Measurement range : 2000 Vpk

Display items : 4 ms waveform (2 ms before and after center peak)

Period : Period exceeding threshold (max. 4 ms)

Minimum detectable duration : 0.5 μs

Measurement accuracy : ±5.0% rdg. ±20 V (1000 V DC and 700 Vrms/100 kHz)

Voltage swell (rise in RMS voltage)

Measurement method : True RMS (a single cycle is calculated by overlapping each half cycle) (The voltage between lines is measured for three phase 3-wire lines, and phase voltage is measured for three phase 4-wire lines.)

Display items : Amplitude and duration of swell

Measurement accuracy : Same as RMS voltage

Voltage dip (drop in RMS voltage)

Measurement method : True RMS (a single cycle is calculated by overlapping each half cycle) (The voltage between lines is measured for three phase 3-wire lines, and phase voltage is measured for three phase 4-wire lines.)

Display items : Amplitude and duration of dip

Measurement accuracy : Same as RMS voltage

Instantaneous Interruption

Measurement method : Same as voltage dip

Frequency

Measurement range : 42.500 to 69.000 Hz

Measurement source : Voltage (same as the PLL synchronization source)

Measurement accuracy : ±10 mHz (10 to 110% of range, with sine wave)

Active power

Measurement method : Calculated continuously every 10 or 12 cycles at 50 or 60 Hz respectively

Measurement accuracy : ±0.2% rdg. ±0.1% f.s. + clamp-on sensor accuracy

Reactive power

Measurement accuracy : ±1 dgt. from the calculation of each measurement value (±3 dgt. for the sum)

Power factor

Measurement range : -1.000 (lead) to 0.000 to +1.000 (lag)

Measurement accuracy : ±1 dgt. from the calculation of each measurement value (±3 dgt. for the sum)

Displacement power factor

Measurement method : Calculated from the phase difference between the fundamental waveforms of voltage and current

Measurement range : -1.000 (lead) to 0.000 to +1.000 (lag)

Measurement accuracy : ±0.5% rdg. ±0.2% f.s. ±1 dgt. (±3 dgt. for the sum)

Voltage unbalance factor

Measurement method : Calculation for three-phase 3-wire (3P3W3M) and three phase 4-wire fundamental waveforms of voltage

Current unbalance factor

Measurement method : Calculation for three-phase 3-wire (3P3W3M) and three-phase 4-wire fundamental waveforms of current

ΔV10 flicker

Display items : ΔV10, ΔV10 (average over one hour, fourth maximum over one hour, maximum over one hour, overall maximum (during the measurement period)), ΔU (deviation with respect to nominal voltage)

Standard voltage: Auto : Same operation as AGC for IEC flicker

Measurement accuracy : ±2% rdg.

IEC flicker (short period flicker Pst, long period flicker Plt)

Measurement method : Per IEC61000-4-15
Pst is measured for 10 minutes, and Plt is measured for 2 hours

Measurement accuracy : ±5% rdg. or less of the limit value

Harmonic voltage, current and power (including fundamental waveform components)

Analysis window : Rectangular

Analysis orders : 1 to 50

Measurement accuracy : Voltage/current : 1st to 20th orders : ±0.5% rdg. ±0.2% f.s.
21st to 50th orders : ±1.0% rdg. ±0.3% f.s.
Power : 1st to 20th orders : ±0.5% rdg. ±0.2% f.s.
21st to 30th orders : ±1.0% rdg. ±0.3% f.s.
31st to 40th orders : ±2.0% rdg. ±0.3% f.s.
41st to 50th orders : ±3.0% rdg. ±0.3% f.s.
(for 50/60 Hz, clamp-on sensor accuracy must be included for current and power)

Inter-harmonic voltage and current

Analysis window : Rectangular

Analysis orders : 0.5 to 49.5

Harmonic voltage/current phase difference (including fundamental waveform content)

Measurement method : Difference between voltage and current phase angle components

Display items : Sum of all or multiple channels

Measurement accuracy : 1st to 3rd orders : ±2°
4th to 50th orders : ±(0.02° × k+2°), k = harmonic order
(for 50/60 Hz, clamp-on sensor accuracy must be included for current and power)

-5. Display specifications

Display device : 6.4" TFT color LCD (640 × 480 dots)

Text display : English, German, French, Italian, Spanish, Chinese or Japanese

-6. External interface specifications

(1) **External control terminals** : External event input and output

(2) **PC card interface Slot** : Compliant with PCMCIA/JEIDA PC Card Standard, Type II slot × 1
Compatible cards : Flash ATA cards up to 528 MB

(3) **RS-232C interface**
Standard : EIA RS-232C-compliant (with 9-pin D-sub connector)
Destination device : Printer or modem or GPS
Printer interval selections : OFF, 1, 5, 10, or 30 minutes, 1 or 2 hours

(4) **LAN interface**
Communications protocol : Ethernet and TCP/IP (with 10BASE-T RJ-45 connector)

-7. Environment & safety specifications

Operating environment : Indoors, up to a height of 2000 m (6562.2 ft)

Storage temperature & humidity : -20 to 50°C, max. 80% rh (non-condensating)

Operating temperature & humidity : 0 to 40°C, max. 80% rh (non-condensating)

Maximum measurement terminal voltage : Voltage terminals : 780 Vrms AC, 1103 V peak
Current terminals : 1.7 Vrms AC, 2.4 V peak





Maximum in-phase voltage : 600 Vrms AC (50/60 Hz, voltage input terminals)


Withstand voltage : 5.55 kVrms AC/1 min (50/60 Hz, 1 mA current sensitivity)
Between voltage and clamp input terminals, between the voltage input terminal and 3196 casing, and between voltage input terminals (U1 to U3) and voltage input terminal (U4)

Enclosure protection : IP30 (per EN60529)

Standards conformance : EMC : EN61326 CLASS A, EN61000-3-2 and EN61000-3-3
Safety : EN61010
Voltage input unit : Contamination Level 2, Measurement Category III (Anticipated transient overvoltage: 6000 V)

Option Specifications

Clamp On Sensors	9694	9660	9661	9669
Appearance	 Cord length: 3 m (9.84 ft) CE CAT III 300V	 Cord length: 3 m (9.84 ft) CE CAT III 300V	 Cord length: 3 m (9.84 ft) CE CAT III 600V	 Cord length: 3 m (9.84 ft) CE CAT III 600V
Primary current rating	5A AC	100 A AC	500 A AC	1000 A AC
Output voltage	10 mV/A AC	1 mV/A AC	1 mV/A AC	0.5 mV/A AC
Accuracy (45 to 66 Hz)	Amplitude: ±0.3% rdg, ±0.02% f.s. Phase: ±2° or less	Amplitude: ±0.3% rdg, ±0.02% f.s. Phase: ±1° or less (±1.3° for 90 A or more)	Amplitude: ±0.3% rdg, ±0.01% f.s. Phase: ±0.5° or less	Amplitude: ±1.0% rdg, ±0.01% f.s. Phase: ±1° or less
Frequency characteristic	±1.0% or less for 66 Hz to 5 kHz (deviation from specified accuracy)			±2.0% or less for 66 Hz to 5 kHz (deviation from specified accuracy)
Effect of external magnetic field	Corresponding to 0.1 A or less (with magnetic field of 400 A/m AC)			Corresponding to 1 A or less (with magnetic field of 400 A/m AC)
Effect of conductor position	±0.5% or less			±1.5% or less
Maximum rated voltage to earth	300 Vrms (insulated conductor)	300 Vrms (insulated conductor)	600 Vrms (insulated conductor)	600 Vrms (insulated conductor)
Maximum allowable input (45 to 66 Hz)	50 A continuous	130 A continuous	550 A continuous	1000 A continuous
Measurable conductor diameter	φ15 mm (0.59") or less	φ15 mm (0.59") or less	φ46 mm (1.81") or less	φ55 mm (2.17") or less, 80 (3.15") × 20 (0.79") mm busbar
Dimensions and weight	46W (1.81") × 135H (5.31") × 21D (0.83") mm, 230 g (8.1 oz.)	46W (1.81") × 135H (5.31") × 21D (0.83") mm, 230 g (8.1 oz.)	77W (3.03") × 151H (5.94") × 42D (1.65") mm, 360 g (12.7 oz.)	99.5W (3.92") × 188H (7.40") × 42D (1.65") mm, 590 g (20.8 oz.)

Clamp On Sensor	9667
Appearance	 Cord length Sensor to circuit: 2 m (6.56 ft) Circuit to connector: 1 m (3.28 ft) CE CAT III 1000V
Primary current rating	500 A AC, 5000 A
Output voltage	500 mV AC f.s.
Accuracy (45 to 66 Hz)	Amplitude: ±2.0% rdg, ±1.5 mV (for input 10% or more of the range) Phase: ±1° or less
Frequency characteristic	±3 dB or less for 10 Hz to 20 kHz (deviation from specified accuracy)
Effect of external magnetic field	Corresponding to 5 A, 7.5 A max. (with magnetic field of 400 A/m AC)
Effect of conductor position	±3.0% or less
Maximum rated voltage to earth	1000 Vrms (insulated conductor)
Maximum allowable input (45 to 66 Hz)	10000 A continuous
Measurable conductor diameter	φ25.4 mm (1.0") or less
Dimensions and weight	Sensor length: 910 mm (2.99 ft), 240 g (8.5 oz.) Circuit: 57W (2.24") × 86H (3.39") × 30D (1.18") mm, 140 g (4.9 oz.)
Power supply	LR03 alkaline battery × 4 (continuous operation max. 168 hours) OR AC ADAPTER 9445 (optional)

CLAMP-ON ADAPTER 9290-10



Cord length: 3 m (9.84 ft)
Up to 1500 A AC, CT ratio: 10:1
Measurable conductor diameter:
φ55 mm (2.17"), width: 80 mm (2.17") bus bar

CARRYING CASE 9339



450W (17.72") × 350H (13.78") × 200D (7.87") mm, 3.0 kg (106.01 oz.)

CARRYING CASE 9340



380W (14.96") × 560H (22.05") × 260D (10.24") mm, 6.3 kg (22.22 oz.)

Standard accessories

AC ADAPTER 9458



100 to 240 V AC, 1.2 A
50/60 Hz

BATTERY PACK 9459



7.2 V DC, 2700 mAh

Accessories

POWER QUALITY ANALYZER 3196

(VOLTAGE MEASUREMENT CABLE 9438-02 (one each of red, yellow, blue and gray, plus four black lines, Cord length: 3 m (9.84 ft), BATTERY PACK 9459, AC ADAPTER 9458, Strap, LAN connector cover, Input Cord Label, Operating Manual (CD-R), Quick Start Manual)

By itself, the 3196 is only capable of voltage measurement. Purchase the optional CLAMP-ON SENSOR 9660 or 9661 for current and power measurement.

Standard combination example

For three-phase 3-wire (3P3W3M) and three-phase 4-wire measurements
Models 3196 + 9661 (500 A) × 3 + 9339 + PC card

Options

CLAMP ON SENSOR (100 A AC) Voltage output type	9660
CLAMP ON SENSOR (500 A AC) Voltage output type	9661
FLEXIBLE CLAMP ON SENSOR (5000 A AC) Voltage output type	9667
AC ADAPTER (for the 9667, for America, Japan)	9445-02
AC ADAPTER (for the 9667, for Europe)	9445-03
CLAMP ON SENSOR (1000 A AC) Voltage output type	9669
CLAMP ON SENSOR (5 A AC) Voltage output type	9694
CLAMP ON LEAK SENSOR (5A AC with Model 3196) Voltage Output Type	9657-10
CLAMP ON LEAK SENSOR (5A AC with Model 3196) Voltage Output Type	9675
CLAMP ON ADAPTER	9290-10
WIRING ADAPTER (3P3W)	9264-01
WIRING ADAPTER (3P4W)	9264-02
VOLTAGE MEASUREMENT CABLE (standard accessory)	9438-02
BATTERY PACK (standard accessory)	9459
PRINTER (with one roll recording paper)	9670
AC ADAPTER (for 9670)	9671
RECORDING PAPER (80 mm (3.15") × 25 m (82.03 ft), 4 rolls, for 9670)	9237
RS-232C CABLE (1.5 m (4.92 ft), for printer connection)	9638
LAN CABLE (5m (16.41 ft), with straight and crossover connectors)	9642
CARRYING CASE (soft)	9339
CARRYING CASE (hard)	9340
PQA-HiVIEW PRO (PC application software)	9624-50
PC CARD 256 M	9727
PC CARD 512 M	9728
Operating Manual (bound version)	
GPS Box (including antenna and RS-232C cable)	XD112

PRINTER 9670 option components

The AC ADAPTER 9671 should be purchased along with the PRINTER 9670. Also, the RS-232C CONNECTION CABLE 9638 or RS-232C cable (9- to 25-pin crossover) is required to connect to the 3196.

A battery pack and battery charger to power the Printer 9670 are also available in some countries. Please contact your HIOKI distributor for details.

AC ADAPTER 9671



100 to 240 V AC, 50/60 Hz
134W (5.28") × 70H (2.76") × 41D (1.61") mm
350 g (12.37 oz.)

HIOKI

HIOKI E. E. CORPORATION

HEAD OFFICE :

81 Koizumi, Ueda, Nagano, 386-1192, Japan
TEL +81-268-28-0562 / FAX +81-268-28-0568
E-mail: os-com@hioki.co.jp

HIOKI USA CORPORATION :

6 Corporate Drive, Cranbury, NJ 08512 USA
TEL +1-609-409-9109 / FAX +1-609-409-9108
E-mail: hioki@hiokiusa.com

HIOKI (Shanghai) Sales & Trading Co., Ltd. :

1608-1610 Shanghai Times Square Office, 93 Huai Hai Zhong Road, Shanghai, P.R.China POSTCODE: 200021
TEL +86-21-6391-0090/0092 FAX +86-21-6391-0360
E-mail: info-sh@hioki.com.cn

Beijing Office :

A-2602 Freetown, 58 Dong San Huan Nan Road
Beijing, P.R.China POSTCODE: 100022
TEL +86-10-5867-4080/4081 FAX +86-10-5867-4090
E-mail: info-bj@hioki.com.cn

Guangzhou Office :

Room A-3206, Victory Plaza Services Center, No.103, Tiyuxi Road, Guangzhou, P.R.China POSTCODE: 510620
TEL +86-20-38392673/2676 FAX +86-20-38392679
E-mail: info-gz@hioki.com.cn

DISTRIBUTED BY

ANEXO F



Product Features



Positive tolerance
Guaranteed tolerance +3%
Reliable power output



High module efficiency
Module efficiency up to 15.7%
Cells efficiency up to 18.5%



Strong compressive strength
Certified to withstand high wind of 2400Pa
and snow loads of 5400Pa



High manufacture standards
certified to high standards by the
most reputable labs According to
IEC:61215: IEC:61730-1/2



International Management System
Manufactured and certified according
to ISO9001, Quality management system



Fire test approved
Application class A, Safety Class II, Fire Rating C



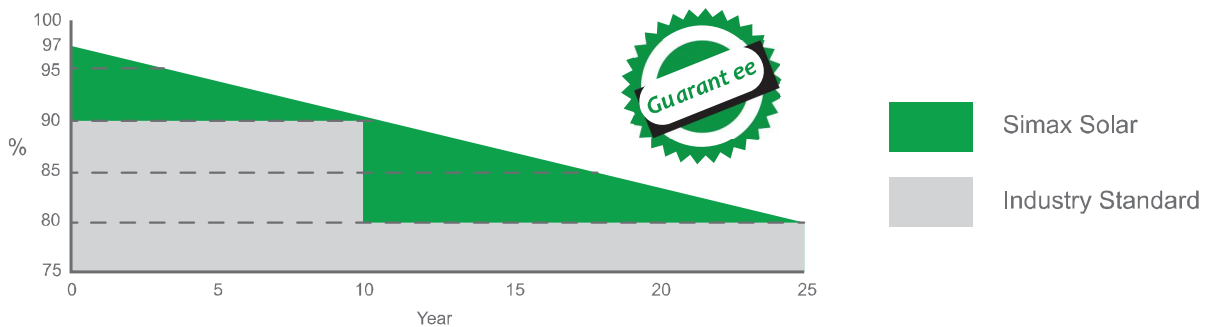
Excellent performance under extreme condition
High salt mist and ammonia resistance



Reliable quality forever
Without potential induced
degradation (PID-free)

Leading Warranty in PV Industry

- 25 year transferrable power output warranty: 10 years / 90%, 25 years / 80%
- Linear performance warranty from SIMAX Power
- 12 year material and workmanship warranty



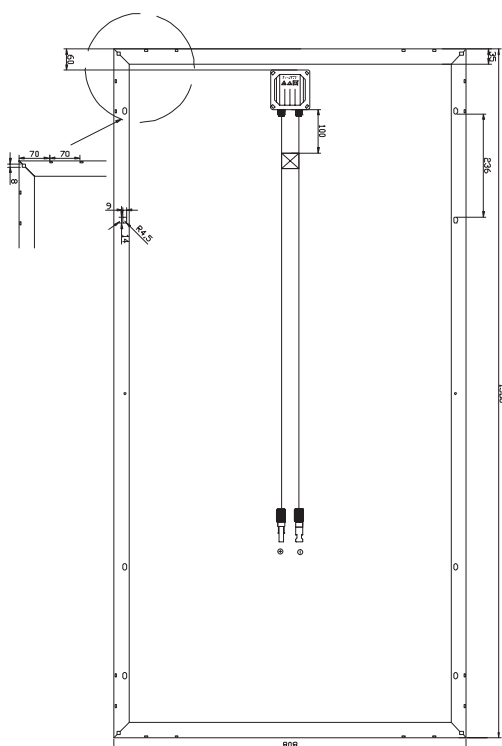
* Please refer to Simax Solar Product Warranty for details.



Electrical Characteristics

Parameters	SM572-190		SM572-195		SM572-200		SM572-205		SM572-210	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Peak power [Wp] P _{mpp}	190W	139W	195W	144W	200W	148W	205W	151W	210W	154W
Open circuit voltage [V] V _{oc}	44.5	41.8	44.5	42.0	45.1	42.1	45.3	42.3	45.5	42.4
Maximum Power Voltage [V] (V _{mpp})	36.5	33.1	36.5	33.5	37.0	33.3	37.2	33.6	37.5	33.7
Maximum Power Current [A] (I _{mpp})	5.21	4.17	5.34	4.29	5.41	4.38	5.53	4.46	5.61	4.56
Short circuit Current [A] (I _{sc})	5.52	4.45	5.77	4.62	5.88	4.68	6.05	5.07	6.07	5.08
Power Tolerance	0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%	
Module Efficiency (%)	15.1%		15.3%		15.7%		16.1%		16.5%	

STC: Irradiance : 1000 W/m² ; Spectrum AM 1.5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s
 NOCT: Irradiance: 800W/m² ; Spectrum AM 1.5; ambient temperature 20°C ,wind speed 1 m/s



Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon 125 x 125 (mm)
No. of Cells	72 (6 x 12)
Dimensions	1580 x 808 x 35 mm (Option 45 / 50 mm)
Weight	13.5 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

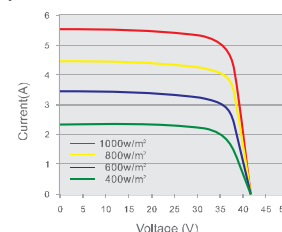
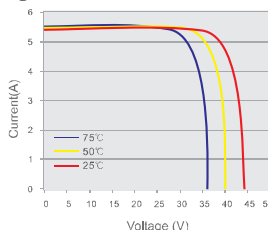
Output

Cable Type	Ø = 4 mm ²
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB001 MC4

Temperature Coefficients

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of (P _{max})	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of (V _{oc})	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of (I _{sc})	0.052% / °C

- Provide the best solutions for photovoltaic power generation and technical support
- Provide Cost-effective products
- Provide 12 Years Quality Warranty
- Power out ≥ 90% in 10 years
- Power out ≥ 80% in 25 years

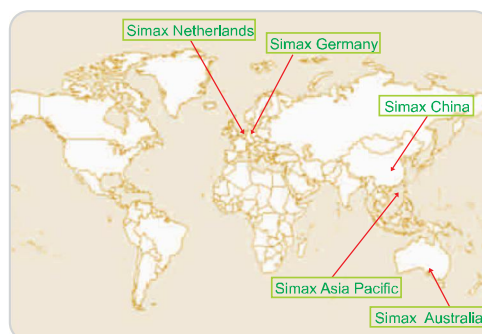


Global standby to ensure response within 24 hours
 Australia and Europe office were established to give better services to customers

Simax Green New Energy (Europe) GmbH
 Mergenthaler Allee 23 / 25
 65760 Eschborn / Germany
 Tel.: +49 6196 9739 525
 Fax: +49 6196 5929 684
 info@simaxsolar.de
 www.simaxsolar.de



Simax (Australia) Green New Energy Pty Ltd
 5 / 78 Frankston Gardens Drive,
 Carrum Downs, VIC 3210
 Tel: +61 3 9708 2400
 Fax: +61 3 9708 2482
 info@simaxsolar.com.au
 www.simaxsolar.com.au



ANEXO G



Seguro

- Seccionador de carga de CC ESS integrado
- Separación galvánica

Universal

- Para montaje en interiores y a la intemperie
- Adecuado para la toma a tierra del generador*

Fiable

- Tecnología probada
- No requiere mantenimiento gracias a la refrigeración por convección

Sencillo

- Sistema de conexión de CC SUNCLIX

SUNNY BOY 1200 / 1700 / 2500 / 3000

Tecnología probada para inversiones seguras

Aplicables de forma universal: gracias a su separación galvánica, los inversores Sunny Boy 1200, 1700, 2500 y 3000 se usan en diferentes redes de CA. Además, estos equipos son adecuados para una sencilla toma a tierra del generador. Su seccionador de carga de CC ESS integrado facilita la instalación y reduce al mismo tiempo los costes de montaje. Equipados con el sistema de seguimiento del punto de máxima potencia (MPP) OptiTrac, encuentran siempre el punto de trabajo óptimo, incluso cuando las condiciones meteorológicas son cambiantes. Así, convierten de forma fiable la energía solar en rendimientos solares.

ANEXO H



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga junio 13, 2017.

Msc. Ing.
Iturralde Albán Javier Hernán.
JEFE DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S. A.
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conecedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: **“Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.”**

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,


Ángel Fernando Zambrano Jiménez.
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ANEXO 2
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.

3 = MUY SATISFACTORIO	2 = SATISFACTORIO	1 = POCO SATISFACTORIO
-----------------------	-------------------	------------------------

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
1. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none">Identificación de la propuesta.Originalidad.Impacto.	/			
2. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none">Determinación clara y concisa.Factibilidad.Utilidad.	/			
3. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none">Contribuye a mejorar la organización.Contribuye un aporte para la institución o empresa.	/			
4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA: <ul style="list-style-type: none">Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas.Los conceptos son de fácil comprensión.Utiliza terminología básica y específica.	/			
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none">Presenta un orden lógico.Tiene coherencia entre sí los componentes de la propuesta.Se ajusta a la realidad del contexto social.Es sugestivo e interesante.Es de fácil manejo.	/			
TOTAL	15			

VALIDADO POR:	Nombre: <i>Ing. Hernán Huvalde</i>		
Área de Trabajo.	Título Profesional.	Cargo u Ocupación.	Año de Experiencia.
<i>Dirección Técnica</i>	<i>IV Nivel</i>	<i>Jefe de Operación y Mant.</i>	<i>25</i>
Observaciones:			
Fecha: <i>13/06/2017</i>	Telf.: <i>099 8215413</i>	Dirección del Trabajo: <i>Elepeco</i>	C.I: <i>0501399190</i>

f.....
VALIDADOR.



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga junio 16, 2017.

Doctor
Secundino Marreno Ramirez
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre **“Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.”**

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente: matriz de operacionalización de variables, los objetivos, instrumentos y los formularios.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Ángel Fernando Zambrano Jiménez.
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



ANEXO 3

OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO PARA LA FASE DE DIAGNÓSTICO

Objetivo General.

Diseñar un sistema de generación eléctrico fotovoltaico complementario a la red de electrificación a partir de la evaluación del potencial térmico solar en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela-Quito.

Objetivos específicos.

- Investigar los requerimientos energéticos necesarios para el proceso a desarrollarse.
- Determinar los parámetros de diseño de un sistema de generación fotovoltaico complementario a la red para la empresa Wartsila, que pueda mantener una simbiosis adecuada de las dos fuentes de suministro evitando interrupciones innecesarias en la operación normal de la corporación.
- Estructurar la factibilidad final técnica, ambiental y económica de implementación.



ANEXO 4

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ÍTEMS
<u>Independiente</u> Potencial solar en el sector de Tababela - Quito.	Ubicación del emplazamiento, Recurso Solar y Energía requerida	<ul style="list-style-type: none">➤ Coordenadas geográficas➤ Radiación sobre la superficie➤ Potencia	<ul style="list-style-type: none">➤ Medición.➤ Cálculos.➤ Estadística / Atlas solar Ecuador	UTM Kilovatios. Irradiación Solar.
<u>Dependiente</u> Generación de energía eléctrica a partir de radiación solar	Parámetros de diseño, Sistema fotovoltaico conectado a la red y Pre - factibilidad	<ul style="list-style-type: none">➤ Potencia consumida➤ Modos de trabajo➤ Costo/Reducción de CO₂	<ul style="list-style-type: none">➤ Medición, cálculos.➤ Fuentes fabricantes.➤ Vatímetro, Excel	Vatios por hora USD ton CO ₂

Elaboración: Zambrano Jiménez Ángel Fernando



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ITEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

f. 
VALIDADOR

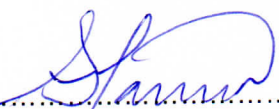
CC. 1753107907



ANEXO 6

**CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD
(DEBE CONSTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)**

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD			
O= OPTIMA	B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES	
1	<input type="radio"/>		
2	<input type="radio"/>		
3	<input type="radio"/>		
4	<input type="radio"/>		
5	<input type="radio"/>		
6	<input type="radio"/>		
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
25			

f. 
VALIDADOR
1757107907

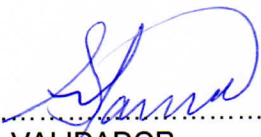


CC.....

ANEXO 7

LENGUAJE

LENGUAJE		
A= ADECUADO		I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES
1	A	
2	A	
3	A	
4	A	
5	A	
6	A	
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

f. 
VALIDADOR

CC. 1757107907.....



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga junio 14, 2017.

PhD.
Juan Mato Tamayo .
DOCENTE UNIVERSITARIO
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: **“Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.”**

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Ángel Fernando Zambrano Jiménez
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ANEXO 2
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.

3 = MUY SATISFACTORIO	2 = SATISFACTORIO	1 = POCO SATISFACTORIO
-----------------------	-------------------	------------------------

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
1. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none">Identificación de la propuesta.Originalidad.Impacto.	/			
2. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none">Determinación clara y concisa.Factibilidad.Utilidad.		/		
3. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none">Contribuye a mejorar la organización.Contribuye un aporte para la institución o empresa.	/			
4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA: <ul style="list-style-type: none">Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas.Los conceptos son de fácil comprensión.Utiliza terminología básica y específica.		/		
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none">Presenta un orden lógico.Tiene coherencia entre si los componentes de la propuesta.Se ajusta a la realidad del contexto social.Es sugestivo e interesante.Es de fácil manejo.	/			
TOTAL	9	4		

VALIDADO POR:	Nombre: <i>Juan Pablo Tanayo</i>		
Área de Trabajo. <i>Posgrado</i>	Título Profesional. <i>PhD</i>	Cargo u Ocupación. <i>Docente - Inv</i>	Año de Experiencia. <i>25</i>
Observaciones:			
Fecha: <i>19-06-2017</i>	Telf.: <i>0984144999</i>	Dirección del Trabajo: <i>UTC</i>	C.I.: <i>1756944285</i>

f. 
VALIDADOR.



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga junio 14, 2017.

PhD.

Juan Mato Tamayo

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre **“Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.”**

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente: matriz de operacionalización de variables, los objetivos, instrumentos y los formularios.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Ángel Fernando Zambrano Jiménez.
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



ANEXO 3

OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO PARA LA FASE DE DIAGNÓSTICO

Objetivo General.

Diseñar un sistema de generación eléctrico fotovoltaico complementario a la red de electrificación a partir de la evaluación del potencial térmico solar en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela-Quito.

Objetivos específicos.

- Investigar los requerimientos energéticos necesarios para el proceso a desarrollarse.
- Determinar los parámetros de diseño de un sistema de generación fotovoltaico complementario a la red para la empresa Wartsila, que pueda mantener una simbiosis adecuada de las dos fuentes de suministro evitando interrupciones innecesarias en la operación normal de la corporación.
- Estructurar la factibilidad final técnica, ambiental y económica de implementación.



ANEXO 4

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ÍTEMS
<u>Independiente</u> Potencial solar en el sector de Tababela - Quito.	Ubicación del emplazamiento, Recurso Solar y Energía requerida	<ul style="list-style-type: none">➤ Coordinadas geográficas➤ Radiación sobre la superficie➤ Potencia	<ul style="list-style-type: none">➤ Medición.➤ Cálculos.➤ Estadística / Atlas solar Ecuador	UTM Kilovatios. Irradiación Solar.
<u>Dependiente</u> Generación de energía eléctrica a partir de radiación solar	Parámetros de diseño, Sistema fotovoltaico conectado a la red y Pre - factibilidad	<ul style="list-style-type: none">➤ Potencia consumida➤ Modos de trabajo➤ Costo/Reducción de CO₂	<ul style="list-style-type: none">➤ Medición, cálculos.➤ Fuentes fabricantes.➤ Vatímetro, Excel	Vatios por hora USD ton CO ₂

Elaboración: Zambrano Jiménez Ángel Fernando



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

f.  VALIDADOR

CC. 1756944284



ANEXO 6

**CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD
(DEBE CONSTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)**

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD			
O= OPTIMA	B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES	
1	O		
2	O		
3	B		
4	B		
5	B		
6	B		
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
25			

f. 
VALIDADOR
1756944284




CC.....

ANEXO 7

LENGUAJE

LENGUAJE		
A= ADECUADO		I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES
1	A	
2	A	
3	A	
4	A	
5	A	
6	A	
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

f. .....
VALIDADOR

CC. 1756944284.....



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga junio 15, 2017.

Msc. Ing.
Luigi Freire.
DOCENTE UNIVERSITARIO
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: **“Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.”**

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Ángel Fernando Zambrano Jiménez
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ANEXO 2
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.

3 = MUY SATISFACTORIO	2 = SATISFACTORIO	1 = POCO SATISFACTORIO
-----------------------	-------------------	------------------------

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
1. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none">Identificación de la propuesta.Originalidad.Impacto.	/			
2. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none">Determinación clara y concisa.Factibilidad.Utilidad.	/			
3. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none">Contribuye a mejorar la organización.Contribuye un aporte para la institución o empresa.	/			
4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA: <ul style="list-style-type: none">Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas.Los conceptos son de fácil comprensión.Utiliza terminología básica y específica.	/			
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none">Presenta un orden lógico.Tiene coherencia entre si los componentes de la propuesta.Se ajusta a la realidad del contexto social.Es sugestivo e interesante.Es de fácil manejo.	/			
TOTAL	15			

VALIDADO POR:	Nombre: Wlgi Orlando Freire Martinez		
Área de Trabajo.	Título Profesional.	Cargo u Ocupación.	Año de Experiencia.
Docente	Ing. Electromecánica	Docente	7
Observaciones:			
Fecha: 15/06/2017	Telf.: 0984420301	Dirección del Trabajo: UTC	C.I.: 0502529589

f.  VALIDADOR.



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga junio 16, 2017.

Doctor
Msc. Luigi Freire
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre **“Evaluación del potencial térmico solar para la generación de energía eléctrica en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela - Quito. Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.”**

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente: matriz de operacionalización de variables, los objetivos, instrumentos y los formularios.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,


Ángel Fernando Zambrano Jiménez.
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



ANEXO 3

OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO PARA LA FASE DE DIAGNÓSTICO

Objetivo General.

Diseñar un sistema de generación eléctrico fotovoltaico complementario a la red de electrificación a partir de la evaluación del potencial térmico solar en la empresa Wartsila Ecuador, ubicada en el sector de Tababela-Quito.

Objetivos específicos.

- Investigar los requerimientos energéticos necesarios para el proceso a desarrollarse.
- Determinar los parámetros de diseño de un sistema de generación fotovoltaico complementario a la red para la empresa Wartsila, que pueda mantener una simbiosis adecuada de las dos fuentes de suministro evitando interrupciones innecesarias en la operación normal de la corporación.
- Estructurar la factibilidad final técnica, ambiental y económica de implementación.



ANEXO 4

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ÍTEMS
<u>Independiente</u> Potencial solar en el sector de Tababela - Quito.	Ubicación del emplazamiento, Recurso Solar y Energía requerida	<ul style="list-style-type: none">➤ Coordinadas geográficas➤ Radiación sobre la superficie➤ Potencia	<ul style="list-style-type: none">➤ Medición.➤ Cálculos.➤ Estadística / Atlas solar Ecuador	UTM Kilovatios. Irradiación Solar.
<u>Dependiente</u> Generación de energía eléctrica a partir de radiación solar	Parámetros de diseño, Sistema fotovoltaico conectado a la red y Pre - factibilidad	<ul style="list-style-type: none">➤ Potencia consumida➤ Modos de trabajo➤ Costo/Reducción de CO2	<ul style="list-style-type: none">➤ Medición, cálculos.➤ Fuentes fabricantes.➤ Vatímetro, Excel	Vatios por hora USD ton CO ₂

Elaboración: Zambrano Jiménez Ángel Fernando



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

f.

VALIDADOR


CC. 0502529589



ANEXO 6

**CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD
(DEBE CONSTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)**

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD			
O= OPTIMA	B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES	
1	O		
2	B		
3	O		
4	O		
5	B		
6	B		
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
25			

f. 
VALIDADOR
0502529589



CC.....

ANEXO 7

LENGUAJE

LENGUAJE		
A= ADECUADO		I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES
1	A	
2	A	
3	A	
4	A	
5	A	
6	A	
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

f.....
VALIDADOR

CC. 052529589.....