CONCEPTOS Y RECOMENDACIONES EN VIABILIDAD DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA VIVIENDA RESIDENCIAL

Modalidad: SEMINARIO

CRISTIAN ALONSO PÉREZ CAMACHO

CC. 1098710347

MARLON JAVIER BAUTISTA GARCÍA

CC 1102361339

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER.

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS

TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

BUCARAMANGA, SANTANDER

CONCEPTOS Y RECOMENDACIONES EN FACTIBILIDAD DE LA INSTALACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA VIVIENDA RESIDENCIAL

Modalidad: Seminario

CRISTIAN ALONSO PÉREZ CAMACHO

CC. 1098710347

MARLON JAVIER BAUTISTA GARCÍA

CC 1102361339

TRABAJO DE GRADO PARA

Optar al título de tecnólogo en electricidad industrial

Docente instructor

Alfredo Rafael Acevedo Picón

Docente calificador

Fabio Alfonso González

Grupo de investigación en energía -GIE

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER.

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS

TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

BUCARAMANGA, SANTANDER

Nota aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del evaluador

_____

Firma del director

DEDICATORIA

Mis agradecimientos inicialmente son para Dios, que nos ha permitido tener esta experiencia, esta oportunidad de desarrollar un proyecto más, de sacar esta nueva oportunidad adelante seguidamente a mi familia, a mis padres, a mi mujer, a mis hijos que han sido mi motor, han sido mi guía, me han acompañado siempre, me han apoyado en cada una de mis decisiones. También a los docentes, a los profesores que han estado conmigo en este proceso que de una u otra manera han aportado y me han guiado, considero que ha sido de la mejor manera y que a pesar de los altibajos de cada momento se han aprendido y se ha valorado cada paso que se ha dado.

MARLON JAVIER BAUTISTA GARCÍA

DEDICATORIA

Dedicado especialmente para todos los residentes y la comunidad del barrio Comuneros, así como también a todos aquellos hogares a quienes pueda ayudar, orientar y beneficiar este proyecto.

CRISTIAN ALONSO PÉREZ CAMACHO

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Profesor Alfredo Acevedo que ha sido un gran guía en este proyecto y nos ha brindado excelentes herramientas, excelentes bases para poder llevar a cabo esta tarea. También agradezco a los docentes evaluadores a mi compañero de trabajo. A todos muchas gracias.

MARLON JAVIER BAUTISTA GARCÍA

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especialmente a Dios por la vida y los dones dados con los cuales he podido superar todas las vicisitudes presentadas en el transcurso de la carrera. A mis familiares por darme ánimo. A la comunidad docente de las UTS por su pedagogía y educación. A mis compañeros y colegas por luchar en conjunto por esta meta y mención especial al profesor Alfredo Acevedo por su coordinación y dirección del Seminario.

.**CRISTIAN ALONSO PÉREZ CAMACHO**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 12

INTRODUCCIÓN 13

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN 15

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15
1.2. JUSTIFICACIÓN 16

2. ESTADO DEL ARTE 18

2.1. OBJETIVOS 20
2.1.1. OBJETIVO GENERAL 20
2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20

3. MARCO REFERENCIAL 21

3.1. MARCO TEÓRICO 21
3.2. MARCO CONCEPTUAL 28
3.3. MARCO LEGAL 30
3.4. MARCO AMBIENTAL 31

4. DISEÑO DE LA INVESTIGACION 32

4.1. FASES PARA EL DESARROLLO DE OBJETIVOS 32

5. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO 33

5.1. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO REAL Y TEÓRICO DE LAS NECESIDADES QUE TIENEN LOS HABITANTES DE LA VIVIENDA UBICADA EN LA CRA. 21 # 7-25, BARRIO COMUNEROS. 33
5.2. TIPO DE PANEL FOTOVOLTAICO ADECUADO, LA FUENTE EN DC PARA LA ILUMINACIÓN Y LOS COMPONENTES QUE PERMITAN EL FUNCIONAMIENTO DE LA VIVIENDA. 38
5.2.1. FÓRMULA DE CÁLCULO DE NÚMERO DE PANELES. 39
5.2.2. PANEL SOLAR POLICRISTALINO 330 W 40
5.3. PLANIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS, EL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN, LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS QUE FACILITEN LA EVALUACIÓN DE VIABILIDAD DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA RESIDENCIA. 42
5.3.1. PANEL 42

5.3.2. INVERSOR 44
5.3.3. MEDIDOR BIDIRECCIONAL 47
5.3.4. CAJA DE PROTECCIÓN 49
5.3.5. CABLEADO 51
5.3.6. MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO 53
5.3.7. DESARROLLO OBRAS CIVILES PARA MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO 53
5.3.8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO 54
5.3.9. INSTALACIONES INTERNAS Y CONEXIÓN DE EQUIPOS 56
5.4. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO SUGERIDO A PARTIR DE ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO QUE CONTEMPLA ELEMENTOS ECONÓMICOS, TÉCNICOS Y AMBIENTALES. 56
5.4.1. DETALLE DE LAS INVERSIONES 57
5.4.2. DETALLE DE LOS INGRESOS Y BENEFICIOS QUE GENERA EL PROYECTO 58
5.5. EVALUACIÓN DE VIABILIDAD ECONÓMICA 60
5.5.1. GASTOS DE MANTENIMIENTO 60

6. RESULTADOS 61

7. CONCLUSIONES 63

8. RECOMENDACIONES 64

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

10. ANEXOS 67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 *Implementación de un S.S.F.V.* 21
Figura 2 *Consideraciones de carácter técnico para la implementación del S.F.V.* 23
Figura 3 *Costos asociados a un proyecto de energía F.V.* 24
Figura 4 *Distribución espectral de la radiación solar.* 25
Figura 5 *Dia solar de 5 horas* 26
Figura 6 *Partes del Sistema Fotovoltaico* 27
Figura 7 *Perfil de consumo de una vivienda promedio expresado en (kW/h)* 29
Figura 8 *Análisis teórico del consumo energético de una vivienda promedio en Colombia, ubicada en zonas con características como el área metropolitana de Bucaramanga* 33
Figura 9 *Radiación solar mensual* 36
Figura 10 *Hora Solar Pico* 37
Figura 11 *Georreferenciación* 38
Figura 12 Dos Sting, la cantidad de paneles por Sting, 2 Sting de 6 paneles. 41
Figura 13 *Panel solar policristalino.* 41
Figura 14 *Panel solar 330 Watts* 42
Figura 15 Vida util del panel solar 43
Figura 16 *Caracteristicas del panel solar* 44
Figura 17 *Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver* 45
Figura 18 *Caracteristicas Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver* 46
Figura 19 *Caracteristicas Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver* 47
Figura 20 *Medidor bidireccional monofasico LY - SM100* 48
Figura 21 *Caracteristicas Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver* 49
Figura 22 *Caja de protección* 49
Figura 23 *Caracteristicas técnicas de la caja de protección* 50
Figura 24 *Diagrama eléctrico* 50
Figura 25 Detalles de *caracteristicas técnicas de la caja de protección* 51
Figura 26 *Cableado* 52
Figura 27 Caracteristicas técnicas del *cableado* 52
Figura 28 Caracteristicas y detalles técnicos del cableado 53
Figura 29 Imagen de la vivienda en la cual se instalará el sistema fotovoltaico 55
Figura 30 IPC Junio 2021 58
Figura 31 Proyección de ingresos a 5 años 58

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1.*Marco Legal* 30
Tabla 2. *Datos de consumo energía de la vivienda Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros.* 34
Tabla 3. *Facturación de la ESSA a la vivienda ubicada en la dirección Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros.* 35
Tabla 4. *Irradiación Solar Horizontal* 36
Tabla 5. *Cálculos de Paneles* 39
Tabla 6. *Información del panel* 42
Tabla 7. *Información del Inversor* 45
Tabla 8. Exigencias para inversores en instalaciones fotovoltaicas. 46
Tabla 9. *Inversiones (PyG)* 57
Tabla 10. *Proyección de precios* 59

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento contiene los resultados del análisis de conceptos y recomendaciones de viabilidad acerca de la instalación de un sistema de generación de energía mediante celtas fotovoltaicas, que provea la demanda en una vivienda residencial; para ello fue necesario primero realizar un análisis del consumo energético real y teórico de las necesidades que tienen los habitantes de la vivienda ubicada en la Cra. 21 # 7-25, Barrio comuneros; la identificación del tipo de fuente fotovoltaico, la fuente en DC para la iluminación y los componentes que hagan funcional el sistema instalado en la vivienda; luego la planificación de los equipos, el presupuesto, las especificaciones técnicas que permitan la evaluación de la puesta en funcionamiento e instalación del sistema fotovoltaico en la vivienda y finalmente la evaluación de la viabilidad del sistema fotovoltaico sugerido a partir de análisis de costo beneficio que contemple elementos económicos, técnicos y ambientales. Se concluyó que proyecto de instalación del sistema fotovoltaico en la vivienda si es viable a mediano plazo, desde una perspectiva económica, y tiene alta viabilidad tecnológica, ambiental y social.

PALABRAS CLAVE: Energía, Fotovoltaico, Vivienda, Viabilidad, Costo Beneficio.

INTRODUCCIÓN

El impacto de este proyecto es evaluar la viabilidad del sistema a partir del funcionamiento de este y la incidencia en el presupuesto de acuerdo con el perfil de carga por estrato y la sustitución de la energía convencional por solar fotovoltaica.

Lo anterior es pertinente para la formación académica dado que las UTS, oferta un programa denominado tecnología en electricidad industrial que genera competencias en sus estudiantes para lograr ejecutar programas de mantenimiento, control y protección de sistemas eléctricos.

Para determinar la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos se requiere calcular la inversión de capital inicial que es generalmente alta, pero los gastos de manutención que son relativamente bajos. Para el análisis de sistemas fotovoltaicos, se requiere contemplar que cada proyecto es particular si se trata de sistemas fotovoltaicos, y se debe evaluar condiciones locales como la normatividad, el espacio físico disponible, los equipos que hay en el mercado, entre otros; no obstante, para lograr hacer un estudio integral se requiere calcular el valor de la energía que se produce y no solo su costo, dado que el impacto en los recursos naturales, la intermitencia de la energía y otros elementos cambian comparado con el sistema de energía hidroeléctrico, y finalmente se requiere contemplar que el promedio de duración medida por su vida útil del generador fotovoltaico es de 25 años (Prosperi, 2015).

Complementario a lo definido en el párrafo anterior, según (Hilcu, 2021) el establecimiento e instauración de sistemas fotovoltaicos está entendido dentro de la industria de construcción tendrá que solicitarse un permiso de obra para así proceder de manera formal con su instalación. Sin embargo, es fundamental que la construcción sobre la que se ubicarán los módulos fotovoltaicos sea una creación

de manera correcta legalizada, puesto que si no lo es jamás se obtendrán. Hay otros componentes que va a ser fundamental considerar en el momento de pedir autorización urbanística: tipo de suelo (rural o urbano), región (histórica, natural, etcétera.). Lo conveniente es contactar con el ayuntamiento para aseverarse que el inmueble es apta previo a incurrir en otros costos.

Luego de lo definido en los párrafos anteriores, se da la claridad de que este proyecto hace un aporte a las necesidades que tienen los habitantes y vecinos de la residencia ubicada en la Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros; luego, se requiere conocer las características de la vivienda en aspectos como consumo promedio, la tarifa que tienen actualmente respecto al sistema tradicional de energía, el perfil de consumo; luego, al finalizar es preciso decir, que el estudio brinda una perspectiva temática académica para proyectos en los cuales se quiera usar la energía solar como opción ante la déficit de los combustibles fósiles y de paso favorecer a la mejora del entorno ambiental sin dejar a un lado el estudio técnico y financiero que este proyecto requiere para su implementación.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el marco de cambios sociales, ambientales y tecnológicos que se han generado en lo transcurrido del año 2020 y 2021; ha desatado un aceleramiento de la necesidad de incrementar el uso de fuentes de energías renovables como lo es la energía fotovoltaica, lo cual impacta una minimización del uso de energías hidroeléctricas; y proveedor de electricidad a las viviendas que se encuentren en todos los tipos de zonas rurales y urbanas.

Sin embargo, en análisis de conceptos y recomendaciones para la viabilidad en el diseño e implementación de un sistema de generación de energía basada en celdas fotovoltaicas necesita la previa identificación de costos energéticos, impactos ambientales y tecnologías disponibles en los mercados, como el caso de la residencia ubicada en la Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros. Para ello se requiere conocer las características de la vivienda en aspectos como el consumo promedio, la tarifa que tienen actualmente respecto al sistema tradicional de energía, el perfil de consumo.

Para poder estudiar la viabilidad, en un contexto nacional, se cuenta con algunos lineamientos regulatorios como lo es la ley 1715 de año 2014, la cual enmarca la integración de energías no convencionales, al sistema energético nacional; también como se cuenta con la sección 690 de códigos eléctricos colombianos, que hace referencia a la instalación de paneles, ha actualizado en el año 1998 (Melendez, Cruz, Bastidas, & Quiroga, 2017).

En el mercado de Bucaramanga, se cuenta con amplia oferta de paneles solares, inversores y baterías, no obstante, se requiere hacer una adecuada selección de equipos, proveedores y tener en cuenta las necesidades de la vivienda.

Continuando con esta definición de problemática, para lograr un sistema fotovoltaico eficiente se requiere contemplar elementos relacionados con el mantenimiento y adecuado uso de los paneles solares, los cuales según (Ingeneria Y Construcciones S.A.S, 2020); y conocer el total de mano de obra y materiales que debe ser calificada, para luego hacer cálculos de energía que puede generarse con las fuentes y equipos seleccionados para cubrir la demanda de la vivienda, finalmente, determinar el costo por consumo de energía generado a partir de paneles fotovoltaicos , entre otros elementos más.

Se plantea la pregunta de investigación: ¿Cuál es la viabilidad en cuánto a costo de inversión y costos de energía de un sistema fotovoltaico?.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se justifica, dado que, el uso de energía fotovoltaico es un tema relativamente nuevo comparado con el uso de otras fuentes de energías tradicionales; sin embargo, a pesar de que se tiene evidencia de que la fuente de energía fotovoltaica fue descubierta en 1839 y cuyas primeras investigaciones fueron concentradas en el uso de contextos espaciales y más tarde se enfocaron en el uso de un contexto terrestre Aún hoy, la industria fotovoltaica está invirtiendo una amplia parte de sus ingresos en investigación y desarrollo (EPIA, 2011); luego es una oportunidad para los estudiantes de la tecnología en electricidad industrial de las UTS, conocer con profundidad aspectos relacionados con esta fuente de energía.

Otro elemento importante para justificar este proyecto es la necesidad de que los estudiantes de la tecnología en electricidad industrial conozcan acerca de normas de garantía y certificación, relacionadas con los equipos que se utilizan en sistemas

solares, al respecto los requerimientos principales son: eficiencia, continuidad, calidad del servicio, confiabilidad, seguridad física de las instalaciones y funcionalidad.

Se requiere realizar este proyecto, teniendo en cuenta que según (Rovira, 2012), gran parte de la problemática ambiental se ha generado a partir del uso de fuentes convencionales de energía y la implementación de sistemas fotovoltaicos es una solución a esta problemática mundial; por ello es necesario adelantar proyectos este tipo ya sea en contextos de vivienda o de empresas en el área metropolitana de Bucaramanga.

Para argumentar porque es necesario realizar este proyecto, según (Melendez, Cruz, Bastidas, & Quiroga, 2017) la Ley de 2014 N 1715 que tiene por objetivo: “suscitar el perfeccionamiento y la implementación de fuentes no convencionales de energía, en forma prioritaria las que son de tipo renovable, por medio de la incorporación al sistema eléctrico, en regiones no conectadas”; para lograrlo ha encargado distintas funcionalidades a distintos entes administrativos, en medio de las que se hallan: la CREG, la UPME, el Ministerio de minas y energía y finalmente el ministerio de medio ambiente.

Finalmente, las soluciones técnicas deben cumplir con las normativas de calidad definidas por instituciones reguladoras competentes, y se ha logrado determinar que este tipo de proyectos son de mayor impacto cuando se involucra desde la fase de planificación a los integrantes de las viviendas o trabajadores de las empresas en los cuales se hace la adecuación de la fuente de energía (Henríquez & Calderón, 2012), dado todo lo anterior, es pertinente desde una visión académica, económica y tecnológica el desarrollo de este informe de seminario.

2. ESTADO DEL ARTE

En México, el proyecto denominado*: "análisis de viabilidad para la instalación de un sistema de generación de energía fotovoltaico",* se desarrolló por medio de una metodología basada en el análisis de consumo: para ello, el usuario da al instalador la información de cuanta energía consumió en el último periodo y lo evidencia con su recibo, luego para la instalación de los paneles se consideró el espacio físico y el peso; selección de proveedor y se logró así el dimensionamiento del sistema y finalmente, se realizó la evaluación financiera del sistema (Partida, Shaar, & Flores, 2017); es importante resaltar que como conclusión, se enfocaron en los equipos de mayor demanda, y la más importante lección aprendida es que para reducir el consumo se debe: realizar monitoreo continuo de sus consumos, tratando de reducirlos, priorizando los aparatos de mayor consumo, para luego fijarse en las etiquetas energéticas y finalmente hacer modificaciones a la vivienda que les permitan reducir sus consumos.

En España, se publicó un artículo denominado, "*viabilidad de una instalación solar fotovoltaica aplicada a vivienda"* (Costa, 2017)*;* desarrolló un objetivo principal: solucionar la Interrogante planteada: ¿Hasta qué nivel disminuye la cuenta energética la instauración de un sistema de autoconsumo con base en la fotovoltaica?; y paralelamente afirma que los precios de las instalación de sistemas fotovoltaicos disminuyeron en 2011 un 45% y en 2012 se mencionó de un decrecimiento del 20% sobre los costos del año previo a este. Esto hace considerar que sean sistemas factibles debido a que el sistema se liquida en pocos años, y más asequible a todos los tipos de usuarios; concluyendo que podría ser preciso la instalación de un sistema de monitoreo del gasto de esta a lo largo de un lapso de tiempo, de allí escoger la potencia fijándose en el punto mayor de consumo.

En Colombia, se publicó una guía denominada (Departamento Nacional de Planeación , 2018) *"instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas";* cuyo propósito fue exponer un plan tipo de instalación en regiones no interrelacionadas que fue útil a los entes principales, al respecto se evidencia en el documento que se ofrecen beneficios tributarios lo que se soporta en el decreto 2143 de 2015 del Ministerio de hacienda y crédito público así como en el ministerio de minas y energía.

En un estudio que se realizó en Bogotá, Colombia, denominado: *"Estudio de factibilidad de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en VillaCatalina";* la cual tuvo como fin general: Diseñar un sistema solar fotovoltaico de energía limpia y renovable para la construcción de una finca autosostenible, la cual ejerce operaciones de producción de fresas; metodológicamente se ubicó en un análisis técnico, financiero y formal para la utilización de una finca auto sustentable productora de cultivos y derivados de la fresa; para de forma accesoria complementar con un estudio administrativo que sustente la construcción del predio rural autosostenible con la utilización de un sistema fotovoltaico. (Benitez & Tello, 2018)

En Bucaramanga, (Marquez & Pirajon, 2016); al respecto su metodología consistió en realizar un análisis de viabilidad financiera, en el cual para el análisis técnico se recopiló información para conocer la radicación que tiene la zona geográfica, las costes de consumo Kwh/mes que opera la electrificadora ESSA, y el gasto energético mensual de la instalación, los insumos que integran y forman parte del sistema de suministro de energía, las empresas proveedoras que comercializan esta clase de insumos y al final, sus respectivas fichas técnicas y costos. Este proyecto es importante para los procesos de investigación en el programa de Tecnología en Electricidad Industrial de las UTS apoyando el grupo de Investigación GIE y el semillero AGE

2.1. OBJETIVOS.

2.1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar los conceptos y recomendaciones de viabilidad para la instalación sistema de energía por medio de celdas que provea la demanda de energía en vivienda residencial ubicada en la Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros.

2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el consumo de energía real y teórico por medio del análisis documental y monitoreo de los medidores de consumo eléctrico de la vivienda ubicada en Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros para precisar las necesidades que tienen los habitantes de ese domicilio.
- Identificar el tipo de panel fotovoltaico adecuado, teniendo en cuenta la fuente en DC para la iluminación y los componentes que permitan el funcionamiento de la vivienda a través de una comparación de calidad y precios que se ajusten a los requerimientos de la vivienda objeto de estudio para plantearles una fuente de energía alternativa.
- Planificar los equipos, el presupuesto de inversión, las especificaciones técnicas por medio de la clasificación de los gastos y la definición de prioridades que permitan la evaluación de la viabilidad de la instalación del sistema de energía fotovoltaico en la vivienda.
- Estimar la viabilidad del sistema fotovoltaico sugerido a partir de análisis de costo beneficio que contemple elementos económicos, técnicos y ambientales para solucionar los problemas energéticos asociados a la vivienda objeto de estudio.

3. MARCO REFERENCIAL

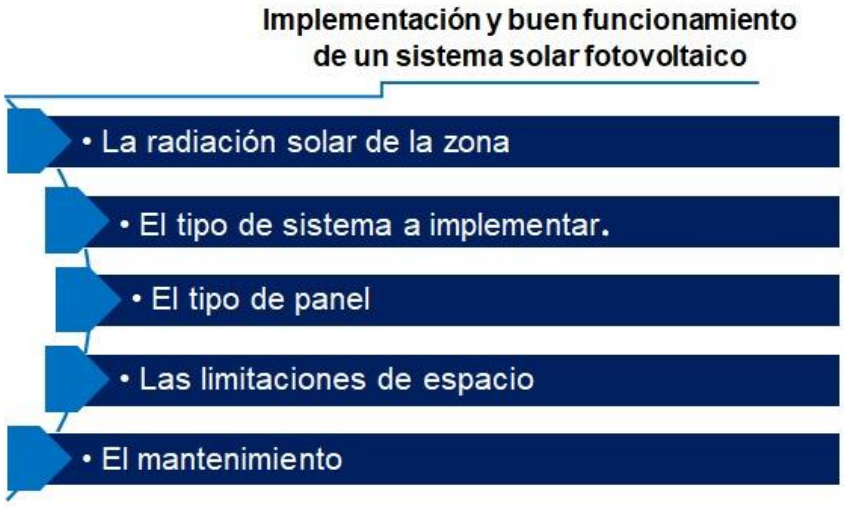
3.1. Marco teórico

Para ofrecer un panorama general de la temática objeto de estudio, se hace necesario conceptualizar el término de impacto fotovoltaico, el cual es la consecuencia de la transformación de los fotones de luz en energía eléctrica componente de promover electrones despedidos del material semiconductor por medio de un circuito exterior; la luz solar está integrada por pequeñas partículas energéticas denominadas fotones (Hernandez, 2017).

Según (Garcia, 2015), por un lado, está la importancia de la valoración de las radiaciones solares; que varía en periodos entre diciembre y agosto. El mes con menos valor cercano a 60% es diciembre bajo respecto al mes de julio en zonas de radiación V y un 45% en zonas I. Luego, el uso de esta inclinación de placas de un ángulo igual a la latitud.

Según (Melendez, Cruz, Bastidas, & Quiroga, 2017) ; para implementar y dar buen uso de un sistema de energía fotovoltaico, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones fotovoltaicas mostradas en la Figura 1:

Figura 1 *Implementación de un S.S.F.V.*



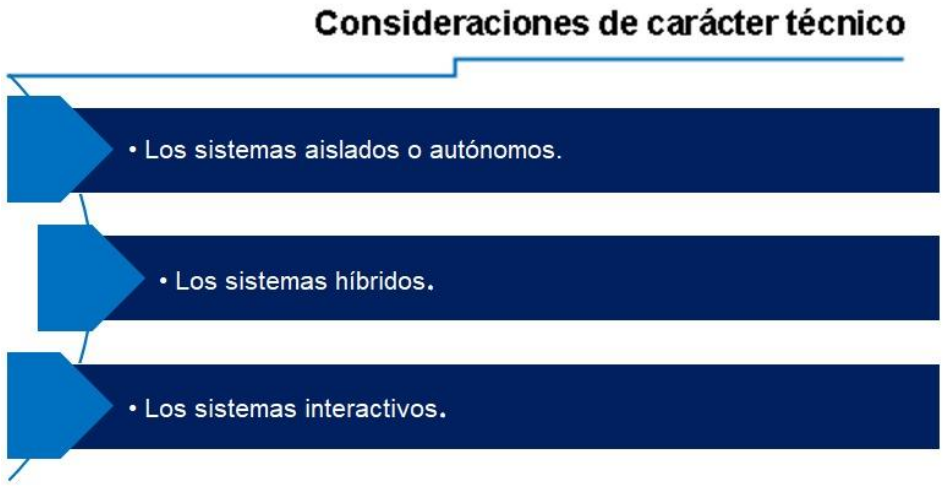
Fuente: (Melendez, Aspectos técnicos y regulatorios generación eléctrica fotovoltaica, 2017)

La energía solar fue malgastada en muchas piezas del territorio pese a ser una fuente renovable y pura que se posee a disponibilidad. Colombia cuenta con un potencial energético solar uno de los principales de América y el planeta. Las recientes tecnologías tienen la posibilidad de verse beneficiadas por esta tipología de energía en una diversidad de usos (Diaz, 2018).

En cuanto a los paneles solares es preciso mencionar que estos tienen la posibilidad de ser concebidos como los delegados de la metamorfosis y captación de la radiación solar a luz eléctrica o energía térmica, dichos paneles en la mayoría de los casos son de cristal templado con densidades a partir de los 3 centímetros y dimensiones concretas dependiendo de la potencia a proporcionar la cual es dependiente netamente de la proporción de células fotovoltaicas que se encuentren acopladas entre sí en el panel. (Rojas, 2019)

En cuanto a los tipos de sistemas fotovoltaicos, existen tres como se muestra en la Figura 2:

Figura 2 *Consideraciones de carácter técnico para la implementación del S.F.V.*



Fuente: (Melendez, Aspectos técnicos y regulatorios generación eléctrica fotovoltaica, 2017)

Al respecto del potencial solar Colombia; tomando como referencia, el promedio de irradiación mundial de 3,9 kW/m2/día y el promedio de Alemania con promedio de 3,0 kW/m2/día se concluye que Colombia si tiene un alto potencial con 4,5 kW/m2/día (Melendez, Aspectos técnicos y regulatorios generación eléctrica fotovoltaica, 2017).

Al respecto de los costos asociados a un proyecto de energía fotovoltaica:

Costo de inversión (Hernandez, 2017):

La capacidad del sistema, la preparación y ejecución del proyecto, los elementos tecnológicos y económicos de módulos e inversores, el sistema de instalación, techos y fachadas.

Costo nivelado de energía (Hernandez, 2017):

El monto de la inversión, la eficiencia, la localidad, la afectación de sombras y la vida útil del sistema, esto se muestra en la Figura 3.

Figura 3 *Costos asociados a un proyecto de energía F.V.*

Parámetro de costo	*Valor obtenido*	*Descripción*
Inversión inicial	$2.731.050	Egresos Iniciales requeridos para la puesta en marcha del Proyecto (Sapag, 2013), en este caso particular se derivan de los siguientes ítems: Módulos Fotovoltaicos, Inversor, Racking, Medidor, Obras civiles, Equipamiento, Tramitación SEC. Siendo los módulos FV los de mayor costo, abarcando un 41% del total.
Costos operacionales	$5.000 anual	Estos son los costos que están relacionados con la operación o el funcionamiento del proyecto (Sapag, 2013), Los cuales normalmente se dividen en costos variables y costos fijos. Para el caso de un sistema FV, no se presentan costos que dependan del nivel de producción, es decir se consideraran únicamente los costos fijos, que corresponden a Limpieza de paneles cada dos meses.
Costos no operacionales	$96.900 anual	Estos costos están constituidos por la depreciación, que corresponde, disminución del valor material o funcional de las maquinas, equipos y otros activos fijos que operan en el proyecto a medida que avanza el tiempo (Sapag, 2013). Y es determinado con el "Método de línea recta o lineal", en el cual el valor de los activos se reduce de forma constante y homogénea durante cada periodo de su vida útil.
Reinversiones	$505.000 cada 10 años	Reemplazo de equipos debido a la obsolescencia tecnológica según la vida útil de cada activo fijo (Sapag, 2013). En este caso se debe efectuar una reinversión del inversor y medidor a usar en el sistema FV.

Tomado de: (Valdez, 2020)

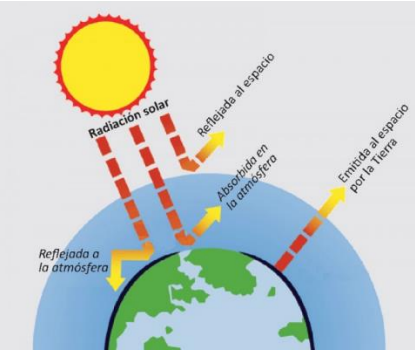
Una de las principales problemáticas en las cuales se enfocan los proyectos de áreas de ingeniería y desarrollo tecnológico, es la eficiencia energética de instalaciones residenciales o empresariales. Al respecto, constantemente se ha emitido comunicación por los medios de comunicación acerca de términos como energías alternativas, biomasas, geotermia, etc., no obstante, difícilmente se encuentra información práctica y funcional para la instalación y mantenimiento de sistemas soportados en energía fotovoltaica. (Garcia, 2015)

Complementario a lo anterior, la emergencia climática está realizando las actividades que permanecen a nuestro alcance para minimizar los efectos negativos medioambientales. Una de las ocupaciones que se pueden destacar es la posibilidad de aprovechamiento del recurso tanto por personas naturales como personas jurídicas como organizaciones es emplear energías renovables en vez de combustibles fósiles (factorenergia, 2018)

Según (IDEAM, 2018) dicha energía es el motor que establece la dinámica de las actividades atmosféricas y el tiempo.

No obstante, esta energía se puede capturar para transformar en energía eléctrica (factorenergia, 2018), como se muestra en la Figura 4

Figura 4 *Distribución espectral de la radiación solar.*



Fuente: (IDEAM, 2018)

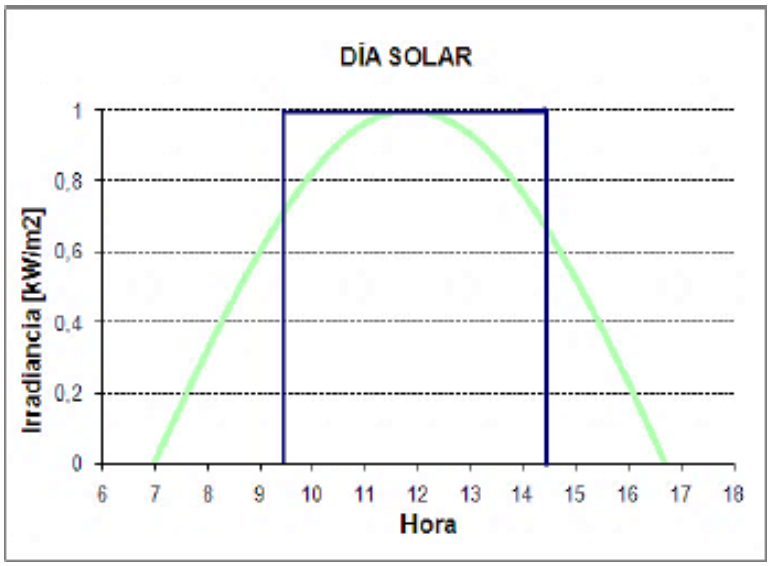
Estas ondas electromagnéticas no requieren un instrumento material para propagarse, por lo cual estas señales tienen la posibilidad de traspasar el espacio espacial e interestelar y llegar al planeta a partir de las estrellas y el sol. La longitud de frecuencia (En una onda periódica la longitud de onda es la distancia física entre 2 puntos de vista desde el cual la transmisión se repite. Se denomina por la letra

griega landa (λ)) y la frecuencia la cual es la masa del factor es lo mismo al producto de la densidad lineal μ (masa por unidad de longitud), por la longitud dx del factor (μ) de las ondas electromagnéticas, en relación por medio de la expresión μ = C (donde C es la rapidez de la luz). (IDEAM, 2018)

En la referente a la Hora Solar Pico se delimita como la energía recibida a lo largo del lapso de una hora a una emisión promedio de 1000 [W/m2]. Para decidir el número de horas en el cual el panel fotovoltaico es idóneo para producir la potencia máxima especificada por el fabricante, los equipos son valorados teniendo presente un costo de magnitud luminosa de 1 [kW/m2] y la duración del día solar promedio. (Hernandez, 2017)

Otro factor fundamental en este marco teórico es la que el costo estándar de horas en el que un panel (con emisión constante de 1[kW/m2]) está capacitado para crear la misma energía consignada por el sol, en cierto tipo de región (Lorente, 2010). Esto se muestra en la Figura 5.

Figura 5 *Día solar de 5 horas*



Fuente. (Sandoval, 2013)

En lo que respecta a la constante solar (ISC), se precisa como la energía solar incidente sobre un área regular a los relámpagos del sol al trayecto de una unidad astronómica (1 UA) en cada una de las longitudes de frecuencia. Su costo conforme con la escala del WRC (WorldRadiation Reference Centre) es de 1367 [W/m2]. (Ideam, 2014)

Un sistema FV independiente genera energía para asociar el gasto de demanda no asociada a la red, utilizando un sistema de depósito energético para encajar en los ciclos en los cuales la emisión es menor al gasto**Fuente especificada no válida.**.

Los sistemas domésticos (SHS) acostumbran integrar solamente cargas en continúa. Por este motivo, no se necesita que el SFA integre un inversor. Dichos sistemas se forman por el generador, un condensador electroquímico y un regulador de carga y descarga. Una vez que el agotamiento incluye cargas de alterna se necesita que el SFA integre un inversor.**Fuente especificada no válida.**, como se indica en la Figura 6

Figura 6 *Partes del Sistema Fotovoltaico*

Fuente: **Fuente especificada no válida.**

En cuanto a los tipos de inversores en sistemas fotovoltaicos, la categorización de más grande relevancia y extensamente usada de los sistemas FV, que se necesita considerar al abordar este análisis, es la que los divide en funcionalidad de si se hallan o no conectados a la red. El estudio se centra en el análisis de los inversores para aplicaciones conectadas. El inversor va a tener diferentes funcionalidades conforme el tipo de aplicación, hablamos de un factor de esencial trascendencia en las instalaciones conectadas y va a ser en la mayoría de los casos primordial en las autónomas.**Fuente especificada no válida.**

3.2. Marco Conceptual

Energía solar en Colombia.

En Colombia se ha dado gran avance en la inclusión de fuentes no convencionales de energía por medio de ley 1715 de 2014, y se contemplan lineamientos técnicos en la NTC 2050, la cual tiene vacíos y está en actualización (Melendez, Aspectos técnicos y regulatorios generación eléctrica fotovoltaica, 2017).

Al respecto del ángulo de inclinación, se denomina así al ángulo al cual el arreglo solar se inclina en relativo a la postura horizontal del sol, y puede adaptarse según épocas del año (Aguirre, 2014).

El arreglo solar, es un sistema interrelacionado de módulos fotovoltaicos que marchan como una unidad libre de emisión de electricidad (EPIA, 2011).

Conexión en seria, es una forma de enlazar paneles al relacionar el positivo de una placa con el negativo de otra (Hilcu, 2021).

Conexión en paralelo, es una forma de enlazar paneles al relacionar los terminales positivos entre sí y los terminales negativos, en la misma forma (Hilcu, 2021).

Consumo de energía promedio (kilowatt-hora (kWh)): El kilovatio hora es la unidad que expresa la interacción entre energía y tiempo, se utiliza principalmente para la cuenta del gasto eléctrico domiciliario. Si se gasta en enormes porciones el tamaño se muestra en kw (kW), que se traduce a mil vatios. (Hilcu, 2021).

En la Figura 7, un ejemplo de un Perfil de consumo:

Figura 7 *Perfil de consumo de una vivienda promedio expresado en (kW/h)*

Fuente: (Valdés, 2020)

La guía (Henríquez, Diseño del proceso de evaluación del desempeño del personal y las principales tendencias que afectan su auditoría, 2012): Plantea que se debe evaluar si la oferta responde a un interés de los usuarios, patrones culturales y es adecuada a las condiciones socioeconómicas de las familias; cuando se trata de procesos productivos, tener en cuenta todos los elementos que intervienen en el mismo sistema, de manera que el diagnostico evalúe el desempeño de la tecnología dentro una perspectiva de cadena productiva; asegurar que los usuarios han participado desde el inicio en el diseño del proyecto y que están conscientes de las implicaciones derivadas de la selección de la tecnología ofertada.

La domótica: Es el grupo de tecnologías aplicadas al control y automatización inteligente de una residencia. Los objetos acoplados son cualquier tipo de equipo con capacidad de conexión a internet (Comparaiso, 2017).

Corta circuito (interruptor termomagnético): Equipo de custodia de 2 terminales creado para asegurar que los niveles de corriente, no excedan los niveles seguros (Hernandez, 2017).

3.3. Marco Legal

La Tabla 1, presenta un resumen del marco legal:

Tabla 1.*Marco Legal*

Leyes	Tema	Resumen
Ley 1715 / 2014	Integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.	Beneficios tributarios e incentivos por parte del Estado por el uso de energía solar, establecidos en la Ley 1715 del 2014
NTC 1736	Panel Solar Monocristalino De 85w.	Los paneles o módulos para el aprovechamiento del efecto fotovoltaico
Decreto 2492 de 2014 (Congreso de la república de Colombia, 2014)	Implementación de mecanismos de respuesta de la demanda de energía renovable.	Disposiciones en implementación de mecanismos de respuesta a los consumidores
Decreto 2469 de 2014	Lineamientos de política energética en materia	lineamientos de política energética

Decreto 2143 de 2015	Decreto Único reglamentario del sector de minas y energía en aspectos administrativos.	Decreto único reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.

Fuente: Autores.

3.4. Marco Ambiental

La Producción de electricidad solar no necesita de ningún tipo de incineración, por lo cual no crea ni una emisión de CO2, y no suscita el cambio climático, y mejor todavía, en cuanto al agua, los sistemas solares no necesitan de agua para crear electricidad, por lo cual no se crea ningún tipo de variación en los mantos acuíferos ni se crea contaminación por residuos. (Aguirre, 2014)

Adicionalmente la energía solar fotovoltaica se puede obtener en el mismo sitio de consumo, lo cual reduce las pérdidas por transmisión y las inversiones asociadas al transporte de energía. Otra ventaja importante de los sistemas fotovoltaicos para la producción de energía es la ausencia de partes móviles, lo cual se refleja en el mínimo mantenimiento y en períodos de vida útil entre veinticinco y cuarenta años.

4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para desarrollar el análisis de los conceptos y recomendaciones acerca de la viabilidad para la instalación del sistema de energía mediante celdas fotovoltaica en la vivienda residencial ubicada en Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros. Fue necesario aplicar una metodología de enfoque mixto es decir tanto cualitativo como cuantitativo, adicional a ello, el tipo es proyectivo dado que genera una evaluación basada en proyección de datos a partir de la relación costo beneficio. Este es un trabajo de tipo exploratorio.

4.1. Fases para el desarrollo de objetivos

FASE UNO: Análisis del consumo energético real y teórico de las necesidades que tienen los habitantes de la vivienda ubicada en la Cra. 21 # 7-25, Barrio comuneros.

FASE DOS: Selección del tipo de fuente fotovoltaico, la fuente en DC para la iluminación y los componentes que hagan funcional el sistema instalado en la vivienda.

FASE TRES: Planificación de los equipos, el presupuesto, las especificaciones técnicas que permitan la evaluación de la puesta en funcionamiento e instalación del sistema fotovoltaico en la vivienda.

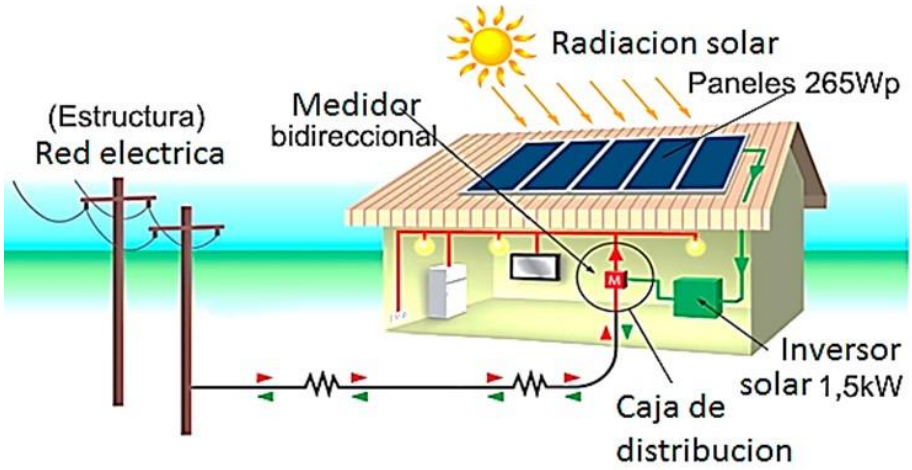
FASE CUATRO: Consolidación de conceptos y recomendaciones acerca de la viabilidad del sistema fotovoltaico sugerido a partir de análisis de costo beneficio que contemple elementos económicos, técnicos y ambientales.

5. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

5.1. Análisis del consumo energético real y teórico de la vivienda de referencia

Para realizar inicialmente un análisis teórico del consumo energético a partir de las necesidades de la vivienda ubicada en la cra 21 # 7 – 25, Barrio Comuneros, se inicia con una revisión de estándares establecidos para viviendas promedio ubicadas en algunas zonas de Colombia similares al área metropolitana de Bucaramanga, y según la revisión de bibliografía, se requiere un valor aproximado de $25.000.000 de pesos. A esta inversión, se deben sumar los costos y gastos de mantenimiento coma que va a variar en función de la ubicación geográfica, podría necesitarse con mayor o menor frecuencia, se ilustran los elementos que se encuentran en el mercado local, esto se muestra en la Figura 8.

Figura 8 *Ejemplo de información de vivienda*



Fuente: Diseño adaptado a partir de (Melendez, Cruz, Bastidas, & Quiroga, 2017)

No obstante, desde una perspectiva técnica no importará solo el marco regulatorio sino también los elementos constructivos de la vivienda. Para el desarrollo de este documento, se evaluó la oferta a partir del interés de los habitantes de la vivienda, y se determinó que si es necesario realizar una capacitación no solo para temas de conocimiento, sino también, para efectos de temas culturales frente al uso de esta fuente de energía y sus beneficios.

Complementario a lo anterior, para desarrollar esta adaptación del sistema de energía eléctrica se revisaron los lineamientos sugeridos por la ESSA empresa de energía eléctrica de Santander, para las personas que decidan ser auto generadoras a pequeña escala (AGPE). Se utilizó el mapa de radiación del IDEAM, y se verifico que el piso térmico está a 1.200 msnm, y se verificó que hay más de 5 personas en la vivienda, se presentan los criterios de piso térmico y recurso solar:

El análisis real del consumo energético a partir de las necesidades de la vivienda en ubicada en la cra 21 # 7 – 25, Barrio Comuneros, generó los siguientes datos mostrados en la Tabla 2 y Tabla 3:

Tabla 2. *Datos de consumo energía de la vivienda Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros.*

CÁLCULOS DE PANELES SOLARES DE CASA URBANA							
TABLA DE CARGA							
CANTIDAD	**CARGA**	**POTENCIA UNITARIA (W)**	**POTENCIA TOTAL (W)**	**HORAS USO**	**DÍAS A LA SEMANA**	**ENERGIA SEMANAL (WH/SEMANA)**	**TOTAL, CONSUMO DIARIO**
1	Nevera	200	200	12	7	16800	2400
1	Horno Microondas	800	800	0,5	5	2000	400
1	Licuadora	300	300	1	7	2100	300
5	TV	100	500	4	7	14000	2000

5	Ventilador	80	400	4	6	9600	1600
3	Decodificadores	15	45	4	7	1260	180
7	Bombillas Ahorradoras	50	350	4	7	9800	1400
1	Equipo de Sonido	80	80	1	2	160	80
1	Plancha	1000	1000	1	1	1000	1000
1	Sandwichera	750	750	1	5	3750	750
2	Computadora	60	120	4	5	2400	480
1	Lavadora	250	250	2	4	2000	500
	TOTAL		**4795**			**64870**	**11090**

Fuente: Autores

Tabla 3. *Facturación de la ESSA a la vivienda ubicada en la dirección Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros.*

Facturación de la ESSA a la vivienda ubicada en la dirección Cra 21 # 7-25, Barrio comuneros.			
Año	**Mes**	**kWh**	**Valor**
2021	Febrero	269	$ 150.879
2021	Marzo	257	$ 150.405
2021	Abril	299	$ 152.494
2021	Mayo	275	$ 164.154
2021	Junio	268	$ 172.946

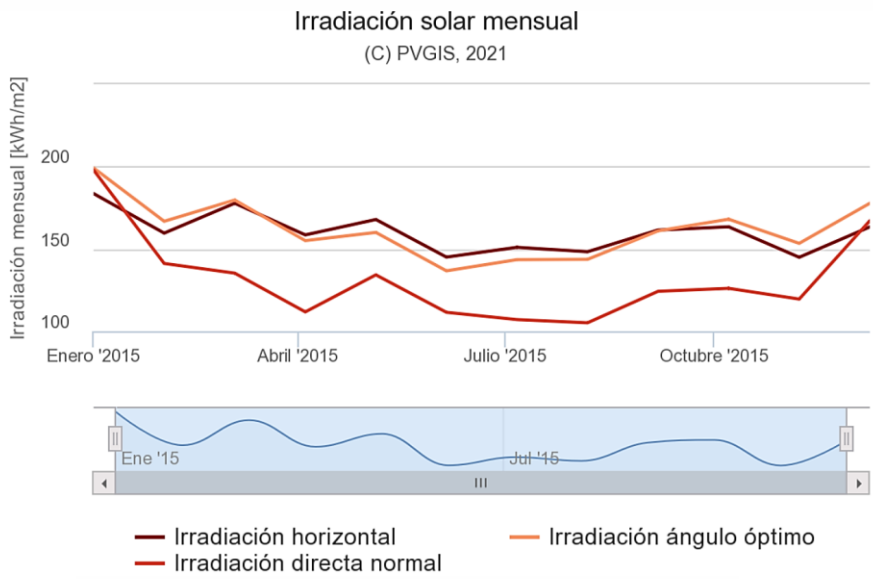
Fuente: Autores

Promedio kWh 273,6 mensual / Valor promedio: $158.176 mensual.

La resolución CREG 030 de 2018, autoriza para vender los excedentes de energía hacia ESSA; transacción que requiere documentos necesarios para formalizar esta venta, que permitirán habilitar la aplicación de los valores de los excedentes en la

factura de energía; indicados en el Estatuto Tributario (Relacionada al artículo 771-2 y 1.6.1.4.2 del DURT) como soporte del costo para ESSA, en los casos donde el cliente esté obligado a facturar, como se indica en la Figura 9.

Figura 9 *Radiación solar mensual*



Fuente: (PVGIS, 2021)

Sistemas Solares Residenciales (SSR). Dichos sistemas tienen la posibilidad de laborar en un más grande rango de potencia, de 100 wp y 2 kwp según los requerimientos, y en función de las cargas van a poder solicitar solamente energía en DC o en AC, necesitando de esta forma un inversor. Esto se muestra en la Tabla 4 y Figura 10

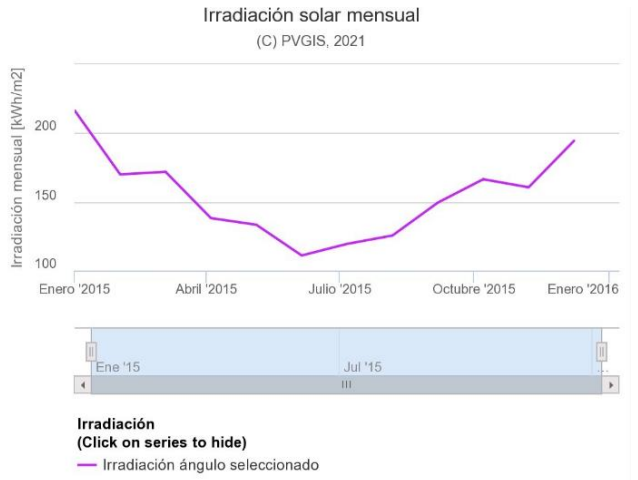
Tabla 4. *Irradiación Solar Horizontal*

Irradiación solar horizontal		**Irradiación directa normal**		**Irradiación global con el ángulo óptimo**	
Mes	**2015**	**Mes**	**2015**	**Mes**	**2015**
Enero	183.6	Enero	197.88	Enero	**199.15**
Febrero	159.6	Febrero	141.18	Febrero	**166.78**
Marzo	177.75	Marzo	135.29	Marzo	**179.69**

Abril	158.52	Abril	111.77	Abril	**155.05**
Mayo	167.87	Mayo	134.26	Mayo	**160.02**
Junio	145.05	Junio	111.52	Junio	**136.69**
Julio	150.98	Julio	107.1	Julio	**143.5**
Agosto	148.29	Agosto	105.15	Agosto	**143.68**
Septiembre	161.49	Septiembre	124.28	Septiembre	**160.98**
Octubre	163.43	Octubre	126.08	Octubre	**168.04**
Noviembre	144.93	Noviembre	119.55	Noviembre	**153.39**
Diciembre	163.38	Diciembre	167.08	Diciembre	**177.71**

Fuente: **(PVGIS, 2021)**

Figura 10 *Hora Solar Pico*



AÑO	MES	IRRADIACION MENSUAL	HSP
2015	ENERO	216,28	6,98
2015	FEBRERO	169,94	6,07
2015	MARZO	171,8	5,54
2015	ABRIL	138,12	4,60
2015	MAYO	133,3	4,30
2015	JUNIO	110,94	3,70
2015	JULIO	119,38	3,85
2015	AGOSTO	125,47	4,05
2015	SEPTIEMBRE	149,42	4,98
2015	OCTUBRE	166,41	5,55
2015	NOVIEMBRE	160,54	5,35
2015	DICIEMBRE	194,39	6,27
HSP Promedio			5,10

Fuente: (PVGIS, 2021)

5.2. Tipo de panel fotovoltaico adecuado, la fuente en DC para la iluminación y los componentes que permitan el funcionamiento de la vivienda.

La residencia ubicada en la CRA 21 # 7-25, Barrio comuneros, tal como se indica en la Figura 11.

Figura 11 *Georreferenciación*

Fuente: Elaboración propia adaptado de Google maps.

Dado el análisis del perfil de la vivienda, sus datos de consumo y lo estudiado en los marcos referenciales de este proyecto, se ha seleccionado como pertinentes paneles solares policristalinos, para explicar su funcionamiento: las células de silicio policristalino que conforman el panel solar policristalino se producen refrigerando artificialmente una célula monocristalina. Ya que una casa de tamaño medio necesita de 3kW de paneles solares instalados, aquello desea mencionar, que, si se utiliza placas solares de 330W, se necesitan 10 unidades en la instauración de energía solar para autoconsumo fotovoltaico. En la situación de la casa objeto de

este plan, se necesitan 12 unidades en el establecimiento de energía solar. Se divide en 2 Steren en paralelo, 6 en serie y 5 en paralelo, ambos Steren se vinculan.

5.2.1. Fórmula de cálculo de número de paneles.

Tabla 5. *Cálculos de Paneles*

Consumo Diario= 11.090 w		
Factor de Seguridad= +30%		
11.090 + 30% = 14,417 kw		**15kw**
CÁLCULO DE PANELES		
Pot por Panel=	$\frac{Consumo\ diario}{HSP\ (Hora\ Solar\ Pico)} = \frac{14417}{3.70}$ = 3896.48 w	
Pot del Panel=	$= \frac{3896{,}48w}{330w}$ = 11,80 w	12 paneles

Fuente: Autores

Se realiza comparación con tres tipos de paneles de diferente potencia y precio, de lo cual permite seleccionar el que económicamente más se ajusta al presupuesto del proyecto.

Debido a que los valores de corriente y voltaje a los cuales operan estos equipos son muy similar, basados en los cálculos de la potencia se define que:

Panel policristalino de 330w $ 462.000

Panel policristalino de 350w $ 516.000

Panel policristalino de 415w $ 619.000

Basados en los resultados de la tabla 5 definimos:

330w se requieren 12 paneles

350w se requieren 12 paneles

415w se requieren 10 paneles

Financieramente hablando:

12 paneles * 462.000 = 5’544.000

12 paneles * 516.000 = 6’192.000

10 paneles * 619.000 = 6’190.000

Por esto se trabaja con paneles de 330w.

El tipo de panel seleccionado fue panel solar 330 watts ANSHINE doble vidrio poli.

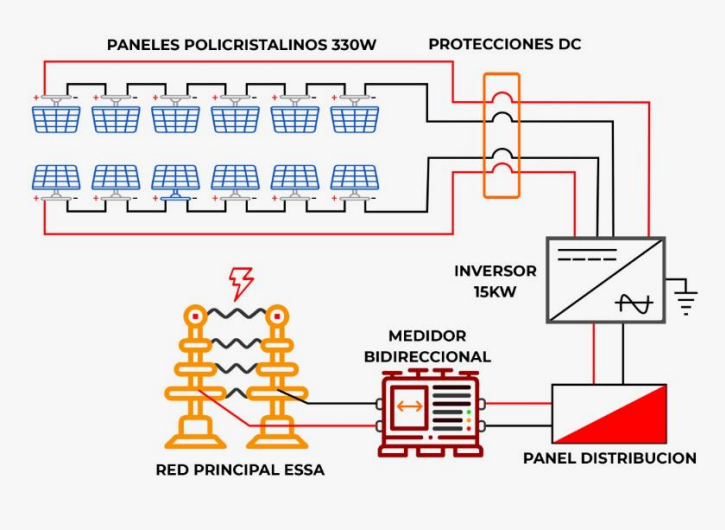
5.2.2. Panel solar Policristalino 330 w

Los paneles solares policristalinos son la alianza de diversos vidrios de silicio. Las células de silicio policristalino que conforman el panel solar se producen congelando de manera artificial una célula monocristalina.

A modo orientativo, es preciso decir que un inmueble de tamaño medio frecuenta necesitar unos 3kW de paneles solares instaurados. Aquello desea mencionar, que,

si se utiliza placas solares de 330W, se requiere de unas 10 unidades en su instalación para su autoconsumo fotovoltaico, como se muestra en la Figura 12 y Figura 13.

Figura 12 Dos Sting, la cantidad de paneles por Sting, 2 Sting de 6 paneles.



Fuente: Autores

Figura 13 *Panel solar policristalino.*

Fuente: Tomado de (Emergente, 2021)

Tabla 6. *Información del panel*

INFORMACIÓN DEL PANEL	
P= 330w	
ISC= 9,16 A	**Vol=** 46,8v
IMPP= 8,80 A	**VMPP=** 37,5v

Fuente: Autores

5.3. Planificación de los equipos, el presupuesto de inversión, las especificaciones técnicas que faciliten la evaluación de viabilidad de la instalación del sistema fotovoltaico en la residencia.

5.3.1. Panel

Definición de tipo de panel: Panel solar 330 watts ANSHINE doble vidrio policristalino, como se presenta en la Figura 14.

Figura 14 *Panel solar 330 Watts*

Fuente: (Solartex, 2017)

Proveedor: ZNSHINESOLAR

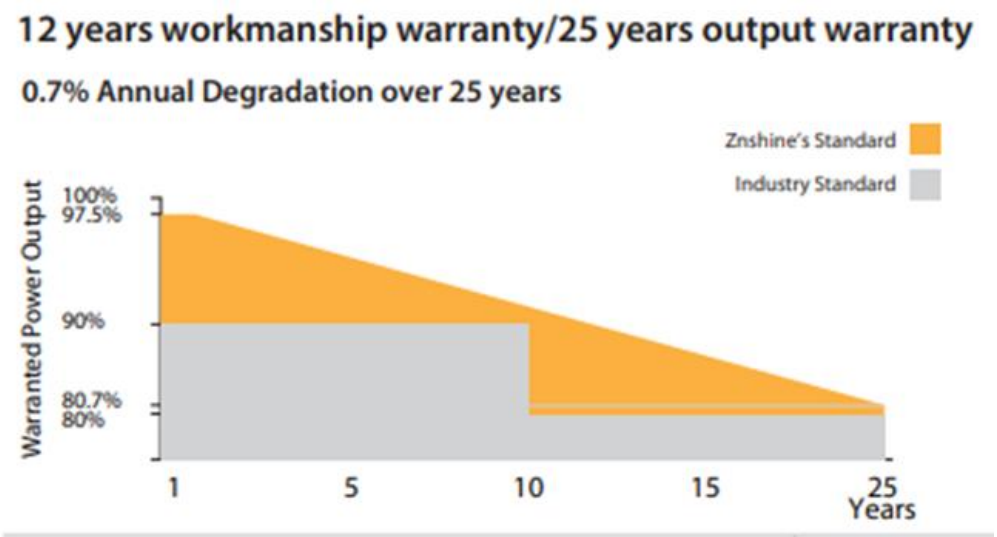
Precio: $462.000=

Ficha técnica:

ZXP6-72 Series Znshinesolar 5BB Polycrystalline PV Module

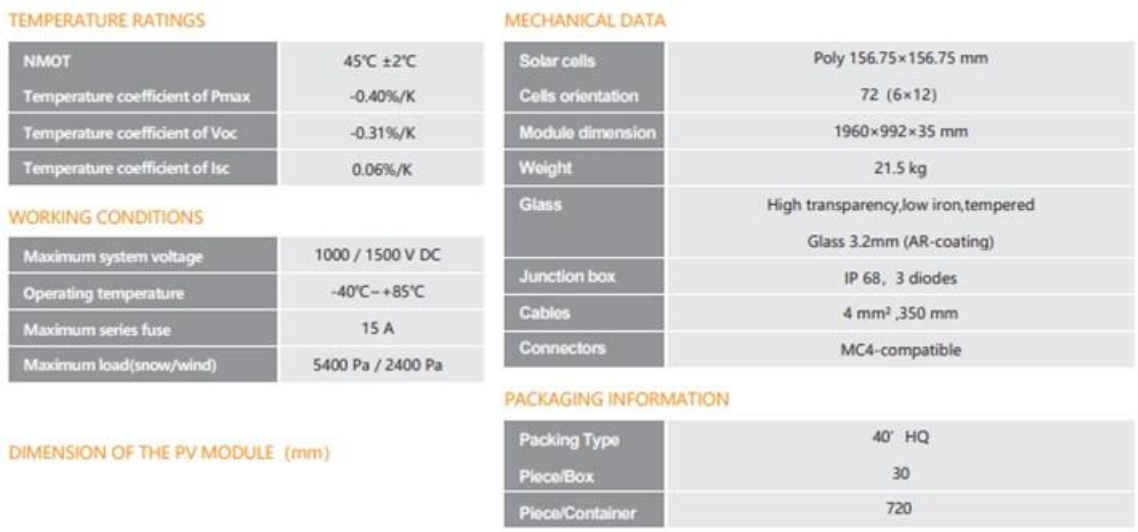
Elaborado con materias primas y elementos escogidos para asegurar calidad, durabilidad, eficacia y utilidad, el policristalino ZXP6-72, Los módulos de ZNSHINE SOLAR se traducen como una solución enormemente flexible para diferentes tipos de instalación, a partir de plantas industriales en azoteas hasta pequeñas sistemas fotovoltaicos domésticos o gigantes áreas de suelo. Esto posibilita generar energía limpia a medida que disminuye su cuenta de consumo eléctrico, como s eindica en la Figura 15 y Figura 16.

Figura 15 Vida útil del panel solar



Fuente: (Solartex, 2017)

Figura 16 *Caracteristicas del panel solar*



TEMPERATURE RATINGS

NMOT	45℃ ±2℃
Temperature coefficient of Pmax	-0.40%/K
Temperature coefficient of Voc	-0.31%/K
Temperature coefficient of Isc	0.06%/K

WORKING CONDITIONS

Maximum system voltage	1000 / 1500 V DC
Operating temperature	-40℃~+85℃
Maximum series fuse	15 A
Maximum load(snow/wind)	5400 Pa / 2400 Pa

DIMENSION OF THE PV MODULE (mm)

MECHANICAL DATA

Solar cells	Poly 156.75×156.75 mm
Cells orientation	72 (6×12)
Module dimension	1960×992×35 mm
Weight	21.5 kg
Glass	High transparency,low iron,tempered Glass 3.2mm (AR-coating)
Junction box	IP 68, 3 diodes
Cables	4 mm² ,350 mm
Connectors	MC4-compatible

PACKAGING INFORMATION

Packing Type	40' HQ
Piece/Box	30
Piece/Container	720

Fuente: (Solartex, 2017)

5.3.2. Inversor

Para cambiar la corriente continua (DC) correspondiente a los emisores fotovoltaicos en corriente alterna (AC) para su provecho en inmuebles se requiere un equipo transformador de corriente DC/AC denominado inversor (Efimarket, 2018).

Tomando como referencia la potencia que administra el equipo se revisó en el mercado con tres tipos de inversores de similares características y más comerciales cerca al área en la cual se está realizando el estudio y se opta por un inversor de 15 KVA:

Inversor de 15 KVA $12’875.000

Inversor de 20 KVA $14’300.000

Inversor de 24 KVA $13’065.000

Tabla 7. *Información del Inversor*

INFORMACIÓN DEL INVERSOR	
P= 15 kw	
ISC= 62,2 A	**Vol=**
IMPP= 25 A	**VMPP=** 300 - 500
Voltaje de Trabajo= 200 – 600v	

Fuente: Autores

Figura 17 *Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver*

Fuente: Tomado de (Fronius, 2021).

Proveedor 1: FRONIUS

Precio: $12.875.000

Ficha técnica:

Figura 18 *Caracteristicas Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver*

Dimensión (ancho)	511,0 mm
Dimensión (altura)	724,0 mm
Dimensión (profundidad)	226,0 mm
Peso	35,52 kg
clase de protección	NEMA 4X
Consumo nocturno	<1 W
Topología inversor	Sin transformador
Enfriamiento	Ventilador de velocidad variable
Elevación	2000 m (6560 pies) con un máx. Voltaje de entrada de 1000 V / 3400 m (11160 pies) con un máx. Voltaje de entrada de 850 V
Certificados y cumplimiento de normas.	UL 1741-2010, UL1998 (para funciones: AFCI y monitoreo de aislamiento), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2008, ANSI / IEEE C62.41, FCC Parte 15 A y B, NEC Artículo 690, C22. 2 No. 107.1-01 (septiembre de 2001), UL1699B Edición 2 -2013, CSA TIL M-07 Edición 1 -2013
Terminales de conexión DC	6x DC + y 6x DC- terminales de tornillo para cobre (sólido / trenzado / trenzado fino) o aluminio (sólido / trenzado)
Terminales de conexión de ca	Terminales de tornillo 14-6 AWG

Fuente: https://www.solartex.co/tienda/producto/inversor-grid-tie-fronius-15-kva-208v-webserver/ (Solartex, 2017)

Tabla 8. Exigencias para inversores en instalaciones fotovoltaicas.

- Debe tener el nivel de la carga 15 KW.
- Alta eficiencia con fines de disminuir pérdidas.
- Salvaguardados contra sobrecargas y circuitos.
- Recursos que incorporen el rearme y conversión automática.
- Tienen que poder reconocer solicitudes instantáneas de potencia más grandes del 150% de su potencia máxima nominal.
- Dar baja distorsión armónica y bajo consumo.
- Contar con aislamiento galvánico.
- Contar con un sistema de monitorización y medida.

Fuente: Adaptado de (Efimarket, 2018)

Figura 19 *Caracteristicas Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver*

TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO, ALL SIZES

GENERAL DATA	STANDARD WITH ALL FRONIUS SYMO MODELS
Dimensions (width x height x depth)	20.1 x 28.5 x 8.9 in. / 51.1 x 72.4 x 22.6 cm
Degree of protection	NEMA 4X
Night time consumption	< 1 W
Inverter topology	Transformerless
Cooling	Variable speed fan
Installation	Indoor and outdoor installation
Ambient operating temperature range	-40 F to 140 F (-40 to 60 C)
Permitted humidity	0 - 100 % (non-condensing)
DC connection terminals	6 x DC+ and 6 x DC- screw terminals for copper (solid / stranded / fine stranded) or aluminum (solid / stranded)
AC connection terminals	Screw terminals 14-6 AWG
Certificates and compliance with standards *(Except Symo 15.0 208 V)*	UL 1741-2010, UL1998 (for functions: AFCI and isolation monitoring), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2005, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 A & B, NEC Article 690, C22. 2 No. 107.1-01 (September 2001), UL1699B Issue 2 -2013, CSA TIL M-07 Issue 1 -2013
Certificates and compliance with standards *(Symo 15.0 208 V)*	UL 1741-2015, UL1998 (for functions: AFCI, RCMU and isolation monitoring), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 A & B, NEC 2014 Article 690, C22. 2 No. 107.1-01 (September 2001) , UL1699B Issue 2 -2013, CSA TIL M-07 Issue 1 -2013

PROTECTIVE DEVICES	STANDARD WITH ALL FRONIUS SYMO MODELS
AFCI & 2014 NEC Compliant	Yes
DC disconnect	Yes
DC reverse polarity protection	Yes
Ground Fault Protection with Isolation Monitor Interrupter	Yes

INTERFACES	AVAILABILITY	AVAILABLE WITH ALL FRONIUS SYMO MODELS
USB (A socket)	Standard	Datalogging and inverter update via USB
2 x RS422 (RJ45 socket)	Standard	Fronius Solar Net, interface protocol
Wi-Fi/Ethernet/Serial/ Datalogger and webserver	Optional	Wireless standard 802.11 b/g/n / Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU
6 inputs and 4 digital I/Os	Optional	Load management; signaling, multipurpose I/O

Fuente: (Solartex, 2017)

5.3.3. Medidor bidireccional

El elemento central del sistema posibilita componer la tecnología de comunicaciones bidireccional con la medida de energía, el control remoto y la identificación del nivel de consumo, disposición de energía, detección antifraude para evitar la alteración en los medidores, instrumentación (voltaje por etapa, corriente por etapa, potencia, elemento de potencia, ángulo de etapa, frecuencia), categorización remota y actualización Funciones de medición, Medición y grabación de energía activa y reactiva importada y exportada, 4 cuadrantes, Medición, grabación y despliegue de voltaje, corriente, factor de potencia, frecuencia y

potencia por fases; Medición absoluta de energía activa, reactiva y potencia; Medición y grabación de demanda máxima; Grabación de datos diarios y mensuales para facturación, previamente programados.

Perfil de carga, Dos canales para perfiles de carga horaria de energía e Instrumentación y perfiles separados para Sub-metering (M-Bus)

Figura 20 *Medidor bidireccional monofásico LY - SM100*

Fuente: https://www.solartex.co/ (Solartex, 2017)

Proveedor: Linyang

Precio: $459.000=

Ficha Técnica (Medidor Monofásico).

Figura 21 *Características Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver*

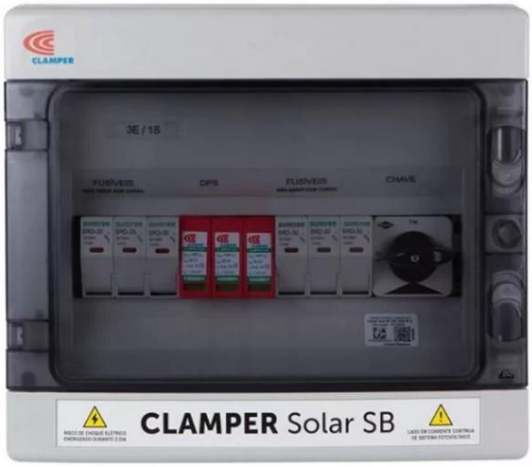
Especificaciones Técnicas				
	LY-SM100	LY-SM200	LY-SM300-DC	LY-SM300-CT
Cumple estándares	IEC62053-21/IEC62052-11/IEC62053-23 /IEC62056			
Tipo de conexión	1 Fase 2 Hilos	2 Fase 3 Hilos	3 Fase 4 Hilos	3 Fase 4 Hilos
Voltaje nominal	120V	2x120/208V	3x120/208V	3x120/208V
Rango de voltaje	60% ~ 130% Un	60% ~ 130% Un	60% ~ 130% Un	60% ~ 130% Un
Corrientes	5(80)A	10(100)A	5(100)A	1.5(6)A
Frecuencia	60Hz	60Hz	60Hz	60Hz
Clase (Activa / Reactiva)	1.0 / 2.0	1.0 / 2.0	1.0 / 2.0	1.0 | 0.5S / 2.0
Constante	3200 Imp/kWh	2400 Imp/kWh	2400 Imp/kWh	6400 Imp/kWh

Fuente: (Solartex, 2017)

5.3.4. Caja de protección

Descripción: El ábaco de custodia equipado, con un dispositivo de custodia. Tiene un equipo de división del circuito entre el inversor y el módulo fotovoltaico. Caja hecha en especial para la defensa y sección de sistemas de emisión de energía solar fotovoltaica, la cual posee puertos de conexión de hasta 3 series fotovoltaicas, salida conmutada, conveniente para uso externo y certificado RETIE.

Figura 22 *Caja de protección*



Fuente: https://www.solartex.co/tienda/producto/string-box-clamper-3-entradas-1-salida/

(Solartex, 2017)

Proveedor: CLAMPER

Precio: $699.000=

Ficha Técnica

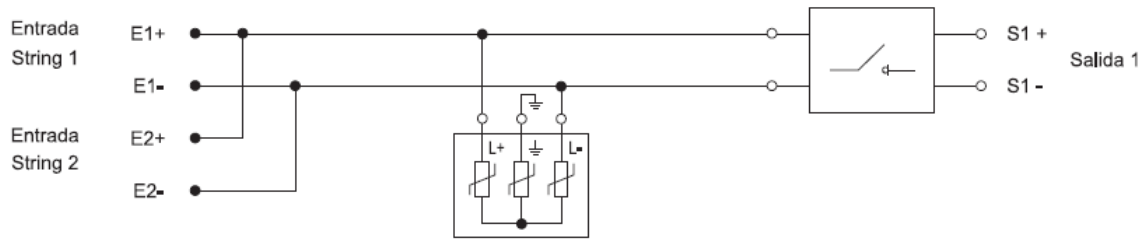
Figura 23 *Caracteristicas técnicas de la caja de protección*

Características técnicas	Unid.	CLAMPER Solar SB
Código CLAMPER	-	014857
Nº de entradas	-	1 o 2
Nº de salidas	-	1
Sección de los conductores	mm^2	4
Tensión nominal de funcionamiento a cada String- U_c	V_{DC}	1.040
Corriente de carga máxima a cada String - I_L	A	10
Potencia máxima a cada String - W_{MAX}	W	10.400
Temperatura de funcionamiento	°C	-40 ...+70
Material de la carcasa	-	Material con características de no propagación y auto-extinción del fuego
Grado de protección	-	IP65
Peso aproximado	kg	1,6
Dimensiones máximas	mm	214 x 209 x 103 (C x A x P)

Fuente: https://www.solartex.co/tienda/producto/string-box-clamper-3-entradas-1-salida/

(Solartex, 2017)

Figura 24 *Diagrama eléctrico*



Fuente: https://www.solartex.co/tienda/producto/string-box-clamper-3-entradas-1-salida/

(Solartex, 2017)

Figura 25 Detalles de *características técnicas de la caja de protección*

Características técnicas del dispositivo de protección - DPS CLAMPER Solar		
Código CLAMPER	-	015071
Norma aplicable	-	EN 50539-11
Clase de protección	-	II
Tecnología de protección	-	Varistor de Óxido Metálico (MOV)
Modos de protección	-	L + / PE, L- / PE (modo común), L + / L- (modo diferencial)
Nivel de protección - U_p	kV	5,0
Tiempo de respuesta típico	ns	< 25
Tensión máxima de operación continua - U_{CPV}	V_{DC}	1.040
Corriente de descarga nominal @ 8/20 μs - I_n	kA	18
Corriente de descarga máxima @ 8/20 μs - I_{MAX}	kA	40
Corriente de descarga total @ 8/20 μs - I_{TOTAL}	kA	40
Indicación de protección en servicio	-	Local a través de la bandera (verde - SERVICIO; Rojo - DEFECTO)
Conexiones	-	Tornillo M5
Sección de los conductores de conexión eléctrica	mm^2	4-25
Torque del tornillo de conexión eléctrica	Nm	3
Grado de protección	-	IP20

Fuente: https://www.solartex.co/tienda/producto/string-box-clamper-3-entradas-1-salida/

(Solartex, 2017)

5.3.5. Cableado

Se requieren dos (2) juegos de cables, un juego por cada STRING. Los cables son necesarios para la conexión entre la FUNTE FV - CAJA DE PROTECCIÓN - E INVERSOR.

Según la NTC 2050, está formado de módulos, incluidos por celdas y conductores. Los cuales enlazan los módulos para integrar un panel solar.

Circuito de entrada del inversor, con cables que conectan a la batería y circuito de salida del inversor y la batería con los sistemas autónomos o cables entre el inversor y los circuitos de salida fotovoltaicos, para sistemas acoplados en malla.

Figura 26 *Cableado*

Fuente: https://www.solartex.co/tienda/producto/cable-fotovoltaico-5mts-6mm-mc4-en-1-extremo/ (Solartex, 2017)

Proveedor: PROCABLES

Precio: $62.400 Cada uno, Se requieren dos (2) juegos de cables.

Ficha técnica presenta en la Figura 27

Figura 27 Características técnicas del c*ableado*

Fuente: https://www.solartex.co/tienda/producto/cable-fotovoltaico-5mts-6mm-mc4-en-1-extremo/ (Solartex, 2017)

Figura 28 Características y detalles técnicos del cableado

Fuente: https://www.solartex.co/tienda/producto/cable-fotovoltaico-5mts-6mm-mc4-en-1-extremo/ (Solartex, 2017)

5.3.6. Montaje del sistema fotovoltaico

Para el montaje del sistema el proceso constructivo es el grupo de etapas, continuas o simultaneas (traslapadas) en la época, correctas para materializar un plan de

infraestructura; en esta situación, la instauración de un sistema fotovoltaico para la emisión de energía eléctrica destinada para el uso en inmuebles.

5.3.7. Desarrollo obras civiles para montaje del sistema fotovoltaico

Los costos presentados en el presupuesto pueden variar acorde con las variaciones del IPC anual, mano de obra, costos de transporte de material y localización de la residencia.

El análisis de suelos se refiere a la inspección visual y para extender los datos en el sitio, también está la actividad de adecuación del lote, en esta operación se tendrá que hacer la adecuación del lote en donde se llevará a cabo la correspondiente instauración del dispositivo solar; se apoya en limpiar y despejar todo el sector.

Se planificará la disposición de los grupos adecuados a las propiedades y intensidad de estas y en la porción solicitada, de forma que se asegure su cumplimiento según con los planos, descripciones, cronogramas de trabajo y en los lapsos estipulados.

Se inicia con obra preliminares, en estas ocupaciones se hallan esas primordiales para comenzar la ejecución de obra, como por ejemplo: ubicación y replanteo dependiendo de su tamaño va a ser primordial otras ocupaciones como por ejemplo: adecuación del lote, limpieza, descapote y nivelación del lote.

Después, en la micro ubicación de grupos en la casa y el replanteo, involucra que el análisis de ubicación tiene como fin elegir la localización más correcta para el plan.

En el caso de esta vivienda, no se cuenta con sombras producidas por la naturaleza inmodificables, por tal los cálculos realizados, son pertinentes y no se requiere recalcular.

5.3.8. Instalación eléctrica del sistema fotovoltaico

La instalación eléctrica de sistema se desarrolla con un mínimo de actividades que se describen a continuación, así: dado que el objetivo consiste en localizar los paneles solares en la composición soporte y es preciso una orientación e inclinación correcta para facilitar un óptimo manejo; la instalación eléctrica complica con el RETIE (Reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas).

Para comenzar, se desplegará la excavación para soporte y localización; al respecto la base será tipo poste y tendrá magnitudes específicas según peso del panel y energías dinámicas efecto del aire que va a tolerar.

Figura 29 Imagen de la vivienda en la cual se instalará el sistema fotovoltaico

Fuente: Autores

La perforación para el soporte de la composición va a tener la hondura idónea, de consenso con la proporción de paneles a instalar, que en esta situación son 11, se va a tener presente, la dureza del lote y las corrientes de viento, después, para instalar 2 paneles se usará un ámbito de 60 centímetros a 80 centímetros.

Continuando con esta explicación del proceso de instalación eléctrica, el nivel de inclinación de paneles va a ser la misma que la latitud, después, se va a hacer la instauración del cableado y equipos de producción de energía, en estas operaciones se hallan esas concretas para enlazar las celdas solares con los módulos.

Paso seguido, la perforación zanja para los cables, la cual a través de zanja para vincular los dispositivos solares con el controlador de repartición o distribución.

Respecto al sistema de puesta a tierra, tendrá que instalarse según con los requerimientos técnicos del RETIE. La composición del generador y los cuadros

metálicos de las unidades estarán acopladas a una toma terrestre que será la misma que la del resto del sistema instaurado.

5.3.9. Instalaciones internas y conexión de equipos

Instalación redes internas, estas se harán con las actividades necesarias para la instalación y serán guiadas por la norma ICONTEC 2050, el reglamento técnico RETIE y las sugerencias de los profesionales con experiencia en redes internas y electrodomésticos.

Se exponen los argumentos y resultados de la evaluación de viabilidad tecnológica, ambiental, social y por supuesto económica.

5.4. Evaluación de la viabilidad del sistema fotovoltaico sugerido a partir de análisis de costo beneficio que contempla elementos económicos, técnicos y ambientales.

Está comprende la inversión que se dispondrá para el proceso de instalación del sistema solar fotovoltaico. Para lo cual es preciso considerar: el monto fijo de inversión, inversiones diferidas y los recursos de trabajo donde se encuentra el flujo de inversión, examinando solo el proceso de instalación y ensambladura, dado que es el que efectúa el reintegro del dinero.

Inversiones fijas

- Construcción y obras civiles, $ 1.320.000=
- Máquinas y equipos $14.157.800=
- Paneles solares, $ 5.544.000=

TOTAL, INVERSIONES FIJAS *$21.021.800=*

Inversiones diferidas

- Estudios técnicos, $1.000.000=
- Costos de montaje, $549.000=
- Costos de puesta en marcha, $278.000=
- Capacitación $150.000=

TOTAL, INVERSIONES DIFERIDAS *$1.997.000=*

Capital de trabajo

- Efectivo, $1.000.000=
- Inventario de materia prima, $800.000=

TOTAL, CAPITAL TRABAJO *$1.800.000=*

TOTAL, FLUJO DE INVERSIÓN: $24.818.800=

5.4.1. Detalle de las Inversiones

Tabla 9. *Inversiones (PyG)*

Inversiones Fijas - Período de Operación	**Valor**
Adecuaciones y Mejoras	$1.320.000
Maquinaria y Equipos	
12 panel solar 330 watts ANSHINE doble vidrio poli	$5.544.000
Inversor Grid Tie KVA 208 Webserver	$12.875.000
Medidor bidireccional monofásico LY - SM100	$459.000
Caja de protección (DPS)	$699.000
2 cableado conexión entre la fuente FV - caja de protección - e inversor.	$124.800

Fuente: Autores

5.4.2. Detalle de los ingresos y beneficios que genera el proyecto

Los costos pueden varias acorde al índice de precios al consumidor (IPC) anual, mano de obra tomando el valor salario mínimo legal vigente, costos de transporte de material y puesta en el sitio donde se desarrolla la instalación.

Índice de precios al consumidor JUNIO 2021

Figura 30 IPC Junio 2021

IPC	Junio					
	Variación Mensual		Variación Año corrido		Variación Anual	
	2021	2020	2021	2020	2021	2020
IPC total	-0,05	-0,38	3,13	1,12	3,63	2,19

Fuente: (Dane, 2021)

Figura 31 Proyección de ingresos a 5 años

Total Ingresos año		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio Promedio	$ / KW	565,5	477,8	477,8	477,8	477,8
Ventas	unid.	2.822	3.324	3.324	3.324	3.324
Ventas en pesos	$ / KW	1.595.996	1.587.910	1.587.910	1.587.910	1.587.910

Fuente: Elaboración propia

Luego se realizó la siguiente proyección de ingresos, a partir de los recibos de pago en los últimos 6 meses que ha realizado el grupo de habitantes de la vivienda a la empresa electrificadora ESSA, Como se ilustra en este cuadro de proyecciones, así:

Tabla 10. *Proyección de precios*

Años		1	2	3	4	5
Precios						
Precio $ demanda de energía cubierta por el	$ / kWh	577	481	481	481	481

sistema fotovoltaico (según tarifa ESSA)						
Precio Venta por microgenerador (según tarifa ESSA)	$ / kWh	173	173	173	173	173
Unidades entregadas a la vivienda y a la ESSA						
Unidades $ demanda de energía cubierta por el sistema fotovoltaico (según tarifa ESSA)	$ / kWh	2.740	3.288	3.288	3.288	3.288
Unidades Venta a la ESSA, microgenerador (según tarifa ESSA)	$ / kWh	82	36	36	36	36

Fuente: Autores

Este análisis económico es coherente a los aspectos técnicos más generales, por ejemplo, número de paneles por casa total a 12, potencia a instalar, se incluyeron en el sistema, así como el tipo de inversor.

Otro beneficio importante es:
Al respecto de beneficios tributarios, la ley 1715 del 2014, oferta beneficios, según el artículo 11 y 14 se dan descuentos e incentivos que mejoran el flujo de caja del proyecto.

10 años de depreciación: ($18.777.800/10) = $1.877.780=

5 años de depreciación: ($18.777.800/10) = $3.755.560

Luego: ($3.755.560 - $1.877.780) * 34% = $638.445 =

Dentro del análisis de factibilidad del proyecto, es factible, teniendo en cuenta que los paneles pueden suplir la necesidad de la demanda que se presenta dentro de la

residencia. Además, cabe resaltar la viabilidad del proyecto debido a la contribución que hacen los beneficios tributarios que el gobierno otorga.

5.5. Evaluación de viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica, se establecieron niveles mínimos de consumo y de generación de energía eléctrica a partir de los 12 paneles solares, en un ejercicio de cruzar la oferta con la demanda se determinó que cantidad de energía no sería entregada a la vivienda y ese valor se proyectó entregar a la ESSA. Se presenta a continuación la proyección del estado de resultados, así:

5.5.1. Gastos de mantenimiento

Estas instalaciones requieren un mantenimiento periódico en el que se haga una limpieza general de los paneles, revisión de la operación de equipos entre otros. Así como, se debe contemplar que es necesario reemplazar algunos elementos una vez cumplan su vida útil.

6. RESULTADOS

Primero, se analizó el consumo energético real y teórico de las necesidades que tienen los habitantes de la vivienda ubicada en Cra 21 # 7-25, Barrio Comuneros. Lo que concluyó con una formulación de una lista de las cargas instaladas, identificando la potencia de cada una y el intervalo horario durante el cual está conectada la carga. Con esta información recopilada, tabulada y organizada se define un total de consumo promedio diario, semanal y mensual. Esta información junto con el costo del kw/h permite describir el consumo mensual y su costo.

Luego, se determinó el tipo de panel fotovoltaico adecuado, la fuente en DC para la iluminación y los componentes que permitan el funcionamiento de la vivienda. De acuerdo con lo identificado en la fase 1 y con la información recopilada de los paneles comercialmente disponibles se revisa información acerca de los paneles que están en el mercado y características específicas para seleccionar el más pertinente.

De acuerdo con el nivel de potencia que va a manejar el sistema de generación FV se debe seleccionar el inversor correspondiente. Estructura del campo FV. Partiendo de las características de ISC y VOC de los paneles y teniendo en cuenta la tensión y corriente máximas del inversor se propone un esquema de conexión de los paneles. Luego, se logró: Planificar los equipos, el presupuesto de inversión, las especificaciones técnicas que faciliten la evaluación de la viabilidad de la instalación del sistema fotovoltaico en la residencia.

De acuerdo con la información recopilada se generan los documentos

necesarios para la generación de los pliegos de contratación del sistema. Se construyó el presupuesto de la implementación del sistema FV y se evalúa, mediante las herramientas financieras adecuas, el ahorro de dinero en un periodo de 1 año. Para finalizar se determinó que si es viable instalar el sistema FV sugerido a partir de análisis de costo beneficio que contemple elementos económicos y técnicos.

7. CONCLUSIONES

Se concluye que este proyecto desarrollado en el marco del seminario, contemplo una adecuada planificación de recursos y presupuesto, con lo cual fue posible determinar que la instalación del sistema fotovoltaico en la vivienda si es viable a mediano plazo, desde una perspectiva económica, y tiene alta viabilidad tecnológica, ambiental y social.

El proyecto tiene una alta viabilidad tecnológica y técnica, dado que se diseñó teniendo en cuenta parámetros como ubicación, dispersión, usuarios, recurso, piso térmico y porque los equipos para instalar paneles e inversores cuentan con certificación y serán instalados por personal calificado.

Se pudo concluir que actualmente, los problemas en los que generalmente se enfocan los proyectos de áreas de ingeniería y desarrollo tecnológico, son relacionados con el tema de eficiencia energética de instalaciones en viviendas o en instalaciones de empresas y que, al respecto, luego, realizar este proyecto en la Cra. 21 # 7-25, Barrio comuneros; genera una alta oportunidad de continuar con el mismo proceso en otras viviendas, dado que es replicable y está diseñado a escala, lo que facilitará que se transfiera a otras zonas.

8. RECOMENDACIONES

Para realizar estudios de viabilidad, se recomienda se tenga en cuenta aspectos como: el IAU del 29%, replanteo de obra, implementación y puesta en marcha de equipos para la operación, instalar el sistema de medición y gestión de la energía, construir las Instalaciones Internas, supervisión, capacitaciones, gastos de administración, mantenimiento preventivo y correctivo (reposición por falla), diagnostico técnico, elaboración del diseño, lo que permitió un diseño real en el marco del contexto que se desarrolló.

Se recomienda que para próximos estudios, se organice previamente un protocolo para la identificación del tipo de fuente fotovoltaico, la fuente en DC para la iluminación y los componentes que hagan funcional el sistema instalado en la vivienda; y mejor aún, si se planifican procedimientos guía al estudiante, para planificación de los equipos, el presupuesto, las especificaciones técnicas que permitan la evaluación de la puesta en funcionamiento e instalación del sistema fotovoltaico en la vivienda y finalmente la evaluación de la viabilidad del sistema fotovoltaico sugerido.

Se recomienda que se organice en el seminario, material acerca de especificaciones contempladas en la norma IEC – 61730 de 2009, sobre seguridad en módulos fotovoltaicos.

Es recomendable, que se suministre a los usuarios una guía acerca de la revisión del funcionamiento de los equipos y de gastos de instalación del sistema de archivo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, A. (2014). *Energia Solar ¿Cuál es su impacto ambiental?* Atriatum.

Benitez, A., & Tello, I. (2018). *Estudio factibilidad de la implantación de un sistema solar fotovoltaico en Vilacatalina.* Bogotá: Ulibre.

Comparaiso. (2017). *Aplicaciones y ejemplos de la domótica.* Bogotá: Comparaiso.

Congreso de la república de Colombia. (2014). *Energia renovable .* Bogotá .

Costa, F. (2017). *Viabilidad de una instalación solar fotovoltaica aplicada a vivienda.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Dane. (18 de 06 de 2021). *Indice del precio del consumidor .* Obtenido de https://www.dane.gov.co/: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc/ipc-informacion-tecnica

Departamento Nacional de Planeación . (2018). Guia para instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas. *Proyectos Tipo*, 5.

Diaz, L. (2018). *Viabilidad Economica de la Implementación de Paneles Fotovoltaicos Como Alternativa Para la Red de Distribución Electrica Tradicional*. Obtenido de https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5805/5388

Efimarket. (2018). ¿Cómo seleccionar un inversor para una instalación fotovoltaica? *Efimarket*, 1-3.

Emergente. (2021). Panel solar. *Energia Sostenible*, 1.

EPIA. (2011). *FORMACION DE INSTALADORES FOTOVOLTAICOS .* Pvtrin.eu/.

factorenergia. (2018). *Energia Solar: todo lo que tienes que saber.* Factorenergia. Obtenido de https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo/energia-solar/

Fronius. (2021). Inversor SYMO - 15W Categoria Grid Tie Fronius . *Viaindustrial.com*, 1-3.

Garcia, J. (2015). Energía Solar Fotovoltaica en Viviendas para autoconsumo. *Sección revista de arquitéctura*, 4.

Henríquez, J. S. (2012). *Diseño del proceso de evaluación del desempeño del personal y las principales tendencias que afectan su auditoría.* Barranquilla: Scielo.

Henríquez, J. S., & Calderón, V. C. (2012). *Diseño de un proceso de evaluación del desempeño del personal y su augoridad.* Barranquilla: Scielo.

Hernandez, R. (2017). *Análisis de factibilidad para instalación de un sistema de energia limpia.* Villahermosa, tabasco: CIATEO.

Hernandez, R. (2017). *Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energia limpia mediante celdas fotovoltaicas .* Villahermosa: CIATEQ.

Hilcu, M. (2021). *Requisitos para la instalación de placas.* Otovo.

Ideam. (2014). *GENERALIDADES DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.* Bogotá: Minambiente.

IDEAM. (2018). *Caracteristicas de la radiación solar.* Bogotá: Ideam.

Ingeneria Y Construcciones S.A.S. (2020). ¿CÓMO HACER UN CORRECTO MANTENIMIENTO AL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO? *hgingenieria*, 1-3.

Lorente, J. (2010). *La radiación solar .* Barcelona: Departamento de Astronomía y Meteorología.

Marquez, N., & Pirajon, F. (2016). *Analisis para la implementaicon de un sistema de abastecimiento de energia a partir de paneles.* Bucaramanga: UPB.

Melendez, J. (2017). Aspectos técnicos y regulatorios generación eléctrica fotovoltaica. *SICEL*, 1. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de file:///D:/Usuario/Downloads/63315-Texto%20del%20art%C3%ADculo-383838-1-10-20180521.pdf

Melendez, J., Cruz, O., Bastidas, J., & Quiroga, O. (2017). Aspectos técnicos y regulatorios generación eléctrica fotovoltaica. *SICEL*, 1. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de file:///D:/Usuario/Downloads/63315-Texto%20del%20art%C3%ADculo-383838-1-10-20180521.pdf

Partida, F., Shaar, L., & Flores, R. (2017). Análisis de viabilidad para la instalación de un sistema fotovoltaico en viviendas. *Ingenieria y diseño*, 4.

Prosperi, M. (12 de Noviembre de 2015). Energia Solar Fotovoltaica Proyecto RES & RUE Dissemination. *Energias Limpias*, 4. Recuperado el 17 de Junio de 2021, de http://www.cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/2%20fotovolt

PVGIS. (2021). *We create living spaces*. Obtenido de https://www.viessmann.es: https://www.viessmann.es/content/dam/vi-brands/ES/PDFs/Profesionales/cursos-de-formacion/1er-trimestre-2021/29-03-21-diseno-fv-lopm.pdf

Rojas, S. (2019). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICOS COMO ENERGIA ALTERNATIVA EN UNA UNIDAD RESIDENCIAL DE LA LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA*. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22997/RojasDiazSebastianAndres2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rovira, O. E. (2012). *Análisis del ciclo de vida para el desarrollo de las Reglas de Categoría de Producto de sistemas solares fotovoltaicos para la edificación.* Internacional: core.ac.uk.

Sandoval, L. (2013). *ENERGÍA SOLAR: ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGIA PARA EL EDIFICIO YARIGUIES DE LA UNIVERSIDAD DE SANTANDER UDES.* Obtenido de https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/2880/1/Energ%C3%ADa%20solar%20Estudio%20de%20implementaci%C3%B3n%20de%20un%20sistema%20de%20generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20para%20el%20edificio%20Yariguies%20de%20la%20Universidad%20de%20Santander%20UDE

Solartex. (12 de 09 de 2017). *Panel Solar 330 Watts ZNSHINE Doble vidrio poli .* Obtenido de https://www.solartex.co/: https://www.solartex.co/tienda/producto/panel-solar-330-watts-znshine-doble-vidrio-poli/

Valdés, G. (2020). *Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000300249&lng=es&nrm=iso

Valdez, G. (2020). *Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v31n3/0718-0764-infotec-31-03-249.pdf

10. ANEXOS