

“INVESTIGACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONAL A ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA SEDE PRINCIPAL DE AGUAS DE MANIZALES S.A. E.S.P. EN LA CIUDAD DE MANIZALES EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS”



RAFAEL ANTONIO BÁRCENAS RODRÍGUEZ
HERMAN ALONSO OROZCO SEPULVEDA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES, ECONÓMICAS Y DE
NEGOCIOS - ECACEN

DOSQUEBRADAS

2019

Tabla de contenido

Resumen	7
a) Problema de investigación	9
a. Planteamiento del problema.	9
b. Formulación del problema.....	10
c. Objetivos de la investigación.....	12
d. Justificación del estudio.	13
e. Limitaciones de la investigación.....	14
b) Marco teórico	15
a. Antecedentes de estudio.	39
b. Bases teóricas.	45
c. Definición de conceptos.	51
d. Formulación de hipótesis de trabajo.	63
e. Selección de variables si aplican.	64
c) Marco metodológico	64
a. Tipo y nivel de la investigación.....	64
b. Descripción del ámbito de investigación.....	66
c. Definición de la población y muestra a utilizar.	69
d. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.	69
e. Validez y confiabilidad del instrumento utilizado.	70
f. Definición del plan de recolección y procesamiento de datos.	71
d) DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	72
a. Análisis datos de consumo energía eléctrica	72
b. Temperatura de la zona	81
c. Radiación y brillo solar disponible en la zona.....	84
d. Área disponible en las instalaciones de la empresa	92
e. Transformador existente.....	98
f. Análisis de paneles según proveedores del mercado	101
g. Energía requerida para el consumo de las instalaciones	107
h. Análisis producción de energía según radiación solar	114
i. Inversor para los sistemas interconectados a la red (Sangster, 2014)	117
j. Microinversores	118
k. Perdidas en el sistema solar fotovoltaico	119

l.	Beneficios tributarios	119
m.	Valor energía generada.....	123
n.	Flujo de caja	126
o.	Factibilidad económica	131
p.	Factibilidad ambiental.....	131
q.	Factibilidad social	132
r.	Cotización y factibilidad de proveedores sistemas solares fotovoltaicos.....	132
e)	Aspectos de gestión, en este caso se deberán considerar:	138
a.	Cronograma de actividades.	138
b.	Presupuesto de la investigación.	138
	Conclusiones	140
f)	Referencias bibliográficas	142
g)	Anexos	146

Índice de Tablas

Tabla 1 RAE fundamentos de la conversión fotovoltaica: célula solar.	15
Tabla 2 La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia.	16
Tabla 3 instalación de sistemas solares sobre techos.....	18
Tabla 4 Aplicación de la energía solar fotovoltaica interconectada a la red eléctrica.	19
Tabla 5 Monografía sobre la implementación de energías alternativas en Puerto Carreño, Vichada	20
Tabla 6 Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en Nazaret, corregimiento del municipio de Uribí, La Guajira.....	23
Tabla 7 Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal Simón Bolívar de Anapoima, Cundinamarca.	26
Tabla 8 Incidencia de proyectos que emplean sistemas fotovoltaicos frente a la problemática energética de las zonas rurales de Colombia.	31
Tabla 9 Uso de paneles solares como energía renovable para el abastecimiento de energía eléctrica.	33
Tabla 10 Implementación de un panel solar móvil automatizado para la generación de energía limpia.	36
Tabla 11 Promedio multianual de radiación solar por regiones en Colombia.	59
Tabla 12 Consumo Energía Facturado año 2011 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	72
Tabla 13 Consumo Energía Facturado año 2012 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	73
Tabla 14 Consumo Energía Facturado año 2013 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	74
Tabla 15 Consumo Energía Facturado año 2014 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	75
Tabla 16 Consumo Energía Facturado año 2015 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	76
Tabla 17 Consumo Energía Facturado año 2016 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	77
Tabla 18 Consumo Energía Facturado año 2017 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	78
Tabla 19 Consumo Energía Facturado año 2018 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	79
Tabla 20 Consumo Energía Facturado años 2016-2017- 2018 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	80
Tabla 21 Tabla de temperatura máxima zona de estudio.	82
Tabla 22 Temperatura de la zona NASA.	83
Tabla 23 Rango de datos obtenidos por entidades.	84
Tabla 24 Conversiones utilizadas en el campo de la radiación solar.....	85
Tabla 25 Promedios mensuales de la irradiación global acumulada diaria recibida en superficie de las principales ciudades de Colombia.	86
Tabla 26 Promedios mensuales de brillo solar en las principales ciudades de Colombia.	88
Tabla 27 Rango anual de disponibilidad de energía solar por regiones	90
Tabla 28 Radiación Promedio horario Estación EMAS Manizales.....	91
Tabla 29 Disponibilidad de áreas para potencia solar.	97
Tabla 30 Características transformador sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	98
Tabla 31 Conversiones de energía y potencia utilizadas más frecuente.	100
Tabla 32 Eficiencia Paneles diferentes proveedores.	102
Tabla 33 Paneles/Proveedores más eficientes seleccionados.....	104
Tabla 34 Calculo Factor de Forma diferentes proveedores	105
Tabla 35 Análisis de características para selección de panel solar.....	106
Tabla 36 Consumo energético año 2018 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.....	107
Tabla 37 consumo diario energía real tomado.	109

Tabla 38 Análisis por hora del consumo real medido	110
Tabla 39 Generación de Energía en base a radiación solar disponible Vs Consumo 2018.	114
Tabla 40 Generación de Energía en base a radiación solar disponible Vs Consumo real medido 2019. .	115
Tabla 41 Generación de Energía en base a radiación solar disponible Vs Consumo real medido 2019. .	116
Tabla 42 Energía generada año 1	123
Tabla 43 Generación Energía año 0 - 25.	124
Tabla 44 Excedentes de energía proyectados con su respectivo valor.	127
Tabla 45 flujo de caja energía convencional.....	128
Tabla 46 Flujo de caja Energía Fotovoltaica.....	129
Tabla 47 Cronograma proyecto de investigación año 2019.....	138
Tabla 48 Presupuesto estimado para la investigación 2019.....	139

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Promedio radiación global en Manizales. Fuente IDEAM 2019.	59
Ilustración 2 Irradiación Global Horizontal Medio, Diario, Anual. Fuente IDEAM, 2018.....	60
Ilustración 3 Promedio mensual de brillo solar en Manizales. Fuente IDEAM 2019	61
Ilustración 4 Distribución Brillo Solar Medio - Diario – Anual, Fuente IDEAM 2019	62
Ilustración 5 Plano sede principal Aguas de Manizales. Fuente proceso de ingeniería Subgerencia Técnica 2019.	66
Ilustración 6 Vista aérea de la sede principal de Aguas de Manizales. Fuente Análisis de Infraestructura, Subgerencia Técnica 2019.	67
Ilustración 7 Trayectoria del sol en tiempo real. Fuente SunEarthTools.com 2019.....	68
Ilustración 8 Factura de energía de la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P. Fuente servicios administrativo, Subgerencia Técnica 2019.	70
Ilustración 9 Datos estación meteorológica red alertas tempranas y monitoreo, fuente URL: http://cdiac.manizales.unal.edu.co/sistema-alerta-temprana/MapaManizales/ , 2019.....	81
Ilustración 10 Cubierta del cafetín y bodega de materiales sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de administración logística 2019.....	92
Ilustración 11 Cubierta del almacén y espacio del personal operativo sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de administración logística 2019.	92
Ilustración 12 Cubierta edificio central administrativo sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de administración logística 2019.....	93
Ilustración 13 Vista aérea Sede Principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de administración logística 2019.	93
Ilustración 14 Dimensiones bloque 1 sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de análisis del sistema DELFOS 2019.	94
Ilustración 15 Dimensiones bloque 2 sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de análisis del sistema DELFOS 2019.	95
Ilustración 16 Dimensiones bloque 3 sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de análisis del sistema DELFOS 2019.	95
Ilustración 17 Dimensiones potencial bloque 3 sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de análisis del sistema, DELFOS 2019.....	96

Ilustración 18 Transformador sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente propia del investigador 2019.	99
Ilustración 19 Programación registrador trifásico de consumo eléctrico. Fuente proceso de mantenimiento, subgerencia técnica 2019.	108
Ilustración 20 Registrador trifásico de consumo eléctrico. Fuente proceso de mantenimiento, subgerencia técnica 2019.	108
Ilustración 21 Registro de datos. Fuente proceso de mantenimiento, subgerencia técnica 2019.	108
Ilustración 22 Visualización Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. Fuente URL: https://www.fluke.com/es-co	109
Ilustración 23 Resumen global del estudio de energía realizado con el Registrador trifásico de consumo eléctrico. Fuente Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. Fuente URL: https://www.fluke.com/es-co , 2019.....	111
Ilustración 24 Energía Activa Total Medida Real. Fuente Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. Fuente URL: https://www.fluke.com/es-co , 2019.	112
Ilustración 25 Media Acumulativa de Consumo Real Medido. Fuente Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. Fuente URL: https://www.fluke.com/es-co , 2019.....	113
Ilustración 26 Diagrama instalación con Microinversores. Fuente URL: http://shop.textalk.se/shop/ws76/41876/art67/22081167-5ef89b-WMVC-250w24V.pdf	118
Ilustración 27 Cotización ahorro del 24.3%. Fuente Darwin energía solar, 2019.....	133
Ilustración 28 Cotización ahorro del 97.6%. Fuente Enersolax, 2019.....	134
Ilustración 29 Cotización ahorro del 100%. Fuente ENEF GREEN ENERGY SOLUTION S.A.S, 2019.	135
Ilustración 30 Cotización ahorro 100%. Fuente Gimecol Solar, pagina 1, 2019.	136
Ilustración 31 Cotización ahorro 100%. Fuente Gimecol Solar, pagina 2, 2019.	137

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Equivalencia kVA - kW.....	99
Ecuación 2 Eficiencia Panel Solar.....	101
Ecuación 3 Ecuación Factor Forma.....	104
Ecuación 4 Flujo de caja diferencial.....	126

Resumen

La presente investigación es un estudio de factibilidad para la implementación de un sistema solar fotovoltaico como solución alternativa de las energías convencionales teniendo en cuenta los efectos ambientales, económicos y sociales en el entorno de una empresa de servicios públicos y su zona objeto de estudio.

Se hace necesario para un adecuado desarrollo de la investigación el análisis de las condiciones geográficas, condiciones solares y ambientales de la zona de estudio, descripción del sistema solar fotovoltaico y costos de implementación del sistema solar fotovoltaico, lo anterior hace que la investigación sea de tipo descriptivo y adicional tiene un enfoque explicativo puesto que se obtendrá un resultado de diseño e implementación viable o no en base a las condiciones óptimas para su ejecución y sus impactos en los ámbitos ambiental, social y económico.

Palabras claves: Panel solar, energías renovables, economías alternativas, desarrollo sustentable, energía fotovoltaica.

Abstract

This research is a feasibility study for the implementation of a solar photovoltaic system as an alternative solution for conventional energies considering the environmental, economic and social effects on the environment of a solar photovoltaic company services and their area under study.

It is necessary for the proper development of research the analysis of geographical conditions, solar and environmental conditions of the study area, description of the photovoltaic solar system and costs of implementation of the solar photovoltaic system , this makes the research descriptive and additional in nature has an explanatory approach since a viable or non-viable design and implementation result will be obtained based on the optimal conditions for its implementation and its environmental impacts, social and economic issues.

Keywords: Solar panel, renewable energy, alternative economies, sustainable development, renewable energy, photovoltaic.

a) Problema de investigación

a. Planteamiento del problema.

Desde el invento de la energía eléctrica entre los siglos XVIII Y XIX ésta ha propiciado el desarrollo industrial, tecnológico y social hasta nuestros días. A nivel mundial es la principal fuente de energía en todos los hogares y construcciones realizadas por el hombre garantizando bienestar y comodidad al permitir el uso de todo aparato eléctrico que mejora las condiciones de vida y trabajo del ser humano.

En Colombia, la Ley 143 de 1994 establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, en donde se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética para el servicio de energía eléctrica que es suministrado por el estado y empresas del sector privado.

El país cuenta con una capacidad instalada de 17720,5 MW de los cuales el 69,18% corresponde a energía hidráulica, centrales térmicas (gas, carbón y ACPM) con el 26,36%, radiación solar 0,06%, viento 0,10%, biogás 0,02%, bagazo 0,81%, combustóleo 1,74%, JET-A1 0,25%, mezcla GAS—JET-A1 1,49% (UPME agosto del 2018).

El abuso por la generación de la energía hidráulica ha aumentado considerablemente en los últimos años, donde se genera un gasto excesivo y poco responsable que trae como consecuencia la contaminación lumínica, contaminación atmosférica, lluvia acida, efecto invernadero alteración del ecosistema con destrucción de la biodiversidad, erosión del suelo, agotamiento de los recursos naturales como el agua, entre otros problemas que conllevan a la destrucción lenta del planeta.

A pesar de ser la energía eléctrica una fuente vital en el modo de vida del hombre, generalmente no se realiza un ahorro y uso eficiente de la misma, donde entra a jugar un papel importante la implementación de nuevas energías para mitigar el impacto ambiental que en este momento se tiene por el uso de energías convencionales. Un buen diagnóstico y su viabilidad requerido para la implementación de los paneles solares fotovoltaicos arroja excelentes resultados inversión versus costo/beneficio donde para los grandes consumidores de energía es ideal dicha implementación en pro del medio ambiente y posterior del beneficio propio en cuanto a la reducción del costo en la facturación del servicio de energía además del mérito por la iniciativa del uso de energías renovables; por tal motivo se plantea el siguiente interrogante:

b. **Formulación del problema.**

¿Es viable la migración y/o implementación de paneles solares fotovoltaicos como uso de energías renovables en la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P?

Una facturación anual superior a los 82 millones de pesos en promedio comprendida entre los años 2011 al 2018 (Aguas de Manizales proceso de Logística, Subgerencia Administrativa marzo de 2019) de solo su sede principal; la empresa necesita una investigación y factibilidad para aminorar dichos gastos fijos mediante la implementación de energías renovables para su ejercicio motriz como iluminación, climatización y computación entre otros que posibilitan su labor para prestar el servicio a sus clientes. Los costos no pueden ser considerados como inherentes al funcionamiento de la empresa sino como costos variables que se manejan y gestionan adecuadamente optimizando recursos. Mediante la implementación de medidas de

eficiencia y gestión energética o generar su propia energía en situ mediante sistemas alternativos como lo son los paneles solares que hoy en día ya son una tecnología madura y competitiva si se dimensionan, implementan y utilizan adecuadamente a las necesidades específicas articulándose con medidas de eficiencia energética.

Un hito trascendental para promover y viabilizar aún más la implementación de estos sistemas se presentó en febrero de 2018 cuando la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) de Colombia definió las condiciones para que los usuarios residenciales, comerciales y pequeños industriales que generen energía (principalmente para su autoconsumo) puedan vender los excedentes al Sistema Interconectado Nacional.

Aguas de Manizales S.A. E.S.P. en su sede principal requiere energía eléctrica para el consumo de sus servicios energéticos de iluminación, climatización, computación, entre otros, que hacen posible su funcionamiento para la prestación del servicio a sus clientes internos y externos. El consumo promedio mensual se encuentra alrededor de 13.534 kWh con un costo promedio de \$6.903.973 para el año 2018. (Aguas de Manizales S.A. E.S.P. marzo del 2019).

c. Objetivos de la investigación

General

Determinar la viabilidad y su factibilidad en la incorporación de paneles solares fotovoltaicos como energías renovables en la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P. de la ciudad de Manizales, Caldas.

Específicos

Identificar las condiciones óptimas y la normatividad vigente para la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Dimensionar el sistema solar fotovoltaico según las necesidades de consumo energético de Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Evaluar la factibilidad ambiental, económica y social del proyecto de paneles solares fotovoltaicos en la cubierta de las instalaciones de Aguas de Manizales S.A E.S.P. además de sus impactos asociados.

d. Justificación del estudio.

Colombia por estar ubicada geográficamente en la línea ecuatorial es un país privilegiado que debe aprovechar esta fuente inagotable, limpia y gratuita como lo es la energía solar. Sin embargo, se ha hecho un gasto excesivo del mismo generando consecuencias en nuestra biodiversidad, evidenciándose en la contribución a la alta erosión de contaminación que se genera nuestro país, es así como según estudios realizados por Empresas Públicas de Medellín - EMP citando a Merino (2012) "una persona promedio usa 38KWh (Kilovatios hora mes (p 7)", lo que comprueba lo anteriormente descrito.

La necesidad que se plantea para Aguas de Manizales S.A. E.S.P. son paneles solares o placas fotovoltaicas las cuales reciben energía solar transformándola en energía eléctrica para así mismo satisfacer la necesidad de energía requerida para su funcionamiento motriz en la sede principal de dicha empresa.

Con esta investigación se pretende analizar la viabilidad de suplencia de energía convencional a energía renovable como un emprendimiento ambiental de carácter privado y autosostenible, reducir la contaminación ambiental se hace sumamente importante en la generación de energía alterna a través de la instalación de paneles solares en la cubierta de las instalaciones de la sede principal, contribuyendo a disminuir la facturación del servicio de energía y porque no vendiendo el excedente de la misma en algunos casos. La contribución académica al campo del conocimiento es importante puesto que es un punto de partida para otras empresas de implementar o dar el salto al uso de las energías renovables logrando grandes beneficios ambientales y tributarios.

e. Limitaciones de la investigación.

La presente investigación tiene como limitantes el acceso a la información privada y vulnerable a terceros puesto que es de tipo administrativo y presupuestal, partiendo de que no existen estudios y/o investigaciones previas del tema se parte desde cero para la misma. Otra limitante es la falta de conocimiento y familiarización por parte de los líderes y directivas de la empresa con respecto a las energías renovables. El tiempo utilizado para la investigación se considera un factor importante, para este ejercicio fue de 6 meses los cuales se aprovecharon en: la consecución de la información, depuración de la información, cálculos y análisis de la información, obtención de resultados, emisión de juicio de factibilidad.

Aplicar modelos financieros para evaluar la evolución del flujo de caja de la empresa y los beneficios que conlleva una inversión monetaria para tecnología de este tipo requiere periodos de 3 años, esta investigación se basa en proyecciones y no datos históricos.

Limitaciones geográficas

Esta investigación se centra únicamente y específicamente para la sede principal de Aguas de Manizales S.A. E.S.P. ubicada en la ciudad de Manizales, departamento de Caldas. La investigación del sistema solar fotovoltaico se pretende de tipo interconectado a la red para generar el gasto diario energético además de recuperar la inversión y generar ganancias a futuro.

Los desarrollos del estudio, diseño y dimensionamiento de la instalación sin su construcción respectiva son el punto de partida para implementar un proyecto a futuro por parte de la empresa si así lo requiere, esto debido a que es un proyecto de investigación el que se realizará.

b) Marco teórico

Utilizando para esto revisión del estado del arte y al menos 10 autores y haciendo énfasis principalmente en:

Tabla 1 RAE fundamentos de la conversión fotovoltaica: célula solar.

RESUMEN ANALITICO EDUCATIVO - RAE	
Título del texto	FUNDAMENTOS DE LA CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA: LA CÉLULA SOLAR
Nombres y Apellidos del Autor	JOSÉ L° BALENZATEGUI MANZANARES
Año de la publicación	2007/2008
Resumen del texto: Presentar los principios de funcionamiento de los paneles solares o paneles fotovoltaicas, los dispositivos empleados para realizar una conversión fotovoltaica de la radiación solar, la conversión de la radiación solar en electricidad.	
Palabras Claves	Funcionamiento, conversión, células, fotovoltaicas, radiación solar.
Problema que aborda el texto: Aspectos de funcionamiento de las células fotovoltaicas.	
Objetivos del texto: Principios de funcionamiento de las células solares. Dispositivos empleados para realizar una conversión fotovoltaica de la radiación solar. Diferenciar entre las tecnologías fotovoltaica (FV) y térmica.	
Hipótesis planteada por el autor: Exponer de forma simple cuál es el fundamento de la conversión fotovoltaica y las propiedades de los materiales semiconductores que los hacen susceptibles de ser utilizados en esta conversión.	
Tesis principal del autor: A partir de la década de los 70, coincidiendo con la primera gran crisis energética Internacional, cuando la energía fotovoltaica (FV) empieza a investigarse y a desarrollarse como una fuente de energía por ser un enorme atractivo por sus características y sus potenciales aplicaciones. La energía FV supone actualmente un campo de desarrollo científico y tecnológico de enorme amplitud y gran actividad.	
Argumentos expuestos por el autor: Exponer cuál es el fundamento de la conversión fotovoltaica y las propiedades de los materiales semiconductores que los hacen susceptibles de ser utilizados en esta conversión. Estructura y características de las células solares convencionales, las que trabajan en tecnologías llamadas de panel plano.	

Analizar principales parámetros de diseño y las principales influencias que determinan el rendimiento final de estos dispositivos.	
Conclusiones del texto: Dar a conocer los principios de funcionamiento de las celdas solares, dispositivos y tecnología empleada, así como la conversión convencional de energía eléctrica a una energía de radiación solar.	
Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE	Herman Alonso Orozco Sepúlveda Rafael Bárcenas
Fecha en que se elaboró este RAE	06/09/2018

Fuente URL: <https://www.eoi.es/es/file/18640/download?token=viIM3mLa>

Tabla 2 La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia.

Título del texto	LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FACTOR DE DESARROLLO EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA.
Nombres y Apellidos del Autor	RAFAEL EDUARDO LADINO PERALTA
Año de la publicación	BOGOTÁ, D.C., MARZO DE 2011
Resumen del texto: La presente investigación recoge los resultados en torno a las características sociales, ambientales, económicas y de política, con relación al uso de la energía fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural.	
Palabras Claves	Energía fotovoltaica, desarrollo rural, características sociales, características ambientales.
Problema que aborda el texto: El uso de energía en los espacios rurales se relaciona con el consumo de combustibles fósiles empleados en maquinaria, equipos agrícolas y como insumo doméstico en la cocción de alimentos.	
Objetivos del texto: Establecer los indicadores sociales (salud, educación, satisfacción de necesidades básicas, comunicación, servicios públicos, procesos comunitarios), ambientales (conservación de recursos naturales, producción limpia, innovación tecnológica), económicos (actividad productiva, tarifas, ingresos, crédito) y de política (programas, recursos y estrategias locales para innovación energética) Tauramena y Carupana. Describir las incidencias en el desarrollo rural, alrededor de la implementación de energía solar fotovoltaica en el caso de estudio. Plantear recomendaciones para el desarrollo rural a partir de la implementación de proyectos de energía solar fotovoltaica.	
Hipótesis planteada por el autor: ¿Cuáles han sido los indicadores sociales, culturales, políticos, económicos y ambientales	

en el desarrollo rural de la vereda de Carupana del municipio de Tauramena, a partir de la implementación del proyecto de energía solar fotovoltaica? ¿Qué incidencias se han configurado alrededor del uso de la energía solar fotovoltaica en el contexto de estudio de la vereda y el municipio? ¿Por qué los aspectos técnicos, económicos, culturales, sociales, y ambientales se deben considerar para la implementación de sistemas fotovoltaicos en áreas rurales del país?

Tesis principal del autor:

Con respecto a Colombia, algunas regiones favorecidas por el espectro de la radiación solar (Tauramena con 1.962 horas anuales de brillo solar), presentan un potencial energético que contribuiría a la reducción relativa de costos por interconexión eléctrica y al fomento de energías renovables, especialmente en los sectores agrarios. Estas características geográficas justifican el uso, el consumo eléctrico y la capacidad de autosuficiencia, sin la dependencia de macro-redes eléctricas, las cuales dificultan su conectividad, dadas las distancias y los enclaves geográficos del país donde se presenta reducción de la cobertura eléctrica rural.

Argumentos expuestos por el autor:

En Colombia, siguiendo a Dynner (2008), el 4% de la población colombiana no está conectada al anillo eléctrico nacional; esta población ocupa el 66% del territorio nacional y al desarrollarse las energías renovables para zonas alejadas o no interconectadas, esta energía es un soporte en las labores domésticas, productivas y comerciales de la población rural.

Conclusiones del texto:

A través de la presente investigación se encontró que las ZNI, están dispersas de los centros urbanos, alejadas de la energía eléctrica convencional y solo con programas sociales pueden acceder a las energías renovables como única fuente energética sostenible en la búsqueda de mejoramiento en su calidad de vida. No obstante, las comunidades rurales beneficiadas como es el caso de la vereda de Carupana, luego de instaladas no existen programas sociales y técnicos de seguimiento, control y mantenimiento de estos sistemas, que permita conocer información útil para replicar estos resultados a otras comunidades rurales.

Sobre los mercados energéticos renovables especialmente la energía fotovoltaica existe información, pero no es suficiente, que permita algún grado de aproximación su aplicabilidad en Colombia a mediano plazo. Las políticas públicas mencionan las energías alternativas, pero no puntualizan programas concretos hacia las zonas rurales colombianas.

Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE

Herman Alonso Orozco Sepúlveda
Rafael Bárcenas

Fecha en que se elaboró este RAE

11/09/2018

Fuente URL: repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/1085/1/

Tabla 3 instalación de sistemas solares sobre techos

Título del texto	INSTALACION DE SISTEMAS SOLARES SOBRE TECHOS
Nombres y Apellidos del Autor	Consejo Nacional de Energía
Año de la publicación	2013
Resumen del texto: El presente documento preparado por el Consejo Nacional de Energía es una guía para la elaboración de perfiles de proyectos para la instalación de sistemas fotovoltaicos sobre techos.	
Palabras Claves	Energía solar, radiación solar, módulos solares, generadores fotovoltaicos.
Problema que aborda el texto: Aspectos fundamentales en la manera de cómo instalar celdas fotovoltaicas en los techos.	
Objetivos del texto: Reducir la dependencia energética del petróleo y sus productos derivados, fomentando las fuentes de energía renovables.	
Hipótesis planteada por el autor: Exponer información básica sobre la energía solar, los generadores fotovoltaicos, como se integran los sistemas solares y su producción de energía eléctrica. Además, como realizar un cálculo estimado de la capacidad y el costo de un sistema fotovoltaico basado en el área donde es posible su instalación.	
Tesis principal del autor: Una de las fuentes de energía renovable mayormente disponible en el país es la energía solar, por lo que el Consejo Nacional de Energía (CNE) consciente de la importancia de iniciar estudios que permitan estimar el costo y la capacidad de los sistemas fotovoltaicos que se pudieran instalar en instituciones públicas, ha preparado el presente manual para realizar presupuestos iniciales para la instalación de generadores fotovoltaicos en las instalaciones de edificios públicos.	
Argumentos expuestos por el autor: Reducir la dependencia energética del petróleo y sus productos derivados, fomentando las fuentes de energía renovables. Iniciar estudios que permitan estimar el costo y la capacidad de los sistemas fotovoltaicos que se pudieran instalar en instituciones públicas. Integrar los sistemas solares y su producción de energía eléctrica.	
Conclusiones del texto: La energía solar es la energía radiante emitida por el sol y recibida en la tierra en forma de ondas electromagnéticas, es por ello que los sistemas fotovoltaicos reciben estas ondas y las transforman en energía eléctrica la cual se transforma y se aprovecha en menos costos y más beneficios hacia el usuario final.	
Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE	Herman Alonso Orozco Sepúlveda Rafael Bárcenas
Fecha en que se elaboró este RAE	18/09/2018

Fuente URL: www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-876-optimizacion-energia-solar-fotovoltaica-edificaciones.aspx

Tabla 4 Aplicación de la energía solar fotovoltaica interconectada a la red eléctrica.

Título del texto	Aplicación de la energía solar fotovoltaica interconectada a la red eléctrica.
Nombres y Apellidos del Autor	Pablo Castellot Pérez Kai Edwin Whiting Luis Gabriel Carmona A.
Año de la publicación	2014
Resumen del texto: El presente estudio evalúa la viabilidad de una instalación solar fotovoltaica, conectada a la red para la generación de electricidad en una ubicación localizada en Thierhaupten, en la ciudad de Augsburg, al sur de Alemania. El dimensionado y el diseño del sistema se realizó mediante el uso de las herramientas: PVGIS, PV-Sol, Sunny Design, Würth y hojas de cálculo Excel. Se analiza el desempeño técnico y económico de un sistema conformado por celdas fotovoltaicas y una capacidad de 78,96 kWp. El promedio de radiación solar global media anual es de 3000 Wh/m ² /día, y por lo tanto, se proyecta una generación de 75.043 kWh/año de electricidad. Con base en el precio de la energía solar fotovoltaica, regulado por la normativa de la Ley de Energía Renovable (Erneuerbare Energien Gesetz) vigente en Alemania, que asciende a los 0,16 €/kWh, de los resultados se concluye que el proyecto estudiado es viable con un TIR (Tasa Interna de Retorno) de 15,2% y VPN (Valor Presente Neto) de €14,966.72.	
Palabras Claves	Energías renovables, energía solar fotovoltaica, interconexión eléctrica.
Problema que aborda el texto: Reduce la emisión de gases de efecto invernadero, disminuir la importación y utilización de los combustibles fósiles, y promover el desarrollo de la industria local mediante la generación de nuevos puestos de trabajo.	
Objetivos del texto: El objetivo del presente trabajo es demostrar, mediante un caso aplicado, el proceso de diseño de una instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica, que será emplazada en la cubierta de una nave industrial en la localidad de Thierhaupten, en el estado de Augsburg; así como realizar la evaluación de factibilidad técnica y económica de acuerdo con la normatividad alemana.	
Hipótesis planteada por el autor: Se analiza el desempeño técnico y económico de un sistema conformado por celdas fotovoltaicas y una capacidad de 78,96 kWp. El promedio de radiación solar global media anual es de 3000 Wh/m ² /día, y por lo tanto, se proyecta una generación de 75.043 kWh/año de electricidad. Con base en el precio de la energía solar fotovoltaica, regulado por la normativa de la Ley de Energía Renovable (Erneuerbare Energien Gesetz) vigente en Alemania, que asciende a los 0,16 €/kWh, de los resultados se concluye que el proyecto estudiado es viable con un TIR (Tasa Interna de Retorno) de 15,2% y VPN (Valor Presente Neto) de €14,966.72.	
Tesis principal del autor: En 2013, la energía fotovoltaica generada ascendió a 30 TWh y cubrió aproximadamente el 5,7 por ciento del consumo neto de electricidad de Alemania (Wirth, 2014). Los sistemas fotovoltaicos se han concentrado en Baden-Württemberg y Augsburg, por su	

elevada irradiación solar (figura 1) y por contar con la mayor renta per cápita (Gorrozari, 2012). Por otro lado, la gran parte de las instalaciones fotovoltaicas se encuentran conectadas a la red eléctrica (91% del total) (Pingarrón, 2011).	
Argumentos expuestos por el autor: Generar energía solar fotovoltaica en reemplazo de energía convencional. Promover el desarrollo local de nuevos puestos de trabajo Reducir costos de energía eléctrica en la planta de producción.	
Conclusiones del texto: El presente estudio examina la viabilidad de generación de electricidad mediante una instalación solar fotovoltaica interconectada a la red eléctrica, en un emplazamiento ubicado al Sur de Alemania. Para ello, se han utilizado diversos programas de dimensionado, tanto de uso privado como gratuitos, proporcionados por las diferentes casas comerciales. Se determinaron el número de módulos e inversores, así como la configuración de los Strings sobre la cubierta del edificio y el sistema de montaje a ejecutar. Se analizó el rendimiento técnico y económico de un sistema con potencia de 78,96kWp. Se evaluó que este puede generar 75.043kWh de electricidad anual a coste normalizado de generación de energía alrededor de 0,14 €/kWh. Adicionalmente, se observó que al incrementar los costos iniciales de instalación (módulos, inversores, Instalaciones, etc.), la rentabilidad del proyecto puede desmejorar significativamente. Además, se identificó que la radiación solar es determinante para establecer la productividad de este sistema. Se espera que la incorporación de la energía solar fotovoltaica a la red pueda reducir la generación de gases efecto invernadero y otras emisiones contaminantes asociadas a la generación de electricidad.	
Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE	Herman Alonso Orozco Rafael Bárcenas
Fecha en que se elaboró este RAE	19/09/2018

Fuente URL:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwicxd_UwNbiAhUkq1kKHagaBUgQFjABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fjournal.universidadean.edu.co%2Findex.php%2FRevistao%2Farticle%2Fdownload%2F1245%2F1210%2F&usg=AOvVaw0saFmHIVvcZp4INwz2d4Sx

Tabla 5 Monografía sobre la implementación de energías alternativas en Puerto Carreño, Vichada

Título del texto	Monografía sobre la implementación de energías alternativas en Puerto Carreño, Vichada
Nombres y Apellidos del Autor	Elías Pérez Naranjo Flor Marina Agudelo Rojas
Año de la publicación	2017
Resumen del texto: El uso de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural ha sido de gran ayuda	

para el desarrollo industrial, crecimiento económico y avance tecnológico en la sociedad humana durante los últimos siglos; sin embargo, ha causado daños al medio ambiente que pueden tener graves consecuencias en el planeta. Es por esta razón que se ha vuelto necesaria la implementación de fuentes de energía renovables y alternativas, que sean más limpias y sostenibles: energía eólica, solar, biomasa, hidráulica, de los océanos y geotérmica. Puerto Carreño, capital del departamento de Vichada, Colombia, es un municipio fronterizo con grandes recursos naturales. Las condiciones geográficas hacen que la implementación de energías renovables, como la solar, eólica o biomasa, sean viables y efectivas.

Es por esto por lo que algunas organizaciones actualmente estén desarrollando proyectos que ponen al municipio en la delantera de la producción energética limpia en Colombia. Analizar las diferentes clases de energías renovables, además de las condiciones del municipio y de los proyectos actuales, para dar cuenta de la situación y los siguientes pasos en la implementación de las energías alternativas en Puerto Carreño.

Palabras Claves

energía eléctrica, energía alternativa, energía convencional, impactos ambientales, Puerto Carreño

Problema que aborda el texto:

Colombia, tradicionalmente ha implementado la utilización de combustible fósiles para la generación de energía para aprovechamiento industrial, comercial y doméstico. Estos han generado un gran deterioro ambiental, ecológico y, además, se estima que en mediano plazo se agoten. Como consecuencia, la búsqueda de nuevas energías alternativas brinda opciones de sustituir la demanda de combustibles fósiles y crear energías limpias y ecológicas de calidad. Podrán encontrar diferentes energías alternativas: solar, hidráulica, eólica, biomasa, mareomotriz y geotérmica, con distintos principios de funcionamiento.

La energía solar fotovoltaica transforma la energía solar en electricidad; la solar térmica transforma la energía solar para calentar agua y a partir de ahí generar electricidad; la hidráulica transforma en electricidad la alta presión del agua que se genera en la tuberías; la eólica transforma la energía del viento en electricidad; la biomasa transforma la energía de la descomposición de la materia orgánica en electricidad; la mareomotriz transforma la energía del mar en electricidad, aprovechando las olas, las corrientes marinas o las mareas, y la geotérmica transforma la energía calorífica de la tierra en electricidad. De igual forma, se están implementando otras, como biocombustibles, que consisten en el uso de combustibles de origen vegetal.

Objetivos del texto:

Conocer las formas de producción de las energías alternativas: eólica, solar, geotérmica, hidráulica, mareomotriz, biomasa, entre otras.

Identificar, de acuerdo con las energías alternativas, cuáles son las más viables a desarrollar.

Conocer los sistemas de energías alternativas que se están implementando en Puerto Carreño.

Identificar los usos y aplicaciones de las energías alternativas en Puerto Carreño.

Hipótesis planteada por el autor:

Adquirir conocimientos sobre el uso e implementación de energías alternativas que están a la vanguardia en el mundo como una opción para impulsar regiones apartadas y acercarlas al progreso, desarrollo y cuidado del medio ambiente.

Sumado a este nuevo aprendizaje, el conocimiento de la región de Puerto Carreño y la investigación de las experiencias que se están llevando a cabo en la implementación de fuentes energéticas limpias, dan la certeza de que el camino que se debe seguir es el de la producción energética limpia, en especial el aprovechamiento de la energía solar como fuente principal. Este trabajo es una herramienta útil en la investigación para la implementación de las fuentes de energías renovables en el país y posibilite el acercamiento de la población interesada a los proyectos que se desarrollan actualmente en Puerto Carreño.

Tesis principal del autor:

Las energías alternativas han sido objeto de estudios y llevadas a la aplicación y práctica por países desarrollados. Los resultados han sido positivos en el ámbito ambiental y económico, por lo que se estudian nuevas técnicas para su eficiencia. Es esta la razón por la que se estudiará evaluará y analizará para que sean desarrolladas en Colombia, principalmente en el municipio de Puerto Carreño. De esta forma se podrá ofrecer eficiencia al sector energético y sustituir las fuentes de energías convencionales contaminantes por tecnologías limpias para, de esta manera, mitigar el impacto ambiental al que se han expuesto algunos ecosistemas estratégicos del país.

Argumentos expuestos por el autor:

Puerto Carreño es la capital del departamento del Vichada, tiene aproximadamente 25000 habitantes y 4700 usuarios del servicio de energía eléctrica, por lo que es un municipio relativamente nuevo y con escasa población. Estas características hacen enfocar el objeto de estudio hacia la implementación de energías alternativas desde la actualidad, vislumbrando un crecimiento de demanda de los servicios y la población.

Conclusiones del texto:

En la revisión literaria sobre las energías alternativas se puede conocer los impactos de la generación convencional de energía sobre los recursos naturales, así como su escasez por el uso exagerado y la demanda debido al aumento de población. Desde la revolución industrial, en el siglo XIX, el uso de los combustibles fósiles como fuente de energía ha ido aumentando, de la mano de los desarrollos tecnológicos, hasta el punto de que se ha hecho necesaria la aparición de otras alternativas para la generación de energía.

Las energías renovables se presentan, entonces, como una gran alternativa para la conservación de los recursos naturales, además de asegurar la demanda energética mundial y el aprovechamiento de fuentes económicas. Así, la sostenibilidad en la producción energética es ahora un tema que no puede dejarse de lado y que está en la cima de la discusión ambiental en el planeta.

Si bien su implementación se había retrasado o evitado en años anteriores por falta de productividad o costos elevados, los desarrollos tecnológicos e investigación científica actuales han facilitado el uso y producción de energía limpia y renovable. Con la mirada puesta en el impacto ambiental y en el compromiso que tiene la sociedad con el medio ambiente, se hace en este punto las diferentes fuentes de energía renovable, la energía solar surge como una opción viable, económica y sostenible y se hace necesaria, en Colombia y en el mundo, su implementación. El municipio de Puerto Carreño ya ha comenzado algunos proyectos con esta visión y, si continua en este camino, podría posicionarse como un municipio pionero en el desarrollo de energías alternativas en el país y la región.

Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE

Herman Alonso Orozco
Rafael Bárcenas

Fecha en que se elaboró este RAE	28/09/2018
---	------------

Fuente URL:

<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/13758/1/18256626.pdf>

Tabla 6 Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en Nazaret, corregimiento del municipio de Uribía, La Guajira.

Título del texto	Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazaret corregimiento del municipio de Uribía, Departamento de la guajira – Colombia.
Nombres y Apellidos del Autor	John Sebastián Galvis garzón Robinson Gutiérrez gallego
Año de la publicación	2013
Resumen del texto:	
<p>La energía solar es la más abundante y más limpia fuente de energía renovable disponible, y Colombia posee algunos de los más ricos recursos solares en América. La tecnología moderna puede aprovechar esta energía para variedad de usos, incluyendo generación de energía eléctrica, proveyendo iluminación o un comfortable ambiente interior y calentamiento de agua para uso doméstico, comercial o industrial.</p> <p>Los británicos y alemanes han roto récords para la generación eléctrica Solar en los últimos años de acuerdo a las nuevas figuras industriales. Alemania genera alrededor de la mitad de su demanda de electricidad por medio del sol, por primera vez desde 2013 y el Reino Unido, disfrutando del clima más soleado del verano durante largos días del año, se aproxima al doble de generación pico de potencia solar en el solsticio del fin de semana. Francia, Italia, Dinamarca y otros países también han creído en tener récords de generación energética. De acuerdo con el cuerpo de comercio del Reino Unido la Asociación de Comercio Solar (STA), la capacidad solar total instalada en el RU generada desde hogares, edificios y campos solares es actualmente alrededor de 4.7 Giga vatios comparada con los 2.7 GW en el último año. La energía solar es flexible, las plantas solares pueden ser construidas como generación distribuida (localizada en o cerca del punto de uso) o como estación-central, plantas de potencia solar de utilidad a escala (similares a las plantas de potencia convencionales). Algunas plantas de escala a utilidad pueden almacenar la energía que ellos producen posterior a la puesta del sol.</p> <p>En el departamento de LA GUAJIRA - Colombia, se conoce de diferentes problemáticas alrededor del suministro energético (información conocida a través de distintos medios de comunicación), en algunos sitios, las instalaciones eléctricas mínimas se encuentran en condiciones deficientes y en otros casos no cuentan con suministro energético, por tal motivo algunos temas relacionados con las necesidades y el confort de las personas que habitan algunas poblaciones de este departamento, no son las adecuadas.</p> <p>El documento busca desarrollar el análisis y aprovechamiento a la solución, obtenida de la</p>	

ejecución del proyecto en una pequeña población alejada, donde se suplían las necesidades de las personas, encontradas en el estudio.

Con el fin de definir el proyecto se utilizará una metodología en base a fuentes de información secundaria para dimensionar el alcance y generar la ingeniería de detalle para dar cumplimiento a sus objetivos económicos y sociales. De la misma forma los autores buscan incrementar el uso de recursos naturales completos que permitan, no solo en áreas comunes, sino en todo el territorio del país donde se puedan desarrollar los métodos de sistemas de generación de energía limpia aprovechando altos niveles de irradiación gracias al sol.

También se podrá por parte del lector observar un importante análisis financiero, el cual permitirá evidenciar que este tipo de propuestas pueden ser atractivas para inversionistas locales y extranjeros que tengan una visión al futuro y apunten a nuevas alternativas de generación de energía. Actualmente la generación solar de energía cuesta menos que la energía convencional en muchos mercados. Se puede instalar un sistema de potencia solar en el hogar con una no muy alta inversión.

Dentro de este trabajo se evalúa la situación puntual del corregimiento de Nazareth, una población que hace parte del área de la alta Guajira y en cuyo sector, se evidencian un sin número de dificultades sobre la población, en su gran mayoría pertenecientes a la población Wayuu.

Palabras Claves

Celda Solar, Energía Solar, Inversor, Generador de energía Eléctrica, desarrollo social, desarrollo económico

Problema que aborda el texto:

La información que a continuación se consigna es la expresada directamente por la comunidad rural de la Guajira que refleja la problemática del resto de comunidades objeto de este estudio con respecto a su tema central.

Nazareth es un asentamiento territorial, a 9 horas por carretera de Riohacha, en el que residen aproximadamente 3.000 habitantes, los cuales son en su mayoría Wayuu. Viven de la ganadería, la agricultura y las artesanías. Cultivan plátano, ahuyama y yuca, entre otros alimentos. Este corregimiento de Uribía tiene una inspección de Policía, un internado (el Centro Educativo Integral Rural Nuestra Señora de Fátima) y un Hogar Infantil. “Solo dispone de energía eléctrica de 5 a 10 de la noche”. Sus pobladores expresan la ineficiencia en el servicio de la energía eléctrica. Por días solo se tiene energía de 5 de la tarde a 10 de la noche cuando el proyecto (Estrategias del Plan de desarrollo del Departamento de la Guajira) era de 24 horas. En el caso del internado es necesario contar con ella todo el tiempo para poder tener educación superior. Es el requisito que exigen las universidades con las que se están haciendo acuerdos.

En grupos los asistentes acordaron que su bienestar está relacionado con suplir una serie de necesidades relacionadas con el acceso a servicios básicos y oportunidades.

La comunidad del corregimiento de Nazareth está sometida al subdesarrollo que padece la Alta Guajira, de esta manera es necesario implementar proyectos que mitiguen dicha problemática generando un impacto social positivo a la comunidad. El problema de investigación que permitirá definir el Perfil del proyecto es: ¿La generación de energía eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica es una alternativa viable para la comunidad?

Objetivos del texto:

Evidenciar el bajo nivel de cobertura del servicio de energía eléctrica que se presenta en

los municipios de la alta Guajira.

Identificar los beneficios sociales y económicos que genera la solución de mejoramiento del suministro de energía eléctrica en la población de Nazareth.

Determinar de acuerdo a la investigación implementada, la formulación técnica y logística del proyecto para suplir la ausencia de energía eléctrica en 300 viviendas, el hospital y una planta de desalinización de agua de mar en el corregimiento de Nazareth.

Realizar un análisis de sostenibilidad y retorno de inversión con el cual se espera evidenciar la rentabilidad del proyecto y atraer la inversión de capital.

Hipótesis planteada por el autor:

El desarrollo del proyecto beneficiará 3000 habitantes de la población Wayuu en Nazareth corregimiento del municipio Uribía, permitiendo mejorar sus condiciones de vida por medio de la generación de electricidad por medio de un medio alternativo como lo es la energía solar, incentivando el desarrollo cultural con el acceso a nuevas tecnologías y promoviendo el desarrollo económico con la posibilidad de generar microempresas y alternativas turísticas.

Tesis principal del autor:

Se realizará una investigación con el fin de determinar cuáles y cómo son los sitios en donde se requiere la generación eléctrica con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto, para este caso se analizará al detalle de las principales problemáticas de la comunidad de Nazareth y así definir un campo de acción que permita impactar positivamente la comunidad. Una vez se dimensionen las necesidades de la comunidad en donde se puede dar un mayor impacto, se realizará el estudio técnico para definir la solución de tecnología apropiada y el diseño del proceso de implementación, operación y mantenimiento.

Argumentos expuestos por el autor:

La Guajira posee una problemática económica y social reflejada en altos índices de pobreza y muertes por desnutrición, como consecuencia al bajo desarrollo del departamento; el presente proyecto es una alternativa que puede mitigar la problemática ya que permite el uso de equipos eléctricos vitales para la modernización de los diferentes procesos de producción, como el acceso a las redes informáticas, el uso de electrodomésticos, dispositivos electrónicos, maquinas eléctricas, etc.; en la actualidad una comunidad sin suministro de energía eléctrica está condenada a vivir en el subdesarrollo. De esta forma, el presente trabajo busca exhibir un proyecto que integre una alternativa de solución a una necesidad que padece varias comunidades colombianas, una solución tecnológica poco convencional, un modelo económico sostenible a lo largo del tiempo y un ejemplo a seguir como solución energética renovable y ambientalmente sostenible.

Conclusiones del texto:

El proyecto de investigación de uso de energía renovable para soluciones de suministro eléctrico en comunidades que no lo poseen tiene como fin crear una alternativa energética alineada con la protección ambiental y orientada a solucionar de forma eficaz el problema de cobertura energético de comunidades que actualmente no lo poseen por limitantes económicas y geográficas principalmente. En el diseño del proyecto, se observó la importancia de la etapa de investigación para el éxito de cada una de las fases del ciclo del proyecto, esta misma provee insumo para el dimensionamiento adecuado para el cumplimiento de los objetivos. En la Guajira los altos costos de generación originados principalmente en el precio de los combustibles, y los costos de operación y

<p>mantenimiento en las distantes zonas remotas, hacen que la generación solar resulte más económica en el largo plazo y confiable.</p> <p>La conveniencia social y productiva de la realización del estudio para la zona rural de la Guajira es fundamental para ir reduciendo el desmejoramiento de las condiciones de vida de estas comunidades y de la productividad de la zona.</p> <p>El desarrollo de la investigación fue una parte clave para el planteamiento del proyecto, esta condujo a las respuestas de las preguntas planteadas en base a la problemática de Nazareth corregimiento de Uribía, La Guajira, Colombia. El análisis de la problemática de Nazareth (social y económica), condujo la investigación a resultados claros, definiendo concentrar el proyecto en soluciones para la energía del hogar, la energía para el hospital y la energía para las plantas desalinizadoras como los 3 tipos de aplicaciones del proyecto que obtiene el mayor impacto positivo a la comunidad.</p>	
<p>Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE</p>	<p>Herman Alonso Orozco Rafael Bárcenas</p>
<p>Fecha en que se elaboró este RAE</p>	<p>29/09/2018</p>

Fuente URL: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2590/1/75101283.pdf>

Tabla 7 Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal Simón Bolívar de Anapoima, Cundinamarca.

<p>Título del texto</p>	<p>Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal Simón Bolívar de Anapoima, Cundinamarca.</p>
<p>Nombres y Apellidos del Autor</p>	<p>Juan Carlos Duarte castillo</p>
<p>Año de la publicación</p>	<p>2017</p>
<p>Resumen del texto:</p> <p>Este trabajo fue desarrollado con el fin de realizar un estudio de viabilidad económica e implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en los edificios de la casa de la Cultura y las baterías sanitarias del parque principal Simón Bolívar ubicadas en el municipio de Anapoima - Cundinamarca, se determinó una malla de costos y una tasa de reintegro de la inversión inicial con su correspondiente proyección en años; esto permitió establecer un monto inicial de inversión, un proceso de depreciación de equipos y un costo de reintegro de la misma en años, reflejando índices productivos del proyecto en años. De acuerdo a lo anterior, como primera medida se elaboró un diagnóstico de la situación actual de la institución, con respecto al consumo de energía eléctrica convencional utilizada por los equipos y aparatos existentes; esta característica determina un plan de ahorro y un programa de eficiencia energética en ambos edificios, esto con el fin de disminuir el consumo, sin perder la cantidad y la calidad de servicio eléctrico presente; con ello se genera un ahorro energético, que es reflejado en reducción de paneles y vatios de potencia del inversor.</p> <p>Posterior a esto se ha desarrollado un diseño solar fotovoltaico, que se caracteriza por el análisis inicial de la latitud del lugar y sus condiciones geográficas que presenta la zona</p>	

evaluadas desde la humedad, altura sobre el nivel del mar, temperatura promedio, radiación solar anual; todos estos factores locales hacen que el diseño de la instalación solar fotovoltaica (ISFTV), pueda ser medible en condiciones de mínima y máxima radiación solar anual, con esto se determina los dos principales puntos de generación y capacidad del generador que debe ubicarse bajo la relación de orientación y grados de inclinación óptimos del lugar, que claramente buscan el máximo rendimiento del generador en las peores condiciones ambientales que puede tener el sistema de paneles solares.

La relación anteriormente, propuesta y basado en el cálculo máximo de consumos, determina el tamaño, ubicación del generador que se encontrara relacionado en alimentar un inversor fotovoltaico que debe ser diseñado y calculado para este tipo de generador propuesto; en este punto, el diseñador del sistema fotovoltaico debe considerar algunas relaciones de potencia, tensión, amperaje y caída de tensión que determinaran el balance de la instalación Solar fotovoltaica (SFTV), este punto es esencial dado que el buen balance presentara el éxito del proyecto.

Basándose en los supuestos de generación energética y los posibles consumos energéticos con tendencia a varios años, se desarrolla un plan de generación eléctrica anual, que reflejara igualmente la inyección de remanentes energéticos al sistema convencional de energía; estos aspectos hacen que la ISFTV, genere tasas de amortización y recuperación de la inversión inicial mostrando las posibles ganancias económicas que podría generarse en periodos de tiempo específicos, al tener esta información se puede simular los ingresos y egresos que tendría la ISFTV proyectada en los iniciales 15 con una tendencia a los 30 años como máximo de la instalación.

Palabras Claves

Viabilidad técnica, implementación, energía solar, fotovoltaica, Anapoima Cundinamarca.

Problema que aborda el texto:

El sistema de red local se encuentra diseñado en pro de cumplir una demanda constante de energía a los usuarios adscritos, pero el alto costos en la prestación del servicio y la falta de una seguridad en la prestación del servicio eléctrico en tiempos de sequía; hace que el sistema presente debilidades por factores climáticos como ambientales. Si se toman, estas debilidades y se convierten en fortalezas, existe la alternativa en la generación de electricidad para el auto consumo, con la posible venta de remanentes inyectados a la red, esta alternativa puede ser utilizadas de forma masiva por las comunidades menos favorecidas a nivel rural, pero el estado presentara el ejemplo al poder implementar estas alternativas energéticas en los edificios administrativos, públicos y de operación en las entidades del estado.

De acuerdo a los altos consumos, al incremento en la demanda energética que año tras año se ha presentado en el país, así como las dificultades en el abastecimiento de energía eléctrica que se presenta debido a la variabilidad climática, es necesario tomar medidas para emplear fuentes de energías renovables que no causen mayores impactos negativos sobre el ambiente, esto no quiere decir, que energía generada por las hidroeléctricas no es amigable con el ambiente; es claro que la generación y producción de energía es sostenible ambientalmente, pero no lo fue la construcción, dado que su impacto ambiental, social y económico repercute notablemente por generaciones, tanto en la inundación de terrenos, cambios hidrológico, perdidas de especies, generación de biomasa en volúmenes

importantes en deforestación y cortes de árboles y especies nativas como endémicas, nunca serán recuperadas; no obstante algunos tipos de generación eléctrica en su cogeneración presentan altos índices de daño y deterioro ambiental entre ellas se puede contar la generación de energía a partir de termoeléctricas (Carbón, petróleo y gas natural). Por lo mencionado anteriormente, el estado Colombiano ha presentado su interés en particular para incentivar el uso de energías alternativas o renovables, impulsándolas a nivel nacional; es así como a través de la Ley 1715 de 2014 el Gobierno de la República pretende promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía en el sistema energético nacional como medio para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisión de gases efecto invernadero y la seguridad de abastecimiento energético, involucrando a entidades privadas y públicas; estas últimas tienen la obligación de ley de fomentar el aprovechamiento de la misma en proyectos de interés general tales como urbanizaciones municipales, edificaciones oficiales, sectores industriales, sectores residenciales y comerciales (República de Colombia, 2016); con ello, se busca establecer una cobertura energética a nivel nacional, que no dependa necesariamente de la energía producida por medio de las hidroeléctricas y termoeléctricas, lo que se desea es tener una seguridad energética basada en múltiples tecnologías en pro de incentivar las renovables como fuentes secundarias y viables en el territorio aprovechando de esta forma su privilegiada situación geográfica, con esta meta el estado desea que se integre múltiples sectores de la sociedad, como actores grupales en pro de ser un elemento de desarrollo rápido con eficiencias duraderas y el con aprovechamiento total de la tecnología energética.

Objetivos del texto:

Realizar el diagnóstico de la situación actual de las edificaciones frente al consumo de energía eléctrica convencional.

Generar un diagnóstico de las condiciones energéticas, meteorológicas y financieras necesarias para la implementación del sistema fotovoltaico en las edificaciones.

Determinar los parámetros de diseño del sistema solar fotovoltaico de acuerdo con los requerimientos de las edificaciones, asegurando su normal funcionamiento de esta.

Establecer la viabilidad técnica y económica, así como los beneficios ambientales y financieros que se obtendrían al implementar el sistema de energía solar.

Hipótesis planteada por el autor:

La energía eléctrica en el municipio de Anapoima – Cundinamarca es proporcionada por medio de la línea que viene de la hidroeléctrica del Guavio, en la cual se genera el 20% de la energía del país, este servicio es prestado por la firma EMPRESA DE ENERGIA DE CUNDINAMARCA (actualmente CODENSA) su cobertura en es buena cubriendo la totalidad del sector urbano y el 65% del sector rural, la demanda mensual de energía eléctrica del municipio de Anapoima es de 0,52806 Gwh.

En ciertas épocas del año y en ciertos momentos históricos, el abastecimiento de energía eléctrica se ha visto afectado por los efectos de la variabilidad climática y el fenómeno del niño, donde como consecuencia de la baja precipitación, los embalses empleados para el funcionamiento de las hidroeléctricas se han encontrado en sus más bajos niveles, lo cual limita la generación de energía eléctrica en el país, debido a que el 74.9% de la energía eléctrica en Colombia proviene de centrales hidroeléctricas. Con base en lo anterior es posible determinar que actualmente Colombia presenta una alta dependencia de sus recursos hidroeléctricos, situación que expone al país en un riesgo constante de escasez y

altos precios de la energía debido a los efectos del cambio climático y a las sequías causadas por las diferentes acciones humanas.

Tesis principal del autor:

Al transponer indicadores ambientales de los años noventa a una realidad actual, se puede determinar que existe un aumento alarmante de los mismos; se establece, que las condiciones atmosféricas se deterioran rápidamente provocando catástrofes donde se perjudica la propiedad privada, se presenta extinción de especies en flora y fauna, existe una notable reducción de zonas de agricultura como pérdida total de cultivos, también se encontraría asociado al cambio climático una alerta temprana de calamidad médica. Históricamente, el desarrollo económico ha estado estrechamente correlacionado con un mayor consumo de energía y un aumento de las emisiones de GEI, y las energías renovables pueden ayudar a romper esa correlación, contribuyendo al desarrollo sostenible. (IPCC, 2011), creando un panorama que alienta la evolución como la generación de energías no convencionales a nivel de planeta, uno de los mayores ejemplos que se puede tener se encuentra en Alemania donde el pasado diciembre del 2015, se registró el 81% de energía producida por tecnología renovable, y las noticias bajo estos aspectos mejoran diariamente, se encuentra mayores rendimientos en almacenamiento en baterías, mayores índices de eficiencias energética en los productos relacionados con energía renovable, e igualmente se encontraron en una revolución de acciones que mejoran la calidad y son un factor inversamente proporcional al precio; es decir, a mayor calidad menores precios, lo que nunca antes se registraba a nivel comercial, lo que describe que las energías renovables establecen una serie de eventos que mejoran sus rendimientos técnicos como económicos.

Argumentos expuestos por el autor:

Estas nuevas tecnologías desean impulsar las economías y una economía tan sensible como la colombiana no se encuentra al margen de estas iniciativas tecnológicas; el desarrollo de energías renovables para Colombia es una tendencia de crecimiento, aunque las energías renovables diferentes de la hidráulica no han tenido un desarrollo significativo en Colombia, se espera que la tendencia mundial impulse un desarrollo de las mismas tanto por inversiones locales como a través de la participación de inversión extranjera. Con esta forma de pensar, el gobierno colombiano ha trabajado incansablemente en la generación de políticas públicas e incentivos arancelarios que beneficie a un grupo importante de personas interesadas en incentivar las tecnologías renovables, por tal motivo se benefician compradores de tecnología, distribuidores, pero, sobre todo los múltiples usuarios de energías renovable que podrán acceder al sistema; para ello, se ha dispuesto el aparato legislativo, otorgando la ley 1715 del 2014. En ella, establece las declaratorias de utilidad pública e interés social por estas tecnologías, con la reducción sistemática de aranceles de importación y con índices de depreciación iguales al 20% de la inversión inicial. Con respecto al campo de tecnología fotovoltaica, la norma regula algunos aspectos, pero establece de forma directa la entrada de una adecuada legislación ambiental enfocada a la producción renovable de energía con respecto al aprovechamiento del sol; por lo tanto, para estimular el uso de energía no convencional el estado, decreta dentro del artículo 30 de la misma ley, establecer objetivos de eficiencia energética para todos los edificios de las administraciones públicas, a ser alcanzadas a través de medidas de gestión eficiente de la energía. Para ello se ratifica en el artículo 32 de la misma ley, “adoptaran planes de gestión eficiente de energía, así como la utilización de Fuentes No

convencionales de Energía (FNCE) para los edificios y equipos consumidores de energía de titularidad pública.” (República de Colombia, 2016).

Conclusiones del texto:

En el proceso de verificación del atlas de irradiación global horizontal medio diario publicado por el IDEAM (INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, 2017) y realizar la comparación de la base de datos expuesta a 32 años de vigencia de radicaciones media promedio de cada mes; se establece que el rango propuesto por el mapa de radiación se encuentra localizado entre 4,5 – 5,0 KWh/m²/día y los datos de la base de información concuerda igualmente, con un promedio de 4,86KWh/m²/día,

Para el caso colombiano se debe calcular los rendimientos bajo condiciones nacionales, los cálculos óptimos de 13° a 25° de inclinación y frente a este nuevo diseño local.

Las valoraciones de uso en cada equipo en la institución, se realiza de forma muy acorde a la medición establecida por la compañía de electricidad, e igualmente la carga de watt de los equipos se registró de acuerdo a la ficha técnica del equipo. La utilización de luminarias tipo LED, mejoran el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos e igualmente se refleja una disminución importante de consumo mensual, que al ser sumadas reflejaría una reducción de costos del 7,2% anual.

Se debe recalcular el valor de energía necesaria [Wd] y cargarse un valor constante de 0,9 con el fin de calcular los picos de los motores existentes tanto de refrigeradores y algunos utensilios de cocina que presentan motores.

Al determinar la referencia de los panel solares, es importante realizar una verificación de condiciones de los mismo tanto en eficiencia, factor de forma y potencia máxima efectiva; esto determinara realmente la calidad de los paneles para tomar una correcta en la elección de los mismos; igualmente es importante que todo el generador fotovoltaico sea de la misma referencia tanto empresa como de potencia en watt, dado que al variar las especificaciones el generador presentaría deficiencias, perdida de generación y deterioro del generador con su posible pérdida total.

Se deben establecer los equipos de recarga como reguladores e inversores en su ficha técnica con el fin de ajustar todo el conjunto, cada uno de ellos presenta rendimientos teóricos y prácticos que debe ser tomados en cuenta en los cálculos de la instalación.

La selección del acumulador debe cumplir con la premisa de la conexión en serie, que ayudara al acumulador a prolongar su vida útil y poder cumplir con los tiempos de diseño; de caso contrario al ser conectadas en paralelo y cumpliendo los cálculos establecidos, no se garantizara los tiempos de duración dado que trabajarían de forma independiente.

Para realizar una correcta selección de un inversor fotovoltaico se debe tener conocimiento de las especificaciones técnicas de los mismos, establecer sus ventajas, desventajas y funcionalidades adicionales, esto con el fin de poder tomar la decisión más acertada frente al consumos, utilidad y económica del mercado.

El dimensionamiento de los cables se debe manejar bajo las condiciones de mayor tensión (v), menor diámetro de conductor mayor amperaje, al no establecer tensiones es muy probable que los diámetros de los cables aumenten significativamente en tramos muy pequeños y con ello se elevan los costos de infraestructura y operación del sistema.

Es importante establecer las caídas de tensión generadas por distancias y por las potencias establecidas en cada tramo; este será parte del insumo inicial para establecer los correctos diámetros de los conductores.

Nombre y apellidos de quien elaboró este

Herman Alonso Orozco

RAE	Rafael Bárcenas
Fecha en que se elaboró este RAE	26/02/2019

Fuente URL:

<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/13865/1/80017246.pdf>

Tabla 8 Incidencia de proyectos que emplean sistemas fotovoltaicos frente a la problemática energética de las zonas rurales de Colombia.

Título del texto	INCIDENCIA DE PROYECTOS QUE EMPLEAN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FRENTE A LA PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA DE LAS ZONAS RURALES DE COLOMBIA
Nombres y Apellidos del Autor	ERNESTO ALEJANDRO COTE SANCHEZ
Año de la publicación	2017
Resumen del texto:	El presente documento realiza una construcción bibliográfica en donde se expresa la incidencia del uso de los sistemas fotovoltaicos frente a la problemática energética de las zonas rurales de Colombia. Estos sistemas muestran una ventaja de tipo energético, proveniente de diferentes fuentes, inagotable como la del sol o en sistemas mixtos (Uso de otras energías). Además, minimizan el costo, promueven la creación de una energía mucho más limpia y se abordan temas de discusión referentes al impacto positivo al interior de las comunidades asiladas con baja densidad poblacional frente al desarrollo económico, educativo y social del país.
Palabras Claves	Energías renovables alternativas, Energía Solar Fotovoltaica, Sistemas fotovoltaicos autónomos, zonas rurales.
Problema que aborda el texto:	En la actualidad, existen al alrededor de 1.500 millones de personas en todo el mundo que vive sin acceso a la electricidad, y sin un esfuerzo concertado, este número no es probable que se reduzca. Por otra parte, la ausencia de energía en las zonas rurales afecta de forma negativa la calidad de vida y la productividad de sus habitantes. Por ello los nuevos sistemas solares fotovoltaicos son energías renovables que representan las tecnologías más adaptables, flexibles y fáciles de utilizar en las áreas rurales aisladas. Este tipo de sistemas pueden proporcionar suficiente energía eléctrica de una forma sostenible, confiable y limpia para apoyar la creación de empresas locales en las zonas de gran población, a la vez que puede ser capaz de llegar a la mayoría de las comunidades rurales dispersas. La zona rural de Colombia históricamente ha contado con un suministro de energía convencional escaso, el 4% de la población colombiana no está conectada al anillo eléctrico nacional (Dyner, 2008). Actualmente la mayoría de las zonas rurales no cuentan con un sistema de energías fotovoltaicas, lo que demuestra el escaso apoyo de las políticas públicas

de desarrollo alternativo sostenible en las áreas, lo que ha generado desigualdad de condiciones frente a las ciudades, baja competitividad en desarrollo agrícola, tecnológico, económico y social.

Objetivos del texto:

Realizar una revisión de la información de los documentos, estudios científicos y proyectos relacionados con los sistemas fotovoltaicos.

Identificar las aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos, su uso práctico y una perspectiva sobre esta tecnología.

Analizar las ventajas y barreras de la implementación de proyectos realizados con sistemas fotovoltaicos en la población rural a nivel nacional y global.

Hipótesis planteada por el autor:

En el mundo globalizado, el desarrollo que se ha venido presentando con las nuevas tecnologías para suplir las necesidades energéticas y las constantes necesidades de atender la gran mayoría de la población en diferentes partes del país, se hace necesario recurrir a nuevas formas de generación, tales como la Fotovoltaica. La emisión de gases nocivos para la salud y el medio ambiente como lo es uno de los más comunes de todos el CO₂, entre otros, ponen en peligro la salud y la vida. Es obligado realizar la implementación de nuevas formas de energía y garantizar la calidad de vida de los colombianos residentes en zonas rurales. Lamentablemente Colombia por ser un país en vía de desarrollo no cuenta con el apoyo suficiente para la utilización de sus recursos naturales en proyectos macros que permitan suplir la gran demanda de energía que se necesita para atender la población más desprotegida, por lo menos con nuevas formas de energía limpias, debido a los altos costos que esto implica (Ladino, 2011). En Colombia se conoce de diferentes problemáticas alrededor del suministro energético en algunos sitios, la provisión de energía en algunos casos no supe la demanda que permita satisfacer las necesidades básicas en las zonas.

Tesis principal del autor:

Teniendo presente las difíciles condiciones sociales, económicas, educativas, tecnológicas que enfrentan los habitantes de las zonas rurales de Colombia y Latinoamérica, así como también la preocupante situación ambiental del planeta que son cada vez más notorios en el clima. Esto es motivante para estudiar sobre los sistemas fotovoltaicos y como pudieran influir estas nuevas alternativas de energía en mejorar la realidad social y la calidad de vida de las sociedades rurales y de paso contribuir a mitigar el cambio climático.

Después de haber consultado diferentes estudios y documentos sobre los sistemas fotovoltaicos con diferentes enfoques y varias experiencias resultantes en países latinoamericanas me permiten poder expresar mi punto de vista respecto a las energías alternativas como los sistemas fotovoltaicos y su incidencia de las zonas rurales de Colombia.

Argumentos expuestos por el autor:

La energía obtenida a través de sistemas alternativos como lo son los sistemas de energía fotovoltaicos puede tener los más diversos usos, hogares industria.

Otras ventajas que cabe mencionar son las relacionadas a los sistemas educativos en las zonas rurales en dónde se podrá contar con energía en horas nocturnas lo que permitirá la utilización de escenarios educativos para personas que desean capacitarse pero que no pueden realizarlas en jornadas diurnas por sus obligación y compromisos laborales, pero vale la pena mencionar también las ventajas de las condiciones medio-ambientales así como las relacionadas con bienestar y confort como el uso de ventilación artificial eléctrica

en zonas o climas cálidos y calefacción en regiones frías.

La implementación y el uso de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales permiten al campesino uso de energía amigable con el medio ambiente evitando tala de árboles, o el uso de sistemas autónomos a base de combustibles fósiles.

Conclusiones del texto:

Se entiende que el nivel de desarrollo que han tenido las comunidades modernas tienen que ver con la fuerte influencia de acceso a la energía eléctrica y todas las bondades y beneficios que han venido aportando en mayor tiempo libre para desarrollo de actividades diferente a las solo destinadas a las labores mínimas de subsistencia y al solo desarrollo de tareas domésticas, si no que por el contrario han permitido que los individuos tengan más horas de luz en las noches las cuáles pueden ser destinadas a diferentes usos entre ellos al arte, recreación y esparcimiento. Lo que genera cambios profundos en los comportamientos, permitiendo cambio de paradigmas y porque no emprendimiento teniendo en cuenta las tecnologías de información y telecomunicaciones.

Las ventajas de estas tecnologías es la cada vez más prologada vida útil de los paneles fotovoltaicos y el efecto de la masificación en su uso lo cual ha permitido la disminución paulatina de los costos, pero también las mejoras que estas podrían aplicar a los procesos productivos agrícolas y pecuarios rudimentarios no industrializados para la optimización de más y mejores productos y servicios.

Respecto a la incidencia medio ambiental es significativa dado que los sistemas fotovoltaicos son la energía 100% limpia, ya que, durante todo el proceso de transformación de la energía solar en eléctrica, no hay producción de contaminantes como gases u otros residuos dañinos a la salud humana o al medio ambiente en general.

El beneficio ambiental es innegable más aun debido al acelerado efecto invernadero producto del cambio climático y el exceso de liberación de CO₂ en la atmosfera, de allí la importancia de proyectos que buscan viviendas auto sostenibles y porque no el uso mixto como la eólica-fotovoltaica, térmico- eólico y las diferentes combinaciones en búsqueda de un sistema autónomo, limpio y económicamente viable.

En Colombia se destacan diferentes proyectos en zonas rurales apoyados por Gobiernos Regionales y Departamentales enmarcados en los Planes de desarrollo con el único objetivo de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de regiones apartadas. Es necesario el apoyo de los entes gubernamentales para estas energías alternativas pues los campesinos no cuentan con los recursos económicos necesarios para su implementación.

Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE	Herman Alonso Orozco Rafael Bárcenas
Fecha en que se elaboró este RAE	26/02/2019

Fuente URL: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13509>

Tabla 9 Uso de paneles solares como energía renovable para el abastecimiento de energía eléctrica.

Título del texto	USO DE PANELES SOLARES COMO ENERGIA RENOVABLE PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA
-------------------------	--

Nombres y Apellidos del Autor	Mieles M. Romel – Torres Oswaldo. M.
Año de la publicación	2017
Resumen del texto:	
<p>Las energías renovables son una fuente infinita de energía, las cuales han estado en uso durante miles de años de una manera u otra. La energía renovable se refiere en general a la electricidad suministrada a partir de fuentes de energía renovables como eólica y la solar, geotérmica, hidroeléctrica y de las diversas formas de biomasa. Estas fuentes de energía se consideran fuentes de energía renovables debido a que sus fuentes se reponen por sí solas. La energía solar es considerada una fuente renovable de energía que no produce emisiones de CO₂ o gases de otra clase, su principal característica es que no consume combustible ni requiere del uso de otros recursos naturales como el agua o el aire, desde el contexto medioambiental es considerado un sistema de producción de energía donde no requiere de ningún suministro exterior para que su funcionamiento sea efectivo y tampoco genera un costo para mantener su producción, lo que al transformar la energía solar, el único costo asociado es la fabricación de los componentes necesarios porque la producción de rayos solares además de ser sustentable y sostenible, tiene una vida de larga duración y no genera residuos porque no necesita mantenimiento, es de esta manera que al construir un sistema que produzca energía a través de los rayos solares puede ser diseñado para soportar impactos ambientales en situaciones extremas y en múltiples condiciones.</p>	
Palabras Claves	Energía renovable, paneles solares, abastecimiento de electricidad
Problema que aborda el texto:	
<p>A nivel mundial con el pasar de los años la conciencia ambiental se ha vuelto una tendencia enfocada en la preocupación por el medio que rodea a todos los seres humanos, también se ha presentado una opción viable para la producción de energía a través de los rayos solares, energía por medio de paneles solares. La energía solar se transforma de manera natural en otro tipo de energía así como la biomasa y la eólica, pero también puede convertirse en otras formas de energía, así como el calor y la electricidad. Su uso puede ser doméstico, recreacional o industrial, donde además de ser utilizado en los hogares también puede utilizarse en la destilación de agua de mar. Colombia es un país que guarda conciencia con relación al calentamiento global, no se queda atrás en cuanto a tecnologías innovadoras, es de esta manera que a través del análisis de los diferentes casos a nivel mundial se hace necesario proponer un cambio en los años posteriores del tiempo pueda generar un impacto positivo en el país para lograr encontrarse a la vanguardia ambientalista que hay en el mundo.</p>	
Objetivos del texto:	
<p>Describir cómo la implementación de paneles solares es una alternativa energética para el desarrollo sostenible de las comunidades.</p> <p>Identificar qué impacto genera la implementación de paneles solares fotovoltaicos para la generación de energías renovables en Colombia a través del estudio de políticas públicas, programas o proyectos que ha implementado el gobierno nacional.</p>	
Hipótesis planteada por el autor:	
<p>Una de las principales razones para cambiar los métodos tradicionales de producción de energía, es el calentamiento global, porque entre más dióxido de carbono se produzca en el mundo, existirá un mayor Impacto en la atmósfera y en la misma naturaleza del planeta. El uso de una energía renovable puede mitigar el riesgo del desarrollo del calentamiento</p>	

global o el efecto invernadero, para esto al utilizar esta, se estimula el uso de combustibles fósiles y la sociedad de manera cultural puede ir transformando el uso de combustibles al uso de energías renovables, porque al no quemar combustible fósil habrá una menor emisión de carbono, y la calidad del aire mejorará a través del tiempo, es por esto que es viable el uso de energía solar fotovoltaica, se destaca por abastecer sistemas eléctricos de manera cotidiana.

Tesis principal del autor:

Para poder generar un desarrollo sostenible y sustentable es necesario tener acciones que impartan cambios, es de esta manera que la presente propuesta se enfoca en investigar a través de diferentes fuentes bibliográficas y casos donde ya se encuentra implementado un sistema de energía sustentable, se logre analizar de manera precisa como Colombia se encuentre materia de paneles solares. Es así donde es necesario el análisis sistemático en materia de proyectos ambientales con el uso de tecnologías sustentables donde se busca describir los avances que ha tenido Colombia en cuanto a paneles solares y uso de energías renovables para el abastecimiento de energía.

Argumentos expuestos por el autor:

El desarrollo sostenible trae una ventaja a los países, esto ayuda a mejorar la calidad de vida e identificar factores en los que se puedan sensibilizar la ingeniera de una forma alternativa, inagotable y limpia, a través del uso de paneles solares aprovechando la energía solar.

Aprovechar todos los factores térmicos por medio del calor a satisfacer necesidades de calentar agua o usos domésticos e industriales.

Realizar un análisis en el uso de paneles solares como energía renovable para el abastecimiento de energía eléctrica en Colombia a partir de los avances tecnológicos que en la actualidad se han desarrollado a nivel mundial.

Conclusiones del texto:

El presente documento busca ampliar el campo de visión sobre los distintos conceptos y significado de los paneles solares para el desarrollo sostenible de las comunidades, la importancia que ha generado el uso de energías renovables al desarrollo sostenible.

El aprovechamiento la energía solar era un tema de interés, donde existió una limitante para lograr realizar un diagnóstico real, en la actualidad se puede encontrar que se han realizado análisis y descripciones que viabiliza desde el contexto de sostenibilidad el uso de energía renovables, en este caso, el uso de la energía solar, porque hay que partir del hecho que ella siempre estará y puede ser aprovechada por medio del uso de paneles solares que logran atrapar el calor y calentar, transformando el vapor energía eléctrica, este proceso es más económico que los procesos convencionales, puesto que no necesita de químicos que alteran el curso de la naturaleza y logran preservar los recursos que la humanidad dispone, es de esta manera que el desarrollo de una estrategia enfocada en paneles solares es diferente en cada contexto, porque el aprovechamiento de la energía solar varía dependiendo a los aspectos climatológicos o a la ubicación geográfica.

La energía renovable es una alternativa no convencional que a través de la aplicación de políticas públicas, programas o proyectos puede convertirse en una opción hacia un desarrollo sostenible para el país, es por esto que Colombia no se encuentra entre los países que ha tenido avances significativos en esta materia, donde los pasos que ha dado han sido mínimos, y sólo en los últimos años es que se ha vuelto viable en los salones del congreso las políticas enfocadas al medio ambiente y al desarrollo sostenible con el uso de

fuentes renovables.

Colombia está enfocada en la exportación de hidrocarburos, estos a su vez son los que representan un aporte significativo dentro del producto interno bruto, sin embargo, los productos terminados son los que compran a otros países y exporta materias primas, aspecto que poco a poco va reduciendo la capacidad instalada del país en cuanto a desarrollo sostenible. El mundo está cambiando, y cada vez es más susceptible al cambio cuando el accionar va de acuerdo a la preservación del medio ambiente, porque hoy por hoy hay mayor aceptación de las políticas medioambientales tanto en Colombia como en el mundo y esta tendencia debe aprovecharse para la generación de un cambio social pensando en el futuro en el impacto que el uso de paneles solares puede generar a la sociedad, comenzando con las zonas rurales hasta llegar a la sociedad urbana.

Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE	Herman Alonso Orozco Rafael Bárcenas
Fecha en que se elaboró este RAE	26/02/2019

Fuente URL:

<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/14065/1/92539550.pdf>

Tabla 10 Implementación de un panel solar móvil automatizado para la generación de energía limpia.

Título del texto	IMPLEMENTACION DE UN PANEL SOLAR MOVIL AUTOMATIZADO PARA LA GENERACION DE ENERGIA LIMPIA
Nombres y Apellidos del Autor	ANDRES FELIPE ESLAVA ZULUAGA JONNY JULIAN OLAYA FIGUEREDO
Año de la publicación	2015
Resumen del texto:	<p>El uso de la energía renovable ha constituido una parte importante de la humanidad desde tiempos remotos.</p> <p>Las principales energías son: solar, eólica e hidráulica. Así pues, este trabajo presenta la implementación de un prototipo con un panel solar controlado en movimiento por lógica difusa, haciendo provecho de la energía solar y la recolección a través de los mismos, para la generación de energía renovable.</p> <p>Este sistema será automatizado gracias a un sistema de control por tiempo, desarrollando un software para lograr un seguimiento del sol y controlar el movimiento del panel solar.</p> <p>Esta investigación pretende elaborar una herramienta que se pueda utilizar en un lugar remoto, donde ocurra necesidad de tener alguna fuente alternativa de energía, siendo fácil de adaptar en cualquier lugar y/o escenario.</p>
Palabras Claves	Panel solar, energía limpia, automatización, control.
Problema que aborda el texto:	Debido al poco y difícil acceso de la energía eléctrica en sitios apartados del país, se vio la necesidad de poder implementar un prototipo enfocado a recibir, almacenar y poder

aprovechar toda la energía fotovoltaica recibida por el sol, por medio de paneles solares controlados que se encargue de redirigir dichos paneles directamente hacia el sol, para así lograr aprovechar al máximo posible la energía limpia que puede llegar a generar una fuente de energía alternativa e inagotable, y a su vez poder complementar el uso de la energía eléctrica en las diferentes zonas rurales que tengan algún nivel de dificultad al momento de desplegar cierto tipo de infraestructura eléctrica de tipo urbana.

Objetivos del texto:

Diseñar un prototipo que se pueda adaptar a las necesidades generales del área rural.
Desarrollar un software que permita manejar los paneles solares acorde al movimiento estacionario de la tierra con respecto al sol para que estos logren aprovechar con eficiencia la energía recibida.

Elaborar el prototipo a escala del panel solar.

Implantar el control para que el panel solar siga el movimiento del sol.

Aplicar el prototipo final para ejecutar pruebas de funcionamiento.

Hipótesis planteada por el autor:

Para este proyecto se quiere abarcar un tema fundamental en el proceso productivo del país, y es desarrollar tecnología que permita generar energía eléctrica a bajo costo en lugares donde no hay acceso directo a los sistemas de distribución de energía eléctrica o en cuales habiendo acceso los costos de la energía lo hacen prohibitivo.

Para esto se cree que debe ser fundamental tener un modelo a escala que pueda servir de guía para futuras investigaciones o proyectos de energización rural. Eso permite ofrecer un modelo a escala real para poder suplir o complementar el uso de energía eléctrica que se usa actualmente, y de ser el caso poder llegar a ser un reemplazo de las fuentes de energía no renovables que se usan en distintos sitios para suplir el consumo de energía eléctrica que no llega a ser del todo buena por su alto nivel de contaminación ambiental.

Por esto se espera que este proyecto logre ser la base para el uso de energías limpias en el país.

Tesis principal del autor:

Existen centrales hidráulicas, represas, pozos y embalses en donde se aprovecha el agua como el recurso energético que abastecerá regiones en el país. Cada central abastece energía a regiones donde a lo largo el tiempo han ocurrido inconvenientes para acceder a este servicio.

Un proyecto que comenzó en el año 2014, desarrollado por EPM, Empresas Públicas de Medellín, impulsa el uso de energías limpias con el desarrollo del Parque Eólico Jepirachi en la Guajira. Este es el primer proyecto que Colombia registra oficialmente ante la ONU para su estrategia de cambio climático.

Empresas que se unen a esta estrategia ya se ven en Colombia. Lastimosamente aún no hay un apoyo concreto para estas, puesto que Colombia depende mucho aun de energías fósiles. Sin embargo, hay un poco de conciencia, el Centro Nacional de Producción Más Limpia, que trabajan para generar casos que permiten la incorporación de una política ambiental, invita a convocatorias constantemente para en conocimiento de dichos proyectos y empresas. Y es que no es viejo todo esto, pero se ha sabido aprovechar y ocurre una conciencia. Claro, no se pueden evadir los aportes internacionales en todo este desarrollo. Existen países pioneros en el uso de energías limpias: Suiza, Austria, Noruega, Nueva Zelanda, Alemania, Corea del Sur, Francia. Países que invierten más en este increíble

desarrollo y no en dejar huellas de carbón, sino un modelo energético sustentable y amigable con el medio ambiente.

Y el país no se queda atrás, Internacionalmente reconocido en Latinoamérica, mas no en registro ante la ONU, el Ministerio de minas y energía instalo un sistema de paneles y seguidores solares con el fin de incrementar el servicio de energía al Centro de Salud e Institución Educativa de Isla Fuerte en el departamento de Bolívar.

Un museo muy famoso, Museo Explora de León, en la ciudad de León, Guanajuato en México, desde el 2012 entraron a funcionar paneles solares seguidores. Logran generar 20000 KWh al año. Dichos paneles además generan en un 20% y 40% más energía que los paneles fijos, todo con el fin de divulgar y promover el uso de energías renovables.

En la asociación argentina de mecánica computacional, se desarrolló una Implementación para la búsqueda del punto máximo de potencia que puede tener de un panel solar. El sistema para descubrir un punto grande energético y nuevos desarrollos implementa un algoritmo en lógica difusa haciendo distinción de distintos niveles de irradiación solar y temperatura.

La Universidad Politécnica Salesiana, en Guayaquil, Ecuador, desarrollo un sistema de posicionamiento de paneles solares usando Lógica Difusa. Este, monitorea y supervisa el panel por medio de una aplicación hecha en Labview. El proyecto es de uso interno en el instituto para beneficiar a estudiantes. En Sartenejas, Miranda, Venezuela, se logró del desarrollo de la Interfaz de control de un optimizador de carga de celdas solares. Donde se busca regular el ciclo de trabajo del convertidor de corriente continua, suministrar condiciones de voltaje y corriente adecuados para la reposición de energía. Siendo pues, una alternativa al campo de innovación y uso de recursos que se logran renovar y generar; también el campo ambiental, pues un aporte al medio ambiente por desarrollo tecnológico será una apuesta segura a un mejor aprovechamiento.

Argumentos expuestos por el autor:

Este proyecto tiene un gran impacto ya que abarca tres diferentes aspectos a tener en cuenta al momento de poder ejecutarlo. El primer aspecto es de tipo tecnológico, ya que se está implementando un sistema para generar energía limpia en las zonas rurales. El segundo aspecto a tener en cuenta es de tipo económico, ya que, si se logra implementar un proyecto de esta magnitud, se podrá economizar costos a largo plazo en materia de ahorro de energía eléctrica en el país. El tercero y no menos importante aspecto es de carácter social, ya que el proyecto se quiere enfocar en la población que no posee los suficientes recursos económicos para poder solventar la energía eléctrica limpia para su propio sustento, lo que hace que puedan obtener una ayuda de auto sostenibilidad en materia de calidad de vida y ejecución herramientas enfocadas al agro que requieran del funcionamiento de energía eléctrica.

Conclusiones del texto:

Para que el sistema implementado pueda tener un alto desempeño, se debe tratar de aplicar estos sistemas a lugares geográficos en los cuales se pueda aprovechar la disposición del terreno empleado, de cierta manera que no vayan a tener mayores obstrucciones que impidan la utilización máxima del sol.

Es importante también que en los sitios donde se logre implementar estos proyectos a largo plazo, sean sitios en los cuales exista un bajo nivel climático que impida que las nubes no logren reflejar los rayos del sol, desaprovechando al máximo de su utilidad (climas muy cálidos). Cabe recordar que, aunque estos proyectos no son del todo económicos al

momento de ejecutarlos en un corto plazo, podrían ser una solución hacia un largo plazo, ya que el costo final se podría ver reflejado en un periodo aproximado de 5 años, por medio de los bajos costos que permiten tener estos sistemas en funcionamiento y el beneficio de obtener energía 100% limpia y constante.

Muchos de estos proyectos ya se están implementando en algunos lugares en Europa debido a los grandes rendimientos que se les puede dar, y a esto se les complementa con otros tipos de energía limpia (eólica, geotérmica), se podría pensar en tener un sistema totalmente sustentable de los elementos que proporciona el mundo de manera limpia y no contaminante. Al optimizar procesos tan básicos como una alimentación de un panel se puede ver e identificar que hay procesos que se les puede sacar el máximo provecho posible sin tener que generar grandes tecnologías que lleven a volver insostenible una implementación que traería grandes beneficios para tareas de la vida cotidiana.

Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE	Herman Alonso Orozco Rafael Bárcenas
Fecha en que se elaboró este RAE	26/02/2019

Fuente URL:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2511/1/trabajo%20de%20grado%20final.pdf>

a. Antecedentes de estudio.

A continuación, se relacionan proyectos realizados e identificados en Colombia relacionados con esta investigación en mención, se listan algunos relacionados con el tema:

1. Análisis de factibilidad para la implementación de fuentes alternas de generación de energía eléctrica en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (ANGELA MARÍA REYES HERNÁNDEZ - MIGUEL ÁNGEL CASTILLO FORERO, 2017)

Este proyecto se presentó como proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia y se enfoca a la investigación de la factibilidad del diseño y la construcción de sistemas de Generación de energía eléctrica utilizando fuentes limpias. Dentro de la investigación se plantearon diferentes escenarios

posibles para la implementación de sistemas de Energía Limpia.

Se plantearon diferentes configuraciones para la construcción de sistemas basados en energías Limpias tomando como base la eficiencia de cada uno de los sistemas y las ventajas y desventajas de la aplicación de estos en la Isla de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Se llegó a la conclusión que la implementación de fuentes limpias de energía podría llegar a alimentar el 50% de la demanda de energía Eléctrica del área de análisis reduciendo el impacto que tiene la generación mediante plantas térmicas diésel. Se determinó que la zona de la Isla de San Andrés, Providencia y Santa Catalina tiene un gran potencial para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos debido a que posee un nivel de radiación solar durante todo el año lo que aumenta la eficiencia y capacidad de generación eléctrica de este tipo de sistemas.

2. Una metodología de diseño de micro redes para zonas no interconectadas de Colombia (Juan D. Garzón-Hidalgo, 2017)

El artículo está enfocado al diseño de Micro redes Eléctricas donde se implementen fuentes de Generación de energía eléctrica basado en fuentes limpias como la Generación fotovoltaica y Eólica. A continuación, se presenta el texto resumen del artículo.

“En este artículo se propone una metodología para diseñar micro redes en zonas no interconectadas de Colombia. El diseño de la micro red se realiza siguiendo la normativa eléctrica colombiana. Las etapas de la metodología son: recolección de información de campo, evaluación de recursos energéticos renovables y no renovables, estimación del perfil de carga, dimensionamiento de los generadores, diseño de la topología de micro red y análisis eléctrico. Los calibres de los conductores se seleccionan según la NTC 2050. Se

presenta un caso de estudio, para el cual se selecciona la región de Taroa, en el Departamento de la Guajira. Taroa está ubicada en una zona no interconectada de Colombia. A partir de información meteorológica de la zona y el análisis de carga, se seleccionan los equipos de generación usando el software HOMER. Las tensiones en la micro red son calculadas a partir de flujos de potencia utilizando el software Power System Analysis Toolbox. Los generadores son representados con modelos reducidos para agilizar el proceso de diseño. Las variaciones de tensión en los nodos de la micro red diseñada están dentro del 3% de la tensión nominal. Este rango de variación está definido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Los resultados de las simulaciones, utilizando datos reales, evalúan la viabilidad de la metodología”.

3. Construcción de Granja de energía solar en Yumbo (Tiempo, n.d.)

El proyecto se enfoca a la construcción de una granja o parque solar Fotovoltaico ubicado en el municipio de Yumbo en el Valle del Cauca el cual tendrá una capacidad de Generación de 9,9 MW, conformado por 35.000 paneles solares en un terreno de 18 hectáreas que generará aproximadamente 16 GWh al año, lo que equivale al consumo básico mensual de energía eléctrica de 8.000 viviendas. Se tiene proyectado que la construcción de este parque terminará a finales de este año y la energía generada se venderá al Sistema Nacional Interconectado

4. Prefactibilidad De La Implementación De Sistemas De Generación Fotovoltaica En Empresas De La Zona Industrial De Puente Aranda En La Ciudad De Bogotá (Álvaro Camilo Becerra Gaona José David Cadena Díaz & Mauricio Cortés González, 2016)

La investigación está enfocada a la elaboración de un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de generación fotovoltaica para empresas de la zona industrial de Puente Aranda en Bogotá. En la investigación se identificó las empresas donde se podría implementar este tipo sistemas fotovoltaicos, el diseño de la configuración de la red eléctrica, la carga o demanda necesaria de acuerdo a las Empresas seleccionadas para el estudio y la factibilidad técnica y Económica para la implementación del sistema. Dentro de la investigación se identificaron los impactos técnicos, económicos, sociales y ambientales que tendría la implementación de este tipo de sistemas de Generación eléctrica en cada una de las empresas sujetas al estudio.

5. Desarrollo de energía solar en Colombia y sus perspectivas (Humberto Rodríguez Murcia, 2010)

Esta sección tiene como objetivo presentar el desarrollo de la energía solar en Colombia, principalmente sus aplicaciones y las actividades de I&D (Investigación y Desarrollo), el cual fue presentado en un artículo científico publicado en 2010 en donde se realiza una descripción de las diferentes utilidades de la radiación solar en distintas tecnologías en Colombia, por medio de una descripción de cada una de ellas a través de las décadas de los 90 e inicios de nuevo milenio, entre ellas la aplicación de instalaciones fotovoltaicas a pequeña y mediana escala. La evaluación del potencial solar de Colombia se

ha realizado empleando principalmente información de estaciones meteorológicas del IDEAM (Instituto de Estudios Ambientales), procesada para ser transformada de información meteorológica en información energética. La energía solar se ha evaluado para varias regiones como la Costa Atlántica, la Sabana de Bogotá y para el país. Posteriormente, se publicaron varios estudios que complementaron la información sobre radiación solar en el país

6. Análisis De Viabilidad Del Suministro De Energía Eléctrica A La Granja La Fortaleza Ubicada En Melgar-Tolima Mediante La Implementación De Un Sistema Solar Fotovoltaico (María Lorena Pérez Calderón, 2015)

El proyecto de grado presentado para la Universidad Libre de Colombia muestra los resultados de un análisis sobre la viabilidad técnica, financiera y ambiental de un sistema solar fotovoltaico conectado a red (SFCR) en la Granja La Fortaleza ubicada en Melgar – Tolima, partiendo de la demanda energética histórica de la Granja, la disponibilidad del recurso solar, las características tecnológicas del sistema y los costos actuales por el uso de energía solar fotovoltaica. Se realizó el análisis financiero y se evaluaron los beneficios ambientales de sustituir el suministro energético actual por energía solar. Se concluye que la instalación del sistema solar fotovoltaico es viable para las condiciones climáticas diagnosticadas como radiación solar, temperatura y precipitación del lugar y las condiciones técnicas requeridas. De acuerdo con los resultados del análisis financiero, el ahorro por costo de electricidad no es suficiente para amortizar la inversión.

7. Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica (Marley Vanegas Chamorro, 2015)

Este trabajo presenta un análisis de la cuantificación y caracterización de la radiación solar a partir del estudio de datos meteorológicos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) de distintas estaciones ubicadas en el departamento de La Guajira con registros climáticos de más de cinco años y evaluados a través del modelo de Bird y Hulstrom. A partir de los resultados arrojados por este estudio, se identificaron las zonas del departamento que presentan mayor potencial para el desarrollo de diferentes tecnologías solares.

8. Alternativa en el aprovechamiento de energía solar ante crisis Energética en Colombia. (Lady Viviana Pinzón Arévalo, 2016)

En este artículo presentado como trabajo de grado en especialización en la universidad militar se establece el uso de energías alternativas en el mundo como una tendencia cada vez más predominante, teniendo en cuenta que factores como la sobreexplotación de los recursos naturales y cambios climáticos, han obligado a la implementación de estos nuevos métodos de generación de energía, sin embargo, el país aún no se incluye en ese panorama, aun sabiendo que posee varias ventajas que determinarían un uso eficiente de este tipo de energías renovables. Entre esas características favorables, se encuentra su gran potencial energético solar, el cual está influenciado por su posición geográfica y como consecuencia el clima que favorece todas las condiciones de brillo solar para que varias regiones del país.

A nivel de Manizales no se conocen investigaciones o proyectos realizados con fines de factibilidad pero si varios proyecto a pequeña escala (La Patria) como son luminarias de parques (parque de la mujer), consumo parcial del bloque W de la Universidad Nacional sede Manizales (40 paneles y funcionan interconectados a la red), Estudiantes del Centro de Automatización Industrial del Sena Caldas desarrollaron sistemas solares fotovoltaicos para iluminar galpones y dar calefacción a los cerdos y las gallinas.

b. Bases teóricas.

1. Descripción energía renovable (BID 2019)

Son las energías que se pueden regenerar con rapidez naturalmente, de fácil utilización además son limpias, es decir, no atentan contra el medio ambiente generando residuos peligrosos o emitiendo gases contaminantes o de efecto invernadero. Algunas de estas fuentes están sometidas a ciclos que se mantienen más o menos constantes en la naturaleza, entre las cuales se pueden nombrar las siguientes:

Solar que es la mayor fuente de energía de la tierra, los sistemas térmicos utilizan la energía solar para producir calor en calentadores de agua y sistemas de calefacción, los sistemas fotovoltaicos convierten la luz solar en electricidad. No emite gases de efecto invernadero.

Eólica o viento, puede transformar la energía cinética de las corrientes de aire en otras formas de energía, se utiliza desde hace mucho tiempo para mover veleros y aspas de maquinaria que extrae agua subterránea, no emite gases de efecto invernadero.

Hidráulica o agua, aprovechan la fuerza de la caída del agua en represas o ríos moviendo turbinas y estas mueven generadores que producen electricidad, produce gases de efecto invernadero.

Mareomotriz, aprovechan el oleaje del mar u océano para generar electricidad, no emite gases de efecto invernadero.

Geotérmica, aprovechando el calor y las altas temperaturas del interior de la tierra se emplea para mover un generador y así producir energía eléctrica. No produce gases de efecto invernadero.

Biomasa, proviene de materia orgánica de los organismos vivos, entre ellas el Biogás que transforma el desperdicio orgánico en metano por acción de bacterias; Biocombustibles que surgen a partir de la quema o destilación de material animal o vegetal produciendo calor (biodiesel, bioetanol), madera que genera calor al quemarse. Produce gases de efecto invernadero.

La energía solar es la radiación electromagnética emitida por el sol y recibida en la tierra en forma de ondas electromagnéticas en todo su espectro ultravioleta, visible infrarrojo, esta energía varía de un lugar a otro, dependiendo de factores geográficos, épocas del año y las condiciones atmosféricas locales.

La energía solar puede usarse de tres maneras principales: **Energía Fotovoltaica (PV)**, la cual transforma la energía producida por el sol en electricidad, **Térmica Solar (TS)**, la cual usa la energía del sol para calentar agua y **Calor Pasivo**, en la cual la energía del sol es aprovechada para producir calor y cubrir los requerimientos de calefacción de los edificios. La tecnología fotovoltaica es un método simple y elegante de aprovechar la energía del sol. Los dispositivos

fotovoltaicos (células solares) son únicos en que convierten directamente la radiación solar incidente en electricidad, sin ruido, contaminación o partes móviles, haciéndolos robustos, fiables y de larga duración. (enersolax - ingeniería fotovoltaica).

2. Normatividad en Colombia

Dentro de este marco legal se resumen de la normatividad vigente en Colombia para sistemas de energía solar las siguientes:

Decreto 2469 de 2014

Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración.

Decreto 2492 de 2014

Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de respuesta a la demanda.

Resolución CREG 175 de 2014

Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “Por la que se reglamenta la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN)”.

Resolución CREG 021 de 2017

Por la cual se ordena hacer público el proyecto de resolución “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional”.

Resolución CREG 024 de 2015

Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones.

Resolución CREG 030 de 2018

Por la cual se regula la actividad de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional (SIN).

Leyes 142 y 143 de 1994

La Ley de Servicios Públicos (Ley 142) y la Ley Eléctrica (Ley 143 de 1994), definieron los lineamientos generales para la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica y el marco legal para el desarrollo de la regulación sectorial por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Incidencia en la investigación: Por medio de estas leyes el Estado vela porque los servicios públicos sean ofrecidos de una manera eficiente y acorde con el marco legal que este establece.

Ley 1715 del 13 de mayo del 2014

En el cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

Incidencia en la investigación: Por medio de esta ley se promueve el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional; debido a que establece el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional, mediante incentivos tributarios de acuerdo al artículo 11 el cual indica que los inversionistas tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento

de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Ley 629 de 2000

Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997. El objetivo de este Protocolo era reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI).

Incidencia en el proyecto: Por medio de esta ley se promueve la investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales.

Ley 697 de 2001

Declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de conveniencia nación.

Incidencia en la investigación: Por medio de esta ley se crea el Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales "PROURE" (art. 5) cuyo objeto es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Plan Energético Nacional 2006 – 2025

Este plan desarrollado por la UPME tiene como objetivo central “maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país, y como objetivos principales:

- i. Asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo.

- ii. Formación de precios de mercado que aseguren competitividad.
- iii. Consolidar esquemas de competencia en los mercados.
- iv. Maximizar cobertura con desarrollo local mediante proyectos que permitan ampliar la oferta energética en zonas rurales y no interconectadas.
- v. Consolidar la integración energética regional.

Considerando que las estrategias recomendadas para el cumplimiento de los Objetivos Principales presentan tópicos comunes, se identificaron los siguientes Temas Transversales que coadyuvan al cumplimiento de tales objetivos,

1. Fuentes no convencionales y uso racional de la energía
2. Medio ambiente y salud pública
3. Ciencia y tecnología
4. Marco institucional y normativo
5. Información, promoción y capacitación

Incidencia en la investigación: Por medio de este plan se establecen los principales objetivos para el desarrollo energético nacional con el cual se pretende maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país, por ende, se fijan unas estrategias para su cumplimiento y entre ellas se encuentra el impulso de las fuentes no convencionales de energía.

Normas técnicas

GTC 114. Esta guía tiene en cuenta las características técnicas en la selección, instalación, operación y mantenimiento de la energía fotovoltaica, energía utilizada para la población rural dispersa en Colombia.

NTC 2775. Energía solar fotovoltaica, términos y definiciones.

NTC 5287 y 2959. Normas técnicas para las baterías de uso en energía fotovoltaica. Guía para caracterizar las baterías de almacenamiento fotovoltaico.

NTC 2883. Energía fotovoltaica. Módulos fotovoltaicos.

NTC 4405. Evaluación de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.

Incidencia en la investigación: Estas normas técnicas son importantes en el desarrollo de la investigación debido establecen las normas que rigen a los sistemas solares fotovoltaicos para su adecuado diseño, dimensionamiento y funcionamiento.

c. Definición de conceptos.

1. Marco conceptual

1.1. Energía solar

Es la energía radiante emitida por el sol y recibida en el planeta en forma de ondas electromagnéticas, la unidad de medición utilizada para describir potencia incidente por unidad de superficie se llama irradiancia, símbolo es “G”, unidad Watt/m² y es directamente proporcional, es decir que a mayor irradiación mayor será su disponibilidad energética.

(Perpiñán, 2013).

1.2. Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir

electrones, lo cual da como resultado energía eléctrica de corriente continua. El resto de los equipos incluidos en un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la aplicación a la que está destinado. (Perpiñán, 2013).

1.3. Células fotovoltaicas

Son dispositivos formados de material semiconductor, normalmente de silicio, que son capaces transformar los rayos del sol en energía eléctrica. Aunque el silicio es el material más abundante en la tierra después del oxígeno, ya que se encuentra en casi todas las rocas, para la fabricación de las células fotovoltaicas se lo necesita en su forma cristalina y sin imperfecciones. El proceso para llevar al silicio a su forma cristalina es complejo y costoso (Salgado, 2007)

Las células fotovoltaicas están compuestas por una delgada capa de material tipo n (electrón libre) y otra de mayor espesor de material tipo p (hueco disponible), en la unión de estas capas se forma el campo eléctrico. La luz está formada por partículas, los fotones, que transportan energía. Cuando un fotón con suficiente energía golpea la célula, es absorbido por materiales semiconductores y libera un electrón. El electrón una vez libre, deja atrás de si una carga positiva llamada hueco. Por lo tanto, cuanto mayor será la cantidad de fotones que golpean la célula, tanto más numerosas serán las parejas electrón-hueco producidas por el efecto fotovoltaico y por lo tanto más elevada la cantidad de corriente producida.

1.4. Celdas solares

Las celdas solares realizan su función gracias al efecto fotoeléctrico, como su nombre lo indica es la generación de un voltaje dado un efecto de la luz, estas celdas solares producen corriente directa.

1.5. Módulos solares

Los módulos solares están constituidos por celdas fotoeléctricas, que con una conexión adecuada suministran voltajes suficientes para la recarga de un banco de baterías o voltajes suministrado directamente a la red eléctrica. La potencia nominal de un panel solar se da en watts pico (W_p).

1.6. Estructura de paneles solares

El panel solar se construye ensamblando, varias células solares para obtener voltajes y corrientes que se puedan aprovechar en el funcionamiento de instalaciones y equipos eléctricos.

En general, para la construcción de un panel solar se utilizan celdas conectadas en serie, comercialmente se pueden encontrar paneles de 12 V.

Cada panel solar es la unidad de una instalación solar fotovoltaica, su tipo depende de las células con las que se fabrica.

1.7. Panel tipo monocristalino

Para su construcción se utilizan celdas de silicio monocristalino, se encuentran con eficiencias entre 14% y 16%, pueden ser de color azul oscuro o plateado oscuro. Es el más costoso de los paneles de silicio, ya que los procesos de producción para las celdas monocristalinas es el más costoso. Los paneles monocristalinos más comunes se fabrican con 36 celdas y son a 12 V.

1.8. Panel tipo policristalino

Para su construcción se utilizan celdas de silicio policristalino, se encuentran con eficiencias entre 10% y 15%, pueden ser de color azul y se identifican por tener visos de colores azules. Es menos costoso de los paneles de silicio y es el más utilizado de todos los paneles de silicio.

1.9. Panel tipo amorfo

Para su construcción se utilizan celdas de silicio amorfo, se encuentran con eficiencias inferiores al 10%.

1.10. Características técnicas de un panel fotovoltaico

Las características técnicas y el comportamiento de un panel fotovoltaico se determinan tomando, para una radiación solar de 1000 W/m² a una temperatura de 25° C, los siguientes parámetros eléctricos:

1.10.1. *Voltaje en vacío, Vca:*

Es el voltaje que se mide en los terminales del panel en circuito abierto.

1.10.2. *Corriente de cortocircuito, Icc:*

Corresponde a la corriente que genera panel cuando se cortocircuitan sus terminales.

1.10.3. *Potencia nominal o potencia pico, Wp:*

Es la máxima potencia que puede generar el panel a una carga conectada a sus terminales. Corresponde a la mayor área obtenida para el producto de V x I.

1.10.4. *Voltaje nominal o voltaje pico, Vp:*

Es el voltaje que se presenta en el panel para la máxima potencia o potencia pico.

1.10.5. *Corriente nominal o corriente pico, Ip:*

Es la corriente que se presenta en el panel para la máxima potencia o potencia pico.

1.10.6. *Eficiencia nominal o eficiencia de conversión:*

Es la relación entre la máxima potencia generada por un panel, cuando recibe una radiación de 1000 W/m², y la potencia recibida por el área del panel, = W_p/W_r .

1.10.7. *Factor de forma, Ff:*

Este parámetro nos muestra la relación entre la potencia pico y la potencia teórica calculada con el producto de $I_{cc} \times V_{ca}$, $Ff = W_p / I_{cc} \times V_{ca}$.

1.10.8. Generadores fotovoltaicos

Los generadores solares están formados por uno o más módulos iguales interconectados, el tamaño del generador eléctrico depende de las celdas solares con que se construya.

1.11. Componentes de un sistema fotovoltaico

En el mismo orden de sus funciones se procederá a explicar cada componente expuesto por (Arenas, Sánchez y Zapata – Castaño 2011): Modulo fotovoltaico: Su función es captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica estos dispositivos se pueden conectar en serie o en paralelo. Batería (acumulador): La naturaleza de la energía en los sistemas fotovoltaicos aislados hace que sea necesario el almacenamiento de energía que permita disponer de la misma en periodos en la que no es posible su generación. Estas baterías varían según los elementos del sistema según las características de carga, potencia y ciclos de consumo. Inversor: Se encarga de adaptar la corriente continua producida por generadores fotovoltaicos a las características eléctricas requeridas por las cargas a alimentar. Regulador de carga: Es el equipo que controla los procesos de carga y descarga de batería su función es el proceso de carga evitando que el proceso de carga de la batería a plena capacidad siga inyectando carga a los módulos fotovoltaicos.

1.12. Funcionamiento de un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga, usando como combustible la energía solar. La definición anterior deja claramente establecido que la carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán utilizarse en el sistema. La completa definición de la carga debe tener en cuenta tres características que la definen: el tipo, el valor energético y el régimen de uso. (Gasquet, 2004).

1.13. Sistema solar directamente a la red o interconectado

Las aplicaciones conectadas a la red pueden además clasificarse por su tamaño en residenciales e intermedias. Las residencias conectadas a la red son casa habitación o multifamiliares que generan una porción de sus necesidades de electricidad con arreglos fotovoltaicos y usan la red de distribución eléctrica existente para complementar sus requerimientos. Cualquier exceso de electricidad generada con el sistema fotovoltaico se vende a la empresa eléctrica. Las aplicaciones intermedias son normalmente aplicaciones comerciales de mayor tamaño que las anteriores, e incluyen la generación fotovoltaica de electricidad para uso en tiendas, talleres de manufactura o de servicio. La electricidad generada en exceso también es vendida a la empresa eléctrica. Este tipo de aplicaciones sólo es posible en lugares donde la empresa eléctrica local, por ley, debe comprar el exceso de

electricidad a quien lo genere. En los Estados Unidos de Norteamérica varias compañías eléctricas han instalado sistemas residenciales del orden de 2 a 4 kw en el sector residencial y sistemas de varias decenas de kw en lugares públicos e instalaciones comerciales (Aguilera, 2003).

1.14. Impactos ambientales de los sistemas fotovoltaicos

Expectativas ambientales de los Sistemas Fotovoltaicos: las energías renovables siguen generando pasiones y expectativas en muchas personas en el mundo como una solución a la grave situación de contaminación que enfrenta el mundo, en el cuál los países más desarrollados son quienes más contaminan el ambiente y paradójicamente son quienes tiene mejores estándares de calidad de vida y una población bastante baja referente a la gran cantidad de contaminación que producen. (Infante, 2007). Según Gálvis & Gutiérrez (2013) la energía solar es la energía más limpia y es inagotable, muchos países desarrollados han incrementado su uso, gracias a las ventajas en la disminución de su costo y gracias a su impacto ambiental positivo. **Los Sistemas Fotovoltaico y su impacto en los entornos aislados.** De acuerdo a las investigaciones históricas de la energía solar fotovoltaica aplicadas en entornos aislados, gracias a su sistema de almacenamiento, estos sistemas otorgaron hasta (3) días de energía seguidos sin suministro de luz solar, como se observa en las investigaciones de Vela Ruiz en el año 2015. **La creciente tendencia de los Sistemas Fotovoltaicos frente el cambio climático** la conciencia ambientalista cada vez más creciente frente a los cambios climáticos que se están evidenciando generan propuesta basadas en estudios muy serios que permiten el análisis crítico frente a resultados obtenidos por Rodríguez- Borges y Sarmiento –Sera, en el año 2015 presentado en su estudio titulado Competitividad de sistemas híbridos eólicos – fotovoltaicos para la electrificación rural, en el

cual fue realizado un análisis que muestra la creciente competitividad de estos sistemas híbridos eólicos–fotovoltaicos respecto a la generación diésel en función al costo equivalente de la energía y el impacto ambiental.

2. Potencia solar en Colombia

La potencia solar en Colombia se establece en base a los datos e información de estaciones meteorológicas del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), procesada para ser transformada de información meteorológica en información energética. (CORPOEMA, 2010) La publicación más reciente es el *Atlas de Radiación Solar de Colombia*, el cual es un documento de referencia para el país que contribuye al conocimiento de la disponibilidad de sus recursos renovables y facilita la identificación de regiones estratégicas donde es más adecuada la utilización de la energía solar para la solución de necesidades energéticas de la población.

Si se tiene en cuenta que el máximo mundial es de aproximadamente 2 500 kWh/m²/año, el potencial en Colombia en relación con este máximo varía entre 58 % en la Costa Pacifico y 84 % en la Guajira. Pero más importante aún que los valores es que la variación mensual de la radiación global frente a la media anual es pequeña comparada con las variaciones de otras regiones del mundo, lo que permite que los sistemas de acumulación de energía sean de capacidad reducida. (CORPOEMA, 2010).

En la siguiente tabla se presenta la disponibilidad promedio multianual de energía solar por regiones del país:

Tabla 11 Promedio multianual de radiación solar por regiones en Colombia.

REGIÓN	kWh/m ² /año
Guajira	2.190
Costa Atlántica	1.825
Orinoquia	1.643
Amazonia	1.551
Andina	1.643
Costa Pacífica	1.278

Fuente: Atlas de radiación solar en Colombia 2018.

De acuerdo con la ilustración del promedio mensual de radiación global en Manizales y con el mapa de irradiación global en Colombia del IDEAM se considera viable el estudio de factibilidad por su rango entre 4 y 4.5 KWh/m²/día ya que se encuentra en el promedio diario.

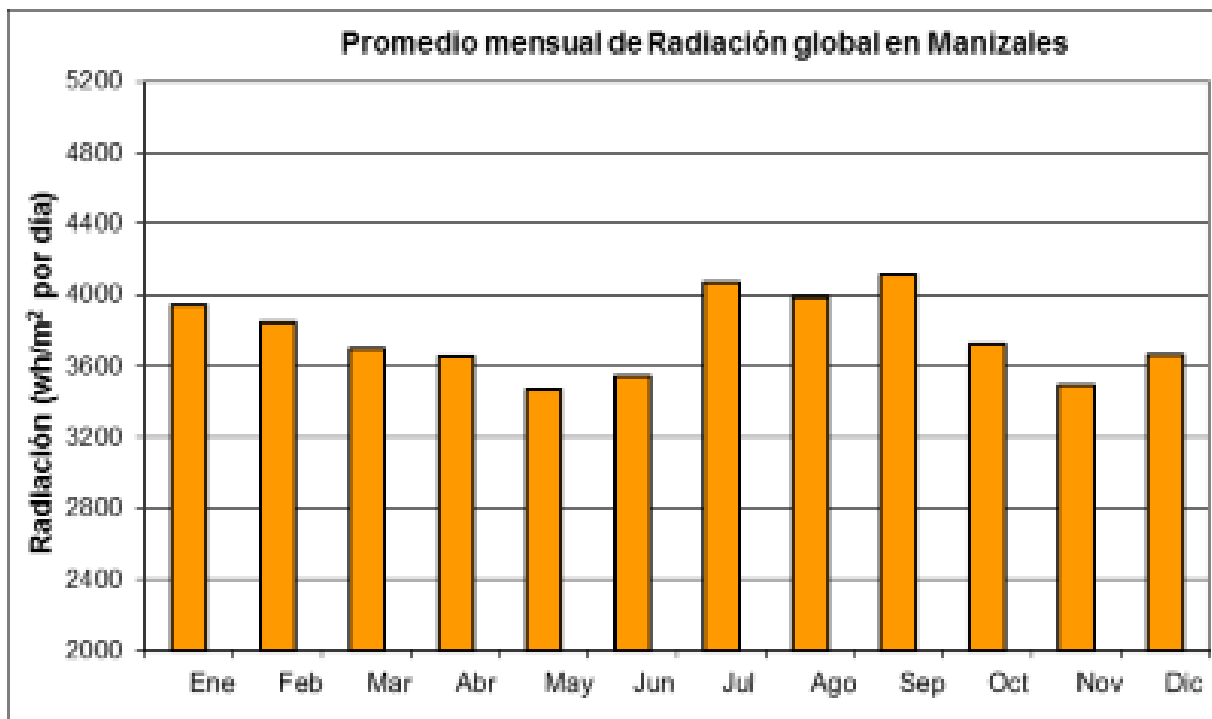


Ilustración 1 Promedio radiación global en Manizales. Fuente IDEAM 2019.

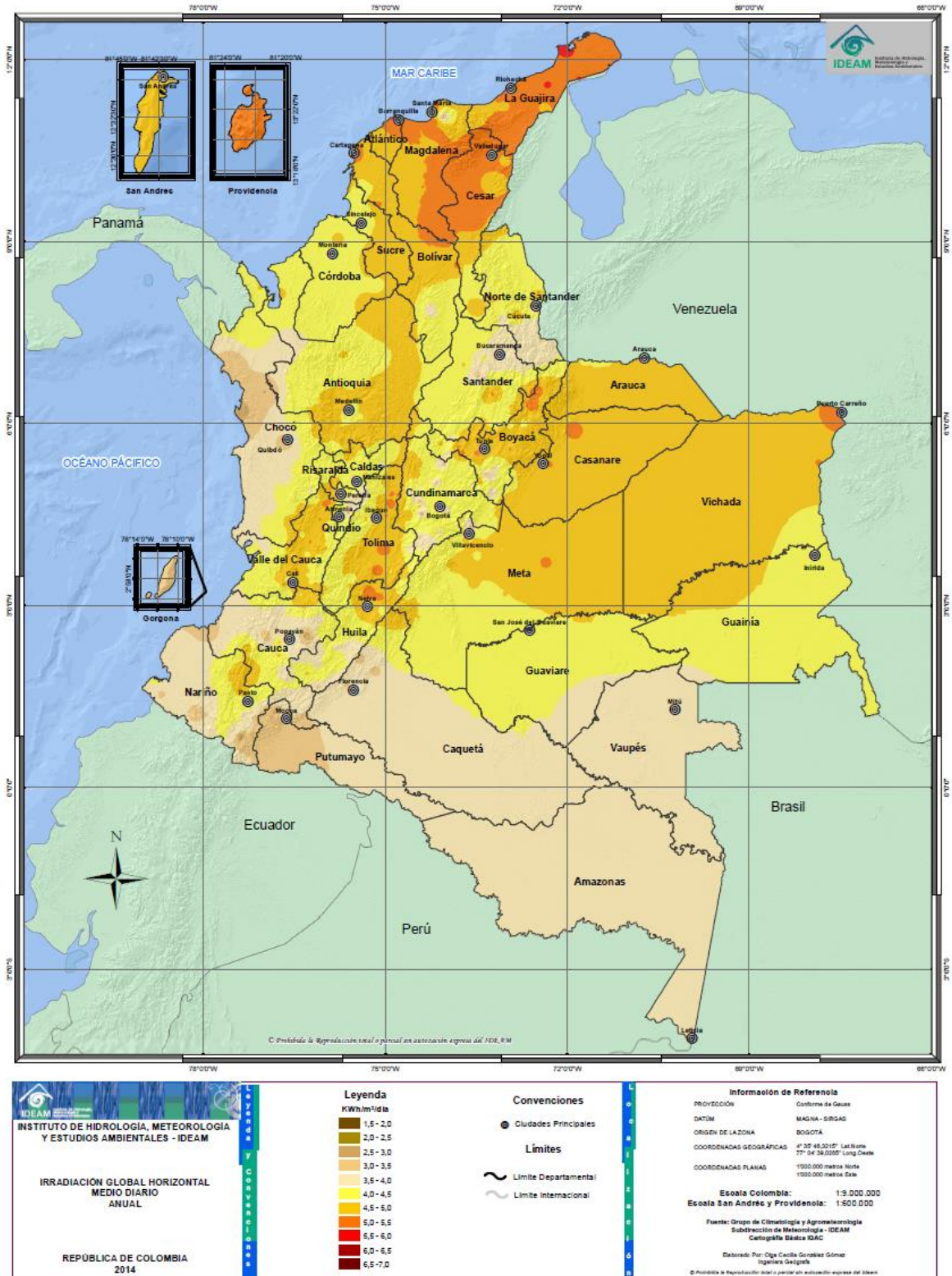


Ilustración 2 Irradiación Global Horizontal Medio, Diario, Anual. Fuente IDEAM, 2018.

El brillo solar en Manizales oscila entre 3 y 5 horas al día de acuerdo con el IDEAM, la distribución de este se evidencia en el mapa de brillo solar.

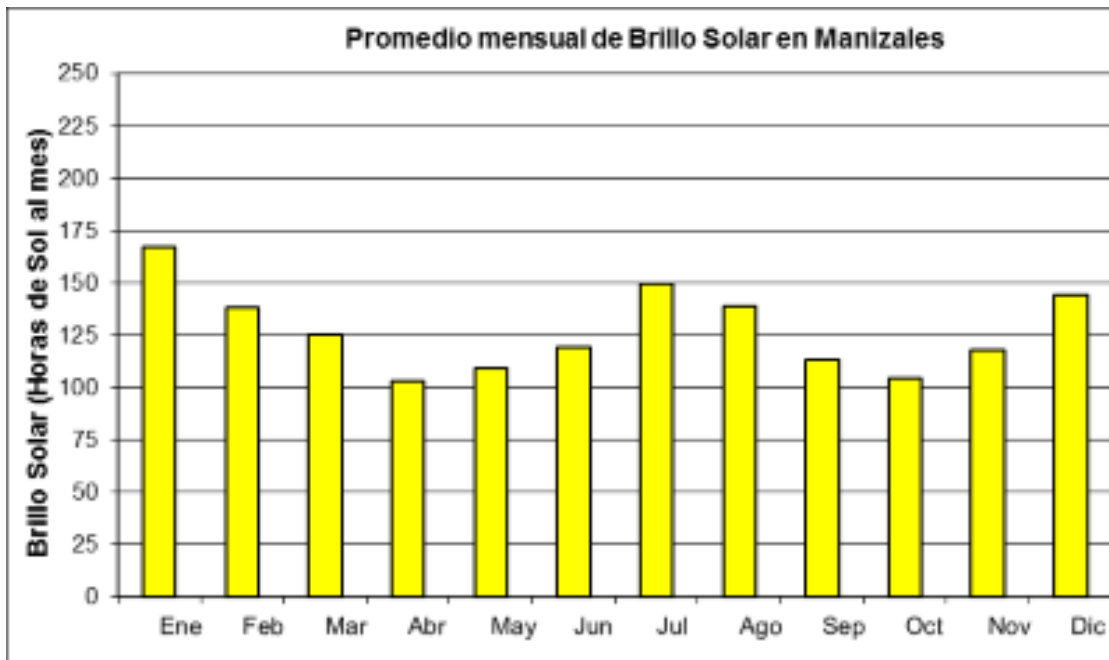


Ilustración 3 Promedio mensual de brillo solar en Manizales. Fuente IDEAM 2019

En el mapa de brillo solar del IDEAM, manizales se considera a nivel nacional entre el promedio de horas de brillo solar que es de 5,5 horas al día. Por lo anterior el proyecto tiene buena aceptación en el transcurso de esta investigación.

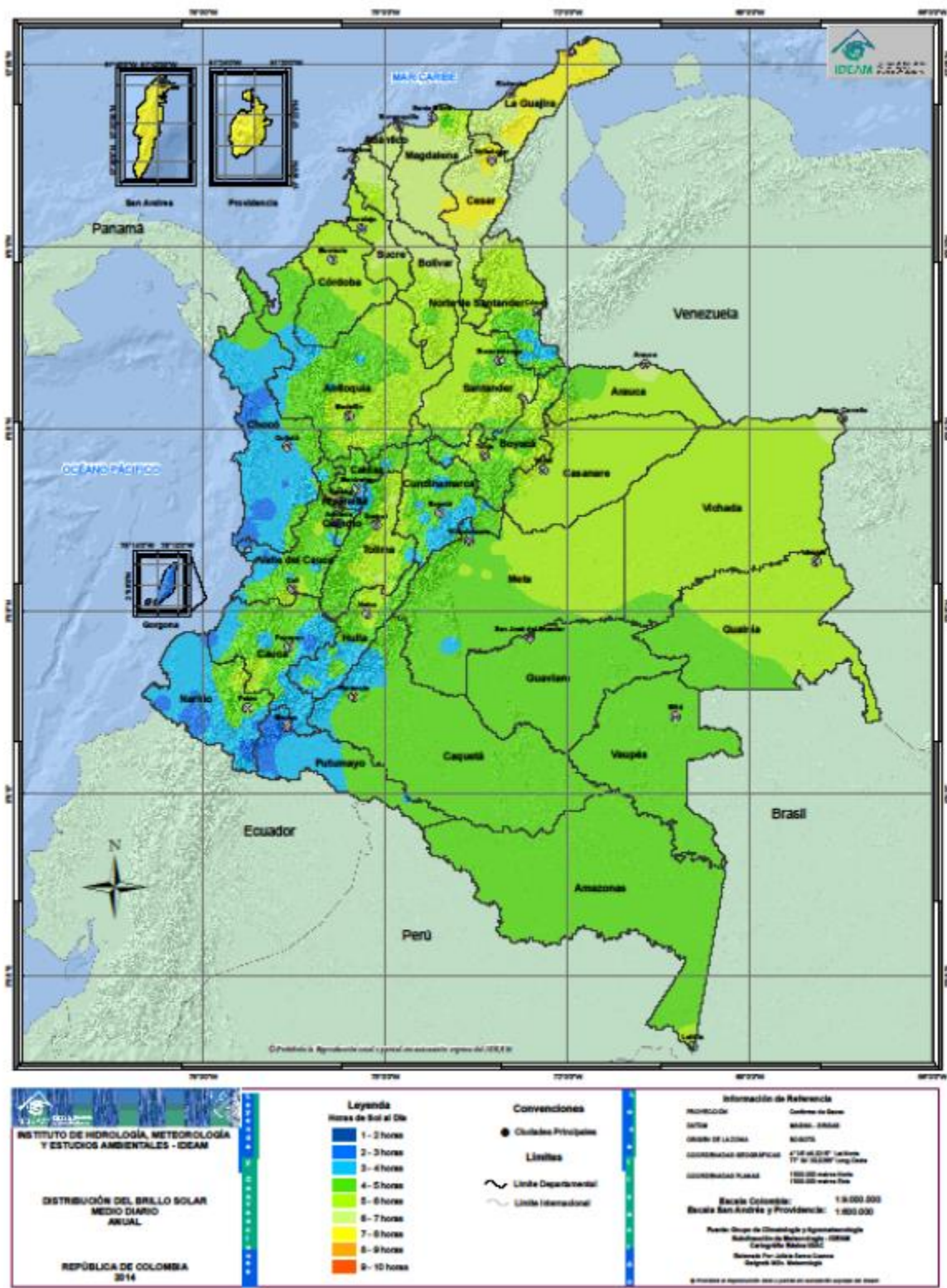


Ilustración 4 Distribución Brillo Solar Medio - Diario – Anual, Fuente IDEAM 2019

d. Formulación de hipótesis de trabajo.

La implementación del sistema solar fotovoltaico es una excelente alternativa para reducir el gasto de presupuesto anual en servicios públicos, rebajar por 5 años el rubro de impuestos, además, reducir la generación de CO₂ como empresa y así reducir la huella de carbono generada. Por otro lado, recuperar la inversión del sistema fotovoltaico implementado según el caso por la empresa.

Gracias a la labor de investigación en este sistema fotovoltaica, se obtuvo el conocimiento de que la tecnología energética disponible en la actualidad esta tan desarrollada que puede ser totalmente amigable con el medio ambiente, de fácil acceso a personas comunes, es económica, cumple y satisface todas las necesidades en una red doméstica e industrial y tiene una tasa de retorno en un lapso corto de tiempo.

Este proyecto de investigación se dio inicialmente buscando las necesidades de reducir costos, luego se realizaron los estudios de la energía convencional que se consume en la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P., al tener todos estos datos se realizó un estudio de factibilidad donde se encontró que la energía solar fotovoltaica era la más eficiente y efectiva que cumplía con todos los requisitos para el consumo de la empresa.

Aguas de Manizales S.A. E.S.P siempre ha mostrado un interés por las energías renovables, ya que es una empresa experta en el tratamiento de agua potable comprometida para cuidar y proteger el medio ambiente en todos los aspectos tanto a nivel de bosques y cuencas, como también en la zona urbana, es por ello que esta energía solar fotovoltaica es la más apropiada en cuanto a cuidar el medio ambiente se refiere, además de suplir todas las necesidades y demandas del consumo energético para su funcionamiento.

e. Selección de variables si aplican.

La variable que se puede enunciar y con la que se realizó el desempeño de la investigación es cuantitativa, esta es susceptible a medición y a datos numéricos, además de cambios en la solicitud energética ya que lleva valores de consumos y demandas con las cuales se pueden tomar una medición mes a mes y/o realizar un promedio anual.

c) Marco metodológico

a. Tipo y nivel de la investigación.

El tipo de investigación se considera descriptiva, lo anterior por la estructuración de un sistema solar fotovoltaico, se calcula la demanda energética de la empresa y sus costos asociados; explicativa se realiza la descripción del sistema solar fotovoltaico, normatividad vigente y descripción de la zona de estudio. Por otro lado, tiene un enfoque explicativo - descriptivo al definir su factibilidad e implementación o no del sistema solar fotovoltaico en la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Evaluar la factibilidad de implementar un sistema solar fotovoltaico requiere de dos fases donde:

El componente exploratorio es el estudio de condiciones, normatividad y parámetros relacionados con la implementación de un sistema solar fotovoltaico en base al análisis de fuentes secundarias donde se realiza una búsqueda, recolección y depuración de la información;

se identifica la demanda energética de las instalaciones empresariales y sus lineamientos y normatividades vigentes.

El componente práctico que es la aplicación de la información adquirida, depurada e identificada durante la investigación para luego analizar los datos y resultados determinando su factibilidad en la zona de estudio, la caracterización geográfica de la zona de estudio para determinar la oferta de energía solar disponible en kWh/m² y sus respectivos cálculos.

b. Descripción del ámbito de investigación

1. Caracterización de la zona de estudio

La sede principal de Aguas de Manizales S.A. E.S.P. se encuentra ubicada en zona urbana del municipio a la altura de la Avenida Kevin Ángel con nomenclatura 59 -181, sus coordenadas geográficas son Latitud: 5°03'48.0" N y Longitud: 75°29'7.6" W; (5.063327, -75.485816), con una altitud de 2064 msnm, la empresa tiene un área total de lote de 5146,87 m² donde 2024,302 m² se encuentran edificados.

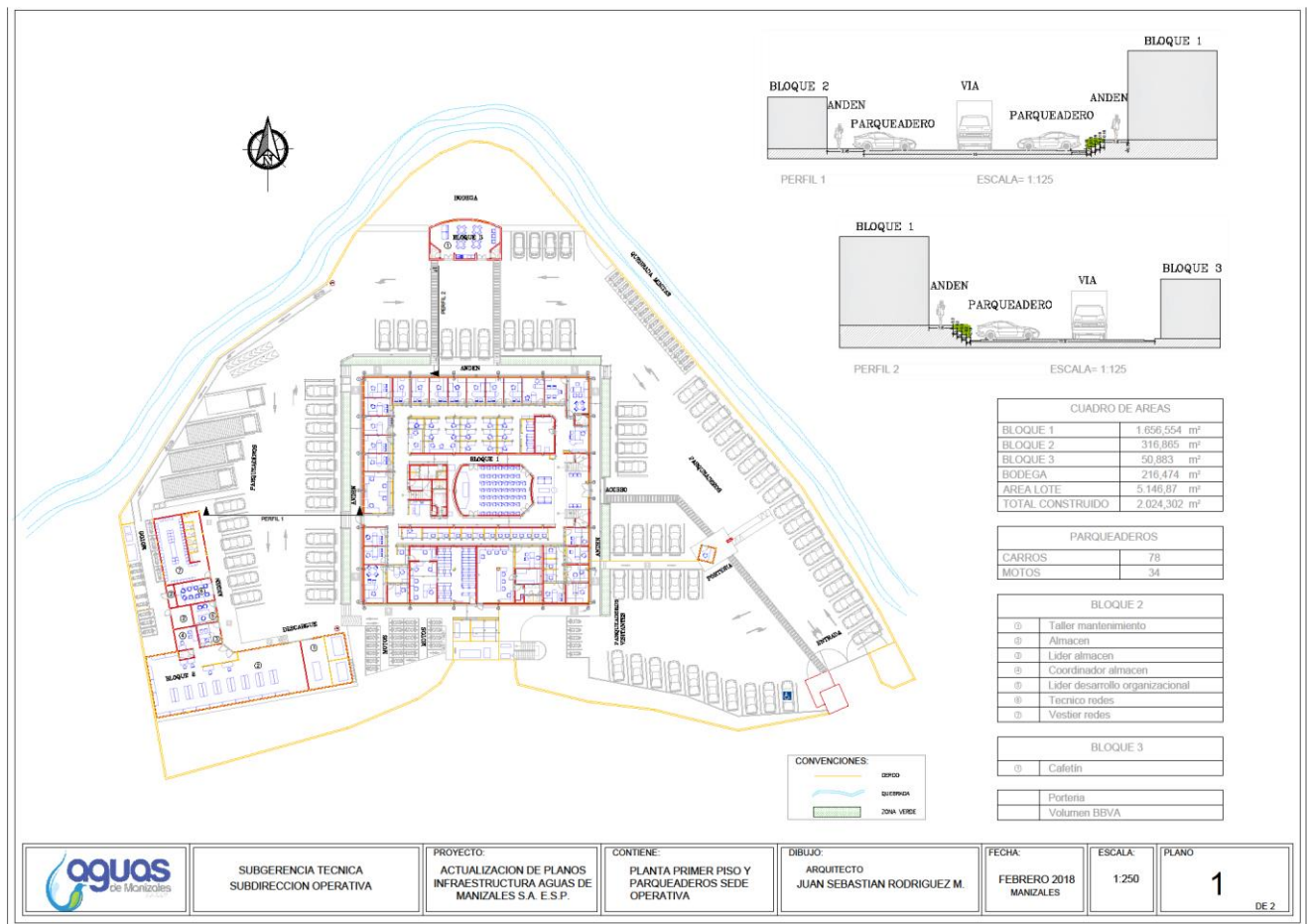


Ilustración 5 Plano sede principal Aguas de Manizales. Fuente proceso de ingeniería Subgerencia Técnica 2019.

Mediante la utilización de software empresarial como el ArcGIS se obtienen vistas y mapas para su posterior análisis de acuerdo con lo requerido en la investigación respectiva.



Ilustración 6 Vista aérea de la sede principal de Aguas de Manizales. Fuente Análisis de Infraestructura, Subgerencia Técnica 2019.

Las instalaciones cuentan con todos los servicios públicos domiciliarios como acueducto, alcantarillado, telefonía, internet, televisión y energía eléctrica.

2. Trayectoria del sol en zona de estudio

Es importante para las instalaciones solares fotovoltaicas investigar la trayectoria del sol, para la zona de aplicación en este caso es casi recta por estar cerca de la zona ecuatorial, lo anterior mediante la utilización de software en línea donde se logra observar la trayectoria del sol en cualquier punto del planeta a lo largo del tiempo.

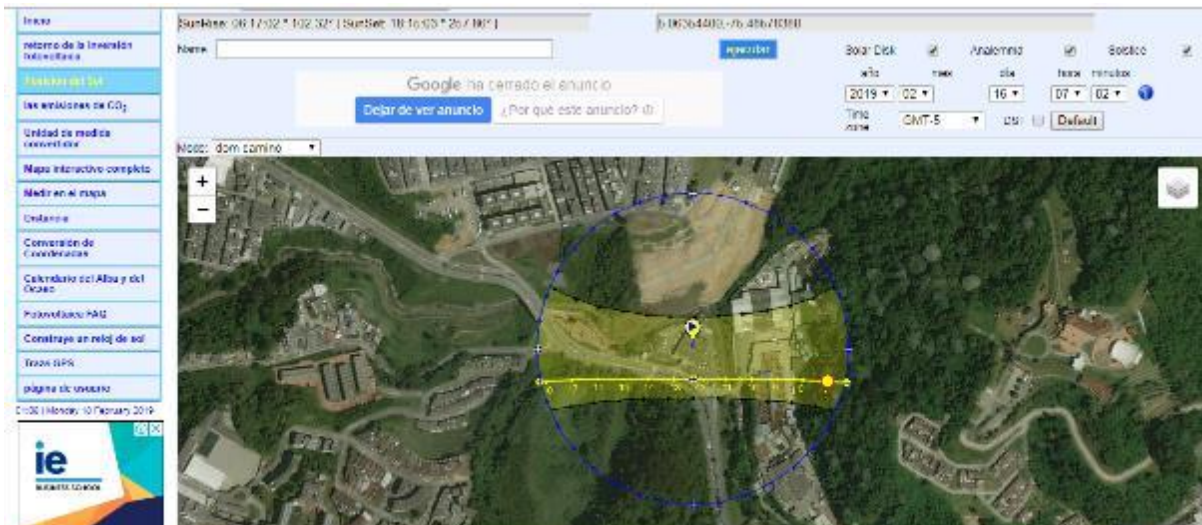


Ilustración 7 Trayectoria del sol en tiempo real. Fuente SunEarthTools.com 2019

El potencial de aprovechamiento en la zona de estudio con respecto a las horas solar pico (HPS), es ideal de acuerdo con su ubicación geográfica evidenciado una trayectoria recta del sol y por ello una radiación solar directa.

c. Definición de la población y muestra a utilizar.

la investigación involucra una población constante y flotante para un edificio administrativo de una empresa de servicios públicos como lo es Aguas de Manizales S.A. E.S.P. donde para fines investigativos se seleccionó su sede principal de acuerdo por su ubicación geográfica para los respectivos cálculos del sistema solar fotovoltaico siendo el punto de partida para otros estudios posteriores si así se requiere en base a cotizaciones de proveedores disponibles en el mercado de la energía solar.

d. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

Siendo una investigación basada sobre una fuente de energía eléctrica sostenible como la solar, se pretende implementar un análisis documental y de contenido mediante la revisión de la información obtenida de diferentes fuentes como procesos internos de la empresa y proveedores externos, realización del promedio de los cálculos de consumo energético, el manejo de la información obtenida de fuentes internas como externas y el estudio de los datos para la presentación de resultados después de un análisis detallado. Lo anterior mediante la presentación de datos cuantitativos de manera gráfica por estadísticas y/o Excel y matemática para cálculos necesarios del sistema solar fotovoltaico tabulando para su posterior presentación.

e. Validez y confiabilidad del instrumento utilizado.

El grado de precisión de la medida utilizada para el gasto energético es el kWh homologado por la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica que en este caso es la Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC del Grupo EPM) en la ciudad de Manizales, lo anterior mediante una lectura mensual programada para su posterior facturación.

AGUAS DE MANIZALES S.A. E.S.P.

Medidor: 403201330

Período de facturación: 04/ENE/2019-04/FEB/2019

Fecha de corte: 28/FEB/2019

Debe pagar en total: \$6.827.000

Mes	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Activo	11212	11562	11465	11773	11917	11904
Reactivos	0	0	0	0	0	0
Diferencia	28	0	0	0	0	31

Mes	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACT
Días Consumo	32	30	29	30	32	30	31
Sabados	5	4	4	5	5	4	5
Días Faltas	6	6	4	5	7	7	8
Días Faltas	21	20	21	20	20	19	20

Metro	Ultima Activo	Ultima Reactivo	Factor	Activo	Sub Total	Valor Pj Activo	Valor Pj Reactivo	SWH Reactivo	SWH Reactivo	SWH Reactivo	Valor Pj Reactivo
HN	12279.96	12180.47	110	10644	12294	540.2	5912.782				0
HP	1571.09	1559.02	110	1350		503.9	747.813				0
Sub Total					12294	6.660.596	0	0	0	0	0

Conceptos

Concepto	Valor
Total Consumo Energía	\$ 6.660.596
Total Otros Conceptos CHEC	\$ 166.400
Total Convenio Alumbrado Público	\$ 0
Total	\$6.827.000

Referencia de Pago: 469267956190111

Número de cuenta: 73293743

Número de cuenta: 469267956

Fecha máximo de pago: 28/FEB/2019

Meses de deuda: 0

Total de Deuda: \$6.827.000

Ruta de Lectura: 1-1701001174600

Nombre: AGUAS DE MANIZALES S.A. E.S.P.
Díg. equivalente: 73293743

1978 de 2017

Valor pasado: \$ 0

Valor total: \$ 166.400

Valor total: \$ 166.400

Infórmate y prográmate, conoce las interrupciones de energía en www.chec.com.co

Ilustración 8 Factura de energía de la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P. Fuente servicios administrativo, Subgerencia Técnica 2019.

f. Definición del plan de recolección y procesamiento de datos.

Mediante la consecución de información empresarial sobre facturación por consumo de energía, se realiza un análisis económico y comparativo de varios años donde se ilustre dicho gasto y su respectivo valor comercial, dando un panorama de una posible reducción de los costos asociados a una migración de energía renovable como lo es la solar. Análisis de la infraestructura disponible como área de aprovechamiento solar para la implementación de paneles o celdas fotovoltaicas que cumplan con el requerimiento de gasto energético necesario según cálculos necesarios para tal fin; posteriormente se realiza el análisis de los costos administrativos y técnicos, adquiriendo datos de una inversión inicial, un gasto adecuado de la inversión y su recuperación en un tiempo determinado con beneficios tanto ambientales como económicos.

Lo anterior mediante el uso de tablas dinámicas en Excel, cálculos manuales y mediante Excel para el consumo y gasto de energía; herramientas como Word para el análisis de información suministrada y su posterior selección.

Investigación con fines de beneficio ambiental para la empresa facilitadora donde se pretende implementar:

Métodos de recolección de datos:

Tablas dinámicas en Excel.

Formatos empresariales.

Investigación externa de bibliografía.

Consulta a proveedores de infraestructura solar.

Metodología investigativa y de factibilidad económica comparativa entre energía convencional versus energía renovable.

d) DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

a. Análisis datos de consumo energía eléctrica

Mediante datos obtenidos de la facturación y del consumo energético de la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P. se considera lo siguiente desde el año 2011 hasta el año 2018 como rango estudio comprendido y con la utilización de tablas dinámicas en Excel se obtiene:

Tabla 12 Consumo Energía Facturado año 2011 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Año 2011			
Etiquetas de fila	Suma de kWh/mes	Suma de Valor Facturado/mes	
enero	11087	\$	4,882,231
febrero	11143	\$	5,159,350
marzo	12143	\$	5,683,685
abril	11287	\$	5,328,715
mayo	12527	\$	5,957,257
junio	11914	\$	5,761,313
julio	11681	\$	5,668,821
agosto	12244	\$	5,930,982
septiembre	12098	\$	5,753,685
octubre	13298	\$	6,375,285
noviembre	12385	\$	6,170,361
diciembre	13168	\$	6,610,462
Total general	144975	\$	69,282,147

Fuente proceso de administración logística, subgerencia técnica 2019.

En el año 2011 el kWh tuvo un valor de \$477,89 mensual promedio, el consumo promedio fue de 12081,3 kWh mensuales, además el valor pagado en promedio por mes fue de \$5.773.512 en promedio. El mes de mayor consumo fue octubre con 13298 kWh, el menor consumo se presentó en enero con 11087 kWh.

Tabla 13 Consumo Energía Facturado año 2012 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Año		2012	
Etiquetas de fila	Suma de kWh/mes	Suma de Valor Facturado/mes	
enero	12166	\$	6,102,718
febrero	12261	\$	6,266,762
marzo	12109	\$	5,806,814
abril	11383	\$	5,504,625
mayo	10981	\$	5,332,903
junio	12740	\$	5,945,240
julio	12038	\$	5,383,247
agosto	12149	\$	5,569,458
septiembre	11751	\$	5,191,060
octubre	12948	\$	5,894,724
noviembre	11755	\$	5,318,177
diciembre	11604	\$	5,196,755
Total general	143885	\$	67,512,483

Fuente proceso de administración logística, subgerencia técnica 2019.

En el año 2012 el kWh tuvo un valor de \$469,21 mensual promedio, el consumo promedio fue de 11990,4 kWh mensuales, además el valor pagado en promedio por mes fue de \$5.626.040 en promedio.

El mes de mayor consumo fue octubre con 12948 kWh, el menor consumo se presentó en mayo con 10981 kWh.

Con respecto al año anterior los consumos fueron menores en un 0,8%.

Tabla 14 Consumo Energía Facturado año 2013 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Año		2013	
Etiquetas de fila	Suma de kWh/mes	Suma de Valor Facturado/mes	
enero	11767	\$	5,345,201
febrero	13515	\$	6,041,057
marzo	13888	\$	6,211,649
abril	14449	\$	6,646,862
mayo	14731	\$	6,760,881
junio	13613	\$	6,164,805
julio	14931	\$	6,701,954
agosto	15020	\$	6,858,029
septiembre	14779	\$	6,798,959
octubre	15103	\$	6,856,078
noviembre	14218	\$	6,351,509
diciembre	15303	\$	6,732,309
Total general	171317	\$	77,469,293

Fuente proceso de administración logística, subgerencia técnica 2019.

En el año 2013 el kWh tuvo un valor de \$452,2 mensual promedio, el consumo promedio fue de 14276,4 kWh mensuales, además el valor pagado en promedio por mes fue de \$6.455.774 en promedio.

El mes de mayor consumo fue diciembre con 15303 kWh, el menor consumo se presentó en enero con 11767 kWh.

Con respecto al año anterior los consumos fueron mayores en un 19,1%.

Tabla 15 Consumo Energía Facturado año 2014 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Año		2014	
Etiquetas de fila	Suma de kWh/mes	Suma de Valor Facturado/mes	
enero	14958	\$	6,728,808
febrero	14201	\$	6,347,378
marzo	14969	\$	6,807,710
abril	14407	\$	6,560,097
mayo	15170	\$	7,357,771
junio	13846	\$	6,690,402
julio	15133	\$	7,161,524
agosto	14527	\$	6,747,207
septiembre	14729	\$	6,898,033
octubre	15037	\$	7,110,217
noviembre	13993	\$	6,630,501
diciembre	14754	\$	6,776,958
Total general	175724	\$	81,816,606

Fuente proceso de administración logística, subgerencia técnica 2019.

En el año 2014 el kWh tuvo un valor de \$465,6 mensual promedio, el consumo promedio fue de 14643,7 kWh mensuales, además el valor pagado en promedio por mes fue de \$6.818.051 en promedio.

El mes de mayor consumo fue mayo con 15170 kWh, el menor consumo se presentó en junio con 13846 kWh.

Con respecto al año anterior los consumos fueron mayores en un 2,6%.

Tabla 16 Consumo Energía Facturado año 2015 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Año		2015	
Etiquetas de fila	Suma de kWh/mes	Suma de Valor Facturado/mes	
enero	14305	\$	6,651,595
febrero	13609	\$	6,396,459
marzo	15129	\$	7,153,171
abril	13895	\$	6,776,525
mayo	16353	\$	7,809,341
junio	14952	\$	7,289,506
julio	15701	\$	8,821,116
agosto	15128	\$	7,369,506
septiembre	15301	\$	7,585,900
octubre	15130	\$	7,647,523
noviembre	14607	\$	7,894,576
diciembre	15037	\$	7,727,207
Total general	179147	\$	89,122,425

Fuente proceso de administración logística, subgerencia técnica 2019.

En el año 2015 el kWh tuvo un valor de \$497,5 mensual promedio, el consumo promedio fue de 14928,9 kWh mensuales, además el valor pagado en promedio por mes fue de \$7.426.869 en promedio.

El mes de mayor consumo fue mayo con 16353 kWh, el menor consumo se presentó en febrero con 13609 kWh.

Con respecto al año anterior los consumos fueron mayores en un 1,9%.

Tabla 17 Consumo Energía Facturado año 2016 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Año		2016	
Etiquetas de fila	Suma de kWh/mes	Suma de Valor Facturado/mes	
enero	14850	\$	8,306,107
febrero	15048	\$	8,590,051
marzo	14354	\$	8,710,204
abril	13447	\$	7,817,626
mayo	14166	\$	7,539,319
junio	13761	\$	7,312,107
julio	14313	\$	7,719,786
agosto	14958	\$	8,242,405
septiembre	13968	\$	7,678,977
octubre	14330	\$	8,189,603
noviembre	14034	\$	8,038,976
diciembre	16146	\$	9,574,460
Total general	173375	\$	97,719,621

Fuente proceso de administración logística, subgerencia técnica 2019.

En el año 2016 el kWh tuvo un valor de \$563,6 mensual promedio, el consumo promedio fue de 14447,9 kWh mensuales, además el valor pagado en promedio por mes fue de \$8.143.302 en promedio.

El mes de mayor consumo fue diciembre con 16146 kWh, el menor consumo se presentó en abril con 13447 kWh.

Con respecto al año anterior los consumos fueron menores en un 3,2%.

Tabla 18 Consumo Energía Facturado año 2017 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Año		2017	
Etiquetas de fila	Suma de kWh/mes	Suma de Valor Facturado/mes	
enero	14834	\$	8,420,020
febrero	11507	\$	6,748,328
marzo	17008	\$	10,022,902
abril	14134	\$	8,273,568
mayo	15163	\$	8,866,958
junio	14619	\$	8,426,694
julio	12774	\$	7,606,387
agosto	12922	\$	7,836,056
septiembre	12917	\$	7,646,601
octubre	12535	\$	7,478,566
noviembre	12031	\$	7,090,033
diciembre	12980	\$	7,711,433
Total general	163424	\$	96,127,546

Fuente proceso de administración logística, subgerencia técnica 2019.

En el año 2017 el kWh tuvo un valor de \$588.2 mensual promedio, el consumo promedio fue de 13618,7 kWh mensuales, además el valor pagado en promedio por mes fue de \$8.010.629 en promedio.

El mes de mayor consumo fue marzo con 17008 kWh, el menor consumo se presentó en febrero con 11507 kWh.

Con respecto al año anterior los consumos fueron menores en un 5,7%.

Tabla 19 Consumo Energía Facturado año 2018 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Año		2018	
Etiquetas de fila	Suma de kWh/mes	Suma de Valor Facturado/mes	
enero	15428	\$	7,280,181
febrero	11438	\$	6,835,453
marzo	14659	\$	9,057,884
abril	12139	\$	7,460,518
mayo	12515	\$	7,693,909
junio	11220	\$	7,063,770
julio	11212	\$	6,245,570
agosto	11562	\$	6,226,660
septiembre	11465	\$	6,274,170
octubre	11773	\$	6,463,600
noviembre	11917	\$	6,499,670
diciembre	11904	\$	6,630,187
Total general	147232	\$	83,731,572

Fuente proceso de administración logística, subgerencia técnica 2019.

En el año 2018 el kWh tuvo un valor de \$568.7 mensual promedio, el consumo promedio fue de 12269,3 kWh mensuales, además el valor pagado en promedio por mes fue de \$6.977.631 en promedio.

El mes de mayor consumo fue enero con 15428 kWh, el menor consumo se presentó en julio con 11212 kWh.

Con respecto al año anterior los consumos fueron menores en un 9,9%.

Lo anterior y según la información analizada desde el año 2016 la tendencia del consumo es a disminuir cada año, dicho esto se promedian los valores de los últimos 3 años, es decir 2016, 2017 y 2018 donde:

Tabla 20 Consumo Energía Facturado años 2016-2017- 2018 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

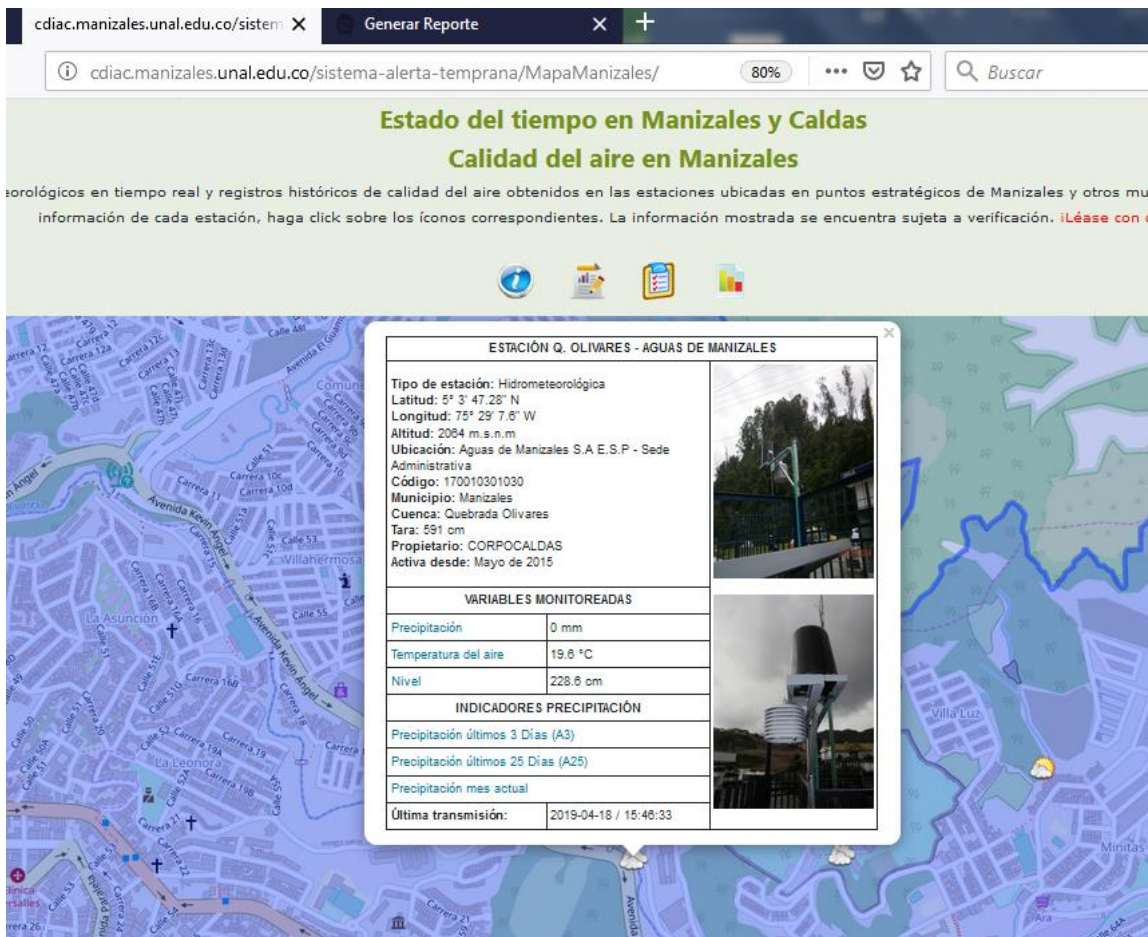
Años	2016-2017-2018		
Etiquetas de fila	Promedio de kWh/mes	Promedio de Valor	
		Facturado/mes	
enero	15037	\$	8,002,103
febrero	12664	\$	7,391,277
marzo	15340	\$	9,263,663
abril	13240	\$	7,850,571
mayo	13948	\$	8,033,395
junio	13200	\$	7,600,857
julio	12766	\$	7,190,581
agosto	13147	\$	7,435,040
septiembre	12783	\$	7,199,916
octubre	12879	\$	7,377,256
noviembre	12661	\$	7,209,560
diciembre	13677	\$	7,972,027
Total general	13445	\$	7,710,521

Fuente de elaboración propia 2019.

Al comparar los promedios con el último año 2018 se evidencia que el promedio tiene valores mayores que el año 2018 en un 8,7 para el consumo por kWh y el 9,5% para el valor facturado. Por lo anterior para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico se tendrá en cuenta el último año de los datos analizados debido a la tendencia a disminuir en el consumo de los últimos tres años analizados. Es de anotar que con el paso del tiempo Aguas de Manizales S.A. E.S.P. ha implementado programas de uso y ahorro eficiente de energía, compra de nuevos equipos con una mayor eficiencia energética y por ello el consumo tiene una tendencia a disminuir cada año.

b. Temperatura de la zona

Determinar este factor en la zona se hace en base a los datos suministrados por la Universidad Nacional, la misma cuenta con una base de datos asequible en la URL: <http://idea.manizales.unal.edu.co/>, lo anterior gracias a la red de monitoreo para las alertas tempranas que tiene la ciudad, esta estación meteorológica se encuentra en las instalaciones de Aguas de Manizales S.A. E.S.P.



The screenshot shows a web browser window with the URL cdiac.manizales.unal.edu.co/sistema-alerta-temprana/MapaManizales/. The page title is "Estado del tiempo en Manizales y Caldas" and "Calidad del aire en Manizales". A popup window titled "ESTACIÓN Q. OLIVARES - AGUAS DE MANIZALES" is open over a map of Manizales. The popup window contains the following information:

ESTACIÓN Q. OLIVARES - AGUAS DE MANIZALES

Tipo de estación: Hidrometeorológica
Latitud: 5° 3' 47.28" N
Longitud: 75° 29' 7.6" W
Altitud: 2084 m.s.n.m
Ubicación: Aguas de Manizales S.A. E.S.P. - Sede Administrativa
Código: 170010301030
Municipio: Manizales
Cuenca: Quebrada Olivares
Tara: 591 cm
Propietario: CORPOCALDAS
Activa desde: Mayo de 2015

VARIABLES MONITOREADAS	
Precipitación	0 mm
Temperatura del aire	19.6 °C
Nivel	228.6 cm

INDICADORES PRECIPITACIÓN

Precipitación últimos 3 Días (A3)	
Precipitación últimos 25 Días (A25)	
Precipitación mes actual	
Última transmisión:	2019-04-18 / 15:46:33

Ilustración 9 Datos estación meteorológica red alertas tempranas y monitoreo, fuente URL: <http://cdiac.manizales.unal.edu.co/sistema-alerta-temprana/MapaManizales/>, 2019.

El rango de los datos de temperatura de la zona en esta estación meteorológica es desde el 10 de marzo del 2017 al 18 de abril del 2019, la estación ofrece un dato de la temperatura justamente en el punto donde se pretende diseñar teóricamente un sistema solar fotovoltaico, dicho esto a continuación en la siguiente tabla se ilustra sobre la temperatura máxima que es un factor importante para el funcionamiento de los paneles solares debido a que su temperatura de máxima eficiencia es de 25°C de acuerdo con las fichas técnicas de los paneles solares en su totalidad de proveedores.

Tabla 21 Tabla de temperatura máxima zona de estudio.

Temperatura máxima promedio zona de estudio				
Mes	2017	Año 2018	2019	Máxima temperatura °C
Enero		23.1	24.7	24.7
Febrero		23.5	24.2	24.2
Marzo	22.7	24.0	23.4	24.0
Abril	23.6	22.5	23.1	23.6
Mayo	23.5	22.4		23.5
Junio	23.3	23.2		23.3
Julio	23.6	23.1		23.6
Agosto	23.5	23.6		23.6
Septiembre	23.8	23.9		23.9
Octubre	22.9	22.4		22.9
Noviembre	22.5	23.1		23.1
Diciembre	23.9	23.9		23.9
Máxima Temperatura °C	23.9	24.0	24.7	24.7

Fuente de elaboración propia en base a datos de la universidad Nacional, red de monitoreo de alertas tempranas

Como se puede visualizar la temperatura de la zona no sobrepasa los 25°C en ninguno de los años analizados donde es evidente el potencial de generación de los paneles en las condiciones ideales que se establecen en las fichas técnicas de los diferentes proveedores. Consultando en la base de datos de la NASA la cual es pública y multianual desde la URL:

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> se genera la siguiente tabla donde tampoco sobrepasa los 25°C en la zona de estudio.

Tabla 22 Temperatura de la zona NASA.

Año	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	PROM
1984	21.3	21.76	22.66	22.51	22.14	22.1	21.56	22.56	21.9	21.07	21.07	21.64	21.9
1985	21.88	23.32	23.05	22.58	22.03	22.17	21.95	22.29	22.07	21.58	21.9	22.16	22.2
1986	21.76	21.58	22.52	22.17	22.29	22.11	22.2	23.08	22.68	21.03	21.33	21.95	22.1
1987	22.98	24.03	23.17	23.46	22.46	22.58	22.68	23.27	23.03	21.4	21.88	22.86	22.8
1988	23.08	23.45	24.23	22.78	22.89	22.05	21.73	22	22.09	21.88	21.48	21.3	22.4
1989	21.78	22.2	21.69	23.43	22.34	22.15	22.09	22.59	21.91	21.93	22.3	22.25	22.2
1990	22.2	22.63	23.6	23.18	22.6	22.83	22.38	23.25	23.08	21.26	22.15	21.9	22.6
1991	23	23.39	23.22	23.13	22.75	22.61	22.54	23.01	22.92	22.07	21.82	22.1	22.7
1992	22.98	23.4	24.35	23.68	23.18	22.91	22.22	22.92	22.72	22.61	21.79	22.11	22.9
1993	21.97	22.97	23.07	23.18	22.34	22.6	22.57	23.05	22.47	22.49	21.15	22.4	22.5
1994	22.28	22.94	22.34	22.57	22.48	22.63	22.69	22.95	23.1	21.89	21.74	22.72	22.5
1995	23.39	23.9	23.24	23.29	22.43	22.03	22.35	22.43	22.78	21.8	21.92	21.81	22.6
1996	22.05	23.07	22.57	22.78	22.46	21.95	21.98	22.75	22.92	22.19	22.14	22.32	22.4
1997	22.07	23.09	23.71	23.43	23.34	22.46	23.19	24.83	23.68	23.39	21.95	24.08	23.3
1998	25.85	25.46	25.45	24.63	23.17	23.35	23.07	23.22	23.08	22.68	21.93	21.76	23.6
1999	21.94	21.98	23.19	22.71	22.47	21.93	22.5	22.47	22.16	21.55	21.66	22.29	22.2
2000	22.13	22.69	23.3	23.21	22.85	22.46	22.33	23.35	22.55	22.63	22.11	22.77	22.7
2001	23.34	24.7	23.99	24.07	23.36	23.48	24.58	25.89	24.43	24.34	23.42	23.15	24.1
2002	24.18	25.84	25.5	23.42	23.61	22.98	24.37	25.73	25.43	23.9	23.04	23.58	24.3
2003	26.02	25.9	25.11	23.95	24.07	23.06	24.84	25.36	24.97	23.03	22.96	23.09	24.4
2004	24.03	25.92	26.11	24.44	23.87	23.77	23.23	24.96	25.07	23.58	22.4	22.72	24.2
2005	23.33	25.35	26.1	24.9	23.18	23.82	24.25	25.61	25.8	22.72	22.91	22.81	24.2
2006	23.87	25.51	24.48	23.4	23.58	23.17	25.42	26.08	25.39	23.9	22.59	23.17	24.2
2007	24.97	26.89	25.25	23.66	23.57	23.61	24.81	24.92	25.39	22.85	23.4	23.09	24.4
2008	24.88	25.61	25.45	24.99	24.67	25.85	26.01	25.8	26.98	24.68	23.28	22.55	25.1
2009	23.14	23.83	23.42	23.65	23.65	23.47	24.77	25.89	26.83	24.67	23.25	24.33	24.2
2010	27.17	27.4	27.18	24.38	23.4	23.09	22.4	23.15	22.81	22.5	21.66	21.93	23.9
2011	22.81	22.53	22.73	22.36	22.71	22.94	22.85	23.44	23.72	21.7	21.61	22.51	22.7
2012	22.34	23.16	22.95	22.58	22.75	23.19	23.5	23.82	24.84	23.06	23.06	22.71	23.2
2013	24.88	23.58	24.29	23.96	22.81	23.27	23.71	24.12	24.15	23.38	21.95	22.36	23.5
2014	23.16	23.11	23.29	24.31	23.04	23.5	24.78	25.17	24.86	23.06	22.43	22.83	23.6
2015	23.81	24.07	24.04	23.95	24.36	24.75	25.67	26.32	26.69	24.65	22.73	25.31	24.7
2016	26.74	27.52	26.9	24.94	24.06	23.86	24.59	25.31	24.47	22.93	23	22.35	24.7
2017	22.74	24.08	23.18	23.52	23.19	22.86	23.34	23.85	23.69	23.34	22.36	22.78	23.2
Prom. general	23.3	23.9	23.9	23.5	23.0	23.0	23.3	23.9	23.8	22.6	22.2	22.6	

Fuente URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, 2019.

c. Radiación y brillo solar disponible en la zona

Con base en datos obtenidos en internet de las fuentes fiables investigadas y disponibles en línea, mediante consulta por solicitud de información y descarga de la misma se construye una tabla para el análisis de la información suministrada por las diferentes entidades donde:

Tabla 23 Rango de datos obtenidos por entidades.

Información suministrada	Rango información (años)	Tipo de datos suministrados	Unidad de los datos	Datos con series completas
Universidad Nacional Sede Manizales, Alcaldía de Manizales-UGR y CORPOCALDAS	Enero del 2011 a diciembre de 2018	Estación meteorológica en línea de la zona de estudio	W/m ²	Si
NASA	Enero de 2015 a diciembre de 2018	Datos satelitales	Kw-hr/m ² /día	Si
IDEAM	Noviembre de 1970 a septiembre de 2017	Estación meteorológica	Brillo solar (horas)	No
IDEAM, atlas de radiación global	Multianual	Promedios multianuales	Wh/m ² /día	Si
UPME – Atlas de radiación solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia	Multianual	Promedios multianuales	Wh/m ² /día	Si

Fuente de elaboración propia 2019.

Es importante aclarar que la información obtenida es de fuentes confiables a nivel nacional donde simplemente se realiza un análisis de la información disponible comparándola entre si para posteriormente definir los datos a utilizar de acuerdo al conocimiento del investigador. En internet existe mucha información, pero siempre la más confiable es de entidades estatales que tienen y realizan sus mediciones con los parámetros idóneos mediante la utilización de estaciones meteorológicas en todo el territorio del país. Manizales se encuentra en

la región andina donde existe una alta densidad de sensores (Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia) y por ello la calidad de los datos es acertada en un 100%.

Por otro lado, se hace necesario conocer las conversiones más utilizadas en materia de energía solar, se ilustran en la próxima tabla a continuación

Tabla 24 Conversiones utilizadas en el campo de la radiación solar.

Unidad	Equivalencia
1 vatio (W)	1 joule/segundo (J/s)
1 Wh	3.600 J
1 kWh	3,6 MJ
1 Wh	3,412 Btu
1 caloría	0.001163 Wh
1 caloría	4,187 joule
1 kcal/s	4,1868 kW
1 kcal/h	1,163 W
1 cal/cm ²	11,63 Wh/m ²
1 cal/cm ²	1 langley (ly)
1 langley/min	0.06978 W/cm ² =697,8 W/m ²
1 MJ/m ²	0,27778 kWh/m ²
1 MJ/m ²	277,78 Wh/m ²
1 MJ/m ²	23,88 cal/cm ²
1 BTU	252 calorías
1 BTU	1,05506 KJ
1 joule	9,48x10 ⁻⁴
1 Btu/pie ²	0.271 cal/cm ²
1 cal/(cm ² *min)	60,29 MJ/m ² por día

Fuente Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia, IDEAM - UPME 2017.

Para efectos de la investigación se listan los datos de la última versión del atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia

Tabla 25 Promedios mensuales de la irradiación global acumulada diaria recibida en superficie de las principales ciudades de Colombia.

Estación	Municipio	Departamento	Lat.	Long	Elevación (m.s.n.m.)	Valor promedio (Wh/m2)												Promedio anual	Periodo de Información (Años aproximados con información)
						ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
Aeropuerto Vásquez Cobo	Leticia	Amazonas	-4,19	-69,94	84	4248,1	3980,1	3853,4	4068,3	3843,2	3783,9	4014,6	4739,4	5038,0	4713,3	4802,1	4457,7	4295,2	ago-14 a dic-16 (3)
Metromedellin	Medellín	Antioquia	6,33	-75,55	1440	4423,3	4598,0	4356,7	4346,0	4345,7	4850,1	4976,5	4848,7	4890,8	4262,0	4188,7	4285,0	4530,9	jul-05 a dic-16 (9)
Aeropuerto Santiago Pérez	Arauca	Arauca	7,07	-70,74	128	5156,3	4484,1	4617,1	4371,2	4292,6	4204,0	4299,1	4416,1	4895,9	4702,5	4786,5	5212,4	4619,8	ene-86 a ene-92 (4)
Las Flores (ENAVAL)	Barranquilla	Atlántico	11,04	-74,82	8	6213,4	6027,1	6297,6	5660,4	5566,3	5679,1	5888,9	5676,3	5194,6	4720,0	4767,6	5524,8	5601,4	nov-09 a dic-16 (5)
Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	Bolívar	10,45	-75,52	2	5987,7	6412,9	6378,8	6012,8	4951,4	4988,7	5644,2	5213,1	5291,3	5014,5	4988,2	5746,8	5552,5	feb-90 a dic-00 (7)
UPTC	Tunja	Boyacá	5,54	-73,36	2690	5061,0	4979,7	4855,5	4479,6	4198,1	4143,0	4167,1	4245,5	4412,5	4537,3	4341,2	4548,1	4497,4	dic-92 a dic-02 (7)
EMAS	Manizales	Caldas	5,09	- 75,51	2211	4115,9	4050,6	3783,4	3673,3	3507,9	3584,5	4045,7	4003,8	4114,2	3705,6	3522,3	3756,8	3822,0	may-05 a dic-16 (12)
Macagual - Florencia	Florencia	Caquetá	1,50	-	280	4082,3	3952,6	3349,6	3485,4	3004,8	3193,8	3137,7	3577,7	3770,0	4001,1	3997,9	4019,1	3631,0	jul-05 a dic-16 (6)
Aeropuerto Yopal (El Alcaraván)	Yopal	Casanare	5,32	-	325	5769,2	5396,2	4889,9	4512,0	4433,6	4357,4	4283,5	4528,4	5192,6	5130,1	5183,4	5521,8	4933,2	nov-09 a dic-16 (6)
Fedearroz	Valledupar	Cesar	10,46	-	184	5494,1	5791,0	5531,7	5629,6	5402,5	5648,3	5716,7	5482,4	5202,8	4982,6	4973,7	5227,5	5423,6	sep-05 a dic-16 (11)
Montería (pertenece a Fedearroz)	Montería	Córdoba	8,81	-	17	4345,6	4389,8	4371,3	4173,9	3873,2	4337,5	4770,2	4429,5	4292,2	3923,6	4018,9	4039,2	4247,1	oct-11 a abr-14 (4)
Aeropuerto El Dorado	Bogotá	Cundinamarca	4,71	-	2547	4681,9	4312,7	4322,2	3716,7	3506,0	3658,9	3917,3	4168,2	3947,8	3961,0	4017,7	4241,4	4037,7	mar-81 a dic-04 (23)
Inírida	Inírida	Guainía	4,02	-	90	4500,1	4327,1	3939,4	4140,2	3634,7	3628,7	3542,4	3891,2	4257,1	4117,2	4079,2	4202,1	4021,6	feb-97 a sep-02 (4)
Aeropuerto Benito Salas	Neiva	Huila	2,95	-	439	4836,0	4700,4	4590,5	4628,9	4552,2	4550,1	4509,7	4656,6	4785,1	4782,3	4607,8	4618,0	4651,5	mar-90 a ago-03 (14)

Aeropuerto Almirante Padilla	Riohacha	La Guajira	11,53	-	4	5202,8	5556,0	5761,0	5898,3	5618,0	5975,8	6237,6	6045,2	5832,8	5247,8	4977,5	4916,6	5605,8	sep-91 a abr-03 (10)
Universidad Tecnológica de Magdalena	Santa Marta	Magdalena	11,22	-	7	5746,9	6080,3	6082,1	6079,9	5874,5	5736,6	5689,1	5368,1	5492,3	4885,7	4803,0	5438,5	5606,4	sep-07 a dic-16 (8)
ICA Villavicencio	Villavicencio	Meta	4,14	-	444	5207,4	4741,5	4375,9	4406,6	4422,1	4242,6	4358,1	4585,2	5264,7	5103,4	4817,3	4925,0	4704,1	mar-07 a dic-16 (10)
La Botana	Pasto	Nariño	1,16	-	2820	3876,0	3552,8	3479,0	3688,7	3679,0	3712,3	3895,7	4001,2	4131,4	3844,9	3843,9	3581,7	3773,9	may-05 a dic-16 (11)
Universidad. Francisco de Paula Santander	Cúcuta	N. de Santander	7,90	-	311	5023,1	5141,9	4711,7	4972,9	5453,6	5323,9	5431,6	5720,8	6156,4	5574,6	5230,6	4878,5	5301,6	ene-06 a dic-16 (10)
El Pepino	Mocoa	Putumayo	1,08	-76,67	760	3622,2	3476,3	3157,7	3535,5	3321,2	2862,8	3124,2	3181,6	3744,4	3974,3	3941,0	3876,3	3484,8	ago-05 a dic-16 (8)
Armenia	Armenia	Quindío	4,53	-75,69	1485	4144,2	4133,6	4057,0	3909,2	3724,8	3889,2	4358,1	4399,0	4522,1	4003,4	4048,4	3782,7	4081,0	feb-06 a dic-16 (10)
Aeropuerto Matecaña	Pereira	Risaralda	4,82	-75,74	1342	4279,4	4406,3	4283,9	4099,7	3805,1	3940,5	4243,6	4362,0	4273,2	4338,6	4183,3	4315,4	4210,9	oct-90 a nov-96 (7)
Aeropuerto Sesquicentenario	San Andrés	San Andrés y Providencia	12,54	-81,73	1	5242,0	5953,9	6481,5	6038,1	5649,6	4930,9	5580,0	5274,8	5103,3	4726,5	4295,7	4480,7	5313,1	jul-14 a dic-16 (2)
Unisucre (Puerta Roja)	Sincelejo	Sucre	9,32	-75,39	160	4843,9	4986,3	4794,7	4343,1	3899,6	4510,0	4530,5	4517,6	4324,5	3996,1	3750,6	4265,7	4396,9	may-05 a dic-16 (5)
Batallón Rooke	Ibagué	Tolima	4,42	-75,25	1323	4507,5	4546,5	4579,5	4532,9	4556,0	4985,6	5160,3	4981,7	5088,1	4678,5	4230,7	4303,7	4679,2	dic-06 a dic-16 (8)
Univalle	Cali	Valle del Cauca	3,38	-	996	4568,8	4564,6	4526,2	4436,4	4313,3	4488,6	4762,9	4829,9	4794,9	4474,3	4224,7	4267,7	4521,0	nov-06 a dic-16 (9)

Fuente Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia IDEAM - UPME 2017.

En la tabla anterior se destaca la estación meteorológica ubicada en el relleno sanitario de EMAS, en Manizales con información multianual donde el mes de mayor irradiación es enero con 4115,9 W/m² y el mes de menor irradiación es mayo con 3507,9 W/m². El promedio multianual es de 3822 W/m².

Tabla 26 Promedios mensuales de brillo solar en las principales ciudades de Colombia.

Estación	Municipio	Departamento	Lat.	Long	Elevación (m.s.n.m.)	Valor promedio (horas de Sol al día)												Promedio anual	Periodo de Información (Años aproximados con información)
						ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
Aeropuerto Vásquez Cobo	Leticia	Amazonas	-4,19	-69,94	84	4,3	4,1	4,2	4,7	4,8	5,0	6,0	6,4	5,9	5,5	5,2	4,6	5,1	ene-82 a dic-16 (32)
Aeropuerto Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	6,22	-75,59	1516	5,6	5,3	4,8	4,1	4,5	5,6	6,5	6,1	5,0	4,3	4,5	4,9	5,1	abr-67 a dic-16 (38)
Aeropuerto Santiago Pérez	Arauca	Arauca	7,07	-70,74	128	8,8	8,1	6,5	5,3	5,0	4,5	4,7	5,3	6,0	6,5	7,0	8,0	6,3	jul-81 a dic-16 (34)
Las Flores	Barranquilla	Atlántico	11,04	-74,82	8	7,9	7,8	7,1	6,7	5,7	6,2	6,8	6,7	5,9	5,5	6,2	7,0	6,6	jul-80 a oct-13 (22)
Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	Bolívar	10,45	-75,52	2	8,9	8,6	7,7	7,0	6,2	6,3	6,8	6,5	5,8	5,5	6,3	7,8	6,9	jul-79 a dic-15 (36)
UPTC	Tunja	Boyacá	5,54	-73,36	2690	7,4	6,7	5,6	4,7	4,3	4,3	4,6	4,9	5,1	5,0	5,4	6,6	5,4	ene-79 a sep-16 (37)
Aeropuerto La Nubia	Manizales	Caldas	5,03	-75,47	2104	5,4	4,9	4,1	3,5	3,5	4,0	4,9	4,5	3,8	3,4	3,7	4,6	4,2	ene-79 a oct-16 (31)
Aeropuerto Gustavo Artunduaga	Florencia	Caquetá	1,59	-75,56	244	5,7	4,3	3,4	3,4	3,5	3,3	3,4	4,1	4,8	4,8	4,9	5,5	4,3	ene-76 a may-16 (35)
Aeropuerto Yopal (El Alcaraván)	Yopal	Casanare	5,32	-72,39	325	8,1	7,0	5,1	4,3	4,6	4,2	4,4	4,8	5,5	5,8	6,3	7,8	5,6	sep-78 a nov-16 (32)
Aeropuerto Guillermo León Valencia	Popayán	Cauca	2,45	-76,61	1752	5,2	4,6	3,9	3,7	3,8	4,9	5,6	5,4	4,6	3,8	3,9	4,5	4,5	abr-80 a dic-16 (35)
Aeropuerto Alfonso López	Valledupar	Cesar	10,44	-73,25	138	9,2	8,8	7,8	6,8	6,2	6,9	7,1	6,8	6,3	6,4	7,4	8,5	7,4	dic-83 a oct-16 (30)
Aeropuerto El Caraño	Quibdó	Choco	5,69	-76,64	75	2,8	2,8	2,7	3,1	3,5	3,8	4,2	4,2	3,8	3,7	3,6	3,0	3,4	mar-79 a dic-16 (35)
Universidad de Córdoba	Montería	Córdoba	8,79	-75,86	15	7,6	7,2	6,2	5,3	4,7	5,4	6,3	5,9	5,0	5,3	6,0	6,2	5,9	ago-79 a jun-15 (30)
Aeropuerto El Dorado	Bogotá	Cundinamarca	4,71	-74,15	2547	6,0	5,2	4,4	3,5	3,5	3,9	4,3	4,4	4,1	3,8	4,2	5,1	4,4	ene-80 a sep-16 (32)
Puerto Inírida	Inírida	Guainía	3,87	-67,93	100	7,0	6,3	5,5	4,4	3,8	4,1	4,5	5,2	5,7	5,6	5,6	5,9	5,3	dic-78 a dic-16 (31)
El Trueno	San José Del Guaviare	Guaviare	2,37	-72,64	150	5,8	5,1	3,9	3,4	3,3	3,1	3,3	3,9	4,8	4,7	4,6	5,0	4,2	sep-82 a nov-16 (31)

Aeropuerto Benito Salas	Neiva	Huila	2,95	-75,29	439	6,5	5,7	4,9	5,0	5,3	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6,0	5,5	mar-78 a dic-16 (37)
Aeropuerto Almirante Padilla	Riohacha	La Guajira	11,53	-72,92	4	8,5	8,1	7,4	6,7	6,3	7,8	8,4	8,1	6,9	6,7	7,2	7,8	7,5	dic-76 a ago-16 (33)
Aeropuerto Simón Bolívar	Santa Marta	Magdalena	11,13	-74,23	4	9,1	8,8	8,0	7,6	7,1	7,6	7,5	7,1	6,8	6,6	7,3	8,6	7,7	sep-84 a nov-16 (30)
Aeropuerto Vanguardia	Villavicencio	Meta	4,16	-73,62	422	5,5	4,7	3,6	3,7	3,9	3,7	3,8	4,4	5,1	5,2	4,8	5,3	4,5	ene-79 a dic-16 (37)
El Encano	Pasto	Nariño	1,16	-77,16	2830	3,2	2,7	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,5	2,9	3,1	3,2	2,5	jun-85 a dic-16 (30)
Aeropuerto Camilo Daza	Cúcuta	Norte de Santander	7,93	-72,51	250	6,5	6,0	5,0	4,9	5,7	5,9	6,5	7,0	6,6	6,3	6,3	6,3	6,1	may-79 a ago-15 (33)
Acueducto Mocoa	Mocoa	Putumayo	1,16	-76,65	650	3,2	2,9	2,6	2,6	2,4	2,2	2,3	2,9	3,6	3,8	3,6	3,6	3,0	oct-85 a dic-16 (29)
Aeropuerto El Edén	Armenia	Quindío	4,45	-75,77	1229	5,6	5,1	4,5	4,3	4,1	4,7	5,8	6,1	5,0	4,4	4,4	4,8	4,9	oct-92 a dic-16 (24)
Aeropuerto Matecaña	Pereira	Risaralda	4,82	-75,74	1342	6,1	5,6	5,0	4,4	4,4	5,0	5,9	5,9	5,1	4,6	4,9	5,4	5,2	sep-80 a dic-16 (35)
Aeropuerto Sesquicentenario	San Andrés	San Andrés y Providencia	12,54	-81,73	1	8,2	8,6	9,2	9,4	7,6	6,1	6,6	7,2	6,3	6,0	5,9	6,9	7,3	ene-80 a dic-16 (33)
Aeropuerto El Embrujo	Providencia	San Andrés y Providencia	13,36	-81,36	7	7,5	8,2	8,6	9,0	7,7	6,5	7,0	7,6	6,7	6,1	5,8	6,5	7,3	ene-80 a dic-16 (33)
Universidad Industrial Santander	Bucaramanga	Santander	7,14	-73,12	1018	5,9	4,3	3,3	3,6	3,8	3,0	3,9	3,8	3,6	3,5	4,4	5,3	4,0	ene-79 a jul-14 (20)
Universidad de Sucre	Sampués	Sucre	9,32	-75,39	160	7,3	6,8	5,7	4,8	4,4	5,5	6,1	5,5	4,6	4,5	4,8	6,0	5,5	ene-84 a ene-15 (29)
Aeropuerto Perales	Ibagué	Tolima	4,42	-75,14	943	5,8	5,1	4,5	4,6	5,0	5,6	6,2	6,3	6,0	5,1	4,7	5,2	5,3	ene-79 a dic-16 (34)
Universidad del Valle	Cali	Valle	3,38	-76,53	996	5,5	5,2	4,9	4,6	4,6	5,2	6,1	6,0	5,1	4,6	4,5	4,9	5,1	ene-79 a feb-16 (34)
Mitú	Mitú	Vaupés	1,26	-70,24	180	4,3	3,8	3,9	3,7	3,3	3,5	3,6	4,7	4,9	4,8	4,7	4,1	4,1	jul-94 a dic-16 (17)
Aeropuerto Puerto Carreño	Puerto Carreño	Vichada	6,18	-67,49	57	8,4	8,1	7,2	5,6	4,6	4,1	4,5	4,7	5,4	6,3	6,9	7,6	6,1	ene-78 a dic-16 (37)

Fuente Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia IDEAM-UPME 2017.

En la tabla anterior se destaca la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto la Nubia en Manizales con información multianual donde el mes de mayor brillo solar es enero con 5,4 horas y el mes con menor irradiación fue octubre con 3,4 horas. El promedio multianual es de 4,2 horas de sol al día.

Tabla 27 Rango anual de disponibilidad de energía solar por regiones


Región	kWh/m²/año	kWh/m²/día
Guajira	1.980 - 2.340	5.4 - 6.4
Costa atlántica	1.260 - 2.340	3.4 - 6.4
Orinoquia	1.440 - 2.160	3.9 - 5.9
Amazonia	1.440 - 1.800	3.9 - 4.9
Andina	1.080 - 1.620	2.9 - 4.4
Costa pacífica	1.080 - 1.440	2.9 - 3.9

Fuente Atlas de Radiación Solar de Colombia, 2014


La próxima tabla multianual indica según la hora del día, la intensidad de la radiación solar en la ciudad de Manizales mensual multianual, la radiación del sol es recibida en la ciudad desde las 5 am hasta las 7 pm, en algunos meses, los valores máximos se presentan de 11 am a 12 pm desde 427,9 Wh/m² hasta 524,2 Wh/m², con lo anterior es evidente un aprovechamiento del potencial de la zona, en condiciones controladas un panel con 200 Wh/m² genera el voltaje mínimo especificado en la ficha técnica, la zona posee una radiación promedio que oscila desde las 8am hasta las 5 pm entre 91.7 y 151.8, siendo las horas de potencia solar estimadas para la generación de energía del sistema. Es de anotar y visible en la próxima tabla que los resultados acumulados diarios se deben dividir entre 1000 para obtener el valor en kW/m² y este valor se debe tener en cuenta para calcular la producción de energía posteriormente.

Tabla 28 Radiación Promedio horario Estación EMAS Manizales


ESTACION EMAS (MANIZALES)		PROMEDIO HORARIO DE LA RADIACIÓN (Wh/m ²)											
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
00:00:00 - 05:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05:00:00 - 06:00:00	0	0	0.1	0.5	1.3	0.9	0.4	0.1	0.8	1.2	1	0.1	
06:00:00 - 07:00:00	29.8	26.8	35.9	51.3	58.1	57.9	54.9	49.5	64.6	65.8	67	45.4	
07:00:00 - 08:00:00	170.4	151.8	158.3	187.8	198.3	188.6	195	194.2	226.5	219.4	219.6	189.2	
08:00:00 - 09:00:00	336.7	299.8	294	328.6	338.9	317.3	341.7	351.8	390.6	359.1	356	309.9	
09:00:00 - 10:00:00	449.5	411.3	409.9	425.2	428.2	425.1	452.6	477.3	498.4	470.4	421.9	413.6	
10:00:00 - 11:00:00	520.4	484.5	472.1	472.1	450.7	436.8	495.9	508.9	556.7	510.1	475	477.8	
11:00:00 - 12:00:00	524.2	504	481.8	489	435.7	427.9	507.1	483	517.3	509.9	481.2	491.4	
12:00:00 - 13:00:00	486.7	496.1	484.3	466.7	404.5	422	489.4	487.6	496	472	446	475.9	
13:00:00 - 14:00:00	488.5	481.6	462.8	418.3	377.4	407.4	486.5	452.3	459	414.3	396.3	438	
14:00:00 - 15:00:00	421.1	421.2	384.8	361	316.1	361.6	436	407.2	395.9	330.6	306	390.5	
15:00:00 - 16:00:00	295.6	327.4	279.5	263.3	257	281.8	337.2	317.3	294.7	233	205	265	
16:00:00 - 17:00:00	171.4	187.2	170.7	151	147.7	166.6	208.4	192.2	174.8	115.6	99.7	142.1	
17:00:00 - 18:00:00	48.5	55.8	60.3	42.6	47	51.3	67.4	60.9	41.5	19.4	15.5	28.1	
18:00:00 - 19:00:00	0.7	1.7	1.3	0.4	0.2	0.8	1.7	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	
19:00:00 - 20:00:00	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20:00:00 - 24:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Acumulada diaria	3943.7	3849.3	3695.8	3657.8	3461.1	3546	4074.1	3983.2	4117.1	3720.8	3490.2	3667	




Entre 0 y 200 (Wh/m²)




Entre 400 y 600 (Wh/m²)



Mayor a 800 (Wh/m²)



Entre 200 y 400 (Wh/m²)



Entre 600 y 800 (Wh/m²)

Fuente IDEAM 2019.

d. Área disponible en las instalaciones de la empresa

La empresa cuenta en sus instalaciones con varias cubiertas en sus edificaciones que se pueden aprovechar para la implementación de un sistema solar fotovoltaico entre las cuales se tiene a continuación

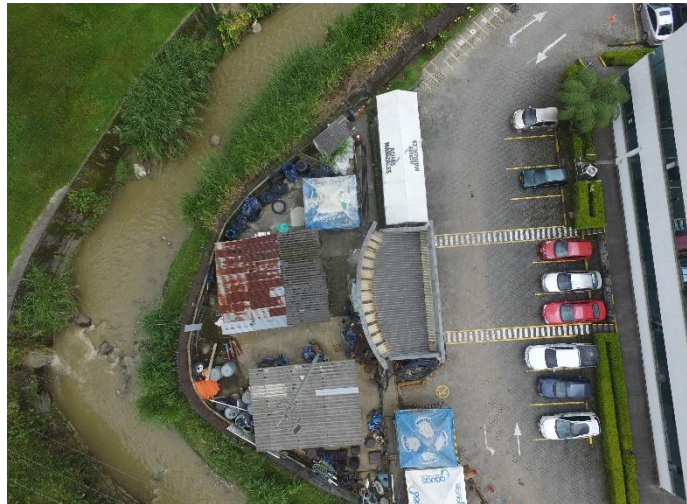


Ilustración 10 Cubierta del cafetín y bodega de materiales sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de administración logística 2019.



Ilustración 11 Cubierta del almacén y espacio del personal operativo sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de administración logística 2019.



Ilustración 12 Cubierta edificio central administrativo sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de administración logística 2019.



Ilustración 13 Vista aérea Sede Principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de administración logística 2019.

A continuación, se ilustra sobre las dimensiones de las cubiertas de la sede administrativa de Aguas de Manizales S.A. E.S.P. después de evaluar fotos tomadas por un DRON, realizando medidas de campo y comparación con la información de planos existentes. De acuerdo con sus áreas de mayor a menor se procede a ilustrar según disponibilidad y potencial para la generación de energía.



Ilustración 14 Dimensiones bloque 1 sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de análisis del sistema DELFOS 2019.

El área de la cubierta del bloque 1 (edificio principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P.) es de 900 m² en total, no tiene ningún tipo de sombra que pueda afectar la instalación del sistema solar fotovoltaico.



Ilustración 15 Dimensiones bloque 2 sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de análisis del sistema DELFOS 2019.

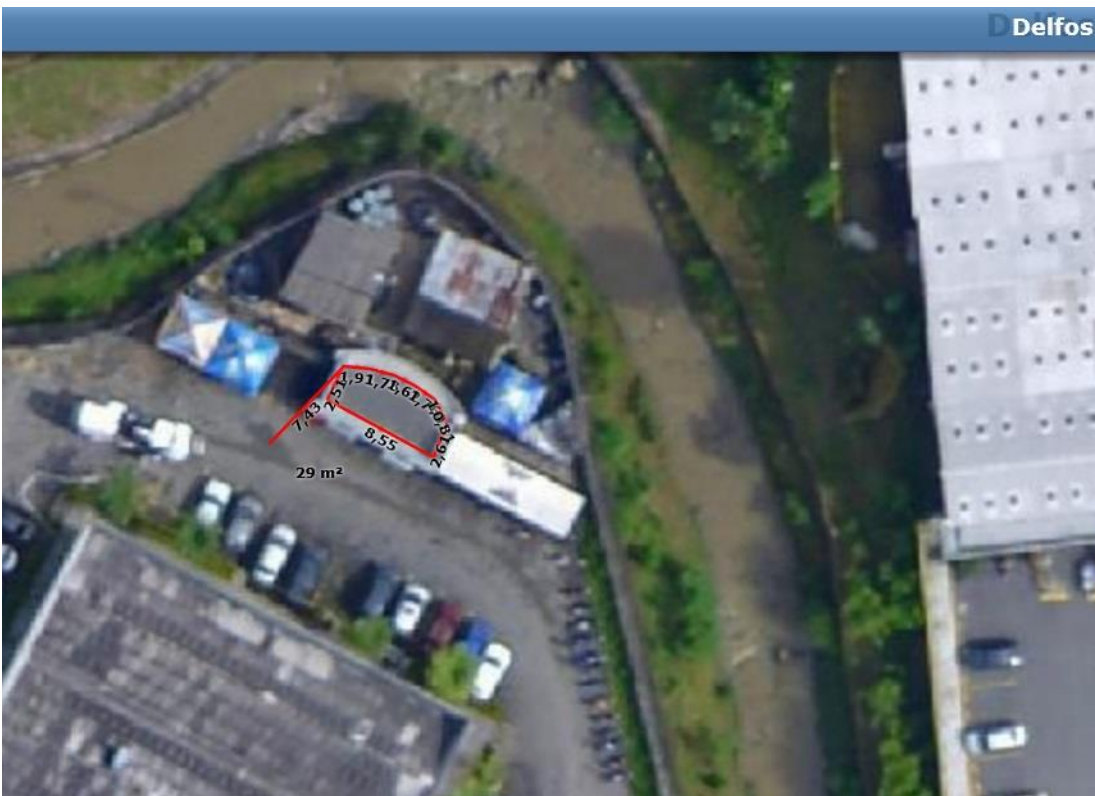


Ilustración 16 Dimensiones bloque 3 sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de análisis del sistema DELFOS 2019.

Con respecto a los bloques 2 y 3 respectivamente se tiene un área de 452 m² y 29 m² donde para el bloque 3 que es un cafetín al lado de una bodega se podría realizar una mejora locativa logrando ampliar su área de potencial solar hasta 313 m² como se aprecia en la siguiente ilustración



Ilustración 17 Dimensiones potencial bloque 3 sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente proceso de análisis del sistema, DELFOS 2019.

Lo anterior implicaría una inversión adicional para el proyecto ya que a la fecha no tiene una estructura adecuada para soportar un peso considerable por paneles solares, esto aumentaría costos y sería una decisión administrativa, por ello para esta investigación no se evaluará dicha área disponible.

En cuanto al potencial de cubiertas disponibles para la implementación del sistema solar fotovoltaico se genera la siguiente tabla

Tabla 29 Disponibilidad de áreas para potencia solar.

Zona	Dimensiones	Área
Bloque 1	30 ml x 30 ml	900 m ²
Bloque 2	28,25 ml x 10,21 ml	
	18,2 ml x 9 ml	452 m ²
Bloque 3	8,55 ml x 3,4 ml	29 m ²
Total Área potencial disponible generación energía		1381 m²

Fuente de elaboración propia 2019.

La disponibilidad en las instalaciones sería solo de las cubiertas mencionadas, en un futuro podría evaluarse el área adicional como son los parqueaderos de las instalaciones los cuales podrían ser aprovechados para la generación de energía por medio de sistemas solares fotovoltaicos mediante techos individuales o completos a lo largo del parqueadero generando sombra ante el sol y protección de la lluvia siendo el caso.

e. Transformador existente

Se presenta la siguiente tabla con las características del transformador de la sede principal de Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Tabla 30 Características transformador sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

SEDE ADMINISTRATIVA		
SECCIO N 1	CAPITULO 2 INVENTARIO DE EQUIPOS EN USO (EQUIPO #6)	
a	Código de Identificación (Activo)	712
b	Tipo de Equipo	Transformador
c	Georreferencia	(Altura; Coord. X; Coord. Y): (2269.001); (1,176,526.40); (1,051,862.05) Lat 5° 3' 48" Long 75° 29' 9"
d	Departamento/Municipio	Caldas / Manizales
e	Corregimiento/Vereda	N/A
f	Descripción del punto de Ubicación	A.V KEVIN ANGEL N°59-181 SEDE ADMINISTRATIVA
g	Fabricante / Marca	MAGNETRON
h	Potencia del Equipo (Kva)	112.5
i	País de Fabricación	Colombia
j	Año de Fabricación	1998
k	Se encuentra Etiquetado	NO
l	Peso del Líquido (Kg)	285.14
m	Peso Total del Equipo (Kg)	830
n	Se Realizo Mantenimiento en el Periodo de Balance	SI - 16/11/2012 CALIBRACIONES Y MONTAJES
o	Se hizo Caracterización	NO
p	El Equipo tiene Caracterización	SI
q	El Equipo está Fabricado con (PCB)	NO
r	Tipo de Prueba	Cuantitativa
s	Resultado de la Prueba	No posee (PCB)
t	Fecha de análisis	MARZO 12 DE 2003
u	Laboratorio que realizo el análisis	NYNAS NAPHTHENICS AB (LATIN AMERICA)
v	Clasificación por grupo	4

Fuente proceso de mantenimiento subgerencia técnica 2019.



Ilustración 18 Transformador sede principal Aguas de Manizales S.A. E.S.P. fuente propia del investigador 2019.

La potencia aparente del transformador tipo pedestal es de 112,5 kVA (kilovoltiamperios o kavés), es decir que si 1 kVA = 1000 VA, para este caso 112,500 VA. Teniendo en cuenta la formula aplicada, las edificaciones de oficinas tienen factor de potencia (IEEE) de 0.9 debido a que las instalaciones cuentan con fase trifásica.

Ecuación 1 Equivalencia kVA - kW

$$kVA = \frac{kW}{F.P}$$

$$112,5 = \frac{kW}{0,9}$$

$$112,5 * 0,9 = kW$$

$$\mathbf{101,25 = kW}$$

Siendo este el dato de máximo voltaje del sistema eléctrico de las instalaciones.

Tabla 31 Conversiones de energía y potencia utilizadas más frecuente.

Conversiones de Energía	Conversiones de Potencia
<p>julio (j) - unidad de energía. $1 \text{ julio} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$ pie-libra fuerza (ft lb) - unidad de energía. $1 \text{ ft lb} = 1.3558 \text{ julio}$ Btu - unidad de energía. Hoy en día BTU está cambiado por julio. $1 \text{ Btu} = 1.055 \text{ julio}$ kilovatio-hora (kWh) - unidad de energía. $1 \text{ kWh} = 3.600.000 \text{ julio}$ vatio-hora (Wh) - unidad de energía. $1 \text{ Wh} = 3.600 \text{ julio}$ vatio-segundo (Ws) - unidad de energía. $1 \text{ Ws} = 1 \text{ julio}$. caloría la más usada unidad de energía de los alimentos. $1 \text{ caloría} = 4.1840 \text{ julio}$ kilocaloría la más usada unidad de energía de los alimentos. $1 \text{ kilocaloría} = 4184 \text{ julio}$ electronvoltio (eV) - unidad de energía. $1 \text{ eV} = 1.6021773 \times 10^{-19} \text{ julio}$ megaelectronvoltio (MeV) - unidad de energía. $1 \text{ MeV} = 1.6021773 \times 10^{-13} \text{ julio}$ gigaelectronvoltio (GeV) - unidad de energía. $1 \text{ GeV} = 1.6021773 \times 10^{-10} \text{ julio}$ kilojulio - unidad de energía. Kilo es prefijo del SI y significa mil. megajulio - unidad de energía. Mega es prefijo del SI y significa millón. gigajulio - unidad de energía. Giga es prefijo del SI i significa 10^9. ergio - unidad de energía. $1 \text{ ergio} = 0.0000001 \text{ joule}$</p>	<p>julio/segundo (j/s) - unidad de potencia. Un julio por segundo significa un julio de potencia producido en un segundo. julio/minuto (j/m) - unidad de potencia. Un julio por minuto significa un julio de potencia producido en un minuto. julio/hora (j/h) - unidad de potencia. Un julio por hora significa un julio de potencia producido en una hora. caballo de potencia (hp) - la más usada unidad de potencia en máquinas de vapor. $1 \text{ hp} = 0.7457 \text{ kilovatio}$ vatio (W) - unidad de potencia equivalente a un julio por segundo. kilovatio (kW) - unidad de potencia. Kilo es prefijo del SI y significa mil. megavatio (mW) - unidad de potencia. Mega es prefijo del SI y significa millón. gigavatio (gW) - unidad de potencia. Giga es prefijo del SI i significa 10^9. Btu/segundo - - unidad de potencia. Hoy en día BTU/segundo está cambiado por julio/segundo. Btu/minuto - unidad de potencia. Hoy en día BTU/minuto está cambiado por julio/minuto Btu/hora - unidad de potencia. Hoy en día BTU/hora está cambiado por julio/hora caloría/segundo - la más usada unidad de potencia de los alimentos. $1 \text{ caloría/segundo} = 4.1868 \text{ julio/segundo}$ caloría/minuto - más usada unidad de potencia de los alimentos. $1 \text{ caloría/minuto} = 0.0698 \text{ julio/segundo}$ caloría/hora - más usada unidad de potencia de los alimentos. $1 \text{ caloría/hora} = 0.0012 \text{ julio/segundo}$ pie-libra fuerza/segundo - unidad de potencia. $1 \text{ pie-libra fuerza/segundo} = 1.3558 \text{ julio/segundo}$ pie-libra fuerza/minuto - unidad de potencia. $1 \text{ pie-libra fuerza/minuto} = 0.0226 \text{ julio/segundo}$ pie-libra fuerza/hora - unidad de potencia. $1 \text{ pie-libra fuerza/hora} = 0.0004 \text{ julio/segundo}$ kilocaloría/segundo - la más usada unidad de potencia de los alimentos. $1 \text{ kilocaloría/segundo} = 4.1868 \text{ julio/segundo}$ kilocaloría/minuto - la más usada unidad de potencia de los alimentos. $1 \text{ kilocaloría/minuto} = 69.78 \text{ julio/segundo}$ kilocaloría/hora - la más usada unidad de potencia de los alimentos. $1 \text{ kilocaloría/hora} = 1.1630 \text{ julio/segundo}$</p>

Fuente <http://metricconversion.biz/es/conversion-de-potencia.html> 2019.

f. Análisis de paneles según proveedores del mercado

A continuación, se presenta y evalúa cada panel según su proveedor de sistemas solares fotovoltaicos, donde se analizan los paneles solares e inversores, teniendo en cuenta la calidad, garantía, costo unitario, eficiencia. Mediante información de la ficha técnica de los paneles e inversores se tiene la ecuación para hallar la eficiencia del panel

Ecuación 2 Eficiencia Panel Solar

$$E = \frac{P_{mpp}}{E_{pr} * A_p} * 100$$

Donde

P_{mpp} = Potencia nominal del panel solar

E_{pr} = Irradiancia solar promedio en condiciones nominales de ensayo (1000 W/m²).

A_p = Área superficial de los paneles solares.

Nota: la eficiencia en paneles solares es el porcentaje de luz que transforma en electricidad.

Se genera la siguiente tabla con los datos de potencia del panel, área del panel, su eficiencia utilizando la ecuación 2, el costo unitario por Watt en dólares, el valor de cada panel en dólares y equivalencia en pesos colombianos.

Tabla 32 Eficiencia Paneles diferentes proveedores.

Marca/Referencia	Potencia [Wp]	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Eficiencia	Costo unitario (US/W)	Valor Panel (US)	Valor Panel (COP)
SUNTECH stp300	300	1.960	0.990	1.94	15.5	0.61	183	\$ 549,000
Tmen LY-50M	300	1.960	0.990	1.94	15.5	0.5	150	\$ 450,000
SGLJ-300P-72	300	1.950	0.990	1.93	15.5	0.62	186	\$ 558,000
Canadian Solar CS6X-305P	305	1.950	0.980	1.91	16.0	0.63	192.15	\$ 576,450
Yingli Solar YL310P-35b	310	1.960	0.990	1.94	16.0	0.31	96.1	\$ 288,300
Canadian Solar CS6X-310P	310	1.950	0.980	1.91	16.2	1.03	319.3	\$ 957,900
Trina Solar Tallamax 320	320	1.960	0.992	1.94	16.5	0.97	310.4	\$ 931,200
Canadian Solar cs6x-335pfg	335	1.968	0.992	1.95	17.2	0.46	154.1	\$ 462,300
Procet Scientific IM300	330	1.940	0.990	1.92	17.2	0.75	247.5	\$ 742,500
SolarWorld SW 300 mono	300	1.675	1.000	1.68	17.9	0.93	279	\$ 837,000
Yangtze Solar YS360M-72	360	1.956	0.990	1.94	18.6	0.31	111.6	\$ 334,800
Solar JKM310M-60 310Wp	310	1.650	0.992	1.64	18.9	0.32	99.2	\$ 297,600
Panasonic kuro vbhn325kj01	325	1.590	1.053	1.67	19.4	0.77	250.25	\$ 750,750
SunPower SPR-P19-405	405	2.070	1.000	2.07	19.6	0.78	315.9	\$ 947,700
Jinko Solar JKM390m-72HL	390	1.979	1.002	1.98	19.7	0.63	245.7	\$ 737,100
SunPower SPR-P19-335	335	1.690	1.000	1.69	19.8	0.85	284.75	\$ 854,250
SunPower E20-327	327	1.558	1.046	1.63	20.1	0.80	261.6	\$ 784,800
Panasonic HIT N330	330	1.600	1.000	1.60	20.6	2.09	689.7	\$ 2,069,100
SunPower X21-345-BLK	345	1.558	1.046	1.63	21.2	1.04	358.8	\$ 1,076,400
SAYA-M350-72	350	1.650	0.992	1.64	21.4	0.64	224	\$ 672,000
SAYA-M420-72	420	1.956	0.992	1.94	21.6	0.62	260.4	\$ 781,200
SunPower X-Series: X22-360	360	1.559	1.046	1.63	22.1	1.3	468	\$ 1,404,000

Fuente de elaboración propia, basado en URL de cada proveedor 2019.

La garantía que ofrecen es la misma para todos de 25 años además de las certificaciones correspondientes, por lo tanto, en esta investigación los parámetros de vida útil y garantía de los paneles solares no será un factor decisivo a la hora de seleccionar un panel adecuado por estar en iguales condiciones. Al realizar el análisis de la tabla anterior se encuentran paneles desde los \$288.300 hasta los 2.069.100 en el mercado ofrecido por los diferentes proveedores y fabricantes, a la fecha es necesario analizar su eficiencia y valor por Watt para la selección adecuada, es de anotar que todos los días salen a mercado paneles más eficientes y por su mayor competencia el valor de estos se reduce en consideración con los listados en la tabla anterior. La temperatura juega un papel importante ya que en condiciones ideales de 25°C y 1000 W/m² de irradiancia es decir que al tener una mayor temperatura en sus células solares se reduce la producción de energía. Es importante tener en cuenta la reducción en la producción de energía de los paneles solares acorde a su vida útil de 25 años para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, es necesario mencionar que al cabo de la vida útil del panel solar no se refiere a que ya no funcione sino a la reducción de la producción de energía, en general su producción a los 25 años es del 80% de la potencia del panel y por ello se opta por paneles de alta eficiencia para aumentar la producción energética en el correr de los años. En la siguiente tabla se presentan los paneles más eficientes

Tabla 33 Paneles/Proveedores más eficientes seleccionados.

Marca/Referencia	Potencia [Wp]	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m2)	Eficiencia	Costo unitario (US/W)	Valor Panel (US)	Valor Panel (COP)
Panasonic kuro vbhn325kj01	325	1.590	1.053	1.67	19.4	0.77	250.25	\$ 750,750
SunPower SPR-P19-405	405	2.070	1.000	2.07	19.6	0.78	315.9	\$ 947,700
Jinko Solar JKM390m-72HL	390	1.979	1.002	1.98	19.7	0.63	245.7	\$ 737,100
SunPower SPR-P19-335	335	1.690	1.000	1.69	19.8	0.85	284.75	\$ 854,250
SunPower E20-327	327	1.558	1.046	1.63	20.1	0.80	261.6	\$ 784,800
Panasonic HIT N330	330	1.600	1.000	1.60	20.6	2.09	689.7	\$ 2,069,100
SunPower X21-345-BLK	345	1.558	1.046	1.63	21.2	1.04	358.8	\$ 1,076,400
SAYA-M350-72	350	1.650	0.992	1.64	21.4	0.64	224	\$ 672,000
SAYA-M420-72	420	1.956	0.992	1.94	21.6	0.62	260.4	\$ 781,200
SunPower X-Series: X22-360	360	1.559	1.046	1.63	22.1	1.3	468	\$ 1,404,000

Fuente de elaboración propia, 2019.

Las potencias de generación oscilan entre 325 Wp y 420 Wp, tecnológicamente más eficiente es el panel de alta calidad en su relación a su potencia ocupando el mismo espacio o menos que otro similar. El factor de forma (Fill Factor) Se define como el cociente de potencia máxima que se puede entregar a una carga entre el producto de la tensión de circuito abierto y la intensidad de cortocircuito, es decir:

Ecuación 3 Ecuación Factor Forma

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

Donde

V_{mp} tensión de alimentación máxima

I_{mp} corriente de potencia máxima

V_{oc} tensión circuito abierto

I_{sc} corriente de corto circuito

Tabla 34 Calculo Factor de Forma diferentes proveedores

Marca/Proveedor	Vmp	Imp	Voc	Isc	Fill Factor
Panasonic kuro VBHN325KJ01	36.9	8.5	45.3	8.9	0.78
SunPower SPR-P19-405	44.5	9.1	53.4	9.6	0.79
Jinko Solar JKM390m-72HL	41.1	9.49	49.3	10.1	0.78
SunPower SPR-P19-335	36.6	9.16	43.7	9.74	0.79
SunPower E20-327	54.7	6	65.1	6.5	0.78
Panasonic HIT N330	37	8.6	45.3	9	0.78
SunPower X21-345-BLK	57.3	6	68.2	6.4	0.79
SAYA-M350-72	35.42	9.88	42.5	10.35	0.80
SAYA-M420-72	42.51	9.88	51	10.36	0.79
SunPower X-Series: X22-360	57.3	6	68.2	6.4	0.79

Fuente de elaboración propia 2019

Con respecto al factor de forma calculado es notable la similitud de todos los paneles, esto quiere decir que el potencial de los paneles para entregar la máxima potencia es de un 80% independientemente de la potencia seleccionada para el diseño que se desee, por lo tanto, para la selección del panel se tendrá en cuenta el valor monetario y su área mínima de máxima eficiencia, en la siguiente tabla se evalúa lo anterior y adicionalmente teniendo en cuenta la potencia generada real por cada panel teniendo en cuenta 4 horas pico de sol (HPS) a 1000 W/m², en base a las fichas técnicas de los paneles. Es importante resaltar que cualquiera de los paneles listados genera energía a menos de 1000 W/m², aunque no la potencia esperada y por ello se debe realizar el cálculo teniendo en cuenta las 4 horas de HSP en la zona de estudio, dividiendo la potencia de referencia del panel deseado sobre cuatro se obtiene la potencia real, con la potencia real se debe dimensionar el sistema solar fotovoltaico. A continuación, se relaciona en la siguiente tabla para cada selección y además el costo total de los paneles en el mercado.

Tabla 35 Análisis de características para selección de panel solar.

Marca/Proveedor	Potencia Panel [Wp]	Potencia Real a generar/H PS [Wp]	Costo unitario (US/W)	Consumo anual+25 %	Cantidad paneles	Área (m2)	Área requerida (m2)	Valor Panel (US)	Valor Paneles Necesarios (US)	Valor Paneles Necesarios (COP)
Panasonic kuro VBHN325KJ01	325	86	0.77	15336	178	1.67	297.63	\$ 250.3	\$ 44,486	\$ 133,459,310
SunPower SPR-P19-405	405	108	0.78	15336	143	2.07	295.29	\$ 315.9	\$ 45,064	\$ 135,192,548
Jinko Solar JKM390m-72HL	390	104	0.63	15336	148	1.98	293.76	\$ 245.7	\$ 36,398	\$ 109,193,981
SunPower SPR-P19-335	335	89	0.85	15336	172	1.69	291.46	\$ 284.8	\$ 49,108	\$ 147,325,213
SunPower E20-327	327	87	0.8	15336	177	1.63	287.93	\$ 261.6	\$ 46,220	\$ 138,659,024
Panasonic HIT N330	330	88	2.09	15336	175	1.60	280.12	\$ 689.7	\$ 120,749	\$ 362,246,699
SunPower X21-345-BLK	345	92	1.04	15336	167	1.63	272.91	\$ 358.8	\$ 60,086	\$ 180,256,731
SAYA-M350-72	350	93	0.64	15336	165	1.64	270.19	\$ 224.0	\$ 36,976	\$ 110,927,219
SAYA-M420-72	420	111	0.62	15336	138	1.94	266.91	\$ 260.4	\$ 35,820	\$ 107,460,743
SunPower X-Series: X22-360	360	96	1.3	15336	160	1.63	261.71	\$ 468.0	\$ 75,107	\$ 225,320,913

Fuente de elaboración propia 2019.

El panel de referencia SAYA-M420-72 de 420 W de potencia es la opción más económica y de mayor producción energética, la misma requiere 138 paneles con 1.94 m² cada uno para producir 15336 kWh al mes según la potencia del panel (teniendo en cuenta un 25% adicional como margen de producción energética) y la inversión a realizar es de \$107.460.743 millones de pesos por concepto de los paneles necesarios para el sistema solar fotovoltaico.

g. Energía requerida para el consumo de las instalaciones

Partiendo del consumo que se tiene en las instalaciones del año 2018 en la siguiente tabla donde se calcula el consumo diario dividiendo el valor mensual entre el número de días del mes respectivo, el consumo por hora donde se divide el consumo diario sobre 24 horas del día.

Tabla 36 Consumo energético año 2018 Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

Mes	Consumo (kWh/mes)	Consumo (kWh/día)	Consumo (kWh)
Enero	15428	497.7	20.7
Febrero	11438	408.5	17.0
Marzo	14659	472.9	19.7
Abril	12139	404.6	16.9
Mayo	12515	403.7	16.8
Junio	11220	374.0	15.6
Julio	11212	361.7	15.1
Agosto	11562	373.0	15.5
Septiembre	11465	382.2	15.9
Octubre	11773	379.8	15.8
Noviembre	11917	397.2	16.6
Diciembre	11904	384.0	16.0
Total	147232	N/A	N/A

Fuente de elaboración propia, 2019.

Se podría decir que el consumo promedio diario sería de 403 kWh/día y el consumo por hora sería de 16.8 kWh respectivamente. Basándose y realizando un dimensionamiento equivocado en este caso ya que no es fácil estimar en que horario el gasto energético es mayor en las instalaciones de Aguas de Manizales S.A. E.S.P. por lo anterior se realiza un seguimiento al consumo mediante un registrador trifásico de consumo eléctrico (FLUKE 1730) facilitado por la misma empresa, se realiza un monitoreo por 7 días consecutivos comprendidos entre el 23 de abril de 2019 a las 07:55 am hasta el 30 de abril de 2019 a las 07:50 am, se ilustra de la siguiente manera:

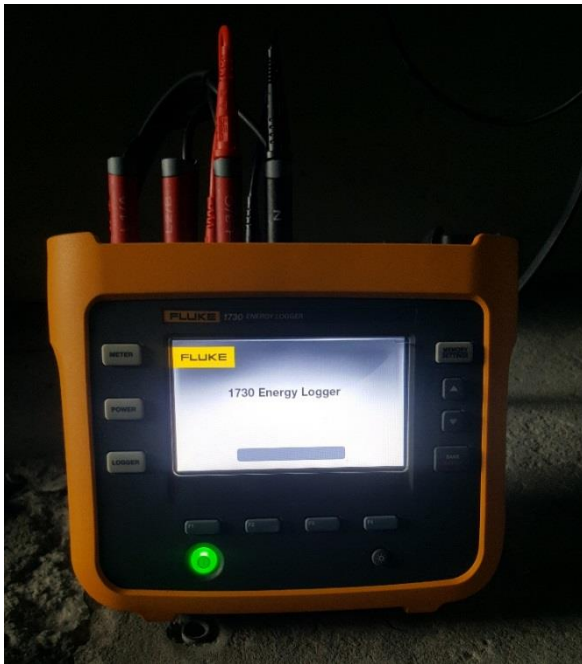


Ilustración 20 Registrador trifásico de consumo eléctrico. Fuente proceso de mantenimiento, subgerencia técnica 2019.

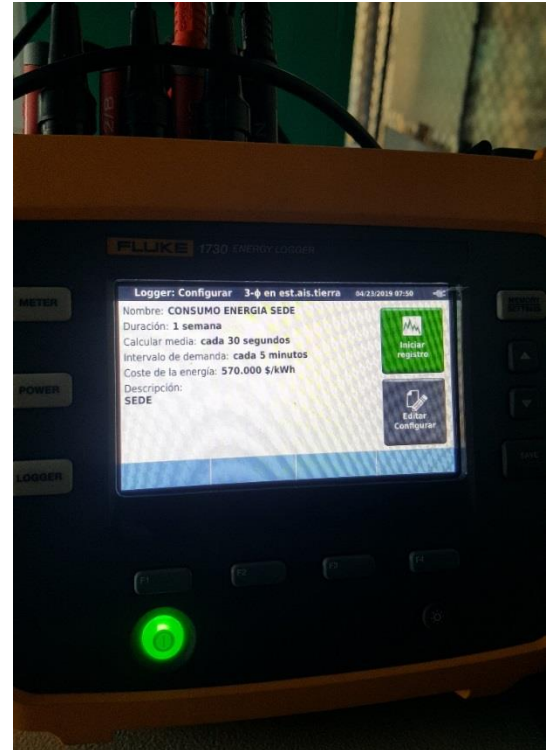


Ilustración 19 Programación registrador trifásico de consumo eléctrico. Fuente proceso de mantenimiento, subgerencia técnica 2019.

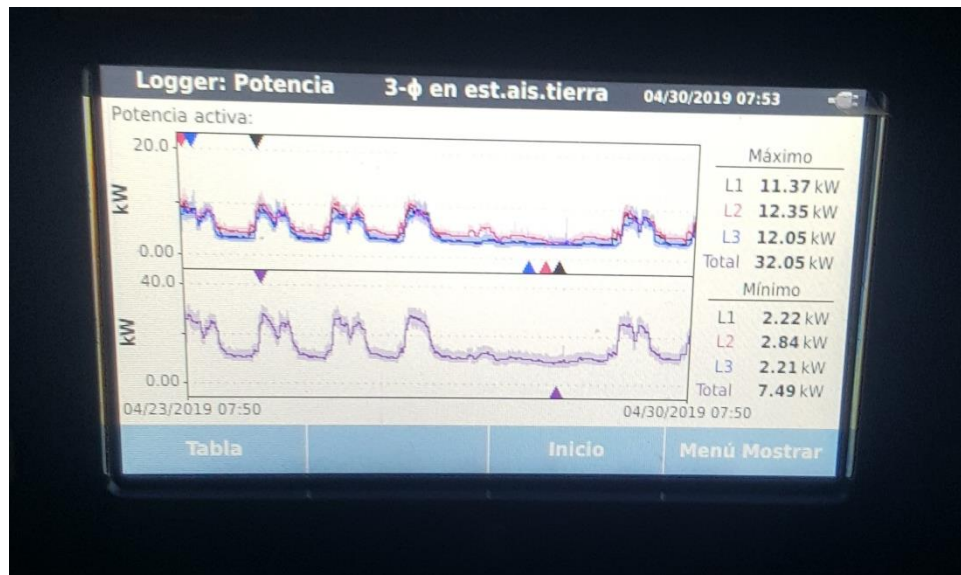


Ilustración 21 Registro de datos. Fuente proceso de mantenimiento, subgerencia técnica 2019.

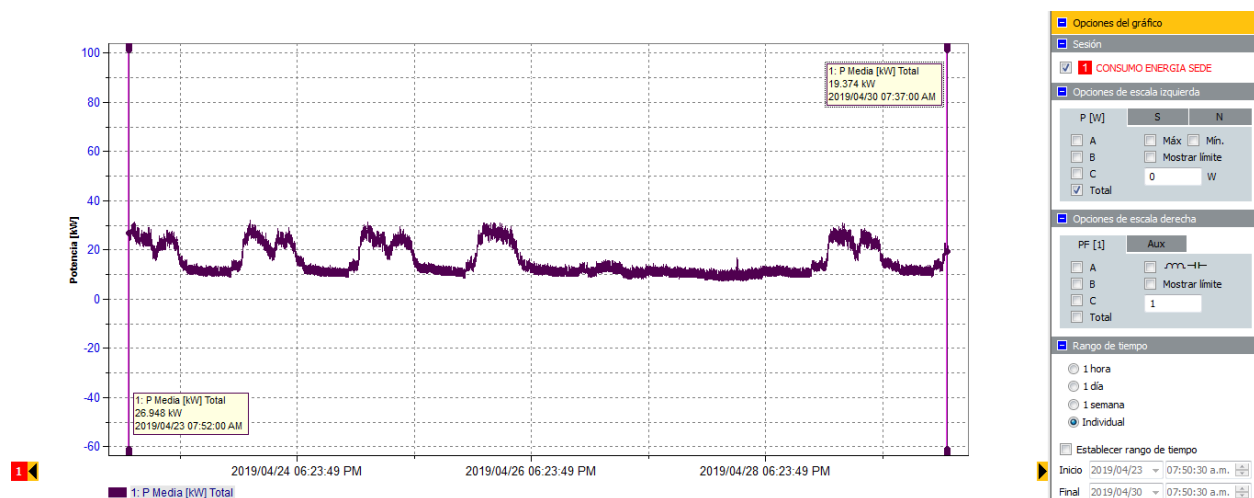


Ilustración 22 Visualización Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. Fuente URL: <https://www.fluke.com/es-co>

Se presenta el consumo diario real tomado con el registrador trifásico en 7 días consecutivos en la gráfica anterior, y en la siguiente tabla el consumo diario medido real.

Tabla 37 consumo diario energía real tomado.

Consumo diario energía		Consumo
Fecha		(kW)
martes	23 de abril	313,2
miércoles	24 de abril	415,5
jueves	25 de abril	415,6
viernes	26 de abril	402,8
sábado	27 de abril	270,3
domingo	28 de abril	243,7
lunes	29 de abril	420,7
martes	30 de abril	101,6
Total		2583,4

Fuente de elaboración propia, 2019.

Tabla 38 Análisis por hora del consumo real medido

Fecha/hora	Energía activa consumida por hora (kW)																							Total	
	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		00:00
23-abr								27.1	26.2	24.8	24.6	22.7	18.9	22.1	24.0	24.7	22.3	15.6	13.3	11.9	11.8	11.2	11.1	11.1	312.4
24-abr	10.9	10.9	10.9	10.6	13.2	13.2	21.9	26.7	27.3	25.1	23.6	20.3	19.0	24.2	23.8	24.6	22.0	16.0	14.1	11.7	11.7	11.4	11.0	10.9	415.3
25-abr	10.8	10.7	10.4	10.4	13.1	13.4	22.9	26.8	26.0	23.9	24.0	21.5	19.9	23.7	24.7	23.9	22.2	15.7	12.8	12.3	12.4	12.0	11.5	11.2	415.7
26-abr	10.8	11.0	10.6	10.4	13.4	14.1	21.7	26.9	27.3	27.5	26.3	26.3	25.2	23.9	18.8	14.8	13.3	12.8	11.6	11.5	11.8	10.9	10.7	10.9	402.7
27-abr	10.7	10.7	10.8	11.6	12.1	10.3	11.4	12.4	13.0	13.1	12.5	12.2	10.7	10.1	10.7	10.6	10.5	11.3	11.1	10.9	11.2	10.9	10.4	10.8	270.3
28-abr	10.3	10.3	10.2	10.1	9.8	9.2	9.6	9.4	9.3	9.3	9.5	10.1	9.4	9.7	10.0	10.1	10.5	11.2	11.1	11.1	11.2	10.9	10.5	10.4	243.7
29-abr	10.3	10.2	10.8	13.1	13.5	13.2	22.3	25.8	25.1	25.3	24.9	21.4	20.0	25.2	24.7	22.8	22.4	15.7	14.5	13.5	12.8	11.7	11.5	11.5	420.8
30-abr	11.3	11.4	11.0	11.1	13.8	13.7	18.8																		102.5
Total	75.2	75.2	74.7	77.2	88.9	87.2	128.5	155.2	154.0	149.0	145.4	134.5	123.1	138.9	136.8	131.5	123.1	98.2	88.6	82.9	82.9	79.0	76.7	76.7	2583.4

Fuente de elaboración propia, 2019.

Se observa un consumo en el día desde las 06:00 hasta las 18:00 por 1705.4 kW y en la noche desde la 18:00 hasta las 05:00 por 878 kW, la hora de mayor consumo en el horario de oficina esta entre las 07:00 am y las 08:00 am con 155.2 kW lo cual concuerda con el encendido de los equipos de cómputo e impresoras, equipos eléctricos y demás implicados en el consumo energético de la empresa al iniciar labores cotidianas del personal. El consumo de las instalaciones en el día es del 66% y en la noche del 34%, al considerar el consumo total de 2583 kWh en la semana de análisis respectiva y la misma sirviendo de proyección mensual obteniendo un gasto en el mes de 10333.65 kWh indicaría una reducción en la facturación, en base al gasto promedio del año 2018 de 12269 kWh/mes se opta por motivos de diseño utilizar este promedio e incrementando un 25% el mismo y así obtener un valor de 15336 kWh/mes a generar por el sistema solar fotovoltaico logrando obtener un margen excedente de generación de energía. El consumo diario real medido resulta de dividir 2583.4 kWh entre 7 días lo cual sería de 369.1 kWh +25% = **461.4 kWh/día.**

A continuación, se ilustran los resultados de la modelación con el Fuente Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. el cual fue un insumo vital para conocer el consumo diario del gasto energético de la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

CONSUMO ENERGIA SEDE					Información de registro
Potencia activa [kW]	A	B	C	Total	
Máx	14.374 kW 2019/04/26 02:17:00 PM	14.706 kW 2019/04/26 08:31:00 AM	14.421 kW 2019/04/29 09:23:00 AM	40.838 kW 2019/04/26 08:31:00 AM	Tipo de estudio: Estudio de energía Topología: 3-ph Wye IT Fecha inicial: 2019/04/23 07:55:00 AM Fecha final: 2019/04/30 07:50:00 AM Duración: 6d 23h 55min 0s Intervalo de promedio: 30seg Número de intervalos de promedio: 20150 (20150)
Media	4.982 kW	5.823 kW	4.580 kW	15.385 kW	
Mín.	0.177 kW 2019/04/23 05:55:30 PM	0.191 kW 2019/04/23 05:55:30 PM	0.180 kW 2019/04/23 05:55:30 PM	0.549 kW 2019/04/23 05:55:30 PM	
Potencia aparente [kVA]	A	B	C	Total	
Máx	24.952 kVA 2019/04/23 05:55:30 PM	16.350 kVA 2019/04/26 08:31:00 AM	25.180 kVA 2019/04/23 05:55:30 PM	65.671 kVA 2019/04/23 05:55:30 PM	
Media	5.624 kVA	6.279 kVA	5.140 kVA	17.379 kVA	
Mín.	0.287 kVA 2019/04/23 05:55:30 PM	0.277 kVA 2019/04/23 05:55:30 PM	0.307 kVA 2019/04/23 05:55:30 PM	0.878 kVA 2019/04/23 05:55:30 PM	
Potencia no activa [kvar]	A	B	C	Total	
Máx	24.053 kvar 2019/04/23 05:55:30 PM	11.070 kvar 2019/04/23 05:55:30 PM	22.787 kvar 2019/04/23 05:55:30 PM	61.452 kvar 2019/04/23 05:55:30 PM	
Media	2.609 kvar	2.349 kvar	2.334 kvar	8.082 kvar	
Mín.	0.156 kvar 2019/04/24 03:03:00 AM	0.169 kvar 2019/04/23 11:22:30 AM	0.112 kvar 2019/04/26 07:24:00 AM	0.685 kvar 2019/04/23 05:55:30 PM	
Factor de potencia [1]	A	B	C	Total	
Máx	1.00 2019/04/24 05:10:30 AM	1.00 2019/04/30 07:01:00 AM	1.00 2019/04/24 02:35:30 PM	0.99 ind 2019/04/23 08:32:00 AM	
Media	0.89	0.93	0.89	0.89	
Mín.	0.89 ind 2019/04/28 03:04:00 PM	0.94 ind 2019/04/28 09:27:30 AM	0.92 ind 2019/04/29 02:54:00 AM	0.79 ind 2019/04/27 08:20:30 AM	

Ilustración 23 Resumen global del estudio de energía realizado con el Registrador trifásico de consumo eléctrico. Fuente Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. Fuente URL: <https://www.fluke.com/es-co>, 2019.



Ilustración 24 Energía Activa Total Medida Real. Fuente Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. Fuente URL: <https://www.fluke.com/es-co>, 2019.

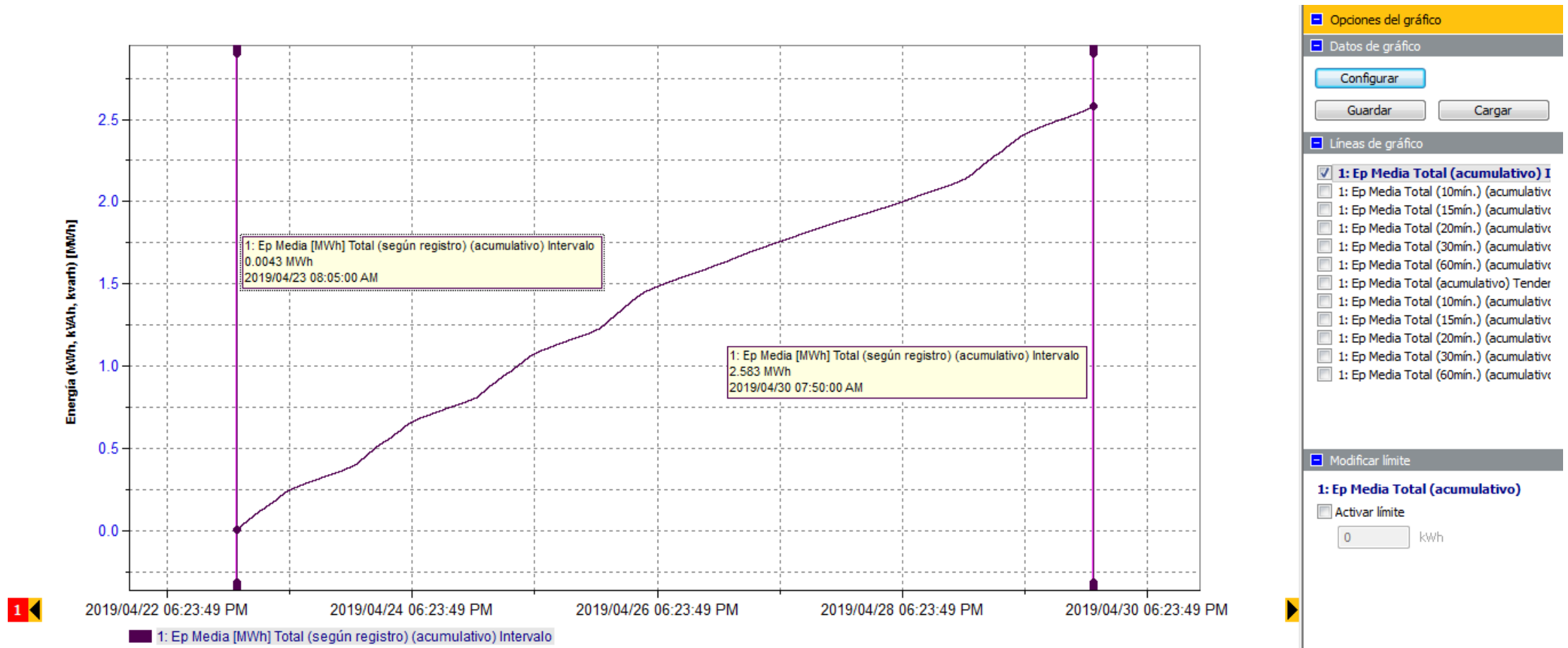


Ilustración 25 Media Acumulativa de Consumo Real Medido. Fuente Software Fluke Energy Analyze Plus versión 3.6.1.0. Fuente URL: <https://www.fluke.com/es-co>, 2019.

h. Análisis producción de energía según radiación solar

Retomando los valores obtenidos anteriormente de la radiación solar disponible en la zona de estudio se genera la siguiente tabla en base a 305 paneles solares del proveedor seleccionado con 420 Wp cada uno donde se multiplica la potencia del panel por el N° de paneles y por la radiación disponible.

Tabla 39 Generación de Energía en base a radiación solar disponible Vs Consumo 2018.

Mes	N° días mes	Radiación solar disponible (kWh/m ² -día)	Generación de energía		Consumo 2018 (kWh/mes)	Excedentes de energía (kWh/mes)
			Energía Generada (kWh/día)	Energía Generada (kWh/mes)		
Enero	31	3,9	505	15660	15428	232,4
Febrero	28	3,8	493	13807	11438	2369
Marzo	31	3,7	473	14677	14659	18
Abril	30	3,7	469	14057	12139	1918
Mayo	31	3,5	443	13744	12515	1229
Junio	30	3,5	454	13627	11220	2407
Julio	31	4,1	522	16179	11212	4967
Agosto	31	4,0	510	15818	11562	4256
Septiembre	30	4,1	527	15821	11465	4356
Octubre	31	3,7	477	14776	11773	3003
Noviembre	30	3,5	447	13413	11917	1496
Diciembre	31	3,7	470	14562	11904	2658
Totales				176142	147232	28910

Fuente de elaboración propia, 2019.

Se obtienen excedentes de energía realizando la diferencia con los datos de consumo de 2018, el valor de los excedentes resulta de multiplicar el 23.89% del valor del kWh que es de \$549 siendo \$131.2, lo anterior se calcula de acuerdo al valor de proyecto y su generación de energía, en la factibilidad de este documento se documenta, la operación resulta en

\$121.251.753 millones como producto de la venta de excedentes partiendo del sistema solar fotovoltaico funcionando en las instalaciones.

Tabla 40 Generación de Energía en base a radiación solar disponible Vs Consumo real medido 2019.

Generación de energía en base a consumo real facturado (enero – marzo) y medido con proyección (abril –diciembre de 369.1 kWh/día)						
Mes	Nº días mes	Radiación solar disponible (kWh/m ² - día)	Energía Generada (kWh/día)	Energía Generada (kWh/mes)	Consumo real medido 2019 (kWh/mes)	Excedentes de energía (kWh/mes)
Enero	31	3,9	505	15660	12294	3366
Febrero	28	3,8	493	13807	11169	2638
Marzo	31	3,7	473	14677	11537	3140
Abril	30	3,7	469	14057	10456	3601
Mayo	31	3,5	443	13744	11442	2302
Junio	30	3,5	454	13627	11073	2554
Julio	31	4,1	522	16179	11442	4737
Agosto	31	4,0	510	15818	11442	4376
Septiembre	30	4,1	527	15821	11073	4748
Octubre	31	3,7	477	14776	11442	3334
Noviembre	30	3,5	447	13413	11073	2340
Diciembre	31	3,7	470	14562	11442	3120
Totales				136503	135886	40257

Fuente de elaboración propia, 2019.

En cuanto los excedentes de energía generados versus el gasto real facturado (enero-abril) y medido en el año 2019 se realiza la proyección del gasto desde el mes de mayo hasta diciembre con el valor de 369.1 kWh/día, dicho valor no tiene ningún tipo de aumento y por ello es necesario contar con un factor de seguridad en la proyección de generación donde se realiza un aumento del 3% el gasto proyectado sería de 380.2 kWh/día lo cual se observa en la siguiente tabla. La diferencia con respecto al 2018 en excedentes es de 11347 kWh/año los cuales tendrían un valor de \$1.488.306 millones.

Tabla 41 Generación de Energía en base a radiación solar disponible Vs Consumo real medido 2019.

Generación de energía en base a consumo real facturado (enero – marzo) y medido con proyección (abril –diciembre de 387.6 kWh/día)						
Mes	N° días mes	Radiación solar disponible (kWh/m ² - día)	Energía Generada (kWh/día)	Energía Generada (kWh/mes)	Consumo real medido 2019 (kWh/mes)	Excedentes de energía (kWh/mes)
Enero	31	3,9	505	15660	12294	3366
Febrero	28	3,8	493	13807	11169	2638
Marzo	31	3,7	473	14677	11537	3140
Abril	30	3,7	469	14057	10456	2430
Mayo	31	3,5	443	13744	12014	1730
Junio	30	3,5	454	13627	11627	2001
Julio	31	4,1	522	16179	12014	4165
Agosto	31	4,0	510	15818	12014	3803
Septiembre	30	4,1	527	15821	11627	4195
Octubre	31	3,7	477	14776	12014	2762
Noviembre	30	3,5	447	13413	11627	1787
Diciembre	31	3,7	470	14562	12014	2548
Totales				176142	138598	34565

Fuente de elaboración propia, 2019.

Realizando el ajuste del 3% al gasto diario y con su proyección hasta diciembre del 2019 como año de referencia hasta el año 2044 con un excedente de 34565 kWh/año

i. Inversor para los sistemas interconectados a la red (Sangster, 2014)

Para el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico se hace necesario seleccionar un inversor adecuado que cumpla las certificaciones de operación y desempeño que garanticen la vida útil del sistema, a la fecha en el mercado se ofrecen inversores con tecnología que optimizan y logran la transformación de la corriente directa a la corriente alterna con una eficiencia mayor al 98% (Dunlop, 2009).

Los inversores para sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red de suministro público poseen las siguientes características para un funcionamiento óptimo y seguro ante cualquier tipo de sobretensión del sistema:

Funcionan sincrónicamente con la red.

Ante insolación insuficiente automáticamente arrancan y se sincronizan.

Cuando se presenta ausencia de insolación se apagan automáticamente.

Desconexión automática ante fallos de alimentación.

Mediante un transformador se aísla automáticamente.

Tienen seguimiento de potencia máxima en un amplio rango de esta.

Presentan bajo consumo de energía reactiva de la red eléctrica.

Tienen protección contra sobretensiones en los lados de corriente alterna y directa.

No sufren daños a exposiciones de voltajes de entrada en pequeños lapsos de tiempo.

En esta investigación no se tendrá en cuenta ni se utilizará para el diseño del sistema solar fotovoltaico un inversor central, la vida útil en promedio es de 12 años en estos lo cual sería equivalente a realizar el cambio de este a media vida de los paneles.

j. Microinversores

Se opta por la utilización de Microinversores solares por las ventajas con respecto a los inversores convencionales, entre ellas radica en autoconsumo solar hacer trabajar el módulo o panel en su punto de máxima potencia, a diferencia de los inversores convencionales. Es el denominado “efecto mismatch” el cual provoca que la corriente que circula por una serie de módulos o paneles esté determinada por la corriente que se obtiene del módulo que funciona al más bajo rendimiento, lo que resultará en desaprovechamiento de la instalación del sistema solar fotovoltaico.

El microinversor permitirá que el rendimiento del sistema fotovoltaico no se vea prácticamente afectado, como ocurre en el caso de los inversores normales. Por último, cabe destacar también la gran durabilidad de los microinversores, entorno a los 25 años, por lo que se puede asegurar que no será necesario de sustituir el microinversor a lo largo de la vida del sistema solar fotovoltaico.

Stack Wiring Diagram Smart Microinverter

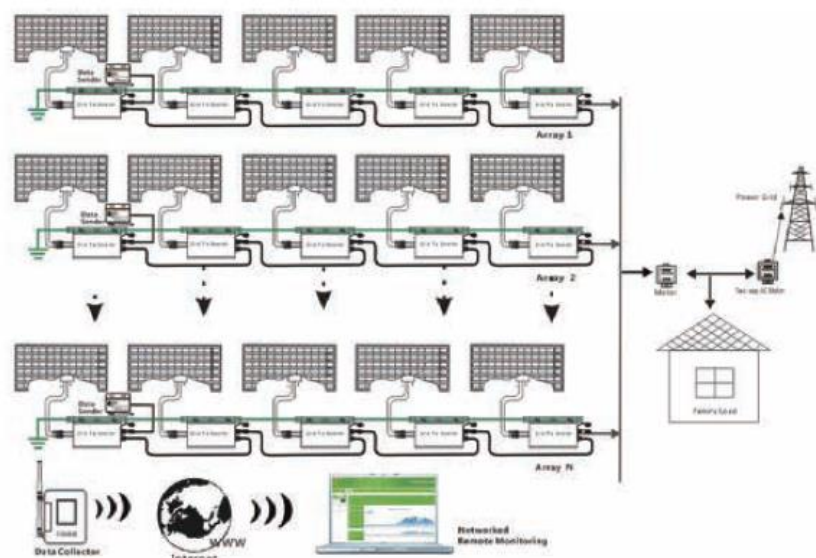


Ilustración 26 Diagrama instalación con Microinversores. Fuente URL:
<http://shop.textalk.se/shop/ws76/41876/art67/22081167-5ef89b-WMVC-250w24V.pdf>

k. Pérdidas en el sistema solar fotovoltaico

En el cableado AC se generan pérdidas resistivas en el cableado entre los microinversores y la conexión a la red pública de energía, el valor considerado es de 0.5% (NREL, 2012).

En el cableado DC entre los paneles y los microinversores del sistema solar fotovoltaico se consideran pérdidas del 0.5% (NREL, 2012).

Por ensuciamiento de los paneles se consideran pérdidas del 0.3% (NREL, 2012).

Por sombras no se consideran pérdidas ya que no se tienen edificios o árboles que obstaculicen la radiación solar esperada.

Por degradación de paneles se considera un 0.7% según ficha técnica del panel.

En conclusión, las pérdidas consideradas son del 2%.

l. Beneficios tributarios

En el marco de la reglamentación de la Ley 1715 del 2014 "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional." Se ha expedido lo siguiente:

Decreto 2469 de 2014, "Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración"

Decreto 2492 de 2014, "Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda".

Decreto 1623 de 2015, "Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas".

Decreto 2143 de 2015, "Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014".

Resolución UPME 0281 de 2015, "Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala".

Resolución CREG 024 de 2015, "Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)".

Resolución MinAmbiente 1283 de 8 agosto de 2016, "Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables - FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones".

Resolución MinAmbiente 1312 de 11 agosto de 2016, "Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones".

Con respecto al proyecto se mencionan los siguientes artículos de la Ley 1715 del 2014:

Artículo 11. Incentivos a la generación de energías no convencionales. Como fomento a la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de FNCE, la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada. El valor a deducir por este concepto, en ningún caso podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente determinada antes de restar el valor de la inversión. Para los efectos de la obtención del presente beneficio tributario, la inversión causante del mismo deberá obtener la certificación de beneficio ambiental por el Ministerio de Ambiente y ser debidamente certificada como tal por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en concordancia con lo establecido en el artículo 158-2 del Estatuto Tributario.

Artículo 12. Instrumentos para la promoción de las FNCE. Incentivo tributario IVA. Para fomentar el uso de la energía procedente de FNCE, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA. Para tal efecto, el Ministerio de Medio Ambiente certificará los equipos y servicios excluidos del gravamen, con base en una lista expedida por la UPME.

Artículo 13. Instrumentos para la promoción de las energías renovables. Incentivo arancelario. Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de los mismos. La exención del pago de los Derechos Arancelarios a que se refiere el inciso anterior se aplicará a proyectos de generación FNCE y deberá ser solicitada a la DIAN en un mínimo de 15 días hábiles antes de la importación de la maquinaria, equipos, materiales e insumos necesarios y destinados exclusivamente a desarrollar los proyectos de energías renovables, de conformidad con la documentación del proyecto avalada en la certificación emitida por el Ministerio de Minas y Energía o la entidad que este faculte para este fin.

Artículo 14. Instrumentos para la promoción de las FNCE. Incentivo contable depreciación acelerada de activos. La actividad de generación a partir de FNCE, gozará del régimen de depreciación acelerada. La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la preinversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para ese fin, a partir de la vigencia de la presente ley. Para estos efectos, la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual. La tasa podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en este artículo, excepto en los casos en que la ley autorice porcentajes globales mayores.

m. Valor energía generada

Para un adecuado entendimiento del tema económico de esta investigación se hace necesario realizar un análisis del valor del kWh generado por el sistema y su costo para posteriormente dimensionar el valor del kWh facturado por la empresa de energía local tiene un costo de \$549, contra el precio del kWh generado por el sistema planteado que se obtiene de la siguiente manera:

El sistema tiene una capacidad teórica de:

$$Potencia\ sistema = 305\ paneles * 420\ KWp = \frac{128.100KWp}{1000W} = 128.1\ KWp$$

Tabla 42 Energía generada año 1

Mes	Energía Generada	
	kWh/día	kWh/mes
Enero	505	15660
Febrero	493	13807
Marzo	473	14677
Abril	469	14057
Mayo	443	13744
Junio	454	13627
Julio	522	16179
Agosto	510	15818
Septiembre	527	15821
Octubre	477	14776
Noviembre	447	13413
Diciembre	470	14562
Total año		176142

Fuente de elaboración propia, 2019.

Teniendo en cuenta la radiación solar disponible y la reducción de generación energética en los paneles del 3% el primer año y de 0.7% del año 2 al 25:

Tabla 43 Generación Energía año 0 - 25.

Año	Rendimiento %	Producción de energía (kWh)
0		
1	100%	176142
2	97.0%	170858
3	96.3%	169662
4	95.6%	168474
5	95.0%	167295
6	94.3%	166124
7	93.7%	164961
8	93.0%	163806
9	92.3%	162659
10	91.7%	161521
11	91.1%	160390
12	90.4%	159267
13	89.8%	158153
14	89.2%	157046
15	88.5%	155946
16	87.9%	154855
17	87.3%	153771
18	86.7%	152694
19	86.1%	151625
20	85.5%	150564
21	84.9%	149510
22	84.3%	148463
23	83.7%	147424
24	83.1%	146392
25	82.5%	145368
Total Generación		3.962.970

Fuente de elaboración propia, 2019.

La generación de energía en 25 años es igual a 3.962.970 kWh, al dividir el valor del sistema solar fotovoltaico sobre la generación de energía en los 25 años:

$$\text{Valor energía generada} = \frac{\$515.624.929}{3.962.970 \text{ kWh}} = \mathbf{130.1 \$/kWh}$$

Al multiplicar de manera lineal (no se tiene en cuenta ningún tipo de aumento anual) la tarifa calculada del 130.1 kWh por la generación de 25 años arroja un resultado de \$515.624.929 lo que significaría en primera instancia que el proyecto se pagaría en 25 años de su vida útil, pero si a esto se le suman los beneficios tributarios y los ahorros que representa el ejecutar la instalación del sistema solar fotovoltaico puesto que este cubriría el gasto anual de las instalaciones de Aguas de Manizales S.A. E.S.P. y además generaría excedentes por la venta de 691.878 kWh con un valor de \$311.295.748 millones en su vida útil estimada de 25 años. Es de anotar que el valor por la venta de excedentes este sujeto al valor real que estipulan las empresas prestadoras del servicio de energía, para este ejercicio se asumió el valor del proyecto sobre la generación total de la vida útil del mismo, el precio final de los excedentes puede subir generando mayor margen de utilidad en su venta.

n. Flujo de caja

Para evaluar esta métrica adecuadamente se hace uso del concepto “Flujo de caja Diferencial” (Vélez, 2009), el cual no se ha realizado ninguna inversión en sistemas solares fotovoltaicos y por ello los ahorros que se generen resultarían de la diferencia entre los flujos de caja producidos por un sistema con instalación solar y sin instalación solar. El flujo de caja producido por el sistema sin instalación solar fotovoltaica se refiere a los egresos ocasionados por la compra de energía de la red.

Ecuación 4 Flujo de caja diferencial

$$NFCt = (-OyMt - CneEne + CexcEexc) - (-12 * CneCen)$$

Donde

NFCt = flujos de caja

OyMt = costos de operación y mantenimiento

Cen = consumo promedio de energía mensual (kWh)

Eexc = energía excedente (kWh)

Cexc = costo energía excedente (kWh)

Cne = costo de la energía de la red (\$/kWh)

Ene = energía necesaria de la red (kWh)

$$NFCt = (-3.600.000 - (549 * 147228) + (130.1 * 41421)) - (-12 * 549 * 12269)$$

$$NFCt = \$162.021 \text{ el primer año}$$

Es de anotar que el mantenimiento del sistema solar fotovoltaico consiste en realizar la limpieza de los paneles con agua y jabón, el monitoreo de en tiempo real pondría en evidencia cualquier tipo de falla para su respectiva corrección con el proveedor, por esto el mantenimiento solo se pagaría el primer año de funcionamiento del sistema economizando gastos de operación. En la siguiente tabla se presentan los excedentes y su proyección de costo.

Tabla 44 Excedentes de energía proyectados con su respectivo valor.

Año	Producción	Costo Mto	Costo energía red	Energía necesaria de la red	Costo energía excedente	Energía excedente	Consumo promedio mensual	NFCt
1	176142	-3600000	549	147228	\$ 130.1	28914	12269	\$ 162,021
2	170858	0	549	145756	\$ 130.1	25102	12269	\$ 4,074,323
3	169662	0	549	144298	\$ 130.1	25364	12269	\$ 4,908,553
4	168474	0	549	142855	\$ 130.1	25619	12269	\$ 5,733,974
5	167295	0	549	141427	\$ 130.1	25868	12269	\$ 6,550,677
6	166124	0	549	140012	\$ 130.1	26111	12269	\$ 7,358,752
7	164961	0	549	138612	\$ 130.1	26349	12269	\$ 8,158,290
8	163806	0	549	137226	\$ 130.1	26580	12269	\$ 8,949,378
9	162659	0	549	135854	\$ 130.1	26806	12269	\$ 9,732,105
10	161521	0	549	134495	\$ 130.1	27026	12269	\$ 10,506,557
11	160390	0	549	133150	\$ 130.1	27240	12269	\$ 11,272,820
12	159267	0	549	131819	\$ 130.1	27449	12269	\$ 12,030,979
13	158153	0	549	130501	\$ 130.1	27652	12269	\$ 12,781,118
14	157046	0	549	129196	\$ 130.1	27850	12269	\$ 13,523,321
15	155946	0	549	127904	\$ 130.1	28043	12269	\$ 14,257,669
16	154855	0	549	126625	\$ 130.1	28230	12269	\$ 14,984,245
17	153771	0	549	125358	\$ 130.1	28412	12269	\$ 15,703,129
18	152694	0	549	124105	\$ 130.1	28589	12269	\$ 16,414,401
19	151625	0	549	122864	\$ 130.1	28762	12269	\$ 17,118,140
20	150564	0	549	121635	\$ 130.1	28929	12269	\$ 17,814,425
21	149510	0	549	120419	\$ 130.1	29091	12269	\$ 18,503,332
22	148463	0	549	119215	\$ 130.1	29249	12269	\$ 19,184,939
23	147424	0	549	118022	\$ 130.1	29402	12269	\$ 19,859,321
24	146392	0	549	116842	\$ 130.1	29550	12269	\$ 20,526,554
25	145368	0	549	115674	\$ 130.1	29694	12269	\$ 21,186,712
Valores excedentes energía en 25 años								\$ 311,295,748

Fuente de elaboración propia, 2019.

Tabla 45 flujo de caja energía convencional

Flujo de caja Energía convencional				
Año	Consumo (kWh)		Tarifa (\$/kWh)	Costo (\$)
0				
1	147228	\$	540	\$ (79,503,120)
2	145756	\$	568	\$ (82,800,909)
3	144298	\$	598	\$ (86,235,491)
4	142855	\$	629	\$ (89,812,539)
5	141427	\$	661	\$ (93,537,963)
6	140012	\$	696	\$ (97,417,918)
7	138612	\$	732	\$ (101,458,813)
8	137226	\$	770	\$ (105,667,325)
9	135854	\$	810	\$ (110,050,406)
10	134495	\$	852	\$ (114,615,296)
11	133150	\$	897	\$ (119,369,539)
12	131819	\$	943	\$ (124,320,987)
13	130501	\$	992	\$ (129,477,822)
14	129196	\$	1,044	\$ (134,848,562)
15	127904	\$	1,098	\$ (140,442,080)
16	126625	\$	1,155	\$ (146,267,618)
17	125358	\$	1,215	\$ (152,334,799)
18	124105	\$	1,278	\$ (158,653,646)
19	122864	\$	1,345	\$ (165,234,599)
20	121635	\$	1,415	\$ (172,088,531)
21	120419	\$	1,488	\$ (179,226,763)
22	119215	\$	1,566	\$ (186,661,089)
23	118022	\$	1,647	\$ (194,403,791)
24	116842	\$	1,733	\$ (202,467,660)
25	115674	\$	1,823	\$ (210,866,019)
Valor Presente Neto - energía convencional (\$)				(\$ 847,997,610.86)
TIR - Tasa interna de retorno energía convencional				0%

Fuente de elaboración propia, 2019.

En la tabla anterior el consumo fue reducido cada año en un 1%, esto debido al comparativo entre consumos de los años 2016, 2017 y 2018 respectivamente se obtiene una reducción promedio multianual del 6% la cual no se aplicó en esta investigación.

Tabla 46 Flujo de caja Energía Fotovoltaica

Flujo de caja Sistema solar fotovoltaico										
Año	Rendimiento (%)	Producción Energía (kWh)	Ahorro \$	Mantenimiento (\$)	Venta excedentes energía (\$)	Depreciación deducible (\$)	Incentivos Ley 1715 (\$)	Incentivos Ley 1715 - Aranceles-IVA (\$)	Flujo de caja neto (\$)	Flujo de caja acumulado (\$)
0									-515624929.40	-515624929.40
1	100%	176142	95116680.00	-3600000.00	3762021.79	35062495.20	14746872.98	92639167.99	237727237.96	-277897691.44
2	97%	170858	97060864.94	0.00	3266042.27	35062495.20	14746872.98		150136275.39	-127761416.05
3	96%	169662	101393273.71	0.00	3300073.13	35062495.20	14746872.98		154502715.01	26741298.97
4	96%	168474	105919063.87	0.00	3333296.84	35062495.20	14746872.98		159061728.89	185803027.86
5	95%	167295	110646867.21	0.00	3365724.74	35062495.20	14746872.98		163821960.12	349624987.98
6	94%	166124	115585700.77	0.00	3397368.03				118983068.80	468608056.78
7	94%	164961	120744984.11	0.00	3428237.79				124173221.90	592781278.68
8	93%	163806	126134557.22	0.00	3458344.95				129592902.17	722374180.85
9	92%	162659	131764699.32	0.00	3487700.30				135252399.62	857626580.47
10	92%	161521	137646148.44	0.00	3516314.54				141162462.97	998789043.45
11	91%	160390	143790121.92	0.00	3544198.19				147334320.11	1146123363.55
12	90%	159267	150208337.80	0.00	3571361.68				153779699.48	1299903063.03
13	90%	158153	156913037.17	0.00	3597815.29				160510852.46	1460413915.49
14	89%	157046	163917007.49	0.00	3623569.20				167540576.69	1627954492.18
15	89%	155946	171233607.04	0.00	3648633.44				174882240.48	1802836732.67
16	88%	154855	178876790.32	0.00	3673017.95				182549808.27	1985386540.94
17	87%	153771	186861134.74	0.00	3696732.51				190557867.25	2175944408.18
18	87%	152694	195201868.35	0.00	3719786.81				198921655.16	2374866063.34
19	86%	151625	203914898.94	0.00	3742190.42				207657089.36	2582523152.70
20	85%	150564	213016844.37	0.00	3763952.78				216780797.15	2799303949.86
21	85%	149510	222525064.24	0.00	3785083.23				226310147.47	3025614097.32
22	84%	148463	232457693.00	0.00	3805590.98				236263283.99	3261877381.31
23	84%	147424	242833674.59	0.00	3825485.15				246659159.74	3508536541.05

24	83%	146392	253672798.49	0.00	3844774.73	257517573.21	3766054114.26
25	83%	145368	264995737.52	0.00	3863468.59	268859206.11	4034913320.38

Valor Presente Neto - energía Fotovoltaica (\$)	\$ 1,305,254,735.53
TIR - Tasa interna de retorno energía fotovoltaica %	33.2%
Periodo Retorno (años)	2.1
Ahorro cuentas de electricidad vida útil (25 años)	\$ 3,377,763,286.93

o. Factibilidad económica

El proyecto arroja resultados positivos y ganancias lo que lo hace viable a su ejecución, las ganancias totales proyectadas por 4.683.018.022 millones de pesos al final de los 25 años pudiendo aumentar en vista de los cambios en el valor del kWh inyectado a la red. A pesar de la degradación de los paneles en su vida útil es llamativo económicamente la implementación incentivando a otras empresas o inversionistas que deseen recibir beneficios tributarios además de reducir los costos operativos de una empresa.

p. Factibilidad ambiental

La implementación del sistema solar fotovoltaico en las instalaciones de la sede principal de Aguas de Manizales S.A. E.S.P. tiene un impacto mínimo ya que los paneles son silenciosos, no emite gases, no destruye la flora y la fauna, no generar vertimientos tóxicos ni peligrosos, no requiere combustión alguna; favorece el uso de fuentes locales de energía como la solar en este caso, no afecta el entorno socioeconómico en forma negativa y no deteriora la calidad del mismo ambientalmente ya que por ser un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red no son necesarias las baterías de almacenamiento de energía las cuales tiene una vida útil corta de 5 años aproximadamente y deben ser dispuestas con precios altos por su disposición adecuada. El impacto generado se realiza en su fabricación directamente ya que se tienen vertidos y emisiones gaseosas al medio ambiente por la energía invertida.

La reducción de CO₂ (UPME) que es equivalente a 0.1990 Kg CO₂ / kWh por cada kWh de energía eléctrica, reduciendo la emisión de 782304.4 Kg CO₂ / kWh en la vida del sistema solar fotovoltaico.

Después de amortizar la inversión realizada por sistema solar fotovoltaico la energía producida estará libre de emisiones el resto de la vida útil en comparación con la energía convencional.

q. Factibilidad social

Los beneficios sociales a que conlleva la implementación del sistema solar fotovoltaico ante la sociedad son ideales por ser una empresa de servicios públicos la cual tiene dentro de su filosofía organizacional políticas y valores bajo los principios de responsabilidad social, ambiental y legal, además repercute tributariamente a favor para reinversiones y como ejemplo ante otras entidades que quieran implementar proyectos similares.

r. Cotización y factibilidad de proveedores sistemas solares fotovoltaicos

Se realizaron cotizaciones en el mercado nacional vía web donde el insumo principal es la factura de energía como punto de partida a los proveedores, cada uno tiene sus sistemas o maneras de realizar los cálculos respectivos en base al consumo de los últimos 6 meses. A continuación, se ilustran dichas cotizaciones:

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Planta de energía solar de 29,76 kWp que genera 2.893 kWh al mes, equivalente a un ahorro del 24,3% de los consumos. Para la instalación del sistema solar se debe disponer de un área en techos de 162 m² para la instalación de paneles solares. **ESTA PROPUESTA INCLUYE SISTEMA DE MONITOREO REMOTO, CERTIFICACIÓN RETIE Y TRAMITE RESOLUCIÓN CREG 030 DE 2018. NO SE INCLUYE CONTADOR BIDIRECCIONAL CON TELEMEDIDA.**

2 PROPUESTA SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Ítem	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Unidad	Total
1	Panel solar Monocristalino Jinko Solar JKM310M-60 310Wp	\$ 441.147	96	Und	\$ 42.350.133
2	Inversor Para Conexión a la Red Fronius Symo 24.0-3 24000W 440/480VAC	\$ 13.616.944	1	Und	\$ 13.616.944
3	Estructura para paneles solares	\$ 10.015.956	1	Global	\$ 10.015.956
4	Accesorios conexión solar	\$ 6.111.829	1	Global	\$ 6.111.829
5	Instalación de sistema	\$ 36.066.685	1	Global	\$ 36.066.685
6	Materiales de instalación	\$ 6.399.124	1	Global	\$ 6.399.124
Subtotal planta Fotovoltaica 29,76kWp					\$ 114.560.673
IVA (19%)					\$ 21.766.528
Total planta Fotovoltaica 29,76kWp					\$ 136.327.200

3 CONDICIONES COMERCIALES

Sistema diseñado bajo las consideraciones del cliente, solo se incluyen los elementos descritos en esta oferta comercial, el sistema se entrega en funcionamiento en **AGUAS DE MANIZALES**.

3.1 FORMA DE PAGO

La forma de pago es 50% anticipo, 45% al finalizar el proyecto y 5% con entrega de excedentes según CREG 030.

3.2 TIEMPO DE EJECUCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA

El tiempo de ejecución del proyecto es de 30 días calendario.

3.3 GASTOS DE ENVÍO Y/O TRANSPORTE

Los gastos de envío y/o transporte de los equipos y sus partes serán asumidos por **DARWIN – ENERGÍA SOLAR**.

3.4 CONSIDERACIONES ESPECIALES

EL CLIENTE debe proveer a **DARWIN ENERGÍA** espacios seguros para almacenamiento de herramienta y material.

Ilustración 27 Cotización ahorro del 24.3%. Fuente Darwin energía solar, 2019.

Tamaño del sistema (kWp)	100,00
Producción de energía (kWh)	144000
Costo del sistema sin IVA	\$ 335.000.000
IVA 19%	\$ 63.650.000
COSTO DEL SISTEMA CON IVA	\$ 398.650.000

VARIABLES

Precio de Electricidad		Consumo Actual de Electricidad	
Precio Electricidad (\$/kWh)	540	Consumo anual de energía (kWh)	147528
Incremento Anual Precio Electricidad	5,2%	Ahorro de energía	97,6%
Rendimiento de los módulos solares		Operación y Mantenimiento (O&M)	
Reducción Rendimiento Módulos Solares-Año 1	3,0%	O & M (%/Costo del Sistema)	0,2%
Reducción Rendimiento Módulos Solares-Año 2/Año 25	0,7%	Inflación O & M (%)	3%
Flujo de caja descontado/depreciación/impuestos		Financiación-Línea de crédito energías renovables	
Tasa de descuento (%)	12%	DTF EA (%)	
Depreciación línea recta (años)	5	Puntos endma DTF (%)	
Tasa de impuestos	34%	Tasa EA (%)	
		Periodos (años)	

Año	Energía Convencional			Sistema Fotovoltaico									
	Consumo (kWh)	Tarifa (\$/kWh)	Costo (\$)	Rendimiento (%)	Producción de Energía (kWh)	Ahorro (\$)	Mantenimiento (\$)	Depreciación deducible (\$)	Intereses deducibles (\$)	Incentivos Ley 1715 (\$)	Gastos Financieros (\$)	Flujo de Caja Neto (\$)	Flujo de Caja Acumulado (\$)
0													
1	144000	\$ 540	\$ (77.760.000)	100,0%	144000	\$ 77.760.000	\$ (670.000)	27.108.200	\$ -	\$ 11.390.000	\$ 0	\$ 115.588.200	\$ 115.588.200
2	144000	\$ 568	\$ (81.809.520)	97,0%	139680	\$ 79.349.414	\$ (690.100)	27.108.200	\$ -	\$ 11.390.000	\$ 0	\$ 117.157.514	\$ 232.745.714
3	144000	\$ 598	\$ (86.057.303)	96,3%	138702	\$ 82.891.255	\$ (710.803)	27.108.200	\$ -	\$ 11.390.000	\$ 0	\$ 120.578.652	\$ 353.424.366
4	144000	\$ 629	\$ (90.532.283)	95,6%	137731	\$ 86.591.189	\$ (732.127)	27.108.200	\$ -	\$ 11.390.000	\$ 0	\$ 124.357.262	\$ 477.781.628
5	144000	\$ 661	\$ (95.239.962)	94,9%	136767	\$ 90.456.273	\$ (754.091)	27.108.200	\$ -	\$ 11.390.000	\$ 0	\$ 128.200.382	\$ 605.982.010
6	144000	\$ 696	\$ (100.192.440)	94,2%	135810	\$ 94.493.879	\$ (776.714)		\$ -		\$ 0	\$ 93.717.166	\$ 699.699.176
7	144000	\$ 732	\$ (105.402.446)	93,5%	134859	\$ 98.711.708	\$ (800.015)		\$ -		\$ 0	\$ 97.911.693	\$ 797.610.869
8	144000	\$ 770	\$ (110.883.374)	92,8%	133915	\$ 103.117.804	\$ (824.015)					\$ 102.293.789	\$ 899.904.658
9	144000	\$ 810	\$ (116.649.309)	92,1%	132978	\$ 107.720.570	\$ (848.736)					\$ 106.871.834	\$ 1.006.776.492
10	144000	\$ 852	\$ (122.715.073)	91,4%	132047	\$ 112.528.786	\$ (874.198)					\$ 111.654.588	\$ 1.118.431.080
11	144000	\$ 897	\$ (129.096.257)	90,7%	131123	\$ 117.551.621	\$ (900.424)					\$ 116.651.197	\$ 1.235.082.277
12	144000	\$ 943	\$ (135.809.262)	90,0%	130205	\$ 122.798.655	\$ (927.437)					\$ 121.871.218	\$ 1.356.953.495
13	144000	\$ 992	\$ (142.871.344)	89,3%	129293	\$ 128.279.895	\$ (955.260)					\$ 127.324.636	\$ 1.484.278.130
14	144000	\$ 1.044	\$ (150.300.654)	88,6%	128388	\$ 134.005.797	\$ (983.918)					\$ 133.021.879	\$ 1.617.300.010
15	144000	\$ 1.098	\$ (158.116.288)	87,9%	127490	\$ 139.987.280	\$ (1.013.435)					\$ 138.973.845	\$ 1.756.273.854
16	144000	\$ 1.155	\$ (166.338.335)	87,2%	126597	\$ 146.235.752	\$ (1.043.838)					\$ 145.191.914	\$ 1.901.465.768
17	144000	\$ 1.215	\$ (174.987.928)	86,5%	125711	\$ 152.763.131	\$ (1.075.153)					\$ 151.687.978	\$ 2.053.153.746
18	144000	\$ 1.278	\$ (184.087.300)	85,8%	124831	\$ 159.581.866	\$ (1.107.408)					\$ 158.474.458	\$ 2.211.628.204
19	144000	\$ 1.345	\$ (193.659.840)	85,1%	123957	\$ 166.704.962	\$ (1.140.630)					\$ 165.564.332	\$ 2.377.192.536
20	144000	\$ 1.415	\$ (203.730.152)	84,4%	123089	\$ 174.146.005	\$ (1.174.849)					\$ 172.971.156	\$ 2.550.163.691
21	144000	\$ 1.488	\$ (214.334.120)	83,7%	122228	\$ 181.919.186	\$ (1.210.095)					\$ 180.709.091	\$ 2.730.872.783
22	144000	\$ 1.566	\$ (225.468.974)	83,0%	121372	\$ 190.039.331	\$ (1.246.397)					\$ 188.792.933	\$ 2.919.665.716
23	144000	\$ 1.647	\$ (237.193.360)	82,3%	120523	\$ 198.521.926	\$ (1.283.789)					\$ 197.238.137	\$ 3.116.903.853
24	144000	\$ 1.733	\$ (249.527.415)	81,6%	119679	\$ 207.383.151	\$ (1.322.303)					\$ 206.060.848	\$ 3.322.964.701
25	144000	\$ 1.823	\$ (262.502.841)	80,9%	118841	\$ 216.639.905	\$ (1.361.972)					\$ 215.277.933	\$ 3.538.242.635

Valor Presente Neto-Energía convencional (\$)	\$ (904.643.649)
Valor Presente Neto-Sistema Fotovoltaico (\$)	\$ 965.111.846
Costo Nivelado de Electricidad-LCDE (\$/kWh)	1,25
TIR-Tasa interna de retorno- energía convencional	0%
TIR-Tasa interna de retorno- sistema fotovoltaico	34,8%
Periodo de retorno (años)	3,4
Ahorro en cuentas de electricidad durante vida útil (25 años)	\$ 3.815.249.777
Costo por vatio instalado inc IVA (\$/W)	\$ 3.987
Costo por vatio instalado inc IVA (\$USD/W)	1,29

Ilustración 28 Cotización ahorro del 97.6%. Fuente Enersolax, 2019.

ITEM	DESCRIPCIÓN	Valor Total
1	Sistema de paneles solares: Suministro e instalación de paneles solares, garantías de 12 años por defectos de fábrica y 25 años por funcionamiento, con sistema de puesta tierra y protección atmosférica.	\$ 68.496.998
2	Suministro e instalación de Sistema de inversión de DC a AC: Suministro e instalación de 4 inversores trifásicos, sistema de comunicación, almacenamiento de datos y plataforma de supervisión web, cableado y tableros de protección.	\$ 17.108.582
3	Estructura metálica para pánels solares: Suministro e instalación de estructura en aluminio para las tres superficies de montaje y 297 paneles solares.	\$ 51.357.082
4	Sistema AC para sistema fotovoltaico: Suministro e instalación de cableado trifásico y ductería coraza metálica desde inversores hasta tableros de distribución principal.	\$ 34.248.499
5	Consultoría y trámites: Incluye: 1. Diseños eléctricos: planos, memorias de cálculo. 2. Diseños fotovoltaicos: planos y proyecciones de energía Trámites Ley 1715, incentivos tributarios y descuentos de ley. 3. Desarrollo de ingeniería de detalle. 4. Análisis de la red pública existente y opciones de conexión. 5. Análisis financiero y retornos de inversión. 6. Mediciones del terreno y estudios de resistividad. 7. Presupuesto detallado.	\$ 142.132.838
Observaciones: NO incluye adecuaciones en redes internas, adecuaciones en tablero de distribución, ni en acometida de red pública que se puedan presentar durante la instalación. Como también certificación de la instalación y trámites de legalización.		TOTAL COSTO DIRECTO \$313.344.000
		IVA SOBRE LA UTILIDAD \$78.336.000
		TOTAL COSTO \$391.680.000

Resumen compartivo propuestas

	Consumo red sin proyecto solar	Con proyecto solar inversión propia	Con proyecto solar con financiación
Valor del proyecto	\$ -	\$ 391.680.000	\$ 391.680.000
Energía Generada al Año	\$ -	83936	83936
Valor del kWh	\$ 606,00	\$ 195,77	\$ 227,30
Beneficios Ley 1715	\$ -	\$ 125.337.600	\$ 125.337.600
Ahorro energía Anual	\$ -	\$ 73.396.893	\$ 75.379.270
Retorno inversión	\$ -	5 Años	6 Años
Reducción de kgCO2	0	31056,41	31056,41

Ilustración 29 Cotización ahorro del 100%. Fuente ENEF GREEN ENERGY SOLUTION S.A.S, 2019.



PLANTA SOLAR INTEGRADA A RED					COTIZACIÓN				
Microinversores Enphase IQ Series Gimecol Solar					fecha	16-abr-19			
Aguas de Manizales					ciudad	Manizales			
NIT () / Cc : x					Asesor	Juan M Alvarez			
SEC JUNTO MATADERO Contador N° 9760838				Transformador	Potencia a Instalar en (Kw)				
				KVA	150				
Generación de Energía Estimada en (Kwh/Mes) :				12.294	En Energía al mes ahorra el %				
Consumo actual promedio en (Kwh/mes) :				12.294	Area de Tejado Requerida (M2):				
1. CUADRO PRESUPUESTO SUMINISTRO DE EQUIPOS				Máxima Capacidad Posible (kWp)		93,13			
						100			
						698,48			
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTD	GLOBAL	VALOR PARCIAL				
1	Panel Solar Trina Poli cristalino 335w 72 celd	und	278	1	\$ 300.000.426				
2	Microinversor Enphase IQ7+ 72 celdas	und	278						
3	Q cable 60/72 celdas 1m portrait	mts	278						
4	Q Enphase Envoy	und	1						
5	Terminator Cap for Q cable ends	und	56						
6	Estructura Perfil portante Pinzas Uniones Solo 05 4200mm	und	768						
9	Estructura Auxiliar Versabacket-47	und	278						
10	Cable 2x10AWG -Cable 2 AWG/THWN 90°	mts	389						
12	Medidor Bidireccional Trifásico Horar	und	1						
14	Tubería Galvanizada de 1/2"x 3m	und	130						
SUBTOTAL								\$ 300.000.426	
IVA 19%								\$ 57.000.081	
TOTAL SUMINISTRO								\$ 357.000.507	
2. CUADRO PRESUPUESTO MANO DE OBRA - INSTALACIÓN ,MONTAJE Y LEGALIZACIÓN									
ITEM	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VALOR PARCIAL					
1	Mano de obra para la construcción, Montaje y puesta en marcha de planta Solar Fotovoltaica integrada a red con sistema de Microinversores Enphase Energy IQ series, en ubicación de cliente. Incluye Seguridad Social , dotaciones , herramientas, equipos de seguridad industrial , transportes , legalización ante Operador de Red , licencias , Certificador avalado por Onac . Incluye Inspección Retie Plena	GLOBAL	1	\$67.496.711					
COSTO DIRECTO				\$ 67.496.711					
6% Administración				\$ 4.049.803					
3,0% Imprevistos				\$ 2.024.901					
20% Utilidades				\$ 13.499.342					
COSTO INDIRECTO				\$ 19.574.046					
SUBTOTAL				\$ 87.070.757					
19% IVA sobre Utilid				\$ 2.564.875					
TOTAL MONTAJE				\$ 89.635.632					
3. RESUMEN DE LA OFERTA 1+2									
ITEM	DESCRIPCION	GLOBAL	VALOR PARCIAL						
1	VALOR INVERSIÓN EN SUMINISTRO DE EQUIPOS FOTOVOLTAICOS	1	\$ 357.000.507						
2	VALOR INVERSIÓN EN MANO DE OBRA INSTALACIÓN PUESTA EN MARCHA	1	\$ 89.635.632						
		\$	4.156	4.796	VALOR TOTAL \$ 446.636.139				

Ilustración 30 Cotización ahorro 100%. Fuente Gimecol Solar, pagina 1, 2019.

 Gimecol Solar Salvando el Planeta	Aguas de Manizales	AHORRO (%)	100
	Contador N° 9760838	Kwp	93,13
	Manizales	COTIZACIÓN	16042019-04

ESTUDIO DE AHORRO ENERGÉTICO SISTEMA ADMINISTRADO DE ENERGÍA GIMECOL SOLAR

Recibo de Energía Actual	
Consumo de Energía Mensual (kW/h día Mes)	12.294 Kw/h Mes
Valor Recibo de Energía Actual Mensual (\$ COP)	6.761.700 \$COP
Consumo de Energía ANUAL (kW/h día Año)	147.528 Kw/h Anual
Valor Recibo de Energía Estimada ANUAL (\$ COP)	81.140.400 \$COP
Coste del Kw (\$COP) Incluido Alumbrado /Contribución	550,00 \$COP
AHORRO ESTIMADO RESPECTO A FACTURA ACTUAL (%)	100 %
Area de Tejado Necesaria y Vida útil del Sistema Solar	
Area de Tejado Necesaria para instalar Sistema Solar Ofertado	698,48 Mts
Vida Útil del Sistema Solar	25 Años
Produccion Sistema Solar Ofertado	
Planta Solar Ofertada (Kwp)	93,13 KWp
GENERACIÓN SOLAR ESTIMADA DIARIA (kW /h Día) (Mes 30 días)	410 KW/h Día
GENERACIÓN SOLAR ESTIMADA MENSUAL (kW /h Día) (Mes de 30 días)	12.294 KW/h Mes
GENERACIÓN SOLAR ESTIMADA ANUAL (kW/h Año) (Año 365 días)	147.528 KW/h Año
Ahorro Estimado . Cifras Elementales	
AHORRO ESTIMADO DIARIO \$COP	\$ 225.390 \$COP
AHORRO ESTIMADO MENSUAL \$COP (Mes 30 días)	\$ 6.761.700 \$COP
AHORRO ESTIMADO ANUAL \$COP (Año 365 días)	\$ 81.140.400 \$COP
AHORRO ESTIMADO ANUAL DURANTE 25 AÑOS \$COP	\$ 2.028.510.000 \$COP
Amortización Sistema Solar Ofertado	
COSTE DIRECTO SISTEMA SOLAR (Sin Impuestos) \$COP	\$ 387.071.183 \$COP
PRECIO SISTEMA FINAL IMPUESTOS INCLUIDOS \$COP	\$ 446.636.139 \$COP
AMORTIZACIÓN SISTEMA SOLAR EN AÑOS	4,77 Años
Precio Watt Instalado Final	
PRECIO WATT INSTALADO SIN IMPUESTOS \$COP	\$ 4.156 \$COP
PRECIO WATT INSTALADO CON IMPUESTOS \$COP	\$ 4.796 \$COP
Conclusiones	

Ilustración 31 Cotización ahorro 100%. Fuente Gimecol Solar, pagina 2, 2019.

e) Aspectos de gestión, en este caso se deberán considerar:

a. Cronograma de actividades.

Se plantea el siguiente cronograma para el desarrollo de la investigación

Tabla 47 Cronograma proyecto de investigación año 2019.

ACTIVIDAD	Febrero 15 al 28 del 2019	Marzo del 01 al 15 del 2019	Marzo 15 al 30 junio del 2019
Consecución de información	x		
Depuración de información	x	x	
Análisis de información	x	x	x
Compilación de información y conceptos de investigación		x	x
Definición de alternativas de investigación, aplicación de conceptos		x	x
Selección de alternativa de implementación		x	
Informe final de investigación			x
Sustentación de resultados			x
Publicación de documento final			x

Fuente de elaboración propia.

b. Presupuesto de la investigación.

La investigación planteada requiere de recursos para su desarrollo e investigación a nivel de laboratorio, a continuación, se listan en la tabla siguiente.

Tabla 48 Presupuesto estimado para la investigación 2019.

RECURSO	RECURSOS NECESARIOS DESCRIPCION	PRESUPUESTO (\$)
Equipo Humano	Ingeniero Ambiental - Ingeniero Industrial	10,000.000
Equipos y Software	1 computador portátil	1,500.000
Viajes y Salidas de Campo	Visitas a proveedores de paneles y sitios de estudio.	1,000.000
Materiales y suministros	1 panel solar	400,000
	Inversor monofásico	1,000,000
	Acometida	300,000
	Estructura necesaria para montaje	200,000
Bibliografía	Archivo de Aguas de Manizales S.A. E.S.P, investigación de fuentes necesarias en bibliotecas, páginas en internet entre otros recursos.	80.000
TOTAL		14,480,000

Fuente de elaboración propia.

Conclusiones

Esta investigación es el punto de partida para futuros ejercicios acerca del uso de las energías renovables en la empresa Aguas de Manizales S.A. E.S.P. y/o en otras entidades interesadas en reducir costos operativos y al mismo tiempo manifestar su compromiso con el medio ambiente.

Los objetivos planteados fueron desarrollados en su totalidad, esto ya que se identificaron las condiciones óptimas para los sistemas solares fotovoltaicos, la normatividad vigente, se realizó un dimensionamiento en base a las necesidades de consumo y además con un plus como excedentes en la producción de energía para su inyección a la red interconectada. Se evaluaron las factibilidades ambiental, económica y social y sus respectivos impactos asociados.

Al dimensionar un sistema solar fotovoltaico se hace necesario tener en cuenta detalles de seguridad en su dimensionamiento para evitar falencias en el suministro, además de realizar una buena investigación del mercado actual de paneles solares, esto debido a que todos los días salen al mercado paneles más pequeños, más eficientes y a un menor costo.

Es un desafío para la empresa desarraigar el consumo de energía convencional que genera grandes inversiones y altos índices de contaminación, es por esto por lo que las soluciones deben abarcar todas las necesidades además de ser soluciones sustentables e innovadoras. En base a la radiación solar disponible, el consumo promedio de las instalaciones y la disponibilidad de paneles en el mercado se diseñó un sistema que cubre la demanda anual y además genera excedentes monetarios interesantes para la empresa al decidir implementar el proyecto, como valor ganado en la edificación se obtiene una disminución en la temperatura del segundo piso puesto que los paneles absorberían ese calor generado por el sol sobre la cubierta.

Se analizan tres indicadores diferentes con base en los flujos de caja obteniendo resultados comparativos entre la energía convencional y la energía solar fotovoltaica.

Este proyecto investigativo de factibilidad es viable teniendo en cuenta el análisis financiero presente en esta investigación, el mercado de los paneles solares cada día es más eficiente y económico, gracias a esto se puede afirmar que es una fuente confiable de energía para el futuro.

f) Referencias bibliográficas.

- ALVAREZ, Carlos y SERNA, F. Normatividad sobre Energía Solar, Térmica y Fotovoltaica, [en línea]. Medellín: Unidad de Inteligencia Estratégica y Tecnológica – CIDET, 2012 [consultado 02 de marzo de 2019]. URL: http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobre_energia_solar_termica_y_fotovoltaica.pdf
- Atlas de Radiación Solar de Colombia 2005 [en línea]. República de Colombia: Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, Ministerio de Minas y Energía; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. [consultado 09 de marzo de 2019]. URL: http://www.upme.gov.co/Atlas_Radiacion.htm
- BALENZATEGUI, M. JOSE. (2008). FUNDAMENTOS DE LA CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA: LA CÉLULA SOLAR. Madrid. 12 p. URL: <https://www.eoi.es/es/file/18640/download?token=viIM3mLa>
- BALLESTER, Eduard y PIQUE, Robert. Electrónica de Potencia. Principios Fundamentales y Estructuras Básicas. México: Alfaomega – Marcombo, 2011. 676 p.
- BARRADO, Andrés y LAZARO, Antonio. Problemas de Electrónica de Potencia. Madrid: Pearson – Prentice Hall, 2007. 1192 p.
- BERMUDEZ, L., & RODRIGUEZ, L. (2013). *Investigación en la Gestión Empresarial*. Bogotá D.C.: ECOE.
- Bravo, R. y Barrantes, A.C. (2012). Administración del mantenimiento industrial. Disponible en: http://books.google.com.co/books?id=KZHWH8mzUngC&pg=PA87&dq=mecanica+automotriz&lr=&as_brr=3&hl=es&rview=1&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false Levitt, J. Managing
- BRAVO, Silvia. Plasmas en todas Partes: El Plasma Solar [en línea]. Primera reimpresión. México: Fondo de Cultura Económica, 1997. cap. V [consultado 03 de marzo de 2019]. URL: http://www.cubaeduca.cu/medias/cienciatodos/Libros_3/ciencia3/126/htm/plasmas.htm
- Castello P. Pablo, Edwin W. Kai & Carmona Luis. (2014) Aplicación de la energía solar fotovoltaica interconectada a la red eléctrica. Thierhaupten-Alemania disponible en línea (consultado el 18 de septiembre de 2018) URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwicxd_UwNbiAhUkq1kKHagaBUgQFjABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fjournal.universidadean.edu.co%2Findex.php%2FRevistao%2Farticle%2Fdownload%2F1245%2F1210%2F&usg=AOvVaw0saFmHIVvcZp4INwz2d4Sx

- Centro de Escritura Javeriano. (27 de 01 de 2019). *Normas APA Sexta Edición*. URL: <http://portales.puj.edu.co/ftpcentroescritura/Recursos%20C.E/Estudiantes/Referencia%20bibliogr%C3%A1ficas/Normas%20APA%20Sexta%20Edici%C3%B3n.pdf>
- Consejo Nacional de Energía. (2013). INSTALACION DE SISTEMAS SOLARES SOBRE TECHOS. Disponible en línea (consultado el 18 de septiembre del 2018). URL: www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-876-optimizacion-energia-solar-fotovoltaica-edificaciones.aspx
- CORTIJO, Marco. Desarrollo Ejercicio Efecto Fotoeléctrico, 2013. {Vídeo en línea}. {20 marzo de 2019} URL: <https://youtu.be/8n96AUDg8owEcured.cu>.
- COTE S. ERNESTO A. (2017). INCIDENCIA DE PROYECTOS QUE EMPLEAN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FRENTE A LA PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA DE LAS ZONAS RURALES DE COLOMBIA. Disponible en línea (consultado el 26 de febrero del 2019) URL: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13509>
- Duarte C. Juan C. (2017). Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal Simón Bolívar de Anapoima, Cundinamarca. Disponible en línea (consultado el 26 de febrero de 2019) URL: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/13865/1/80017246.pdf>
- Efecto fotoeléctrico, [en línea]. [Consultado 20 de marzo de 2019] URL: http://www.ecured.cu/Efecto_fotoel%C3%A9ctrico
- ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. Instalaciones y sistemas fotovoltaicos. México: Limusa, 2014. 334 p.
- ESLAVA Z. ANDRES FELIPE & OLAYA F. JONNY J. (2015) IMPLEMENTACION DE UN PANEL SOLAR MOVIL AUTOMATIZADO PARA LA GENERACION DE ENERGIA LIMPIA. Disponible en línea (consultado el 26 de febrero del 2019) URL: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2511/1/trabajo%20de%20grado%20final.pdf>
- Factory Maintenance. (2005). Second edition. Industrial Press. Narayan, V. (2005). Effective Maintenance Management. Risk and Reliability strategies for Optimizing performance. Industrial Press.
- GABRIUNAS, Vytautas. Apuntes de Electrónica [en línea]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Ingeniería Electrónica, 1999. 337 p. [consultado 28 de marzo de 2019]. URL: http://www.academia.edu/6492937/Apuntes_de_Electr%C3%B3nica

Galvis G. John S. & Gutiérrez G. Robinson (2013). Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazaret corregimiento del municipio de Uribí, Departamento de la Guajira – Colombia. Disponible en línea (consultado el 29 de septiembre del 2018) URL:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2590/1/75101283.pdf>

GIBILISCO, Stan. Manual portátil de electrónica. México: McGraw Hill, 2001. 727 p.

GIMENO SALES, Francisco con SEGUI CHILET, Salvador y ORTS GRAU, Salvador. Convertidores Electrónicos: Energía solar fotovoltaica, aplicaciones y diseño. Madrid: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2011. 342 p. URL:
<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2077/lib/unadsp/detail.action?docID=10646884&p00=convertidores+electr%C3%B3nicos>

GRUPO EXITO. El Grupo Éxito instaló la planta fotovoltaica más grande del país en uno de sus almacenes (noticia 24 de marzo 2015). {En línea}. {18 marzo de 2019} URL:
<http://www.hybrytec.com/hybrytec/noticias-y-novedades/item/41-exito-panorama>

Hernández Sampieri, R. (27 de 01 de 2015). *Metodología de la Investigación*. URL:
http://www.upsin.edu.mx/mec/digital/metod_invest.pdf

I.E.F.P.S. SAN JORGE. Instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos. Capítulo 1, tema 1-2: La célula fotovoltaica. {En línea}. {24 marzo de 2019} URL:
<https://311cie.files.wordpress.com/2014/09/tema-1-2-la-celula-fotovoltaica.pdf>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Guía de Especificaciones de Sistemas Fotovoltaicos para Suministro de Energía Rural Dispersa en Colombia. GTC114. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. 54 p. [Consultado 29 de mayo de 2016]. Disponible en biblioteca Virtual Unad:
http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2083/icontec_enormas_mobile/visor/HTML5.asp

LADINO P. RAFAEL. (2011). LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FACTOR DE DESARROLLO EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA. Bogotá. 136p. URL:
repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/1085/1/

LADINO PERALTA, Rafael. La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia [en línea]. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, 2011. 136 p. [consultado 18 de agosto de 2015]. URL:
<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/1085/1/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf>

LOPEZ, Moisés. Fusión Nuclear 2100 Energía del futuro ITER Tokamak EFDA. {Vídeo en línea}. {02 marzo de 2019} URL: <https://www.youtube.com/watch?v=47HbIJoSjMI>

MADRID VICENTE, Antonio. Energía Solar Térmica y de Concentración: Manual Práctico de Diseño, Instalación y Mantenimiento. Madrid: AMV Ediciones y Mundi-Prensa, 2009. 326 p.

Mieles M. Romel & Torres Oswaldo. M. (2017). USO DE PANELES SOLARES COMO ENERGIA RENOVABLE PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA. Disponible en línea (consultado el 26 de febrero del 2019) URL: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/14065/1/92539550.pdf>

Pérez N. Elías & Agudelo R. Flor M. (2017) Monografía sobre la implementación de energías alternativas en Puerto Carreño, Vichada disponible en línea (consultado el 28 de septiembre del 2018) URL: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/13758/1/18256626.pdf>

Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica 2013 – 2017 [en línea]. Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, Ministerio de Minas y Energía 2014, [consultado 24 de marzo de 2019]. URL: http://www.siel.gov.co/Siel/Portals/0/Piec/Libro_PIEC.pdf

RODRIGUEZ, Humberto. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. {En línea}. {24 marzo de 2016} URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12>

ROLDAN VILORIA, José. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Parrafo info, 2010. 387 p.

SISTEMA DE INFORMACIÓN ELÉCTRICO COLOMBIANO. (marzo 11 de 2019). UPME SIMEC 2018 URL: <http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Estad%C3%ADsticasyvariablesdegeneraci%C3%B3n/tabid/115/Default.aspx?PageContentID=1203>

Stephen, T.J. (2005). Improving Maintenance & Reliability Through Cultural Change. Industrial Press.

Universidad AUTONOMA de Occidente. Valle del Cauca con gran potencial para producir energía limpia. {En línea}. {24 marzo de 2016} URL: <http://www.uao.edu.co/noticias/valle-del-cauca-gran-potencial-para-producirenergia-limpia>

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. (27 de 01 de 2015). Obtenido de La Investigación Aplicada: Una Forma de Conocer las Realidades con Evidencia Científica: <http://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

g) Anexos

SAYA®
Fabricante de Paneles Solares

**Panel Solar SAYA®
MONOCRISTALINO**

165w · 210w · 315w · 350w · 420w


**ENERGÍA
SOLAR**
AMIGABLE CON
EL MEDIO AMBIENTE

Panel Solar SAYA Monocristalino

- ✔ Módulos solares estándares rentables para aplicaciones tragaluces, techos, y fachadas.
- ✔ 0- +5% tolerancia positiva de los productos convencionales.
- ✔ Resistente a altas cargas de viento y cargas de nieve.
- ✔ Vidrio Templado altamente transparente, bajo en hierro con acabado prismático. LIBRE DE ANTIMONIO.
- ✔ Características células PERC y marco de aluminio natural, apariencia estética.
- ✔ Velocidad de transmisión 3.18%

- ✔ 30 años de garantía de eficiencia lineal.
- ✔ 10 años de garantía en materiales y mano de obra.
- ✔ Diseño mejorado para facilitar la instalación y fiabilidad a largo plazo.

