



UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS.

APLICACIÓN Y UTILIZACION DE FUENTES DE ENERGÍAS COMBINADAS - SOLAR Y
EOLICA-, COMO ALTERNATIVA DE AUTONOMIA ELECTRICA Y GENERACION DE
INGRESOS POR LA CAPACIDAD RESIDUAL INGRESADA AL SISTEMA DE
SUMINISTRO DE ENERGIA CONVENCIONAL

AUTORES:

JOHNNY VILLAMIL ROSADA
MILTON CESAR VILLAMIL ROSADA

DIRECTOR:

GONZALO ANDRES RODRIGUEZ CAÑAS

BOGOTÁ D.C. 16 NOVIEMBRE DEL 2019.

Resumen

Las energías solar y eólica, son consideradas fuentes de energías limpias y renovables, que no generan contaminación ambiental; la energía solar, se origina a partir de la radiación electromagnética del sol, sobre alguna superficie de recepción; la energía eólica resulta a partir de la transformación de la fuerza que produce el viento. Dentro del presente estudio e investigación sobre el tema propuesto, se plantea un sistema de aplicación híbrido (solar y eólico), que permita su implementación en una vivienda rural de aproximadamente 350 M2, supliendo las necesidades energéticas que se presentan, para lo cual se desarrolla un estudio del promedio de consumo de energía eléctrica del predio seleccionado, dentro del mismo estudio se obtienen los resultados de la información recaudada y analizada, que permite viabilizar si se puede generar un re direccionamiento de la energía residual producida por el sistema híbrido, permitiendo obtener un beneficio económico por la venta de esta energía sobre el sistema de generación eléctrica convencional.

Palabras Clave — energías limpias renovables, híbrido, solar, eólico, aerogenerador, panel solar fotovoltaico.

Abstract

Solar and wind energy are considered sources of clean and renewable energy, which do not contain environmental pollution; solar energy originated from the electromagnetic radiation of the sun, on some receiving surface; wind energy resulting from the transformation of the force produced by the wind. Within the present study and research on the proposed topic, a hybrid application system (solar and wind) is proposed, which allows its implementation in a rural dwelling of approximately 350 M2, meeting the energy needs that arise, for which it is developed

A study of the average electrical energy consumption of the selected property, within the same study, the results of the information collected and analyzed are obtained, which allows to make viable if a redirection of the residual energy produced by the hybrid system can be generated, obtain a benefit economic for the sale of this energy over the conventional electricity generation system.

Keywords — *Clean renewable energy, hybrid, solar, wind, wind turbine, photovoltaic solar panel.*

Tabla de contenido

Planteamiento del problema.....	7
Objetivos.....	10
Justificación	11
Marco teórico.....	12
Metodología	29
Variables	34
Hipótesis	35
Instrumentos de recolección de datos	36
Resultados.....	39
Discusión.....	40
Conclusiones y recomendaciones	41
Oferta técnica y económica prototipo.....	43

Listado de tablas

Tabla 1. Electrodomésticos y consumo promedio de energía. 8

Tabla 2. Abreviaturas de las unidades 16

Tabla 3. Escala de velocidad del viento. 17

Listado de figuras

Figura 1. Sistema fotovoltaico aislado. 14

Figura 2. Sistema conexión a la red. 15

Figura 3 sistema hibrido. 15

Figura 4 Energías limpias en el país. 19

Figura 5 Ubicación del predio. 24

Figura 6 Predio Villa Alejandra foto 1. 25

Figura 7 Predio Villa Alejandra foto 2. 26

Planteamiento del problema

La avanzada y creciente crisis energética que se experimenta actualmente en nuestro país, la migración y/o desplazamientos de la población de la zona rural y el continuo impacto sobre el medio ambiente a causa de la contaminación producida por fuentes energéticas no naturales, requieren de la implementación de nuevas tecnologías y la optimización de los recursos para lograr un desarrollo sostenible; para esto se hace necesario la creación de nuevas técnicas que maximicen la eficiencia del uso de los recursos y nos ayuden con la reducción del impacto ambiental.

Con este trabajo se busca evaluar las posibilidades de plantear una alternativa de aprovisionamiento de energía renovable a viviendas rurales en donde se presentan exceso de suspensión del servicio de energía eléctrica y aún mas donde no se logra tener disponible el servicio. Si bien la mayoría de los territorios nacionales cuenta con redes de energía eléctrica, existen un potencial de aplicación de nuevas fuentes de generación eléctrica, como la energía solar y la energía eólica, capaz de abastecer de energía limpia y suplir todas las necesidades domiciliarias básicas. La total autonomía energética de estas viviendas y sectores de la población obtendrían una gran ventaja, permitiendo una mejora en los aspectos económicos, sociales, en la calidad de vida y por supuesto en el aporte y beneficio al medio ambiente con el uso de estas fuentes de energía naturales. Con la utilización de la anergia solar y eólica, ampliamente conocida por un gran sector industrial y urbano, podría atraer y convocar a una amplia población rural e involucrarlos con la concientización de la utilización de estas fuentes de energía, como

aporte significativo al medio ambiente y conservación del mismo, como beneficio adicional el ahorro y el posible ingreso económico al entorno familiar.

Como parte de la presente investigación se aborda una etapa de evaluación teórica de la producción de energía solar por medio de paneles fotovoltaico y de energía eólica por medio de un aerogenerador conectada a la red eléctrica de una vivienda en el sector de la vereda Vetulia en el municipio de Tena Cundinamarca.

El predio seleccionado cuenta con un área en terreno de aproximadamente una fanegada, tiene una área construida para vivienda y área de recreación de aproximadamente 350 M2, el servicio de energía eléctrica actual lo suministra la empresa de energía Enel - Codensa, a partir de una acometida general con tensión de 100 v – 127 v a 60 Hz, realizando el levantamiento de información de las necesidades eléctricas actuales, se encuentra que el consumo mensual promedio aproximado es de 265Kw/h, distribuido de acuerdo con la descripción en la tabla 1.

Tabla 1

Electrodomésticos y consumo promedio de energía.

ELECTRODOMESTICO	POTENCIA AC KW	USO HORAS DIA	CANTIDAD	CONSUMO	
				DIARIO KWh	MENSUAL KWh
Nevera	0,30	8,5	1	2,55	76,50
Plancha	1,20	0,4	1	0,48	14,40
Lavadora	0,43	5,5	1	2,365	70,95
Ventilador	0,06	8	3	1,44	43,20
Licuadora	0,45	0,2	1	0,09	2,70
Bombilla 60V	0,02	1,6	12	0,384	11,52
T.V	0,10	4,5	2	0,9	27,00
DVD	0,02	5,5	1	0,11	3,30
Microondas	0,20	0,3	1	0,06	1,80
Computador	0,08	2,5	1	0,2	6,00
Barra de sonido	0,05	5	1	0,25	7,50
TOTAL	2,91			8,829	264,87

Como parte de la aplicación de la investigación, se plantea implementar el sistema alterno de suministro de energía eléctrica, con la instalación de paneles solares fotovoltaicos y de un aerogenerador de respaldo, que sume al sistema la energía eólica que produzca el mismo. Con una generación eléctrica a pequeña escala se aporta el beneficio de disponibilidad permanente del servicio, que mitigue los impactos por cortes ocasionales de energía causados por daños en la red o apagones programados; se desarrolla un modelo eficiente en donde se involucra el concepto de productor y consumidor. Con este modelo híbrido a pequeña escala se busca como prototipo, presentarlo a la comunidad de los predios vecinos, generar el interés de adopción del mismo y promover una cultura de energías limpias, que contribuyan con la protección del medio ambiente.

Objetivos

Objetivo General.

Recopilar toda la información suficiente y necesaria para aportar como iniciativa teórica - práctica, la implementación de un sistema híbrido de suministro de energía eléctrica (solar – eólico), con base en las necesidades de consumo, de una vivienda construida en un predio ubicado en la vereda Vetulia, municipio de Tena Cundinamarca.

Objetivos Específicos.

- Entender el potencial de las fuentes de energía solar y eólica, en beneficio de la obtención de energía alternativa.
- Evaluar las alternativas de aplicación, a partir del análisis de los requerimientos de consumo de una vivienda rural, para seleccionar los equipos adecuados a la necesidad planteada.
- Presentar el resultado de la evaluación del costo y beneficio que se obtendría con la utilización del sistemas de energía planteado.

Justificación

Teniendo claro, que las fuentes de energías no renovables continúan contribuyendo con la contaminación al medio ambiente, adicionalmente los recursos que se emplean para la generación de esta electricidad vienen agotándose a mediano plazo; y el sistema de generación y comercialización de energía eléctrica presenta cada vez mas una afectación a la economía de la población a causa del incremento de las tarifas que se establecen, sin que exista mayor posibilidad de reclamación al echo. se presenta la necesidad de buscar y utilizar las energías renovables, como alternativas de generación de electricidad, asumiendo que las fuentes sol y viento, tienen un potencial inagotable, al proporcionar los beneficios de manera natural y continuo. Por ello como aporte de la investigación, se quiere demostrar puntualmente las ventajas de aplicar el sistema hibrido solar- eólico en un entorno rural y reducido, aplicando la información recopilada para plantear un sistema de aprovechamiento de estas fuentes naturales como generación de electricidad. El concepto de fuente solar y eólica se expande rápidamente, superando las fuentes convencionales.

Marco teórico

Como parte de la base teórica de la investigación encontramos innumerables fuentes de información de consulta que definen en profundidad y amplio detalle, la transformación mundial del clima y sus efectos negativos sobre el medio ambiente a causa del uso de energías fósiles, sin embargo, abordaremos de forma general para nuestro estudio e investigación las energías denominadas renovables, la utilización y beneficios que se pueden obtener de estas energías; como son la energía solar fotovoltaica y la energía eólica.

Las energías renovables denominadas también limpias son aquellas que se producen en forma continua y son las que se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. La disponibilidad energética de las fuentes de energía renovable es mayor que las fuentes de energía convencionales, sin embargo su utilización es escasa. En vista que las energías convencionales (petróleo, gas, carbón) se irán agotando y terminando finalmente, es apremiante dar inicio o continuar paulatinamente con el uso de energías renovables ya que los costos de instalación son más bajos y de rápida amortización, además constituyen una exigencia social por el incremento de seres humanos que habitan en nuestro planeta, cabe recalcar y digno de mencionar que se viene percibiendo el incremento del uso de este tipo de fuentes de energía en estos últimos años. De igual modo, el cuestionamiento del modelo de desarrollo sostenido y su cambio hacia un modelo de desarrollo sostenible, implica una nueva concepción sobre la producción, el transporte y el consumo de energía. En este modelo de

desarrollo sostenible, las energías de origen renovable como ya se mencionó son fuentes de energía inagotables con la peculiaridad de ser energías limpias, con un nulo o escaso impacto ambiental, su utilización no tiene riesgos potenciales añadidos, indirectamente suponen un enriquecimiento de los recursos naturales y son una alternativa a las fuentes de energía convencionales, pudiendo sustituirlas gradualmente con la idea que hacia el futuro y en beneficio de preservar nuestro medio ambiente sea a un futuro próximo reemplazadas totalmente.

La energía solar es una fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la tierra. Cada año la radiación solar aporta a la tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares. Mediante colectores solares, la energía solar puede transformarse en energía térmica, y utilizando paneles fotovoltaicos la energía luminosa puede transformarse en energía eléctrica. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí en cuanto a su tecnología. Así mismo, en las centrales térmicas solares se utiliza la energía térmica de los colectores solares para generar electricidad. (CIP-Ecosocial, 2009)

Ventajas de la energía solar

La energía solar se obtiene transformando la energía del sol en energía eléctrica, este proceso se da gracias a los materiales que tienen la particularidad de absorber fotones y emitir electrones, esta energía es apta para un consumo energético bajo, teniendo mayor aprovechamiento en las zonas donde no existe tendido de redes eléctricas convencional. La energía solar contribuye con

la reducción ante el efecto invernadero y estas están clasificadas como; sistemas fotovoltaicos que es el conjunto de los equipos mecánicos y eléctricos constituidos por los paneles o modulo fotovoltaico, la batería, el regulador de carga, el inversor y las cargas de aplicación con referencia al consumo. Esta tiene las siguientes funciones: Trasmformación de energía solar a energía eléctrica, Almacenamiento de la energía generada, proporcionar y distribuir la energía eléctrica generada y almacenada. Según (Méndez y Cuervo 2007) estos procesos fotovoltaicos se clasifican en:

Sistemas aislados. pueden ir con o sin batería, son aquellos sistemas que satisfacen la demanda energética en las zonas donde no existen distribución de redes eléctricas tradicionales y normalmente solo proporcionan energía en el día y tienen un sistema acumulador de energía. En otros casos no necesitan de acumuladores ya que solo lo requiere mientras haya sol.

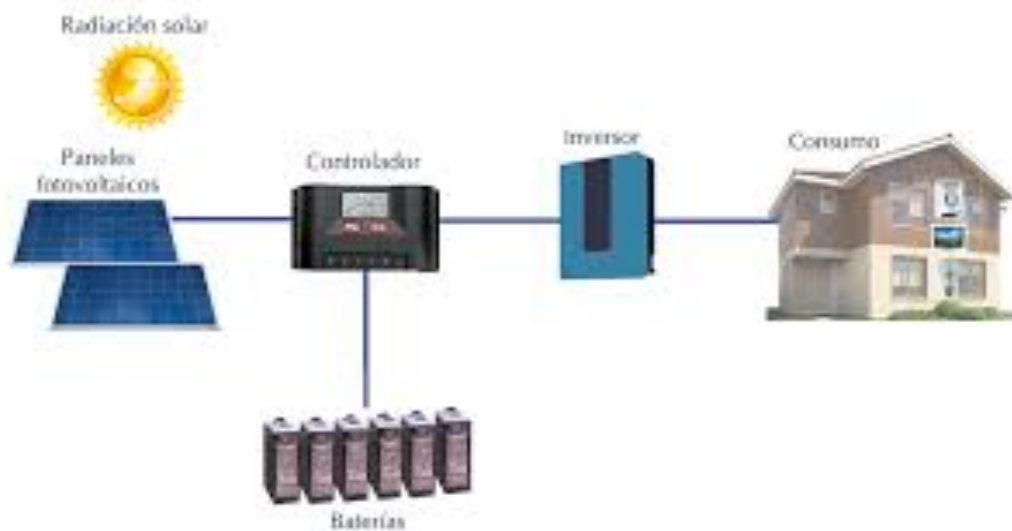


Figura 1. Sistema fotovoltaico aislado. Copyright Bester Energy

Sistema de conexión a la red. Son los que no requieren de un acumulador debido que a las horas de insolación la energía se canaliza a la red eléctrica, esta consta de un sistema de seguimiento de tensión y distribución y no contiene baterías.

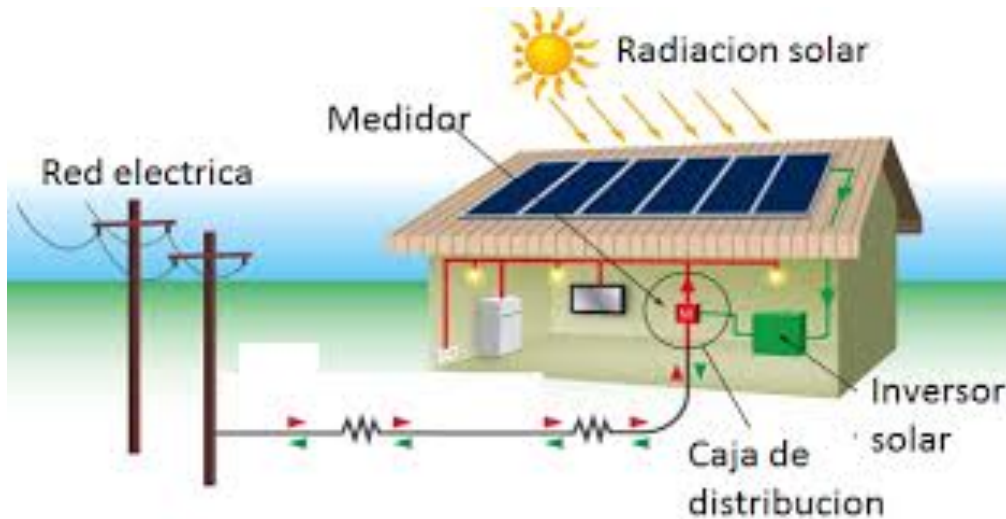


Figura 2. Sistema conexión a la red. Copyright Energía solarfotovoltaica.org

Sistema híbrido. Son aquellos sistemas fotovoltaicos que se apoyan de otra fuente generadora secundaria que pertenece a otro sistema de generación eléctrica por ejemplo eólica.



Figura 3. sistema hibrido. Copyright UNIES

Ventajas de la energía eólica

La energía eólica no contamina, es inagotable; genera energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica, supone desde el punto de vista ambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación. Se suprimen radicalmente los impactos negativos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, entre otros.

Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica no produce ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. (Castro, Ramis, Cotarelo y Riechmann, 2005)

Tabla 2

Abreviaturas de las unidades

Abreviatura	Significado
m	Metro (3,28 pies)
s	segundo
h	Hora
W	vatio
tep	Tonelada equivalente de petróleo
Hz	Hercio (ciclos por segundo)

Velocidades del viento

1 m/s = 3,6 km/h = 2,187 millas/h = 1,944 nudos

1 nudo = 1 milla náutica/h = 0,5144 m/s = 1,852 km/h = 1,125 millas/h

Tabla 3

Escala de velocidad del viento.

Velocidad de viento a 10 m de altura		Viento
m/s	nudos	
0,0 - 0,4	0,0 - 0,9	Calma
0,4 - 5,8	0,9 - 11	Ligero
5,8 - 8,5	11 - 17	Moderado
8,5 - 11	17 - 22	Fresco
11 - 17	22 - 34	Fuerte

17 - 25	34 - 48	Temporal
25 - 34	48 - 65	Fuerte temporal
>34	>65	Huracán

Unidades de energía

1 J (julio) = 1 Ws = 4.1868 cal

1 (kilovatio-hora) kWh = 3.600.000 Julios 1

Potencia

La potencia eléctrica suele medirse en vatios (W), kilovatios (kW), megavatios (MW), etc. La potencia es transferencia de energía por unidad de tiempo. La potencia puede ser medida en cualquier instante de tiempo, mientras que la energía debe ser medida durante un cierto periodo, p.ej. un segundo, una hora o un año.

Unidades de potencia

1 kW = 1.359 CV (HP)

(Mur Amada., sf)

El acuerdo de París en 2015 sentó la necesidad de promover el desarrollo económico mundial a partir de energías renovables. La UPME y el Ministerio de Minas y Energía estiman que para antes de 2030 cerca de 10% del consumo energético en Colombia va a provenir de proyectos fotovoltaicos o solares Informe de El Espectador-1.

En el estudio "La gestión para cadena de suministro de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia y su situación actual (2018)"² se afirma que Colombia cuenta con una irradiación que supera el promedio mundial, lo que favorece positivamente el potencial del país en energía solar fotovoltaica. Esta irradiación, presenta mayor concentración en las regiones de la costa Atlántica y Pacífica, la Orinoquía y la Región Central. El promedio es de 4.5 kWh/m²/d³, que supera el promedio mundial de 3,9 kWh/m²/d, estando por encima de Alemania (3,0 kWh/m²/d), país que hace mayor uso de la energía solar fotovoltaica a nivel mundial.

En el mes de abril del 2019, se inauguró en el municipio El Paso, del departamento del Cesar, la planta de energía renovable más grande del país, con una capacidad instalada de 86,2 MW., lo que representa el 80% de la capacidad instalada de energía solar en el territorio nacional. Este parque solar desarrollado por Enel Green Power, multinacional Italiana, cuenta con 250.000 paneles ubicados en cerca de 210 hectáreas, área equivalente a 227 canchas de fútbol. <https://www.fise.co/noticias/enlaces-de-interes/ArtMID/1537/ArticleID/67/Colombia-y-su-gran-potencial-para-la-energ237a-solar>

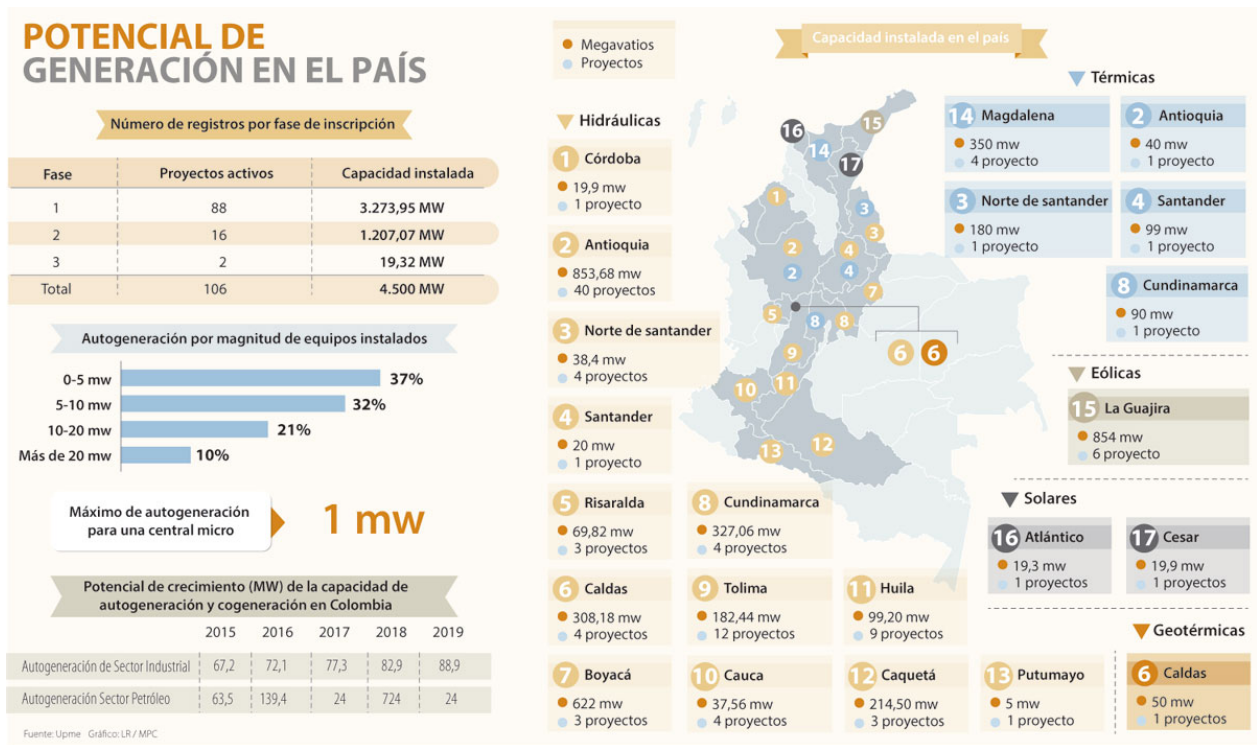


Figura 4 Energías limpias en el país. Copyright <https://www.evwind.com>

“Además, gracias a la resolución 030 de 2018, los colombianos pueden inyectar energía a la red de fluido eléctrico de las ciudades, siempre y cuando este no supere los 1.000 kWh de capacidad eléctrica. Con esta determinación, el mercado de la energía solar en Colombia se vuelve cada vez más accesible porque permite que cualquier persona natural ponga en su casa energía renovable y se vea beneficiada en tal sentido”. www.satpc.com.co, 2019.

Según el reciente estudio, los beneficios del uso de energías renovables aportaría beneficios importantes a los usuarios que adoptan su uso.

“ Los paneles solares, durante el día, producen energía fotovoltaica a partir de la radiación que reciben y la convierten en corriente directa o continua, la cual es una variación de la corriente eléctrica.” www.satpc.com.co, 2019.

En el comercio nacional, cada día existe mayor disponibilidad de los componentes de un sistema de energía solar, logrando reducir los precios por la amplia oferta de componentes de estos sistemas.

“ Para adecuarla a las condiciones eléctricas del país y de los electrodomésticos utilizados, debe pasar por inversores o microinversores para que sea distribuida según la potencia producida y sea convertida en corriente alterna.” www.satpc.com.co, 2019.

La adecuación de un sistema de energía solar gracias a la simplicidad de los componentes, aunque necesita de cierto conocimiento técnico, no resulta muy compleja su implementación.

“Una vez es transformada, la corriente debe pasar por un medidor bidireccional que determina cuánta energía se ha producido y cuánta se ha consumido. Y aquí es donde el sistema se convierte en una especie de crédito: durante el día, como no se consume la totalidad de la corriente, el exceso es inyectado a la red eléctrica local. En la noche, cuando se necesita la totalidad de la corriente eléctrica para la casa, se toma la energía de la red. El pago por el ‘préstamo’ se da en la factura mensual, en la cual se indica cuánta energía se inyectó a la red y cuánta se consumió. En últimas, se paga con la energía autoproducida.” (www.satpc.com.co, 2019).

La inversión realizada para implementar un sistema de energía renovable, se reduce con relación al tiempo que el mismo dura funcionando y la reducción de gastos sobre el sistema eléctrico convencional.

Situación climática de la región base de la investigación y su implementación.

La Vereda Vetulia del municipio de Tena – Cundinamarca, se ubica dentro de la región del Tequendama, la situación que afronta esta región no esta lejos de lo que sucede en otras regiones del país, y en el resto del planeta, en donde por causas del incremento de la temperatura y los cambios climáticos, se han reducido las fuentes hídricas y recursos naturales que limitan la capacidad productora de agua, lo que impacta el suministro de liquido permanentemente, generando frecuentes racionamientos del servicio. En contexto al efecto sobre la producción energética, se presenta una reducción en la capacidad de las hidroeléctricas de la región, generando la necesidad de incluir nuevas fuentes de obtención de energía.

Marco legal

Colombia ha sido un país que en las últimas décadas se ha comprometido con el ámbito internacional con relación al cambio climático, donde el desarrollo de proyectos de generación de energías renovables no convencionales (FNCER) adquiere una gran relevancia para dar cumplimiento. La legislación colombiana para las energías no convencionales es amplia; a la fecha el Gobierno y las entidades delegadas por la Ley para su reglamentación han expedido las siguientes normas:

1. Decreto 2492 de 2014 “Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda”.
2. Decreto 2469 de 2014 “Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración”
3. 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.”
4. Resolución UPME 0281 de 2015 “Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala”
5. Resolución CREG 024 de 2015 “Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)”.

6. 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”
7. Resolución Ministerio de Ambiente 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”.
8. Resolución Ministerio de Ambiente 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”
9. Decreto 348 de 2017 “Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala”.
10. Resolución Ministerio de Ambiente 1988 de 2017. PAI 2017 – PROURE (Programas para Exclusión IVA)
11. Resolución UPME 585 de 2017 (Procedimiento ante UPME Exclusión de IVA)
12. Resolución Ministerio de Ambiente 2000 de 2017 (Procedimiento ante ANLA para exclusión de IVA)

13. Decreto 1543 de 2017 “Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, Fenoge”
14. Resolución CREG 167 de 2017 “Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme de plantas eólicas”
15. Resolución CREG 201 de 2017 “Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas”
16. Decreto 570 de 2018 “Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones”
17. Resolución CREG 015 de 2018 “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional”. *Ver capítulo 10 para metodología de cálculo del servicio de respaldo.*
18. Resolución CREG 030 de 2018 “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional”
19. Resolución CREG 038 de 2018 “Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas” (<http://www.estudiolegalhernandez.com/energia-renovable/marco-juridico-de-las-energias-renovables-en-colombia/>)

Marco Geográfico.

El predio para la implementación de la investigación es una finca llamada Villa Alejandra el cual consta de un área de 4.500M2 ubicado en la vereda Vetulia municipio de Tena vía a la Mesa departamento de Cundinamarca, este predio es dedicado como casa familiar de descanso y de cultivo frutal a pequeña escala. En las figura 5, se observa la ubicación de Google Mapa, en figuras 5 y 6 se muestra el área y fachada del predio.

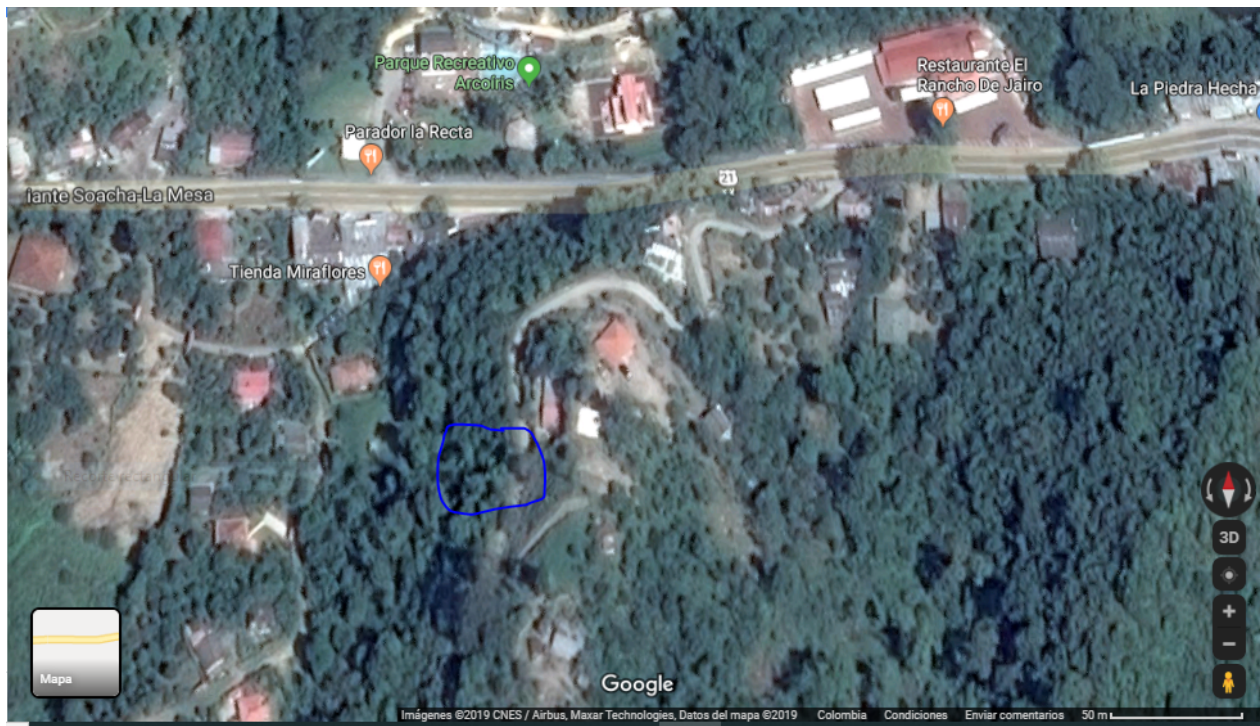


Figura 5 Ubicación del predio. (Copyright Google maps.)



Figura 6 Predio Villa Alejandra foto 1. (Copyright Johnny Villamil.)



Figura 7 Predio Villa Alejandra foto 2. (Copyright Johnny Villamil.)

Metodología

El desarrollo del proyecto de investigación , se da en tres etapas generales; etapa de identificación del alcance de la investigación, en esta primera etapa se procede con el análisis de la problemática que surge del uso de energía convencional, fallos en la red eléctrica por racionamientos a causa del cambio climático, incrementos tarifarios del servicio eléctrico, y des interés por la conservación del medio ambiente; trasladando el proceso de investigación a una comunidad rural, y proyectando los resultados de estudio sobre una vivienda específica, en donde se plantea como resultado el uso de una sistema de energías renovable.

En la segunda etapa de desarrollo de la investigación, nos enfocamos en consultar las innumerables fuentes de información que existen sobre el tema, reconocer la terminología, las teorías y aplicaciones de estos conceptos de manera simple y clara dentro del marco teórico, a pesar de la cantidad de información que se encuentra sobre el tema, se identifica la conceptualización teórica del campo de estudio, que se plantea como hipótesis.

Y como tercera y última etapa presentamos la solución a partir de los resultados experimentales obtenidos en las labores de campo, definición de tecnología de equipos, las capacidades requeridas, presupuesto y cronograma de implementación.

Para la investigación se tiene como base la recopilación, análisis y evaluación para la puesta en marcha de un sistema como prototipo, de una solución eléctrica de fuentes renovable, a partir de la energía solar y energía eólica, para suplir las necesidades eléctricas de una vivienda rural específica. Para tal fin se utiliza un enfoque cuantitativo y cualitativo, los cuales fueron de gran importancia para el desarrollo de esta investigación, mostrando una mayor participación el enfoque cuantitativo

Adicionalmente como parte de la metodología se aplica cada uno de los lineamientos establecidos por la Universidad EAN, para el desarrollo del contenido documental del presente proyecto de investigación, apoyándonos igualmente en los conceptos que se han venido obteniendo con el desarrollo de nuestra especialización en gerencia de proyectos de la Universidad EAN.

Enfoque Cuantitativo

Los datos de carácter cuantitativo se vieron reflejados en todas las etapas de la investigación, logrando de esta manera, mostrar de forma veraz aspectos que circunda la puesta en marcha de esta solución energética.

Los aspectos cuantitativos que se manejaron en el desarrollo de esta investigación son los siguientes:

- Diagnostico referente a los electrodomésticos, iluminación, ventiladores y el consumo promedio de energía que los mismos tienen por su funcionamiento en la vivienda

escogida para aplicar el proyecto de investigación, estos datos son importantes teniendo presente la dinámica en un hogar ubicado en una zona rural.

- Los rangos del consumo promedio de electricidad con costo directo cobrado por la compañía prestadora del servicio de energía eléctrica Enel-Codensa, que pueden ahorrarse con la solución propuesta en esta investigación, resultan de gran importancia ya que es un elemento decisivo para promover la solución descrita.
- Comparativo monetario entre la energía tradicional y la nueva solución de energía renovable, el ahorro y nuevos ingresos por la venta de la energía residual producida, como beneficios y retorno de la inversión que genere la implementación del proyecto de investigación.
- Proyección de los costos de implementación y cronograma de actividades para la puesta en marcha del sistema eléctrico renovable de energía solar y energía eólica propuesto, convirtiéndola en una energía eléctrica de 100V a 120V a 60 Hz.

Enfoque Cualitativo

Los datos cualitativos aportan a este proyecto de investigación elementos que apoyan las decisiones, análisis y evaluaciones de puesta en marcha de sistema eléctrico renovable de energía solar y energía eólica. El enfoque cualitativo que se maneja en este documento se puede evidenciar en lo siguiente:

- Análisis de las teorías, tratados que apoyan la conservación de los recursos naturales y la búsqueda e implementación de energías renovables, como aporte a la protección del medio ambiente y efectos sobre el clima.
- La visión nacional acerca de la búsqueda de fuentes alternativas de energía y sus normativas actuales.
- Análisis y selección de la zona en la cual se va a establecer la solución energética descrita en este documento, por tal motivo se escoge la vereda Vetulia municipio de Tena vía a la Mesa departamento de Cundinamarca, por estar dentro del área geográfica con características climáticas y topográficas que permiten la aplicación práctica de la investigación.
- De acuerdo con un análisis previo se escoge la finca Villa Alejandra perteneciente a dicha vereda antes menciona, en donde existe la aceptación después de una entrevista por parte de su propietario para ser piloto en el análisis e implementación de esta solución energética renovable.
- El trabajo de campo que se concentra en la finca, el cual consta de visita en sitio, verificación fotográfica y aérea del terreno (Dron), como también la revisión fotográfica interna de la vivienda, medición de consumo máximo de los electrodomésticos, iluminación, ventiladores y demás equipos que se conectan al sistema eléctrico de la vivienda.
- Narración por parte de algunos vecinos de la vereda Vetulia municipio de Tena vía a la Mesa departamento de Cundinamarca, con respecto a su percepción de los fenómenos

naturales, época de vientos, época de lluvias y verano durante las diferentes épocas del año.

- Análisis y estudio de un sistema similar previamente implementado, involucrando en el trabajo de campo la asesoría de personal especialista en este campo, para apoyar la selección de los componentes y condiciones ideales de implementación del sistema.

Variables

Dentro del desarrollo de la investigación y pruebas de campo, para garantizar la eficiencia y reducir los efectos que no permitan el rendimiento óptimo de la solución, se contemplan las siguientes variables que permiten evaluar las condiciones existentes y determinar la solución a nivel de componentes mas apropiada para ser implementada.

Variables cuantitativas:

- La variación de la radiación recibida del sol
- Variaciones climaticas a nivel de temperatura.
- Polución que impacte el efecto de reflexión.
- Los angulos de inclinación de los paneles.
- Densidad del aire
- Velocidad del viento
- Area por donde pasa el viento.
- Promedio de consumo energetico ultimos periodo – semestral.
- Valoración economica de la inversión y beneficio obtenido Consumo Kv/h *precio actual
 Kv/h vs ahorro Capacidad producida del sistema propuesto.

Como parte de la observación general del ecosistema de implementación se contemplan las

Variables cualitativas como:

- Nivel socio economico de la población a beneficiar con la investigación.
- Area geografica de implementación, dificultades técnicas y condiciones admosfericas y climaticas.

Hipótesis

Las energías renovables solar y eólica propuestas a partir de la investigación, resultan ser las más adecuada para abastecer de energía eléctrica la vivienda rural objeto del estudio, generando un aporte real frente a la protección del medio ambiente y al impacto sobre el cambio climático.

Sustituir la fuente de energía eléctrica actual, entregada por el productor y distribuidor Enel – Codensa; por una fuente de energía alternativa a través de un sistema híbrido de energía solar fotovoltaica y energía eólica, beneficia la economía de los habitantes de la vivienda por el ahorro obtenido al usar el sistema de energía híbrido; simultáneamente incrementa los ingresos económicos por la venta de la energía residual producida por el mismo sistema.

El ahorro por utilización del sistema híbrido de energía propuesto, y el ingreso por la venta de la energía residual producida por el sistema; permite un retorno de la inversión en muy corto plazo.

Instrumentos de recolección de datos

A partir de las diferentes etapas fijadas en la metodológica de desarrollo de la investigación, definimos los instrumentos de recolección de datos que se aplican para obtener los resultados que luego de su análisis conllevaran a la toma de decisión y conclusiones de la investigación. Entre estos instrumentos involucramos; la entrevista al personal especializado que nos guie y contextualice en las nuevas tecnologías que se encuentran disponibles para aplicar de acuerdo con la necesidad planteada.

La entrevista fue desarrollada con la participación del ingeniero de proyectos Luis Navarro, de la compañía SyG Energy S.A.S., la misma se fue desarrollo dentro del marco de investigación en campo, a partir de la vista realizada a la finca Villa Alejandra el 01 de noviembre de 2019, a partir de las 9:00 am. con cada una de las repuestas entregadas por el entrevistado podemos reafirmar nuestro marco teórico, en relación a los beneficios que se obtienen del uso de las energías renovables, y disponer de mayor fuente de información directa que afianza la labor de investigación expuesta en el presente documento.

Según nuestro entrevistado la política actual de energías renovables del gobierno nacional, permite cada día que Colombia se incursione mas en proyectos de gran escala a mediano y largo plazo para construir grandes infraestructuras de aprovechamiento de la energía solar y eólica en diferentes regiones del país, las cuales aportarían un alto porcentaje de energía eléctrica para las regiones mas vulnerables y de menos desarrollo social y tecnológico, por no disponer del suministro eléctrico; este desarrollo tecnológico de estas regiones se debe a la relación directa que siempre ha tenido la energía eléctrica y las telecomunicaciones.

Nos comentó también sobre los beneficios tributarios que se obtienen por la inversión que se realice en la implementación de cualquier sistema de energía solar y/o eólica. El cual representa una deducción del 100% del costo de inversión de la solución del impuesto de renta. Adicional del beneficio que se obtienen por la generación de energía eléctrica a través de un sistema solar y/o eólico, por el cual la compañía de energía a quien se le suministra la energía generada traslada el descuento correspondiente sobre la facturación que se expide por el uso de la energía convencional.

Con relación a los componentes que integran un sistema de energía solar, nos traslado que estos actualmente son de muy fácil adquisición , en donde el componente mas relevante del sistema resulta ser los paneles solares que capturan la radiación solar para ser transformada y almacenada, sin embargo el componente de mayor impacto económico resulta ser el acumulador o batería de la energía, la cual dependiendo de la autonomía que se configura según el caso, representa el costo dentro del presupuesto. Las zonas de mayor eficiencia para la implementación de energía solar resultan ser las zonas con menor nubosidad y mayor cantidad de exposición de energía solar diaria. En cuanto a los sistemas eólicos son las regiones costeras las mas eficientes para el desarrollo de un sistema de generación de energía, al no tener barreras para la acción del viento.

En búsqueda de información de fuentes con experiencia sobre la implementación de sistemas de energías renovables (solar y eólica), quisimos profundizar en el beneficio económico que atraería a un interesado a invertir en un sistema de esta categoría, obteniendo del entrevistado datos como una reducción hasta del 75% del costo de energía sobre el consumo de un sistema convencional, en el caso del retorno de la inversión de un sistema que costará entre \$18.000.000 y \$25.000.000

con la reducción sobre el costo promedio de \$ 350.000 mensual por uso de energía eléctrica generada por sistemas convencionales no renovables; se tendría un retorno de la inversión entre los 7 y 9 años, teniendo presente que el sistema tiene en promedio una vida útil superior a los 15 años.

Resultados

La medición en campo proporciona los datos de consumo real de la carga que representan todos los elementos relacionados de la vivienda, encendiéndolos simultáneamente y a través de un amperímetro para tomar la medición. se mide la radiación solar sobre la zona estudiada; de acuerdo con los cálculos obtenidos para determinar la necesidad de potencia energética a generar con el sistema de energía solar, se procederá a medir el área física para la ubicación de los componentes del sistema, tomando las mediciones de área con una cinta métrica. Toda la información recopilada con estos instrumentos se proceso y se obtuvo como resultado una propuesta técnica y económica proyectada por los ingenieros de la compañía S&G Energy SAS para la solución, que permita cubrir el objetivo y alcance definido en la investigación. En esta propuesta se relaciona la descripción de los equipos necesarios y ofrecidos, los beneficios a obtener con la implementación del sistema, las simulaciones de producción y consumo de energía mensual, el ahorro acumulado frente a la recuperación de la inversión. Nos permitimos trasladar esta propuesta técnica y económica a través del anexo documental (oferta técnica y económica prototipo).

Discusión

Analizados e interpretados los resultados de la investigación, nos encontramos con la indiscutible oportunidad que nos extiende el aprovechamiento de las fuentes naturales renovables (sol y viento) para la generación de energía y para la obtención de beneficios económicos, ambientales, y de desarrollo social.

Son innumerables los beneficios de la transformación y la adopción del uso de las fuentes renovables de generación de energía, a través de sistemas eficientes e innovación tecnológica con alto impacto positivo a la conservación del medio ambiente, a la protección de la humanidad a través de la reducción del uso de recursos naturales no renovables para la generación de la energía eléctrica. Estos beneficios cada vez son mas sensibles y demostrables, las brechas de la cultura de energías renovables en cada generación es mas estrecha, lo cual hace que la evolución de las mismas sea mas acelerada.

Conclusiones y recomendaciones

Luego de transcurrida cada etapa del proceso de investigación, recaudando la mayor cantidad de información, analizarla y evaluarla, modelarla e interpretarla podemos determinar con claridad que las soluciones de energía alternativa van tomando mayor importancia en la percepción global que representa el cuidado del medio ambiente, también en la incursión de nuevos segmentos de desarrollo tecnológico e innovación como aporte al desarrollo sostenible de la sociedad; no obstante, se presentan situaciones con menor expectativa, con posiciones más conservadoras frente a los avances que perfectamente se ubican de acuerdo a la realidad de la zona o región; por cuanto no es igual traer en un marco comparativo el crecimiento, la aceptación e implementación natural de estas alternativas de generación eléctrica en Holanda, Alemania, Canadá, USA; que en Colombia, Brasil, Ecuador, México. Aunque se han venido proyectando, con planes de desarrollo energético en donde el componente de energías alternativas es muy representativo, aún culturalmente existe una brecha amplia frente a los países referidos y comparados.

Desde la viabilidad de llevar a cabo la implementación de una solución a menor escala para un segmento social, concluimos que se cuenta con la experiencia y capacidad técnica local, se tiene la accesibilidad a los elementos, dispositivos y componentes de la solución sin mayor complejidad o restricción, se tienen políticas que incentivan y benefician su implementación y económicamente se logra tener la viabilidad luego de un análisis cualitativo y cuantitativo de la inversión.

Desde los hábitos de consumo en cada hogar, industria, empresa, institución gubernamental entre otras, los planes de incentivos de cada gobierno, los cambios y evolución en la fabricación de

dispositivos de mayor eficiencia y reducción de consumo energético, se logra determinar que la transformación del uso de energías alternativas a través de fuentes como el sol o el viento, conllevan a tener generaciones futuras con mayores probabilidades y adopción nativa.

Oferta técnica y económica prototipo



1

**INNOVANDO EN LA GENERACION Y
DISTRIBUCIÓN DE ENERGIA**

**PARA LA SOCIEDAD CON COMPROMISO
AMBIENTAL**

**Solución Solar CASA CAMPESTRE LA
GRAN VIA CUNDINAMARCA**



1 SITUACIÓN CONTEMPLADA

Se plantea solución de suministro de energía con paneles solares instalados sobre tejado, en predio ubicado en el municipio de Tena (Cundinamarca) interconectados con la red comercial.

De acuerdo a la información entregada, se tiene una proyección de consumo de 300 kWh mensualmente.

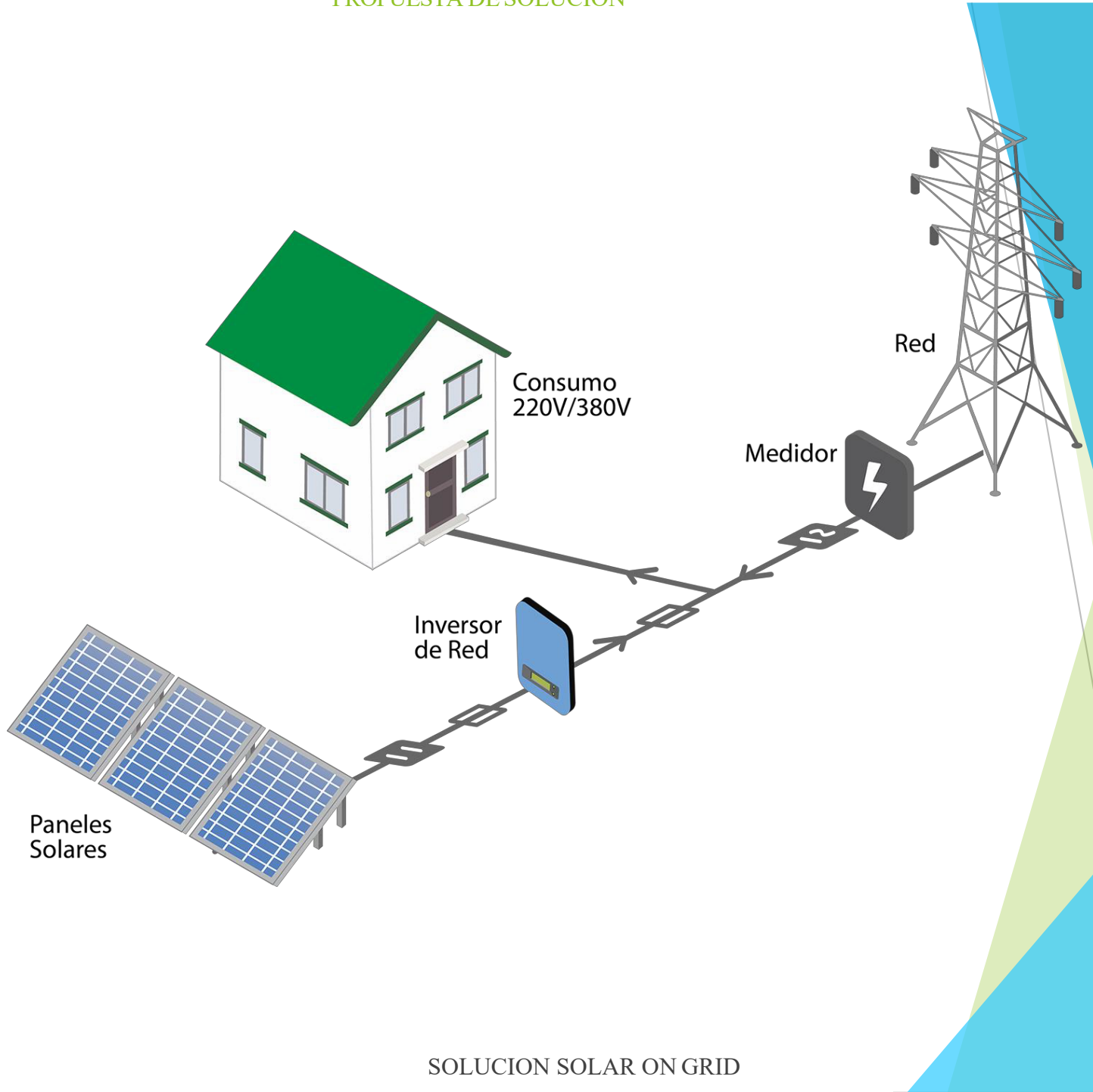
Adicionalmente se pretende aplicar los beneficios dispuestos en la ley 1715 del 2014 de la UPME y a la resolución 121 de 2017 de la CREG.

2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN



Se propone solución ON GRID, la cual permite conectar las fuentes de energía solar directamente a la red por medio de inversores.

- De acuerdo a la situación contemplada, se propone la siguiente solución:
- 8 Paneles solares Policristalinos de 280 Wp.
- Inversores de red de 1 kW.
- Estructura en aluminio para soportar los paneles sobre tejado.
- Tablero de distribución solar con sus protecciones.
- Sistema de puesta a tierra adicional.
- Certificación RETIE
- Tramites de registro ante la electrificadora

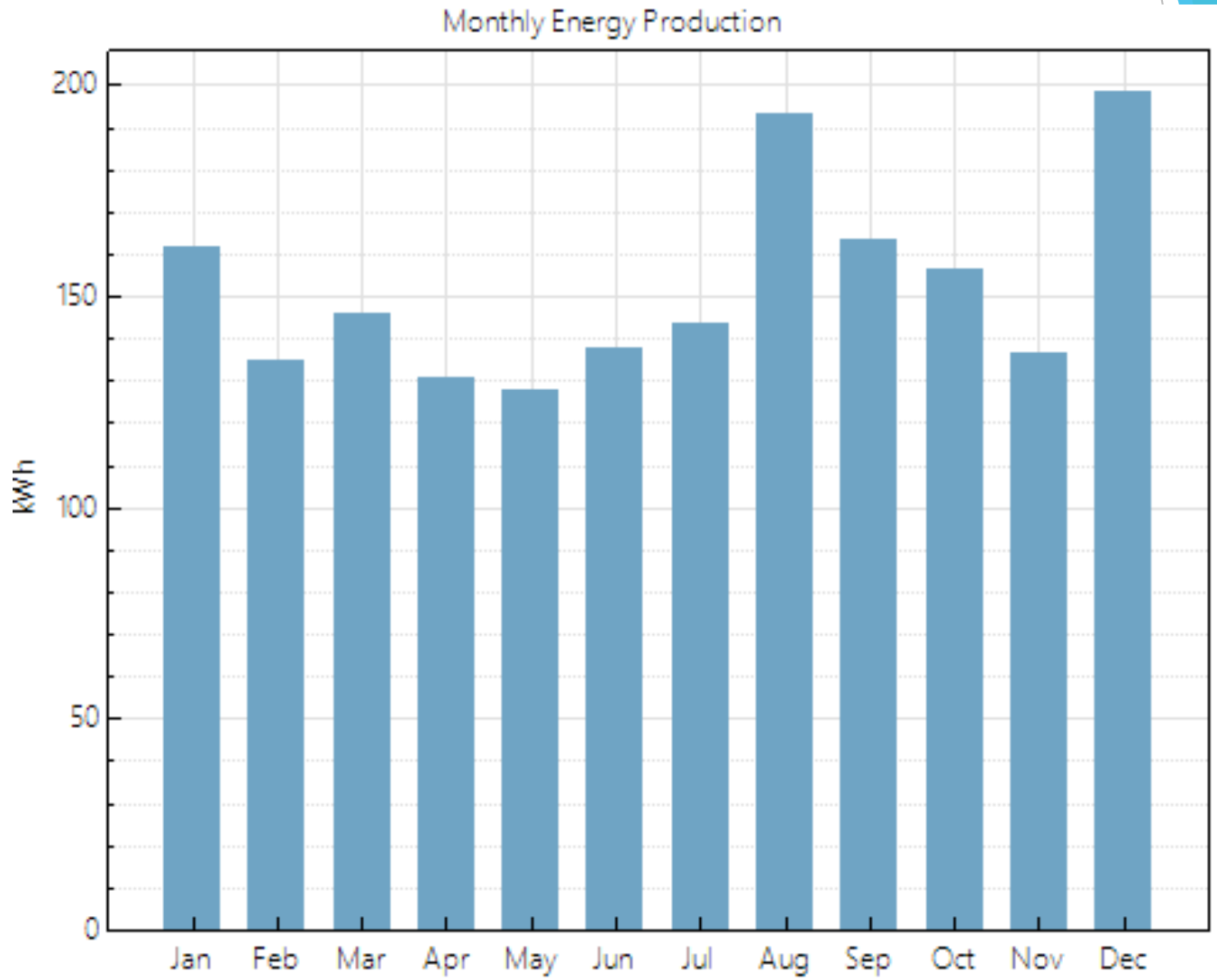
PROPUESTA DE SOLUCIÓN



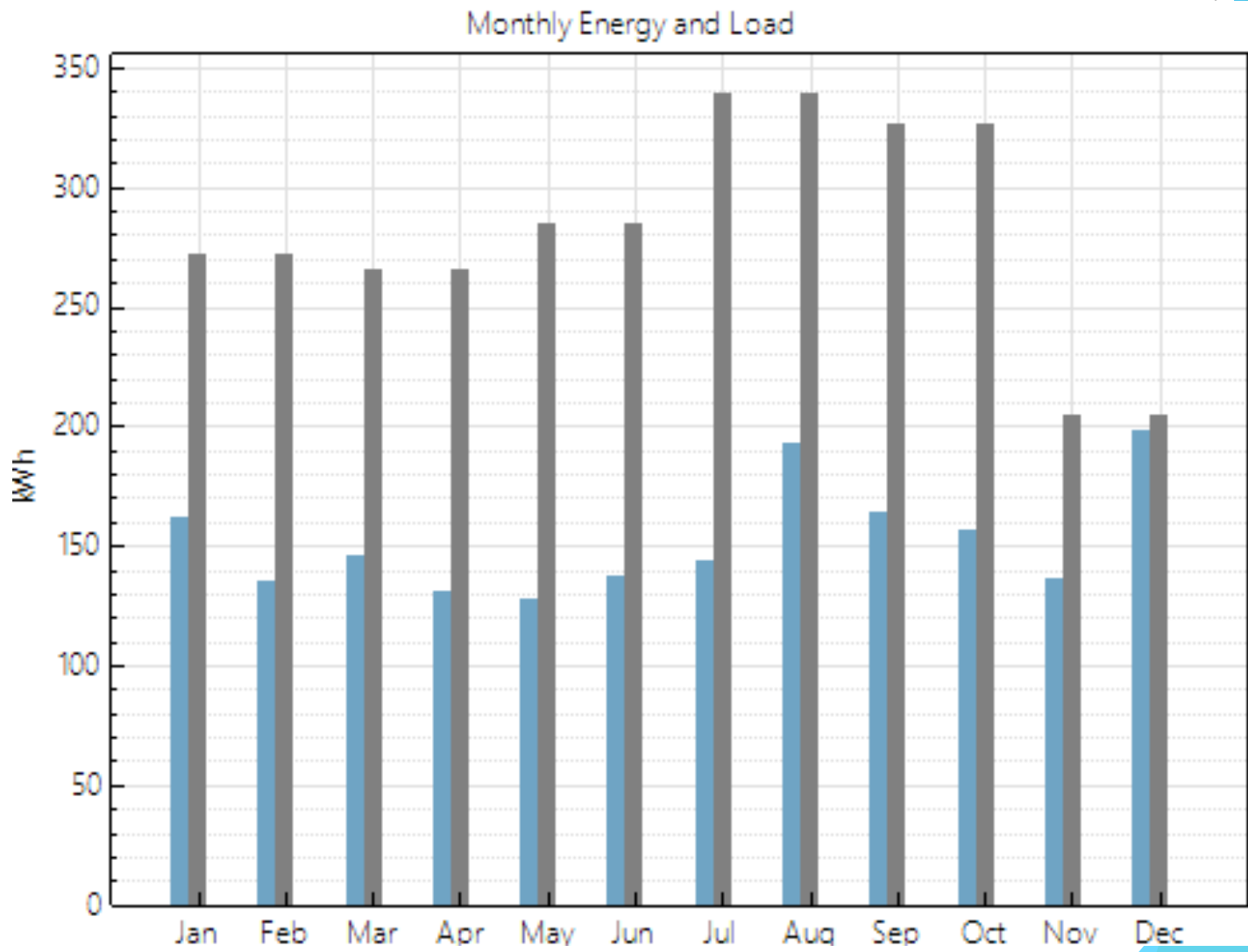
EQUIPOS AUTILIZAR

<p>Inversor On Grid</p>	
<p> Potencia: 1 kW Tecnología MPPT Eficiencia: > 96,5% a plena carga Temperatura de Operación: -40 a 60 °C Protección: Apagado por sobre voltaje, protección de apagado por corto circuito, protección de apagado por alta temperatura Voltaje des alida 208V/240V 3 fases 60 Hz </p>	
<p>Paneles solares</p>	
<p> Paneles solares de 280 W Voltaje de operación 32 V Tecnología Policristalina Eficiencia de la celda > 17,41% Temperatura de operación de -40 °C a 85 °C </p>	
<p>Estructura de Paneles</p>	
<p> Los soportes de los paneles son para el arreglo de paneles con las siguientes características: Fabricación en aluminio. La tornillería será en Acero inoxidable. </p>	
<p>Acometidas eléctricas e infraestructura eléctrica</p>	
<p> Se contemplan en los costos de suministro e instalación de la solución, los costos relacionados con la infraestructura civil para anclaje de la estructura de los paneles solares, acometidas eléctricas de baja tensión en sistema AC y DC que se requiere para la </p>	

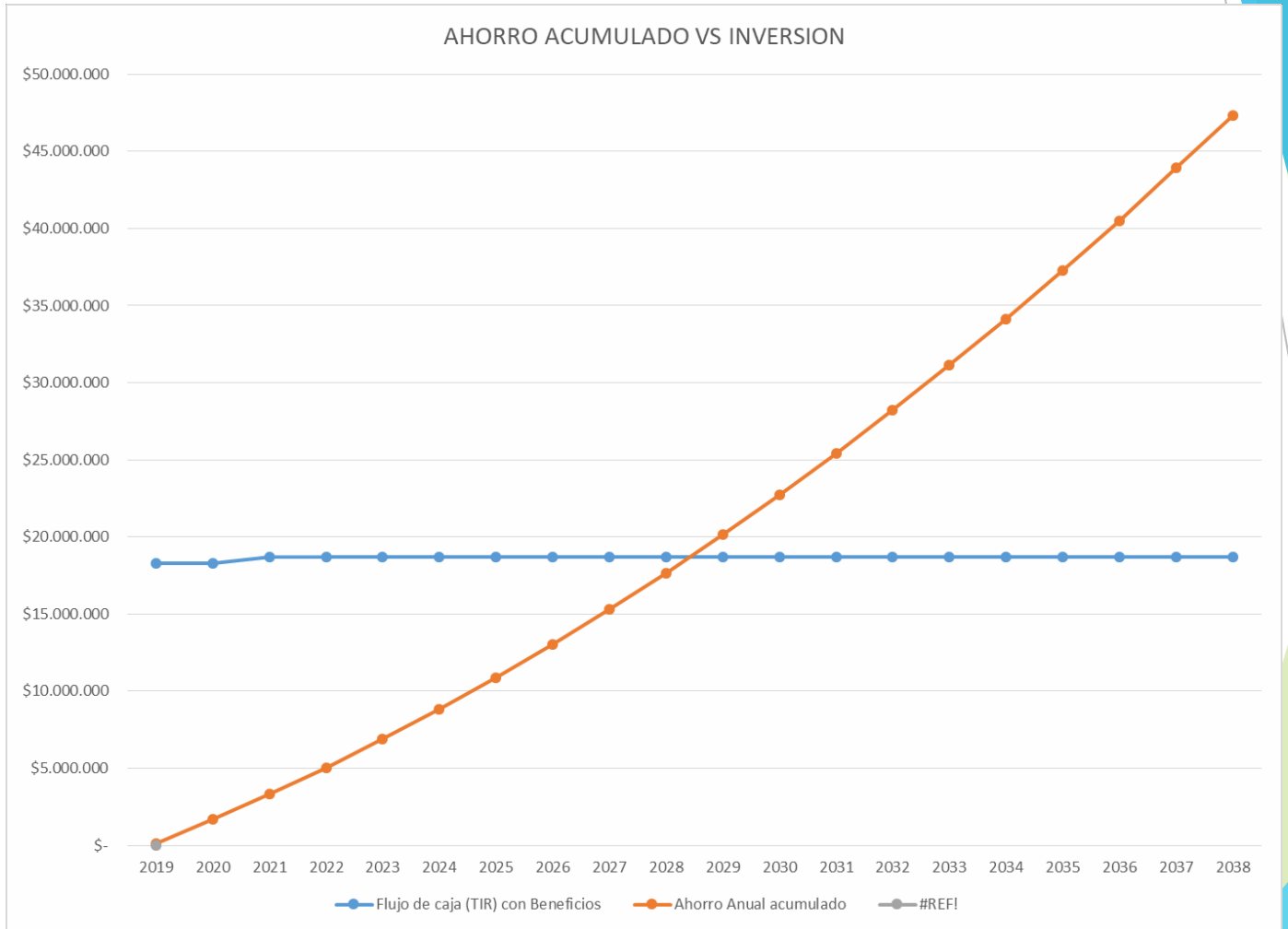
SIMULACION PRODUCCION DE ENERGIA MENSUAL



SIMULACION PRODUCCION DE ENERGIA MENSUAL VS CONSUMO



AHORRO ACUMULADO VS INVERSION: RECUPERACION 9 AÑOS



NOTA: Esta recuperación no tiene en cuenta el beneficio tributario de reducción en la declaración de renta, por lo tanto, al hacer efectivo este beneficio la recuperación se acelerará aproximadamente 4 años.

BENEFICIOS TRIBUTARIOS LEY 1715 DEL 2014 DE LA UPME

- **Deducción sobre el impuesto de renta hasta del 50% de la Inversión, en un periodo no mayor a 5 años posteriores a la implementación de la solución solar.**
- **Depreciación acelerada de la solución solar, en caso de ser requerido.**
- **Exclusión del IVA de los bienes y servicios contratados para el desarrollo de la solución solar.**

PROPUESTA ECONOMICA

Num. #	COT-156-001-A
Ciente	Milton Villamil
NIT	
Ciudad	Bogota
Contacto	Milton Villamil
e-mail	milton.villamil@hotmail.com
Cel	317 6612749
Fecha	14/11/2019

Referencia / Obra / Proyecto

SUMINISTRO DE SOLUCION SOLAR 2,2 KW

ID	DESCRIPCION	UNID	CANT	VALOR \$	TOTAL \$
1	Estructura metalica para paneles solares en cubierta inclinada	GB	1	\$ 1.442.286	\$ 1.442.286
2	Acometidas Electricas en cable solar de 2.5 mm2 desde los paneles hasta el inversor, y cable THHN/THWN 3x10F + 1x10N + 1x10T. Se incluyen canalizaciones en tuberia EMT, coraza metalica, conectores y demas accesorios requeridos.	GB	1	\$ 1.244.393	\$ 1.244.393
3	Tablero de distribucion general. Se incluyen las protecciones termomagneticas, diferencial y DPS.	Und	1	\$ 1.823.810	\$ 1.823.810
4	Sistema de puesta a tierra Solar. Se incluye 1 caja de inspeccion, 1 varilla, cable de cobre #6 desnudo y equipotencializacion con el SPT existente	Und	1	\$ 1.470.840	\$ 1.470.840
5	Diseño de solucion solar	Und	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
6	Tramites ante electricadora	Und	1	\$ 714.286	\$ 714.286
7	Certificacion RETIE	Und	1	\$ 1.285.715	\$ 1.285.715
8	Medidor Bidireccional ISKRA MT-174	Und	1	\$ 929.525	\$ 929.525
9	Transporte de materiales y equipos	Und	1	\$ 571.429	\$ 571.429
				SUBTOTAL	\$ 10.482.284

Detalle de costos Equipos sin IVA

ID	DESCRIPCION	UNID	CANT	VALOR \$	TOTAL \$
1	Modulo fotovoltaico policristalino 280 Wp TALESUN	Und	8	\$ 501.334	\$ 4.010.672
2	Inversor de Red AP System 1000W - 208 V	Und	2	\$ 1.561.906	\$ 3.123.812
				SUBTOTAL	\$ 7.134.484

CONDICIONES COMERCIALES

Moneda	COP
Vigencia	30 Dias
Entrega	30 Dias
Sitio	La Gran Via (Cundinamarca)
Pago	A Convenir

	SUBTOTAL	\$	17.616.768,00
	Administracion	\$	-
	Imprevistos	\$	-
	Utilidad	\$	-
19%	IVA	\$	1.991.633,96
	TOTAL	\$	19.608.401,96

Referencias bibliográficas

- (2017). Guía de citación y referenciación de la universidad EAN bajo el estándar APA. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/9035>
- Argüelles Pabón, D. C; Calderón Rojas, J.; Ortega, S. C; Patiño, J. C; De la Hoz, G. A; Cáceres, O. A.; Clavijo, S. B.; Correal, M. C; Cediell Fresneda, L. (2013). *Guía para la presentación de trabajos científicos bajo el estándar APA en la Universidad EAN*. Bogotá: Ediciones EAN.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and mixed Methods Approaches*. Los Angeles: Sage Publications. 4th edition.
- Gray, D. (2009). *Doing Research in the Real World*. Londres: SAGE Publications. 2nd edition.
- Hernández Sampieri, R; Fernández Collado, C; Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México DF, México: Mc Graw Hill.
- Medina, M. N. (2014). *La Investigación aplicada a Proyectos*. Centro de Investigaciones para el Desarrollo, Bogotá. Volumen I y II, segunda edición.
- Oyegoke, A. (2011). The constructive research approach in project management research. *International Journal of Managing Projects in Business* 4 (4): 573 – 595. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1108/17538371111164029>