



Maestría en

ENERGÍAS RENOVABLES

Tesis previa a la obtención del título de Magíster en Energías Renovables.

AUTORES: Pérez, Ivonne

Acosta, Ángel

Pozo, Raúl

Castro, Diego

Ramírez, Juan Carlos

TUTOR: Andrea Carolina Rivadeneira Pérez

Estudio comparativo solar de una comunidad en Quito. Valoración de la aportación solar en el mix energético.

Dedicatorias y Agradecimientos

“A mi familia, mi esposo Gabriel y mis hijos Sebastián y Mateo que son el motor de mi vida, su amor y su presencia me impulsan a seguir creciendo en mi vida personal y profesional, gracias su apoyo incondicional y paciencia es posible este logro.

A mis padres, que su luz guía día a día mi camino, su ejemplo y consejos siempre estarán presentes en mi vida”.

“Quiero agradecer Dios, por llenar mi vida de bendiciones.

A la Universidad Internacional del Ecuador - UIDE, por haberme brindado la oportunidad de ser parte de esta prestigiosa institución y del programa de Maestría Energías Renovables.

A los docentes nacionales y extranjeros, por haber compartido sus valiosos conocimientos y experiencia en este proceso de aprendizaje.

A mis Tutoras por su gentil ayuda y acompañamiento a lo largo de mi preparación”.

Ivonne Pérez

“Dedico este trabajo a Dios ya que sin él no estaríamos presentes, a mi familia que en este transcurso del proyecto me alentaban a no desmayar, además a mis compañeros que día y noche nos hemos desvelado realizando este trabajo”.

Ángel Acosta

"A Josué y Lía, por ser mi inagotable fuente de energía para vivir".

Diego Castro

“A mis padres Vicente y Ruddy, por su apoyo y guía a lo largo de mi vida, y a mi novia Daniela por brindarme siempre todo su apoyo y amor, y ser el testigo del esfuerzo depositado en este trabajo”.

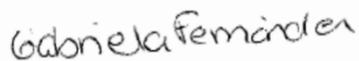
Juan Carlos Ramírez

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

La Biblioteca de la Universidad Internacional del Ecuador se compromete a:

1. No divulgar, utilizar ni revelar a otros la **información confidencial** obtenida en el presente trabajo, ya sea intencionalmente o por falta de cuidado en su manejo, en forma personal o bien a través de sus empleados.
2. Manejar la **información confidencial** de la misma manera en que se maneja la información propia de carácter confidencial, la cual bajo ninguna circunstancia podrá estar por debajo de los estándares aceptables de debida diligencia y prudencia.

Paulina Vizcaino
Coordinador Posgrados



Gabriela Fernández
Gestora Cultural

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **IVONNE PÉREZ**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



.....
IVONNE PÉREZ

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **ÁNGEL ACOSTA**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.


.....
ÁNGEL ACOSTA

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **RAÚL POZO**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.


.....

RAÚL POZO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **DIEGO CASTRO**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



DIEGO CASTRO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **JUAN CARLOS RAMÍREZ TORRES**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



.....
JUAN CARLOS RAMÍREZ TORRES

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ANDREA CAROLINA RIVADENEIRA PÉREZ certifico que conozco al autor/a del presente trabajo siendo la responsable exclusiva tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Mgtr. Andrea Carolina Rivadeneira Pérez

DIRECTOR DE TESIS

INDICE GENERAL

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	3
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	4
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	5
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	6
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	7
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	8
APROBACIÓN DEL TUTOR	9
INDICE DE FIGURAS	17
RESUMEN	20
SUMMARY	
PALABRAS CLAVES	21
1. ANTECEDENTES	22
1.1 Datos generales del proyecto y de la zona donde se ubica el proyecto	23
1.2 Ubicación geográfica y área de influencia:	23
1.3 Descripción del contexto energético general en el que se desarrolla el proyecto	23
2. OBJETIVOS	24
2.1 Objetivo general	24
2.2 Objetivos específicos	24
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	25
2.1 Descripción de la energía renovable incluida en el Proyecto	25
4. DESARROLLO	27
4.1 Elección del emplazamiento para el sistema Solar Fotovoltaico	27
4.2 Elección de los materiales más idóneos para cada uno de los escenarios propuestos y realizar una descripción de las características más destacables	34
4.3 Diseño para satisfacer las condiciones establecidas en cada paquete de subvenciones.	35

4.4	Cálculo de producción de la planta fotovoltaica.	36
4.5	Memoria del proyecto:	36
4.6	Manual de Mantenimiento	54
4.7	Dimensionado del sistema aislado:	73
5	Estudio comparativo para el sistema solar térmico de una comunidad en Quito.	80
5.1	Memoria Técnica del sistema solar térmico	82
	Estimación De La Demanda Térmica	84
	Equipos Para La Instalación.	94
	Documentación Técnica De Los Equipos Instalados	98
	Presupuesto de ejecución de la instalación	100
	Cálculo el Tiempo De Retorno Simple De la Inversión	102
	Prestaciones y características	104
	Esquema de la instalación	104
6	Estudio Comparativo Entre La Energía Solar Fotovoltaica Y Una Planta Generación Eléctrica Con Tecnología Solar Térmica	105
6.1	Precio De Venta De Energía Para Instalación Solar Térmica Mediante Cilindro Parabólica	111
6.2	Costos de O&M	112
6.3	Contrato De Desarrollo Llave En Mano Con Fee A Éxito	114
6.4	Contrato De Servicio De Implementación De Una Central Fotovoltaica En Base A Costos Reales.	120
6.5	Determinación de la WACC Solar Fotovoltaica	127
6.6	Partidas Capex Del Sistema Fotovoltaico.	129
6.7	Partidas Capex Del Sistema Solar Térmico	131
6.8	Determinación de la WACC SISTEMA SOLAR TÉRMICO	132
6.9	Cuenta De Resultados	136
6.9.1	CUENTA DE RESULTADOS DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO.	136
6.9.2	Hipótesis Del Proyecto Fotovoltaico.	140

6.9.3	Cuenta De Resultados Del Proyecto Solar Térmico	141
	Ingresos Sistema Solar Térmico	142
6.9.4	Hipótesis Del Proyecto solar térmico.	143
6.9.5	COSTO PONDERADO DE LA ENERGÍA	151
6.9.5	Hipótesis para fotovoltaico con EPC y No EPC	151
6.9.6	Hipótesis para Solar Térmico	152
6.9.7	Determinación del LCOE y LROE	155
9.6.8	Resultados proyecto fotovoltaico EPC	155
6.9.9	Cálculo del LCOE solar térmico comparado con sustituto de calefón a GLP	157
7	BIBLIOGRAFÍA	161
8	APÉNDICES	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos Generales sobre Consumo Energético	29
Tabla 2 Resumen del Diseño PFV.....	30
Tabla 3 Irradiación mensual y otros datos del emplazamiento.....	30
Tabla 4 Datos Generales de Consumo Energético.....	32
Tabla 5 Resumen del Diseño PFV.....	32
Tabla 6 Irradiación mensual y otros datos del emplazamiento.....	33
Tabla 7 Descripción de la planta fotovoltaica.....	37
Tabla 8 Características del panel fotovoltaico	38
Tabla 9 Resumen de parámetros técnicos del proyecto	39
Tabla 10 Características del inversor	40
Tabla 11 Características transformador seco	41
Tabla 12 Protecciones propias del inversor	45
Tabla 13 Sensibilidad del interruptor diferencial recomendada.....	46
Tabla 14 Especificaciones técnicas	47
Tabla 15 Presupuesto de la planta	52
Tabla 16 Plan de contratación.....	53
Tabla 17 Cronograma del plan de contratación	54
Tabla 18 Valor del mantenimiento de la planta.....	70
Tabla 19 Tabla de rentabilidad de la instalación fotovoltaica	72
Tabla 20 Cálculos del sistema aislado.....	73
Tabla 21 Características del panel solar.....	78
Tabla 22 Características del controlador de carga solar a usar	79
Tabla 23 Tipología de viviendas No. Habitaciones - No. de Personas.....	84
Tabla 24 Datos meteorológicos e irradiación solar	85
Tabla 25 Resumen de datos de la demanda	86

Tabla 26 Estimación mensual y anual de la demanda en ASC y calefacción	87
Tabla 27 Extrapolación de los datos.....	88
Tabla 28 Datos del captador solar	91
Tabla 29 Cálculos colector tubo al vacío	92
Tabla 30 Cálculos de colector de placa plana	92
Tabla 31 Cálculos de colector de placa plana	93
Tabla 32 Tipo de colectores	94
Tabla 33 Ficha técnica ESCOSOL SOL - 2500 H selectivo	95
Tabla 34 Datos técnicos del HP ESCOSOL SUNMAX 20/58.....	96
Tabla 35 Presupuesto instalación de colector de placa plana.....	101
Tabla 36 Presupuesto instalación de colector tubos al vacío.....	102
Tabla 37 Flujo de la instalación con colector de placa plana	103
Tabla 38 Flujo de la instalación con colector de tubos al vacío.....	103
Tabla 39 Cálculo de producción con DNI (radiación normal directa).....	108
Tabla 40 Producción en base a DNI.....	108
Tabla 41 Especificaciones de la turbina de vapor	109
Tabla 42 Cálculo de Producción.....	109
Tabla 43 Cálculo de producción Final.....	110
Tabla 44 Costos de O&M de la planta fotovoltaica	112
Tabla 45 Costos de O&M de la planta termoeléctrica.....	112
Tabla 46 Descripción de los items contratados.....	115
Tabla 47 Plan de Pagos	116
Tabla 48 Precio del Contrato O&M.....	122
Tabla 49 Plan de Pagos	123
Tabla 50 Tabla resultante WACC	128
Tabla 51 Presupuesto Obra Civil.....	129
Tabla 52 Presupuesto Equipos.....	129

Tabla 53 Presupuesto Cableado	130
Tabla 54 Presupuesto Suministro y Montaje	131
Tabla 55 Presupuesto Estudio, Monitoreo y Vallado	131
Tabla 56 Tabla resultante WACC	133
Tabla 57 Presupuesto del Proyecto para Urbanización el Manantial	134
Tabla 58 Indicadores TIR, VAN y PAYBACK.....	136
Tabla 59 Inversión total con EPC	137
Tabla 60 Inversión total no EPC	138
Tabla 61 Ingresos Sistema Fotovoltaico.....	139
Tabla 62 Gastos del Suministro Sistema Fotovoltaico	139
Tabla 63 Gastos Operativos Sistema Fotovoltaico	140
Tabla 64 Hipótesis del Sistema Fotovoltaico	141
Tabla 65 Estructura del Financiamiento del Sistema Fotovoltaico	141
Tabla 66 Inversión Total Sistema Fotovoltaico	142
Tabla 67 Ingresos Sistema Térmico	142
Tabla 68 Gasto de Suministros del Sistema Solar Térmico	143
Tabla 69 Gastos Operativos del Sistema Solar Térmico.....	143
Tabla 70 Hipótesis del Sistema Solar Térmico	144
Tabla 71 Estructura de la financiación.....	144
Tabla 72 Hipótesis Proyecto Fotovoltaico con EPC	152
Tabla 73 Hipótesis Proyecto Fotovoltaico sin EPC	152
Tabla 74 Hipótesis proyecto solar térmico.....	153
Tabla 75 Resultados VAN Y TIR 70% Project finance + 30% fondos propios.....	153
Tabla 76 Resultados VAN Y TIR 100% fondos propios	154
Tabla 77 Resultados VAN Y TIR sin CAPEX de mantenimiento.....	154
Tabla 78 Hipótesis para cálculo LCOE y LROE- EPC	155
Tabla 79 Resultados teóricos para cálculo LCOE y LROE- EPC.....	156

Tabla 80 Resultados hoja de cálculo LCOE y LROE- EPC.....	156
Tabla 81 Hipótesis para cálculo LCOE y LROE- NO EPC	156
Tabla 82 Resultados teóricos para cálculo LCOE y LROE- NO EPC.....	157
Tabla 83 Resultados hoja de cálculo LCOE y LROE- NO EPC	157
Tabla 84 Resumen LCOE y LROE- EPC y NO EPC.....	157
Tabla 85 Hipótesis para cálculo LCOE uso calefón-GLP	158
Tabla 86 Resultados para cálculo LCOE uso calefón- GLP.....	158
Tabla 87 Hipótesis para cálculo LCOE solar térmico	159
Tabla 88 Resultados para cálculo LCOE uso calefón- GLP.....	159
Tabla 89 Resumen LCOE solar térmico y calefón - GLP	159
Tabla 90 Hipótesis proyecto solar térmico 40 % Project finance + 60% fondos propios	160
Tabla 91 Resultados VAN , TIR y Payback	160

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la Urbanización “El Manantial”.....	23
Figura 2 Mapa de Irradiación Solar Global Horizontal anual del Ecuador	26
Figura 3 Mapa de cobertura y uso de la tierra	27
Figura 4 Mapa del SUIA	28
Figura 5 Terreno aledaño a la Urbanización “El Manantial”	28
Figura 6 Áreas Tentativas para los PFV	31
Figura 7 Perfil de Elevación.....	31
Figura 8 Terreno aledaño a la Urbanización El Manantial	33
Figura 9 Áreas Tentativas para PFV.....	34
Figura 10 Perfil de Elevación.....	34
Figura 11 Resultados del diseño en PVsyst	36
Figura 12 Resultados principales obtenidos	36
Figura 13 Esquema de fijación de los paneles en estructura	46
Figura 14 Estructura soporte de paneles.....	47
Figura 15 Estructura de huerto solar	47
Figura 16 Esquema de Conexión del Proyecto Fotovoltaico.....	48
Figura 17 Modo conexión	48
Figura 18 Diagrama Eléctrico del SGDA.....	49
Figura 19 Arreglo de módulos fotovoltaicos.....	49
Figura 20 Esquema equipos de un parque fotovoltaico	56
Figura 21 Vegetación en un parque fotovoltaico.....	57
Figura 22 Maleza en la parte inferior de los módulos	58
Figura 23 Grietas en el terreno de un parque fotovoltaico	58
Figura 24 Suciedad sobre los módulos.....	59
Figura 25 Termografía en la parte posterior de un panel	60

Figura 26 Puntos calientes en un panel fotovoltaico.....	61
Figura 27 Cámara termográfica.....	61
Figura 28 Cajas de conexión de strings.....	62
Figura 29 Verificar precisión del contador.....	65
Figura 30 Cambio de batería de litio error 000001.....	65
Figura 31 Transformadores de corriente tipo ventana 600/5.....	66
Figura 32 Tiempo de mantenimiento	71
Figura 33 Ingresos	72
Figura 34 Costos	73
Figura 35 Resumen del sistema planteado.....	77
Figura 36 Principales resultados del sistema aislado	77
Figura 37 Características de la batería a usar	79
Figura 38 Mapa de ubicación del proyecto	80
Figura 39 Mapa de ubicación terreno para la central	80
Figura 40 Perfil de elevación	81
Figura 41 Esquema de principio de la instalación tipo estudiada.....	81
Figura 42 Ubicación de el proyecto	83
Figura 43 Ficha de cálculo de colector de tubo al vacío	92
Figura 44 Ficha de cálculo de colector de placa plana	94
Figura 45 colector solar de placa plana ESCOSOL SOL- 2500 H selectivo.....	95
Figura 46 Colector “U” PIPE AKU 16 1800/58	96
Figura 47 Interacumulador ACS WWKS200-1	97
Figura 48 Esquema de montaje de equipos	104
Figura 49 Radiación solar en días nublados.....	107
Figura 50 Radiación solar en Quito. Mapa solar del Ecuador	107
Figura 51 Turbina de la línea TM Flex DE 3 MW	109
Figura 52 Planta Termosolar Cilindro Parabólica.....	111

Figura 53 Fondos propios y nivel de endeudamiento	128
Figura 54 Fondos propios y nivel de endeudamiento	133
Figura 55 Equivalencias obtenidas para WACC	134

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo de titulación son: desarrollar proyectos energéticos para la Urbanización “El Manantial” ubicada en la parroquia rural de Conocoto en el Valle de los Chillos, Quito, Ecuador, abastecerla de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico, dotarle de un sistema de térmico solar para suministrar de agua caliente sanitaria y calefacción, realizar la evaluación económica financiera y calcular el costo de energía producida por el mix energético solar.

Para el diseño del sistema fotovoltaico, se partió de un consumo estimado anual de energía para 100 casas de 557 500 kWh-año. Para el desarrollo del proyecto se consideró una subvención de US\$ 50 000, condicionada a la obtención de un ahorro energético medio del 20% en el consumo de energía eléctrica. Bajo estas premisas, se dimensionó una central fotovoltaica de 72 kWp con un área de 540 m² y con una producción de energía de 113,00 MWh-año. Adicionalmente, se desarrolló un sistema auxiliar autoabastecido (paneles fotovoltaicos más baterías) para una construcción para monitoreo de la central con una capacidad de 250 Wp.

Para abastecer de agua caliente sanitaria (ACS) a 60°C para 100 viviendas unifamiliares con una tipología de 3 ocupantes y un área de construcción 70 m², sirviendo de apoyo a la calefacción, se dispuso de cubiertas de 7 m². Dentro de la solución para el sistema solar térmico requerido con una demanda de aprox. 240 000 kWh-año, se propusieron dos alternativas de solución con dos tipos de colectores: a) con captador de placa plana y b) colector de tubos al vacío, con superficies de 2.32 m² y 2.63 m² respectivamente.

Finalmente, se realizó la evaluación económica financiera de los proyectos solar fotovoltaico y solar térmico con diferentes hipótesis. Se obtuvieron los indicadores financieros como el valor actual neto y la tasa interna de retorno (VAN y TIR) y se determinó el costo ponderado de la energía (LCOE), para cada caso.

SUMMARY

The objectives of this degree Project are: to develop energy projects for the urbanization “El Manantial” located in the rural parish of Conocoto in Valle de los Chillos, Quito, Ecuador, to supply it with electricity through a photovoltaic system, to provide it with a solar thermal system to supply domestic hot water and heating, to perform the economic and financial evaluation and to calculate the cost of energy produced by the solar energy mix.

The design of the photovoltaic system was based on an estimated annual energy consumption of 557,500 kWh/year for 100 houses. A subsidy of US\$ 50,000 was considered for the development of the project, conditional on obtaining an average energy saving of 20% in electricity consumption. Under these premises, a 72 kWp photovoltaic plant was dimensioned with an area of 540 m² and an energy production of 113.00 MWh/year. In addition, a self-supplied auxiliary system (photovoltaic panels plus batteries) was developed for a construction to monitor the plant with a capacity of 250 Wp.

To supply domestic hot water (DHW) at 60°C for 100 single-family dwellings with a typology of 3 occupants and a construction area of 70 m², supporting the heating, 7 m² roofs were available. Within the solution for the required solar thermal system with a demand of approx. 240,000

kWh/year, two alternative solutions were proposed with two types of collectors: a) flat plate collector and b) evacuated tube collector, with surfaces of 2.32 m² and 2.63 m² respectively.

Finally, the economic and financial evaluation of the solar photovoltaic and solar thermal projects was carried out under different assumptions. Financial indicators such as net present value and internal rate of return (NPV and IRR) were obtained and the weighted cost of energy (LCOE) was determined for each case.

PALABRAS CLAVES

Energía; fotovoltaico; panel; solar térmica.

1. ANTECEDENTES

Es ventajosa la energía solar, ya que a través de esta se puede cubrir las necesidades energéticas de las ciudades con el desarrollo de energía limpia sin generar gases nocivos para el medio ambiente. Es necesario crear conciencia en la ciudadanía sobre el uso racional de energía, ya que el sobreuso de esta conlleva acrecentar el calentamiento climático a través de la emisión del dióxido de carbono (CO₂) por el uso excesivo del carbón, gas y petróleo en el proceso de desarrollo energético. La generación de gases naturales en el desarrollo de energía eléctrica a través de la combustión, ha ocasionado la degradación de las condiciones meteorológicas como olas fuertes de calor, lluvias tormentosas, sequías y catástrofes naturales que se han presentado de forma considerable. (Neya & Campoverde, 2012).

La electricidad que genera la energía fotovoltaica, es originada a través de la recepción de luz solar por medio de materiales semiconductores que desarrollan electrones sobre las capas valencianas que provocan flujo energético. Las células fotovoltaicas son el principal elemento de una central fotovoltaica, estas células se originan de la recepción de la energía solar, transformándola en corriente continua por el efecto fotovoltaico. La célula fotovoltaica es un elemento semiconductor en el que, de forma artificial, se crea un campo eléctrico permanente de manera que cuando se expone a la luz solar se produce un flujo de electrones que provoca la aparición de dicha corriente. (Neya & Campoverde, 2012)

La energía solar fotovoltaica a nivel global es un referente en cuanto a energía renovables se refiere, y de gran importancia hacia un cambio de las energías fósiles. Teniendo en cuenta diferentes mercados como el chino, la UE, USA son referentes en este uso de energía.

“La IEA (Agencia Internacional de la Energía) se dedica no solo a contribuir en la sostenibilidad del sistema energético sino también a:

- desarrollo de tecnología fotovoltaica
- mercados fotovoltaicos competitivos
- recomendaciones y estrategia de política
- Información imparcial y confiable

Desde 1993 esta agencia y con 32 miembros a llevado a cabo una variedad de proyectos en la aplicación de la conversión fotovoltaica de la energía solar en electricidad”. Dentro de la UE existen ayudas para llevar a cabo la transición energética países como Alemania han dado un vuelco a su política energética apostando por la energía renovables y eliminando de poco la energía nuclear ya que debido al accidente de Fukushima se hizo palpable una necesidad de cambio debido a posibles accidentes.

La industria de la energía solar fotovoltaica representará el grueso de la energía renovable dando empleo a 22 millones de personas en el mundo para el 2050 según la IRENA (Agencia internacional de Energías Renovables). No solo hablamos del desarrollo del proyecto en sí, también tenemos que tener en cuenta los diversos institutos de investigación y desarrollo, y lo que viene después de ejecutado el proyecto que son los diferentes tipos de mantenimiento acorde a lo establecido por el fabricante, que tenemos un antes durante y después en la generación de empleo sostenible.

1.1 Datos generales del proyecto y de la zona donde se ubica el proyecto

1.2 Ubicación geográfica y área de influencia:

Ubicación Geográfica

La zona de estudio se encuentra en la parroquia rural de Conocoto aproximadamente a 11 km del centro de Quito, ubicada sobre el costado occidental de la zona geográfica del Valle de Los Chillos, con una extensión de 56 km², y su relieve se encuentra entre los 2390 y los 3175 msnm. Esta parroquia limita con la ciudad de Quito en el norte y oeste, con el Cantón Rumiñahui al sur y este.

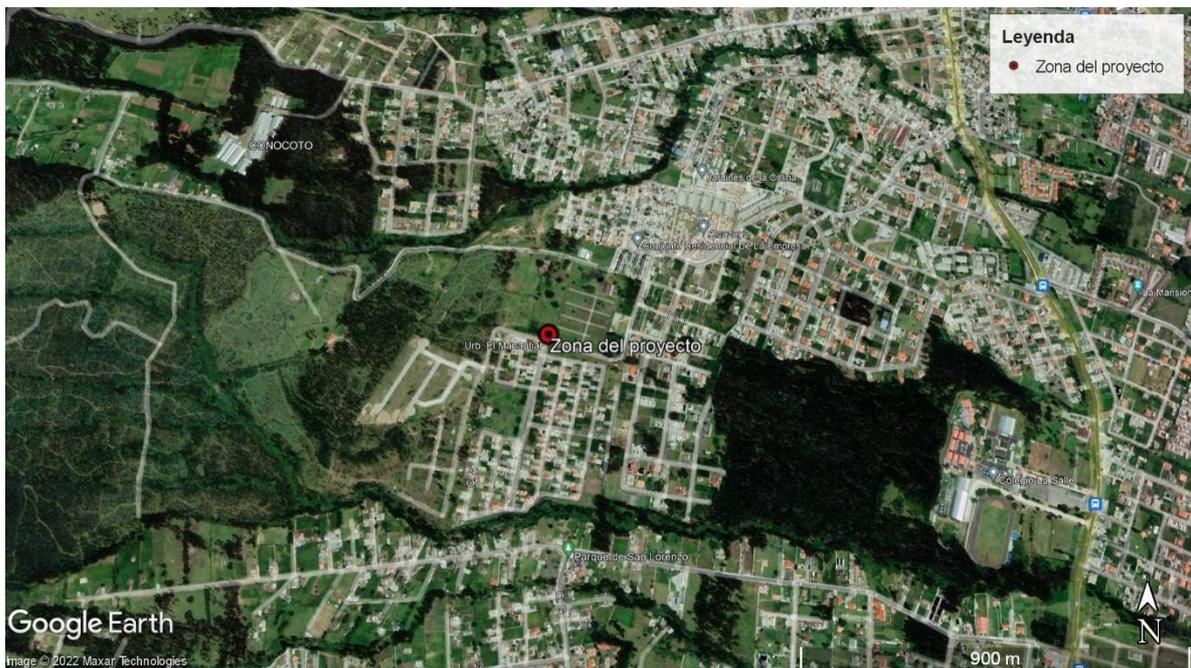


Figura 1 Ubicación de la Urbanización “El Manantial”

Caracterización biofísica

El clima de la zona corresponde al subtropical de tierras altas, con temperaturas que varían entre los 10 y 29 °C, y una media de 17°C, julio y agosto son considerados los meses calurosos. Las condiciones de pluviosidad son altas, es por eso que todo el valle es mucho más verde que otras zonas cercanas.

Al localizarse en la avenida de los volcanes, posee flora y fauna específicas del sector, y se considera un potencial turístico aceptable por su ubicación estratégica.

1.3 Descripción del contexto energético general en el que se desarrolla el proyecto

A nivel nacional, estamos en una región climáticamente diversa donde es óptimo promover el desarrollo de todo tipo de actividades que generen las tecnologías limpias. En el caso particular de nuestro proyecto en la ciudad de Quito, específicamente la urbanización de El Manantial.

En el Ecuador es importante la participación financiera del ámbito público y privado para la realización de proyectos de energías renovables y es fundamental para la recuperación de la inversión económica. Crear empleos dignos, inculcar el cumplimiento del desarrollo social, implementar tecnologías actualizadas y generar fuentes limpias de energía a través de estrategias que permitan la diversificación energética.

Actualmente el 92% de energía del Ecuador proviene de centrales hidroeléctricas, de centrales térmicas el 7%; y, de fuentes de energía no convencionales el 1% (biogás, biomasa, fotovoltaica, eólica y energía geotérmica). Para mejorar la matriz de energía pura, el gobierno nacional implementa políticas para mejorar la seguridad de los inversores en los proyectos realizados en Ecuador, por medio de las normativas basadas sobre la Seguridad Social Legal y Minh Bach. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020)

A nivel nacional, las empresas privadas han invertido alrededor de 50 millones de dólares en proyectos fotovoltaicos de pequeña capacidad. Estos proyectos se distribuyen en las provincias de Cotopaxi, El Oro, Galápagos, Guayas, Loja, Manabí, Imbabura y Pichincha.

Para el 2023, está previsto que el monto antes mencionado se cuadruplicará, cuando dos proyectos más entren en operación. En las islas Galápagos está el proyecto Conolophus de una inversión de \$63 millones, que contiene una red de generadores fotovoltaicos y baterías. En la provincia de Manabí está el proyecto El Aromo, adjudicado a la empresa española Solarpack Team con una capacidad de 200 MW (\$144 millones).

Los costos que origina la energía solar fotovoltaica es de \$ 0.068 USD por kilovatio hora (kWh) según datos del Ministerio de energía, lo que demuestra que implementar las tecnologías que generan energía solar son muy atractivas para los consumidores (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020).

Gracias a cómo el gobierno se mantiene apoyando las inversiones privadas para expandir la matriz de energía que se basa en fuentes renovables energéticas. Estas acciones hechas de organizaciones estatales relevantes sobre temas de energía comenzarán los planes estratégicos para centrarse en las prácticas avanzadas que contribuyan a reducir la contaminación, la mitigación a los impactos del cambio climático.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Realización de cinco proyectos fotovoltaicos que se ajuste a los escenarios planteados y analice la viabilidad técnico-económica de la implantación de estos sistemas en términos de ahorro energético para la comunidad vecinal, ajustando a las características especificadas para que la comunidad vecinal pueda beneficiarse de las subvenciones propuestas, y sean pre aprobadas por el gobierno del Ecuador.

2.2 Objetivos específicos

- Descripción de las características de la energía solar del Ecuador.
- Elección del emplazamiento específico para cada uno de los escenarios propuestos y realizar una descripción de las características más destacables.

- Elección de los materiales más idóneos para la ejecución de la instalación de la planta fotovoltaica.
- Diseño para satisfacer las condiciones establecidas en cada paquete de subvenciones.
- Cálculo de producción de la planta fotovoltaica.
- Elaboración de una memoria del proyecto que incluya:
 - Descripción del sistema
 - Cálculos de producción y disposición de la instalación
 - Cálculo de la reducción de emisiones de CO₂
 - Elaboración de un presupuesto de ejecución.
 - Plan de contratación en función de las características de la planta.
 - Manual y presupuesto de operaciones de mantenimiento.
 - Estudio de rentabilidad de la instalación solar.
 - Anexos:
 - Planos de situación
 - Plano de disposición de los paneles y equipos del sistema.
 - Hojas de características técnicas de los equipos empleados.
- Dimensionado del sistema aislado que incluya:
 - Cálculos de la instalación.
 - Elección de materiales.
 - Ubicación de la instalación y breve descripción de la misma.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Un grupo de 100 viviendas de la ciudad de Quito ha recibido una subvención del Gobierno de Ecuador para desarrollar un proyecto que ahorrará energía en un 20/30/40/50/60% del consumo total de energía de la comunidad de viviendas.

Tras anunciar el subsidio del gobierno ecuatoriano, el presidente de esta comunidad de viviendas quiso proponer cinco instalaciones fotovoltaicas que dotarían a la ciudad de la energía necesaria para ahorrar un 20%, 30%, 40%, 50% y 60%.

Para hacer esto, el presidente de la comunidad de viviendas solicitó trabajar en la selección del sitio, el tamaño de la planta de energía solar, la selección de materiales, el presupuesto de construcción y la investigación de ganancias de unas diez empresas en este campo.

2.1 Descripción de la energía renovable incluida en el Proyecto

Ecuador, debido a su ubicación en la línea ecuatorial, tiene una alta radiación solar y un gran potencial fotovoltaico ya que el ángulo de incidencia de la radiación es prácticamente perpendicular a la superficie ecuatoriana, en otras palabras, el recurso solar es constante y una mayor recepción de radiación solar comparado a otras regiones de alta latitud, en donde debido

a sus estaciones climáticas, varía la radiación solar imposibilitando así, que, en épocas de baja radiación, la demanda energética se satisfaga con energía solar (VACA, 2018).

Sin embargo, a pesar de que Ecuador presente estas ventajas, la participación de la energía solar en la matriz energética es mínima, es así que, en el 2016, la energía solar generada, apenas cubrió el 0.14% de la demanda nacional.

Actualmente en el Ecuador, la inversión privada asciende a 50 millones en proyectos fotovoltaicos, sin embargo, estos son de pequeña capacidad y se encuentran ubicados en 8 provincias del Ecuador.

Sin embargo, para el 2023 se cuenta con que entren en operación dos proyectos más, Conolophus en las islas Galápagos con una inversión de 63 millones, y el proyecto Aromo en la provincia de Manabí, con una capacidad de 200 MW, y una inversión de 144 millones. (CELEC EP, 2019)

La zona natural de la cordillera de los Andes, origina algunos microclimas que reducen el potencial de algunas regiones del país, es por eso que la irradiación global horizontal (GHI) varía anualmente en Ecuador entre 2.9 kWh/m² por día a 6.3 kWh/m² por día, teniendo las zonas con una altitud elevada las que mayor radiación poseen, mientras que esta se reduce en las regiones de la costa y oriente. Esto debido a la disminución de espesor en la atmósfera y por ende menos nubes en las partes más elevadas; y en las zonas más bajas, la presión atmosférica causa una mayor presencia de nubosidad y regiones altamente húmedas. Según (Cevallos & Ramos, 2018), se requiere de un valor promedio de 3.8 kWh/m²día para que sea viable un proyecto fotovoltaico. Es así, que en base al mapa GHI anual, se muestra que el Ecuador posee niveles del 75% por encima del 3.8 kWh/m²día.

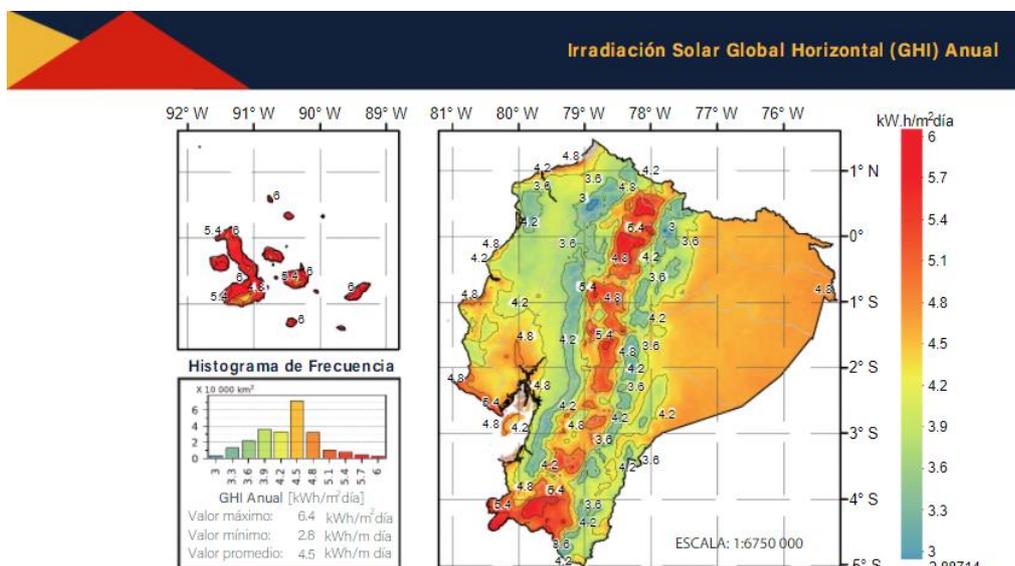


Figura 2 Mapa de Irradiación Solar Global Horizontal anual del Ecuador

Las provincias donde existe la mayor viabilidad para la implementación de proyectos son: Pichincha e Imbabura, donde una buena parte de la industria y población del país se encuentra, con valores entre 4.5 kWh/m²día a 5.7 kWh/m²día; Loja, la cual posee el mayor potencial solar del Ecuador continental con valores de 4.2 kWh/m²día a 5.7 kWh/m²día; y Galápagos, la cual

posee los valores de GHI más elevados del país debido a su posición geográfica, posee valores de 4.8 kWh/m²día a 6.3 kWh/m²día. (Vaca & Ordoñez, Mapa Solar del Ecuador 2019, 2020)

4. DESARROLLO

4.1 Elección del emplazamiento para el sistema Solar Fotovoltaico

Conforme al Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra (MAE – MAGAP, 2018), al oeste de la Urbanización El Manantial se encuentra una plantación forestal de 18.938 ha (codificada TB). Es una superficie arbolada que se obtiene de forma artificial por plantación de especies nativas o exóticas para su aprovechamiento. Se puede observar en el siguiente mapa obtenido del Geoportal de SIGTIERRAS.

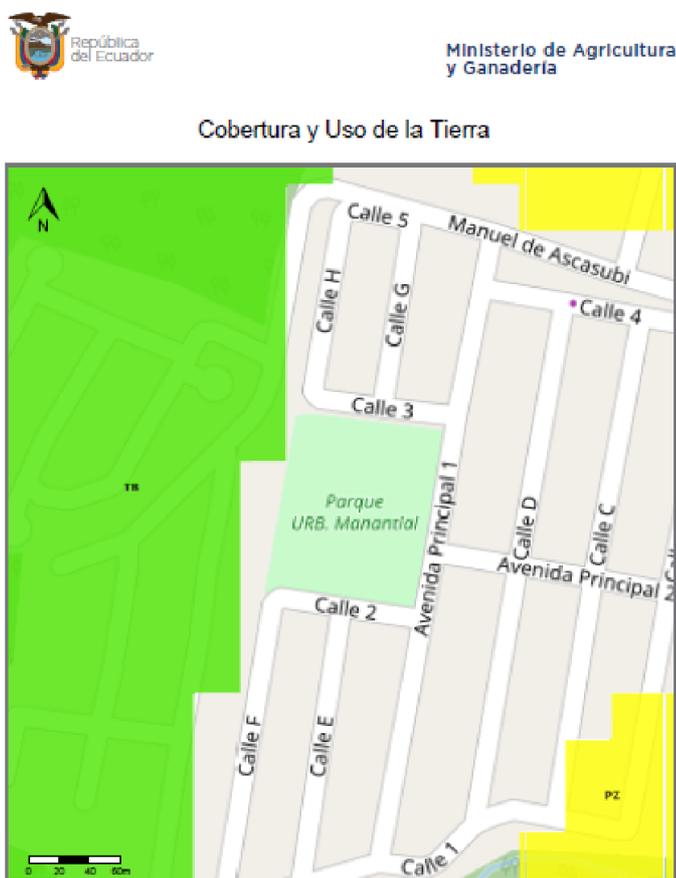


Figura 3 Mapa de cobertura y uso de la tierra

Esto también se puede corroborar con la información proporcionada por el Mapa Interactivo del SUIA (MAATE, 2022), en el cual se evidencia que la Urbanización colinda con una Plantación Forestal (representada en color rojo), y en color negro se representan las áreas urbanizadas.



Figura 4 Mapa del SUIA

De igual manera, verificando mediante el Mapa Interactivo del SUIA se evidencia que no interseca la Urbanización con el sistema nacional de áreas protegidas (SNAP), bosque y vegetación protectora, reservas de biósfera, patrimonio forestal del estado, áreas bajo conservación de socio bosque, humedales Ramsar, áreas de protección hídrica o zonas intangibles.

El Bosque Flanco Oriental de Pichincha y Cinturón Verde Quito (codificado BVP0148) es el Bosque Protector más cercano y se encuentra aproximadamente a 500 m al oeste de la Urbanización.

Para cumplir con el objetivo propuesto va a ubicar el terreno donde se propone instalar las posibles plantas fotovoltaicas mediante Street View de Google Earth como se muestran en las figuras siguientes.



Figura 5 Terreno aledaño a la Urbanización “El Manantial”

En la Figura 5 se puede evidenciar que se presenta las facilidades de la conexión a red de una planta fotovoltaica debido a que el emplazamiento escogido se encuentra cercano al alimentador de distribución de la Empresa Eléctrica Quito

Cálculo de consumo anual de energía Urbanización el Manantial

La tabla 4 presenta los valores de consumo de energía eléctrica anual de diferentes tipos de viviendas de la Urbanización El Manantial para proceder con la totalización de energía eléctrica requerida y posteriormente diseñar de forma teórica una planta fotovoltaica para autoconsumo de estas viviendas y luego validar ese diseño mediante el software de simulación PVSyst.

Tabla 1 Datos Generales sobre Consumo Energético

N° de hab, en la vivienda	N° de Viviendas	Consumo Medio Anual kWh	Total Consumo Anual kWh
2	15	3.500	52.500
3	30	4.500	135.000
4	35	6.000	210.000
5	20	8.000	160.000
			557.500

La tabla 1 presenta un resumen de cada uno de los cinco Proyectos Fotovoltaicos necesarios para suplir cierto porcentaje de la energía requerida para la Urbanización El Manantial.

El cálculo teórico de la central se realizó mediante la siguiente expresión.

$$PFV = \frac{\text{Energía Anual Total Consumida}}{fp \cdot 8760} \quad (1)$$

Donde:

- PFV = Potencia de la Central Fotovoltaica en kW
- Energía = La Energía consumida por los usuarios en kWh-año
- fp = Factor de planta de la instalación fotovoltaica en el sitio requerido
- 8760 = Número Total de horas en un año

Con la aplicación de la fórmula para cada uno de los casos (cobertura del 20%, 30%, 40%, 50% y 60%), se obtuvieron unos dimensionamientos preliminares para las plantas fotovoltaicas, como lo demuestra la tabla 2.

Tabla 2 Resumen del Diseño PFV

% Cobertura	Energía Total kWh-año	Potencia Central kW Diseño	Potencia kW	Potencia kWp	Área Min Requerida
20	111,500	63.64	60	72	543
30	167,250	95.46	100	111	841
40	223,000	127.28	130	154	1165
50	278,750	159.10	160	185	1399
60	334,500	190.92	170	219	1653

En la Tabla 3 se presentan los resultados de irradiación horizontal global, irradiación difusa horizontal, temperatura ambiente y otros parámetros técnicos en el punto de localización.

Tabla 3 Irradiación mensual y otros datos del emplazamiento

Balances y resultados principales								
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	171.7	83.76	14.80	167.9	158.6	10.00	9.87	0.817
Febrero	135.7	76.12	14.81	132.8	125.9	8.13	8.02	0.839
Marzo	166.4	82.60	15.15	162.9	154.6	9.79	9.67	0.824
Abril	136.7	78.17	14.56	133.8	126.9	8.21	8.10	0.841
Mayo	156.9	83.88	15.19	153.5	144.8	9.32	9.20	0.832
Junio	158.5	57.27	15.28	155.2	146.8	9.29	9.17	0.821
Julio	174.2	59.03	14.89	170.5	161.4	10.15	10.02	0.816
Agosto	171.3	65.53	16.28	167.7	158.8	9.94	9.82	0.813
Septiembre	164.9	79.18	14.95	161.7	153.8	9.66	9.54	0.819
Octubre	155.1	75.59	15.20	151.9	144.1	9.17	9.05	0.828
Noviembre	144.9	68.08	15.16	141.9	134.6	8.62	8.51	0.833
Diciembre	167.9	63.20	14.83	164.3	155.7	9.91	9.78	0.827
Año	1904.1	872.41	15.09	1864.2	1765.9	112.20	110.76	0.825

Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_Grid	Energía inyectada en la red
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Proporción de rendimiento
GlobInc	Global incidente plano receptor		
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados		

Se procede a trazar las áreas requeridas para cada uno de los cinco porcentajes de ahorros propuestos para el proyecto fotovoltaico como se muestra en la 8 y se evalúa el estado del suelo en dicho terreno mediante el perfil de elevación como se muestra en la Figura 9.

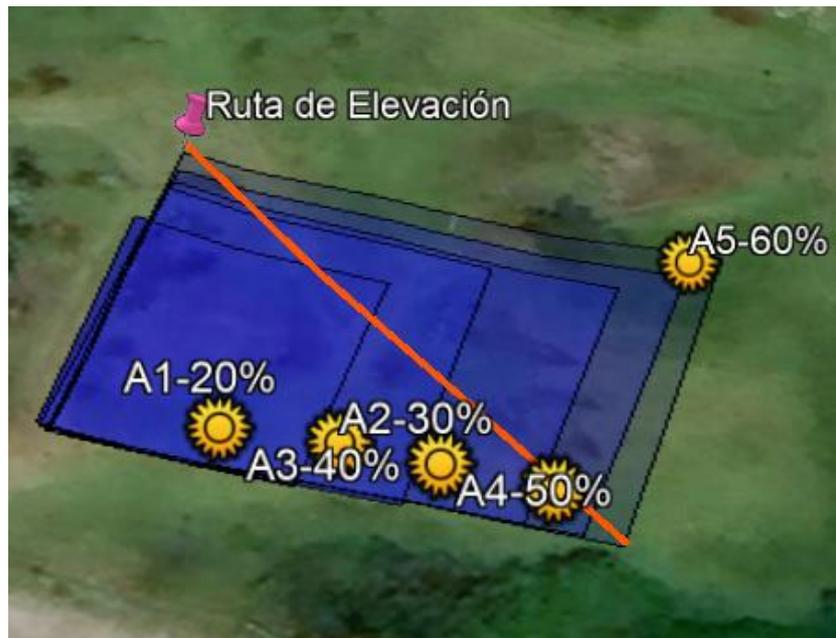


Figura 6 Áreas Tentativas para los PFV

Mediante el perfil de elevación de terreno podemos concluir que son terrenos adecuados para la implantación de los módulos de una central fotovoltaica, debido a su pendiente poco pronunciada.

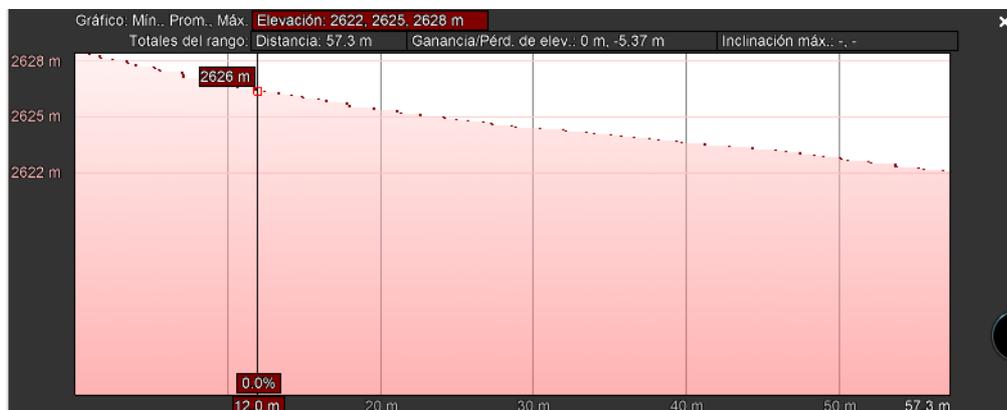


Figura 7 Perfil de Elevación

La tabla 4 presenta valores anuales del consumo de energía eléctrica de varios tipos de viviendas en la Urbanización El Manantial para proceder con la totalización de energía eléctrica requerida

Posteriormente diseñar de forma teórica una planta fotovoltaica para autoconsumo de estas viviendas y luego validar ese diseño mediante el software de simulación PVSyst.

Tabla 4 Datos Generales de Consumo Energético

N° de hab, en la vivienda	N° de Viviendas	Consumo Medio Anual kWh	Total Consumo Anual kWh
2	15	3.500	52.500
3	30	4.500	135.000
4	35	6.000	210.000
5	20	8.000	160.000
			557.500

En la Tabla 5 se presenta el resumen de cada uno de los cinco Proyectos Fotovoltaicos necesarios para suplir cierto porcentaje de la energía requerida para la Urbanización El Manantial.

El cálculo teórico de la central se realizó mediante la siguiente expresión.

$$PFV = \frac{\text{Energía Anual Total Consumida}}{fp * 8760}$$

Donde:

- PFV = Potencia de la Central Fotovoltaica en kW
- Energía = La Energía consumida por los usuarios en kWh-año
- fp = Factor de planta de la instalación fotovoltaica en el sitio requerido
- 8760 = Número Total de horas en un año

Con la aplicación de la fórmula para cada uno de los casos (cobertura del 20%, 30%, 40%, 50% y 60%), se obtuvieron unos dimensionamientos prelimares para las plantas fotovoltaicas, como lo demuestra la tabla 5.

Tabla 5 Resumen del Diseño PFV

% Cobertura	Energía Total	Potencia Central kW Diseño	Potencia kW	Potencia kWp	Área Mín Requerida
20,00	111.500,00	63,64	60	72	388
30,00	167.250,00	95,46	100	111	601
40,00	223.000,00	127,28	130	154	832
50,00	278.750,00	159,10	160	185	999
60,00	334.500,00	190,92	170	219	1.181

EMPLAZAMIENTO

Se va a analizar el terreno donde se propone instalar las plantas fotovoltaicas mediante Street View de Google Earth como se muestran en las figuras siguientes.



Figura 8 Terreno aledaño a la Urbanización El Manantial

En la Tabla 6 se presentan los resultados de irradiación horizontal global, irradiación difusa horizontal, temperatura ambiente y otros parámetros técnicos en el punto de localización.

Tabla 6 Irradiación mensual y otros datos del emplazamiento

Balances y resultados principales								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	proporción
Enero	171.7	83.76	14.80	167.9	158.6	10.00	9.87	0.817
Febrero	135.7	76.12	14.81	132.8	125.9	8.13	8.02	0.839
Marzo	166.4	82.60	15.15	162.9	154.6	9.79	9.67	0.824
Abril	136.7	78.17	14.56	133.8	126.9	8.21	8.10	0.841
Mayo	156.9	83.88	15.19	153.5	144.8	9.32	9.20	0.832
Junio	158.5	57.27	15.28	155.2	146.8	9.29	9.17	0.821
Julio	174.2	59.03	14.89	170.5	161.4	10.15	10.02	0.816
Agosto	171.3	65.53	16.28	167.7	158.8	9.94	9.82	0.813
Septiembre	164.9	79.18	14.95	161.7	153.8	9.66	9.54	0.819
Octubre	155.1	75.59	15.20	151.9	144.1	9.17	9.05	0.828
Noviembre	144.9	68.08	15.16	141.9	134.6	8.62	8.51	0.833
Diciembre	167.9	63.20	14.83	164.3	155.7	9.91	9.78	0.827
Año	1904.1	872.41	15.09	1864.2	1765.9	112.20	110.76	0.825

Leyendas			
GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_Grid	Energía inyectada en la red
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Proporción de rendimiento
GlobInc	Global incidente plano receptor		
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados		

Se procede a trazar las áreas requeridas para cada uno de los cinco porcentajes de ahorros propuestos para el proyecto fotovoltaico como se muestra en la Figura 11 y se evalúa el estado del suelo en dicho terreno mediante el perfil de elevación según lo demostrado en la figura 12.

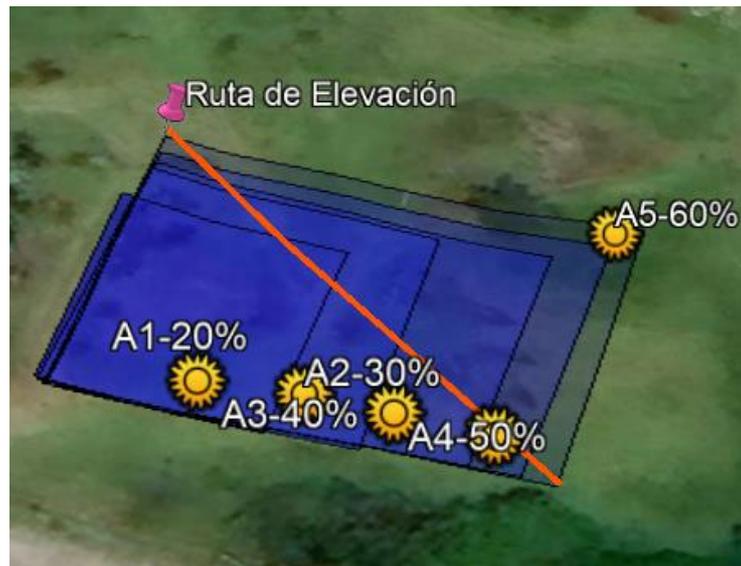


Figura 9 Áreas Tentativas para PFV

Mediante el perfil de elevación de terreno podemos concluir que son terrenos adecuados para la implantación de los módulos de una central fotovoltaica, debido a su pendiente poco pronunciada.



Figura 10 Perfil de Elevación

4.2 Elección de los materiales más idóneos para cada uno de los escenarios propuestos y realizar una descripción de las características más destacables

- El Módulo fotovoltaico es el principal componente para la instalación de los paneles solares, este aparato hace convertir la energía solar receptada en energía eléctrica o corriente continua. Además, se compone por la unión de varios paneles solares que proporcionan en la instalación la potencia que se necesita.
- El regulador de carga sirve para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico, este es el nexo que une los paneles solares con los demás componentes instalados. Además, el regulador de carga protege a la instalación de acumuladores ante sobrecargas, esto proporciona la salida de tensión continua en la instalación.

- La batería hace la acumulación de energía suficiente para proveer de electricidad en casos que no se cuente con luz solar. Se debe acotar que este proceso funciona en instalaciones que son autónomas.
- El inversor solar es considerado el medio que convierte la luz solar en energía alterna. El inversor junto al panel solar, en un trabajo conjunto, contribuyen al aporte de energía eléctrica transformada por la recepción de la luz solar.
- Las estructuras adonizadas de aluminio en los paneles solares, permiten realizar una fácil instalación del módulo fotovoltaico. Los beneficios que se pueden obtener de las estructuras fotovoltaicas es que son de larga durabilidad, resistente a los embates climáticos, garantizados en su funcionalidad y resistentes a las ráfagas de vientos que no superen los 120 km/h.
- El cable fotovoltaico debe ser de calibre y características adecuadas, este cableado eléctrico es esencial en la instalación de paneles solares, porque funciona en la conducción de la electricidad. Los cables son hechos de cobre para ser más resistentes. Además, el cable debe contener aislamiento que cubra al alambre para protegerlo del calor, luz ultravioleta, humedad y/o químicos a los que se encuentren expuestos.
- THHN utilizado en interiores y lugares secos.
- THW, THWN y TW que se los puede utilizar en interiores y en aplicaciones húmedas que se encuentren al aire libre.
- UF es bueno para aplicaciones en lugares húmedos y subterráneos.
- Los cables PV, USE-2 y RHW-2 se los pueden utilizar en instalaciones húmedas al aire libre, donde el cableado externo debe ser UV y deben ser resistentes a la humedad y a la luz solar.
- Protecciones en corriente y protecciones alternas. Son esenciales las protecciones alternas en la instalación de los paneles solares, sus componentes están conformados por los interruptores termomagnéticos que desempeñan la función de proteger al circuito y contienen los medios de desconexión. Además el supresor de AC, con la función de proteger los equipos que son susceptibles a daños eventuales.

4.3 Diseño para satisfacer las condiciones establecidas en cada paquete de subvenciones.

Para poder acceder a la subvención de USD 50 000 se presenta el diseño planteado para obtener un ahorro energético medio de la comunidad del 20%.

El diseño propuesto se elaboró utilizando el programa de simulación PVsyst. El informe se muestra en el anexo 1.

Los principales resultados del diseño se presentan en la Figura 11



Figura 11 Resultados del diseño en PVsyst

4.4 Cálculo de producción de la planta fotovoltaica.

Para la producción de la planta fotovoltaica se establecieron las siguientes condiciones:

Consumo anual de la urbanización: 557.500 kWh-año

Energía con 20% de ahorro: 111.500 kWh-año

Potencia Diseño: 63.44 kWh-año

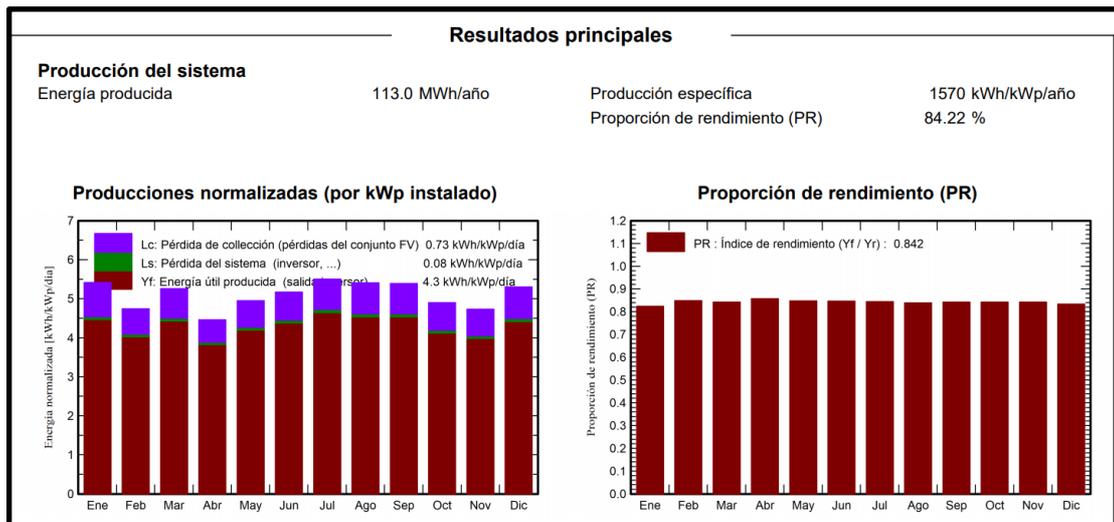


Figura 12 Resultados principales obtenidos

4.5 Memoria del proyecto:

Descripción del sistema.

El proyecto de la Planta de Energía Solar Fotovoltaica consiste en la construcción de un Central de abastecimiento Fotovoltaico emplazado en la Urbanización el Manantial ubicada en el distrito metropolitano de Quito

La instalación se encuentra diseñada para generar una potencia de 72.0 kWp, se considerarán las distancias mínimas para realizar mantenimiento de la planta, una superficie de 540 m2. Se

conectará a través de un transformador a la red trifásica de 480/220 V. A continuación, en la Tabla 7, se muestran los principales parámetros del Proyecto.

Se instalarán 160 módulos solares fotovoltaicos MONO CS3W-450MS

Los módulos solares se encontrarán protegidos del polvo, la humedad, los golpes y se asegurará su total seguridad. Deben estar preparados para soportar las condiciones meteorológicas, debe funcionar de forma eficiente sin interrupciones durante su periodo de durabilidad estipulada.

Los modelos solares de 450 Wp se agruparán de la forma siguiente:

Tabla 7 Descripción de la planta fotovoltaica

DESCRIPCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA	
Potencia pico (DC)	72.0 kWp
Potencia nominal (AC)	60.0 kW
Número de módulos	160
Módulos solares	CS3W-450MS
Número de Transformadores	1
Número Inversores	1
Inversores	SUN2000*60KTL-MO-480Vac
Tipo de soporte	GULPIYURI 30 A TRAMO
Superficie ocupada	540 m ²
Energía anual estimada	113.0 MWh/año

10 Strings de 16 módulos solares cada uno, con capacidad de 7.2 kWp por cada string, para un total de 72.0 kWp.

Los módulos serán instalados en un área aproximada de 540 m² y se soportará sobre estructuras de acero galvanizado en caliente.

El panel que se propone contiene los certificados de:

- IEC 61215, IEC 61730: VDE
- ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad.
- ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental.
- OHSAS 18001:2007 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- IEC TS 62941:2017 fotovoltaica terrestre (PV) módulos Directrices para una mayor confianza en la aplicación de diseño de módulos fotovoltaicos y aprobación de tipoval.

A continuación, la tabla 8, contienen características de los módulos solares.

Tabla 8 Características del panel fotovoltaico

Panel Fotovoltaico			
Modelo	CS3W-450 MS		
Características Generales			
Tipo de Célula	Mono-crystalline		
No. de Celdas	144 [2 x (12 x 6)]		
Dimensiones del Módulo	2108.×1048.×40mm / 83.00×41.3×1.57"		
Peso	24.9 kg. / 54.90 lbs.		
Características Eléctricas			
	STC	NMOT	Unidades
Voltaje Circuito Abierto (Voc)	48.70	45.60	V
Voltaje de Operación Máximo (Vmp)	40.50	37.70	V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	11.65	9.40	A
Corriente de Operación Máxima (Imp)	11.12	8.89	A
Potencia Máxima en STC. (Pmax)	450	335	Wp
Eficiencia del Módulo.	20.37	-	%
Temperatura de Operación.	-40~ + 85.		°C
Corriente nominal máxima del fusible.	20		A
Tensión Máxima del Sistema.	1500.		VDC.
Tolerancia de Potencia.	0~ + 5		Wp.
Clases de aplicación.	Class A		-
STC: Irradiancia 1000W/m ² , temperatura del módulo 25°C N MOT: Temperatura de funcionamiento del módulo de circuito abierto a 800W/m ² de irradiancia, temperatura ambiental de 20°C, velocidad viento de 1m/s.			

El Sistema Solar Fotovoltaico de 72.0 kWp conectado a red trifásica de 220 V está conformada por los siguientes elementos:

- 160 módulos solares agrupados en series o cadenas (strings) encargados de transformar la energía solar fotovoltaica en corriente directa (DC).
- Uno (1) inversores fotovoltaicos que convierten la corriente directa DC entrega por los módulos en corriente alterna AC.
- Un transformador acoplado a los inversores fotovoltaicos que garantiza el aislamiento galvánico y sirve para conectarse a la barra de distribución principal.

A continuación, en la Tabla 9, los parámetros técnicos del Sistema Solar Fotovoltaico:

Tabla 9 Resumen de parámetros técnicos del proyecto

RESUMEN PARÁMETROS TÉCNICOS DEL PROYECTO	
PARÁMETROS	TOTAL PROYECTO
Potencia pico (DC).	72.0 kWp
Potencia nominal (AC).	60.0 kW
Tipo de tecnología módulos.	MONO PERC
Potencia centro transformación.	75kVA
Potencia nominal inversor.	62,5 kW (AC)
Estructura.	Hierro galvanizado
Nº de transformadores.	1
Nº de inversores.	1
Nº de strings.	10
Nº de módulos.	160
Nº módulos en serie (strings).	10 serie de 16 módulos
Nº strings por inversor.	10

Para seleccionar la potencia, se debe aprovechar la superficie total con la que se dispone, se maximiza la producción acorde a los requisitos técnicos de diseño en los equipos que han sido seleccionados.

La idoneidad se debe justificar según las tensiones consideradas mínimas, máximas y las potencias que se puedan generar en el campo fotovoltaico, estos están dentro de los parámetros admitidos por la entrada del equipo encargado de transformar la corriente.

INVERSORES

Se considera al inversor como el equipo que transforma la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC). Se instalará un (1) inversores trifásicos de 60,0 kW (AC). Para este proyecto serán SUN2000*60KTL-MO-480Vac

Son de tipo intemperie los inversores.

El inversor genera corriente alterna trifásica a 60 Hz y un rango de tensión de 277V-480V. El circuito continuo soportará como máxima tensión de 1100 Vdc.

El inversor SUN2000*60KTL-MO-480Vac está conformado por dos (2) seguidores del Punto de Máxima Potencia (MPPT trackers) con seis (6) strings por MPPT.

En este diseño se configuraron los inversores de la forma siguiente:

Inversor N° 1: en el MPPT A del inversor se conectarán a los 10 strings de 16 módulos, para un total de 160 módulos. La tabla 10 contiene las características del inversor seleccionado:

Tabla 10 Características del inversor

INVERSOR: Huawei SUN2000-3KTL-L1	
INPUT (PV)	
Max. Input voltaje.	1100V
Start-up voltaje.	200V
Rated input voltaje.	600V
MPPT operating voltage range.	200V - 1000V
Max, input current per MPPT.	22A
Max. short-circuit current.	30A
Number of MPP trackers.	6
Max. Input number per MPP tracker.	2
Altitud máxima.	4000m
OUTPUT (On Grid)	
Rated output power.	60W
Max. apparent power.	66VA
Rated output voltaje.	220Vac / 380Vac
Rated AC grid frequency.	50Hz / 60Hz
Max. output current.	13,60A
Adjustable power factor.	0,8 atraso ... 0,8 adelanto
Max. total harmonic distortion.	< 3 %

El inversor propuesto posee las siguientes certificaciones: EN 62109-1/-2. IEC62109-1/-2. EN 50530. IEC 62116. IEC 60068. IEC 61683.

Interfaces y funciones:

Interfaz de usuario para la monitorización y configuración: El producto está equipado de fábrica con un servidor web integrado que permite configurar y monitorizar el producto a través de una interfaz de usuario propia. Para acceder a la interfaz de usuario del producto, puede utilizar el navegador de internet de un dispositivo terminal (como ordenador, tableta o teléfono inteligente).

El inversor incluirá las siguientes protecciones:

Relé multifunción: El inversor contiene una serie de multifunción. Este relé consiste en una interfaz que se debe configurar desde un modo de funcionamiento de carácter específico en la planta.

Detección de fallos en el string: Esta mide la corriente sobrante de cada entrada, se calculan los valores medios en cada una de sus entradas. Estas corrientes comparan medios. Si la corriente residual alcanza o no la tolerancia ajustada en un valor medio, se menciona un evento. La detección de fallos string no se encuentra activada, por lo cual se la debe de activar. Además, por medio del interfaz del usuario se podría hacer ajustes sobre la tolerancia para leer valores medios.

El descargador de sobretensión del tipo 2 y del tipo 1+2: este inversor se encuentra equipado en CA y CC con ranuras en sus elementos para protegerse contra la sobretensión tipo 2 o tipo 1+2. Las protecciones contra sobretensión miden las sobretensiones que pueden causar

peligro. Todos los elementos que sirven de protección contra la sobretensión, se los puede conseguir y adaptarlos para funcionalidades específicas en los inversores.

El inversor debe ser apropiado en la utilización interna y externa.

Los parámetros de temperatura de operación oscilan entre -25°C y $+60^{\circ}\text{C}$ y cuentan con un sistema de ventilación forzada con control de temperatura.

TRANSFORMADOR

Se instalará un transformador trifásico de 75 kVA para cumplir con los requisitos de conexión a red, establecida en la Regulación Nro. ARCONEL 003/18 (aislamiento galvánico) y a su vez para conectar el Sistema Solar a la barra de distribución principal.

Será de tipo seco el transformador con refrigeración natural tanto para exterior como interior. En la tabla 11 se visualizan las características del transformador escogido:

Tabla 11 Características transformador seco

TRANSFORMADOR SECO	
Tipo	Seco
Fases	3
Frecuencia de diseño	60 Hz
Potencia	75 kVA
Tensiones devanadas	480/220
Tipo de conexión	Delta/Estrella
Grupo vectorial	Dy5
Fabricante	INTRANSFORMAN S.A.
Certificado de Calidad	Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)
Elaborado bajo norma	ISO-9001, INEN 2120, ANSI

BAJA TENSIÓN

El circuito de baja tensión (BT) está formado por el cableado BT incrustado en el tramo solar y unido a los inversor fotovoltaico y transformador.

Diferencias entre niveles circuitales:

Cableado de módulos solares: la interconexión entre módulos solares de un mismo string se realizará mediante el cable y conectores incorporados por el fabricante en el módulo solar.

Cableado de string: se encarga de la conexión strings de cada serie con el inversor fotovoltaico. Este cableado se hace con cable solar de cobre tipo RV-K 0,6/1 KV- 2x6mm 2Cu (ver Diagrama Unifilar y Diagrama de Conexiones) y transportará por bandeja descubiertas al aire libre de 20x10 cm, se la empotra en la misma estructura. Se realiza la conexión con el modelo solar mediante conectores MC4 o equivalentes.

Cableado Alterna Corriente AC:

Se colocará del inversor hacia el transformador una caja de protección con interruptores diferenciales e interruptores termomagnéticos, a través de 1 conductor por fase # 4 x(1x1/0) AWG Superflex.

De la caja de protección al transformador se utilizarán 4 conductor # 4 AWG Superflex por fase (ver Diagrama Unifilar y Diagrama de Conexiones).

Del transformador al interruptor principal, ubicado en el TD-P, se utilizarán conductores # 4 AWG Superflex, para neutro y 3 # 2/0 desnudo para tierra (ver Diagrama Unifilar y Diagrama de Conexiones).

Para la conexión del generador fotovoltaico al Tablero de Distribución Principal TD-P, se realizará a través de un interruptor, termomagnético, , 3 polos (ver Diagrama Unifilar).

Para la conexión a la barra equipotencial del SPT del inversor y la bandeja de conductores, se utilizará un (2) conductor # 12 AWG THHN para cada componente. (ver Diagrama Unifilar y Diagrama de Conexiones).

Debe cumplir el cableado con normativas nacionales e internacionales y se tratará de minimizar las pérdidas. Los criterios de caída por las tensiones máximas que debe cumplir el cableado debe ser del 2%.

La BT debe contener el cableado que se encuentre en la intemperie, debe ser diseñado para funcionar bajo radiación solar, este se debe operar de forma continua y tiempo de vida útil debe ser garantizada por el tiempo de vida útil de la planta.

SISTEMA DE PUESTA TIERRA

Este diseño debe cumplir con:

Debe proteger al personal y equipo, de circunstancias peligrosas como contacto, paso y transferencias en condiciones de operación.

Realizar un trayecto de tierra para las corrientes debidas originadas de descargas tormentosas.

Determinar trayectoria de baja impedancia que contenga el regreso de corrientes de falla, para los dispositivos protegidos de sobre corriente y estos actúen rápidamente limpiando el circuito fallido.

Controlar el sobrevoltaje.

Suministrar trayectoria de descarga de las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas y por maniobras de interruptores, en general todas aquellas que pongan en riesgo la seguridad del personal. Proporcionar una referencia de potencial a tierra a todos los equipos y sistemas que lo requieran para conducir las corrientes de cortocircuito que se presenten en cualquiera de éstos y descargar rápidamente las sobretensiones creadas por cualquier causa.

Estructuras metálicas, cuadros eléctricos e inversores se conectarán a una misma red de tierras que consistirá en un anillo de cable de cobre desnudo y picas, que garantice la equipotencialidad de todos los elementos del sistema. La estructura será puesta a tierra usando distintos puntos para facilitar la disipación de las derivaciones y la equipotencialidad entre partes. El marco de los módulos, al estar en contacto con la estructura, estará conectado a tierra a través de ésta.

Las secciones utilizadas del cableado del sistema a tierra se calcularon según la resistencia del terreno y legislación actualizada a aplicar.

Al instalarse la malla ubicada a tierra, contempla la excavación y penetración de varillas tipo copperweld de 5/8 x 6" (1.8 m) de alta camada, ubicándose a 0.80 metro por debajo del nivel del suelo en diferentes puntos del terreno, previamente preparado con compuestos minerales (GEM) que garantizará la conductividad y conservación de la humedad del terreno, estas varillas irán unidas entre sí con una separación de 3 metros, con un conductor desnudo de Cobre (CU), calibre de 2/0 AWG, empalmados con soldadura exotérmica de 115GR para garantizar una sólida conexión y a su vez será unida a una barra equipotencial de puesta a tierra. La barra de cobre principal es la encargada de la distribución general del cableado de protección a tierra. También, ésta por su cercanía al terreno, servirá de caja de registro para las mediciones y posibles mantenimientos futuros del sistema.

PROTECCIONES

En un sistema eléctrico se debe asegurar la desconexión del sistema en caso de fallas, que se produzcan tanto por motivos internos del funcionamiento sistemático o de la red de suministro.

Interruptor termomagnético (Elemento de desconexión): Este dispositivo combina el magnetismo y el calor, para poder interrumpir la corriente eléctrica que se origina en un circuito cuando son detectados valores superiores a ciertos límites codificados. El interruptor termomagnético protege el circuito eléctrico ante posibles sobrecargas y cortos. Además, permite la desconexión manual del SGDA.

Interruptor de sub y sobretensión: este dispositivo es realizado para proteger los dispositivos conectados en puertos eléctricos, estos picos y huecos de tensión gestionan y administran la energía eléctrica en dispositivos conectados a este.

Interruptor de sub y sobrefrecuencia: La protección de sub/sobrefrecuencia supervisa constantemente la frecuencia. Si la frecuencia de una instalación supera sus límites aceptables. La protección de sub/sobrefrecuencia se usa para generar una alarma o un disparo cuando es necesario.

Interruptor diferencial: Es un dispositivo electromecánico, que obtiene una diferencia entre la corriente de entrada y salida de un equipo, en operación normal la diferencia de corriente es cero, si existe diferencia de corriente el interruptor abre el circuito mediante la operación de sus contactos, principalmente protege de accidentes por contacto ya sea directo o indirecto con partes activas de un equipo.

Protección Anti- isla: Es el dispositivo encargado de evitar que una instalación eléctrica con su propio generador permanece energizada cuando se ha perdido el enlace con la red eléctrica.

CONDUCTORES

Conexión entre paneles Para realizar la conexión entre paneles se utilizarán los cables que son propios de cada panel.

- Calibre: 12 AWG (UL), 4 mm² (IEC)
- Longitud: Portrait: 500 mm / 350 mm; landscape: 1400 mm;

Conexión paneles - inversor

Para realizar la conexión de los paneles a los inversores, se utilizará cable 2 x 12 AWG.

El cable solar o fotovoltaico es un cable monoconductor que se utiliza para conexiones en paneles solares de sistemas de energía eléctrica fotovoltaica, y posee las siguientes características:

- Material de conducción: aluminio, aluminio revestido de cobre y cobre.
- Aislamiento: XLPE, EPR.
- Tensión: 600V, 1kV, 2kV.
- Resistencia a la luz solar.
- Temperatura para operar: en ambiente húmedo 90°C; y en ambiente seco 105°C, 125°C y 150°C.

Conexión en AC. Para realizar la conexión en AC para conectar los inversores al tablero principal de distribución (TDP), se utilizará un conductor de calibre 10 AWG.

ESTUDIO SISTEMÁTICO DE LAS PROTECCIONES A EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO. DETALLES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN.

El inversor Huawei SUN2000-3KTL-L1 tiene en su interior un conjunto de protecciones que se encuentran detalladas en la Tabla 12, estas cumplen los rangos establecidos por la Empresa Eléctrica Distribuidora. Cabe mencionar que, estas protecciones son configurables. En la siguiente tabla, obtenida del manual de instalación y configuración de inversor en cuestión, se muestran los límites establecidos por defecto para cada protección interna del inversor.

A continuación, se detallan las características de los elementos de protección faltante

Tabla 12 Protecciones propias del inversor

Tipo de prueba de IPS	Descripción
Voltaje máx. en 10 min (59.S1)	La tensión máxima predeterminada por encima del umbral de protección de 10 min es de 253 V (1.10 Vn) y el umbral de tiempo de protección predeterminado es de 3 s.
Sobretensión máxima (59.S2)	El umbral predeterminado de protección contra sobretensión es de 264,5 V (1,15 Vn) y el umbral de tiempo de protección predeterminado es de 0,2 s.
Subtensión mínima (27.S1)	El umbral predeterminado de protección contra subtensión es de 195,5 V (0,85 Vn) y el umbral de tiempo de protección predeterminado es de 1,5 s.
Subtensión mínima (27.S2)	El umbral predeterminado de protección contra subtensión es de 34,5 V (0,15 Vn) y el umbral de tiempo de protección predeterminado es de 0,2 s.
Sobrefrecuencia máxima (81.S1)	El umbral predeterminado de protección contra sobrefrecuencia es de 50,2 Hz y el umbral de tiempo de protección predeterminado es de 0,1 s.
Sobrefrecuencia máxima (81.S2)	El umbral predeterminado de protección contra sobrefrecuencia es de 51,5 Hz y el umbral de tiempo de protección predeterminado es de 0,1 s.
Subfrecuencia mínima (81.S1)	El umbral predeterminado de protección contra subfrecuencia es de 49,8 Hz y el umbral de tiempo de protección predeterminado es de 0,1 s.
Subfrecuencia mínima (81.S2)	El umbral predeterminado de protección contra subfrecuencia es de 47,5 Hz y el umbral de tiempo de protección predeterminado es de 0,1 s.

Según la hoja de datos de los inversores HUAWEI dada por del fabricante, y dada la configuración del sistema, el interruptor termomagnético asociado al proyecto deberá ser de tipología tripolar y tener una capacidad de 40 A.

Interruptor diferencial

El interruptor diferencial para el presente proyecto fotovoltaico deberá ser de tipología tetrapolar y de la misma capacidad que el interruptor. A su vez deberá detectar una diferencia de corriente > 100 mA, la cual es típica para inversores Huawei SUN2000-60KTL, tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 13 Sensibilidad del interruptor diferencial recomendada

MARCA	INVERSOR		DIFERENCIAL
	GAMA	MODELO	SENSIBILIDAD
SMA	SUNNY BOY	1.5 / 2.5-1 VL-40	>100 mA
		3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0-1 AV-40	>100 mA
	SUNNY TRIPOWER	STP 5000 / 6000 / 7000 / 8000 / 9000 / 10000 / 12000 TL-20	>100 mA
		STP 15000 / 20000 / 25000 TL-30	>100 mA
CORE1	STP 50-40	>500 mA	
FRONIUS	GALVO	1,5 / 2 / 2.5 / 3 / 3.1	>100 mA
	PRIMO	3 / 3.5 / 3.6 / 4 / 4.6 / 5 / 6 8.2	>100 mA
	SYMO	3.0 / 3.7 / 4.5 / 5.0 / 6.0 / 7.0 / 8.2 / 10 / 12.5 / 15 / 17.5 / 20	>100 mA
	ECO	25 / 27	>100 mA
KOSTAL	PIKO MP	1.5 / 2.0 / 2.5 / 3.0 / 3.6 / 4.2 MP	>100 mA
	PIKO EPC	36 EPC	>300 mA
	PIKO IQ	4.2 / 5.5 / 7.0 / 8.5 / 10	>300 mA
HUAWEI	FUSION HOME	2 / 3 / 3.6 / 4 / 4.6 / 5	>100 mA

ESTRUCTURAS

La estructura es la encargada de sustentar los módulos solares, proporcionando la inclinación adecuada de 15 grados para que absorban mayor proporción de radiación posible, alcanzando el incremento de su eficiencia. Estas plataformas estarán instaladas en el suelo ancladas al mismo mediante una pieza de hierro debidamente clavada en el terreno.

Las estructuras de montaje consistirán en bordes superiores de aluminio, descansando sobre postes de acero galvanizado en caliente. El diseño y selección final está sujeta a la visita a terreno, así como también a las últimas pruebas del terreno. Las estructuras serán certificadas para cargas de viento y sismo acordes a los requerimientos del área.

En la Figura 13, se muestran ejemplos de separaciones entre paneles solares, así como formas de fijar los paneles a las estructuras. En la Figura 14, se muestra un tipo de estructura robusta, la cual se utiliza en fines concretos y proporciona medidas eficientes. Este tipo de estructuras se emplean para las huertas solares, según lo que se puede divisar en la figura 15.



Figura 13 Esquema de fijación de los paneles en estructura

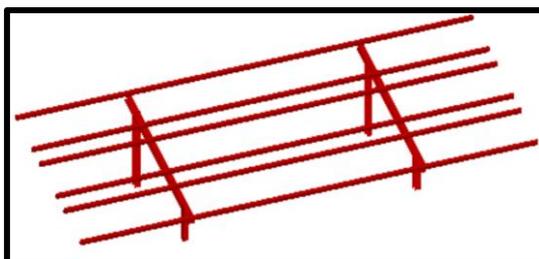


Figura 14 Estructura soporte de paneles



Figura 15 Estructura de huerto solar

Tabla 14 Especificaciones técnicas

Especificación	Correa de acero de c, canal de c, precio de acero del canal de c
Tecnología	haber galvanizado en baño caliente, pre-galvanizado, SOLDADO ENROLLADO EN EL EJÉRCITO
Grueso	1.2mm., 1.5mm., 2.0mm., 2.5mm., 2.7mm., modificados para requisitos particulares
Longitud	3meter/6meter o según el requisito de cliente
Tamaño	41x41/41x21/41x61/35x18/40x22/50x30m m o el acordar al requisito de cliente
Tamaño agujero	del 13x30, 12x40, 11x38, 24x12, 28x12m m

ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL SGDA A LA RED PÚBLICA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se tendrán 160 paneles fotovoltaicos de 450 Wp cada uno con características detalladas en la tabla 14 del presente documento, que se conectarán a 1 inversor de 60 kW. En la Figura 16, se muestra el Esquema de Conexión del Proyecto Fotovoltaico a la red de Distribución.

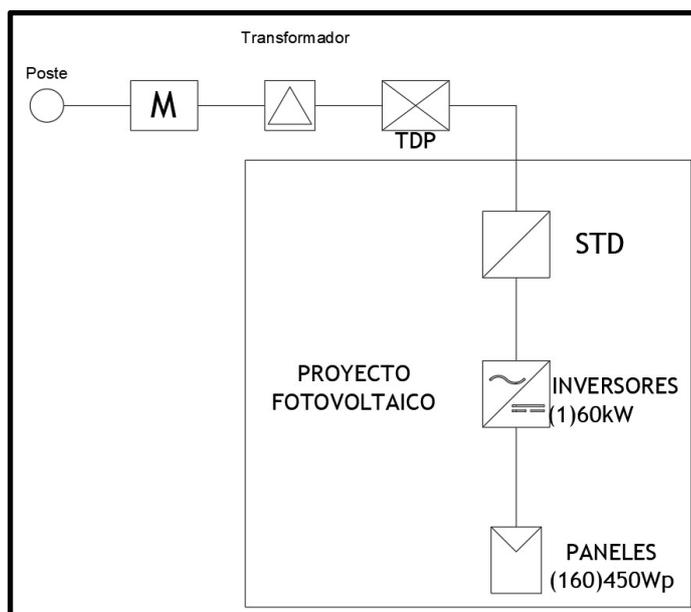


Figura 16 Esquema de Conexión del Proyecto Fotovoltaico

La conexión física de la instalación del proyecto Fotovoltaico tendrá una conexión trifásica en delta abierto, ya que el proyecto se conectará al transformador de distribución trifásico de 75 kVA de la Empresa Eléctrica Quito, como se puede demostrar en la figura 18.

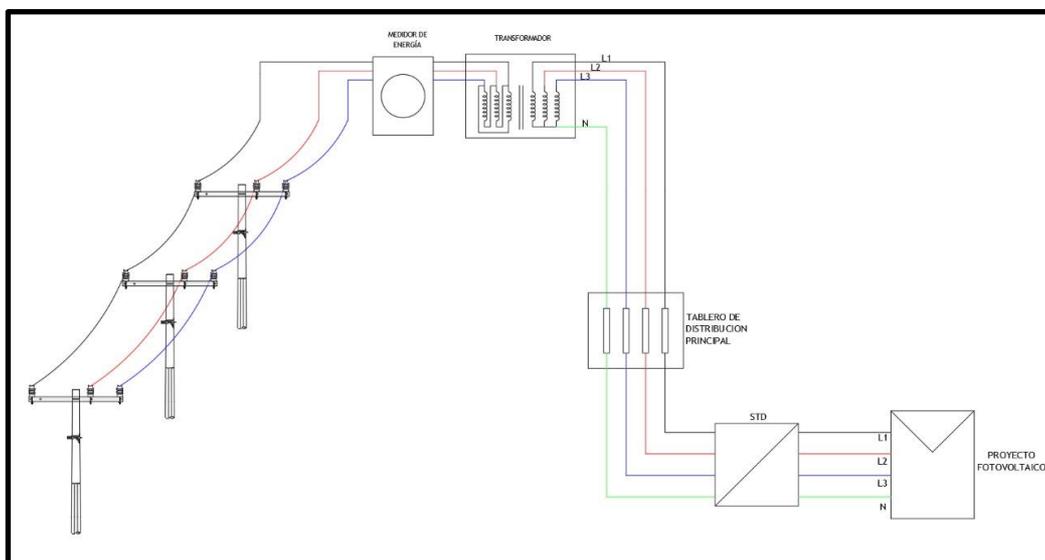


Figura 17 Modo conexión

DIAGRAMA UNIFILAR EN LA INSTALACIÓN

La figura 19 muestra el diagrama unifilar de un sistema eléctrico previsto para la Urbanización El Manantial. El cual se encuentra conformado por 160 paneles solares de 450 Wp distribuidos en 10 cadenas y 1 inversor de 60 kW.

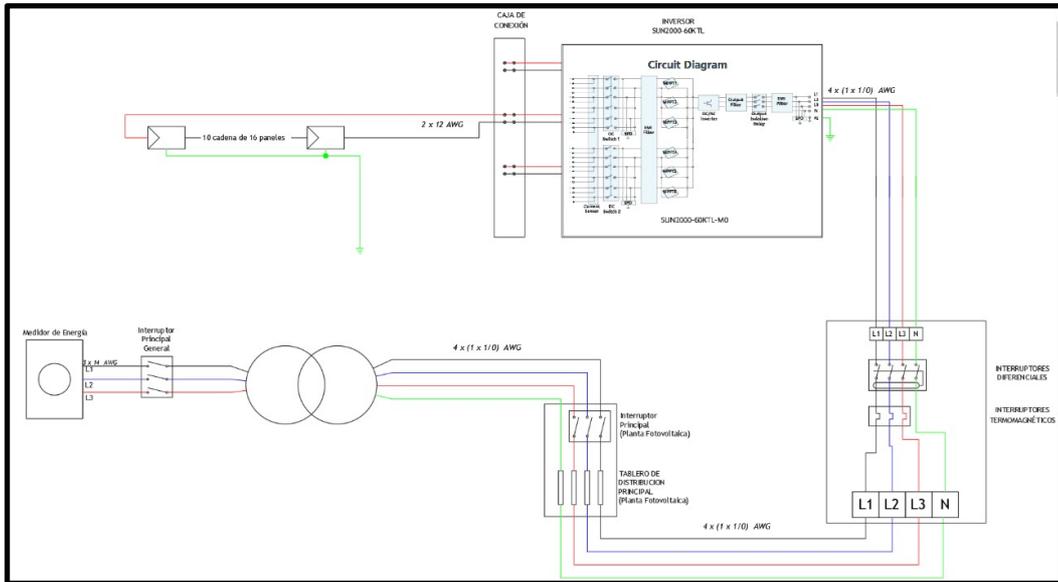


Figura 18 Diagrama Eléctrico del SGDA

ARREGLO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

En la Figura 20 se muestra el arreglo de los módulos fotovoltaicos considerando las distancias de seguridad de operación y mantenimiento.

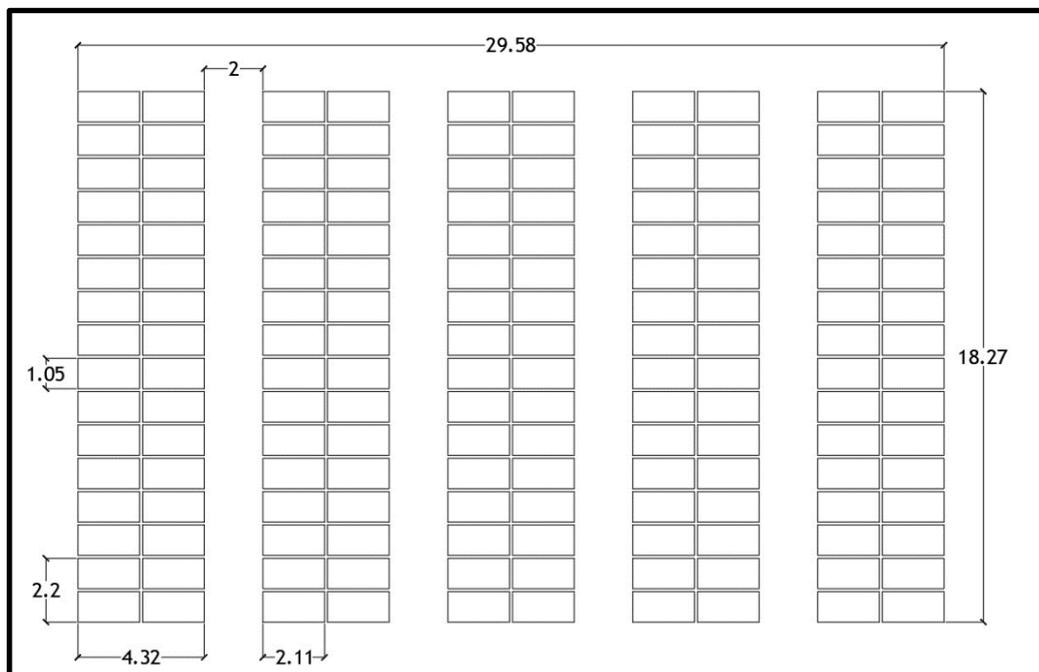


Figura 19 Arreglo de módulos fotovoltaicos

Cálculos de producción y disposición de la instalación.

Energía que se producirá 113.0MWh/año.

Producción especificada 1570kWh/kWp/año.

Proporción rendimiento PR 84.22%.

Solar Fracción (SF) 100%.

El balance energético, se realiza por medio de un medidor bidireccional el cual permite obtener un balance neto entre la energía que consume la red y la inyección de energía a través del sistema fotovoltaico. Dentro del balance neto se pueden presentar tres tipos de remanentes, los cuales se presentan a continuación:

$$\Delta E = \text{Consumo de energía por la red} - \text{inyección de energía en la red}$$

ECUACIÓN: CÁLCULO SEGÚN BALANCE NETO DE ENERGÍA

Remanente positivo: Existe un remanente positivo de energía, que favorece al consumidor, este saldo se pasa al mes siguiente y así de forma recurrente hasta un período de 24 meses.

Remanente negativo: La empresa eléctrica distribuidora cobra la diferencia entre la energía consumida y la inyectada a la red.

Remanente nulo: Solo se cancelará el valor de comercialización y tarifa de alumbrado público.

Cálculo de la reducción de emisiones de CO₂.

Se realizó el cálculo de la huella de carbono del grupo de 100 viviendas de la Urbanización El Manantial para identificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el consumo eléctrico, para ello se empleó la metodología señalada por la Comisión Técnica de determinación de Factores de Emisión de Gases de efecto invernadero –CTFE del Ecuador, y su factor de emisión fue el calculado en el Informe de 2019 (CTFE, 2019).

En el cálculo de la huella de carbono, se debió definir los límites de organización y de control, ya que la Urbanización en estudio tiene control de operaciones sobre sus unidades, tiene autonomía propia, y puede aplicar y crear políticas de operación en todos sus procesos. Los límites operacionales y/o alcances que se consideraron fue el alcance 2 de acuerdo a la aplicación de la metodología ISO 14064-1, que contempla las emisiones asociadas sobre la generación de la electricidad obtenida y utilizada por la empresa.

Teniendo en cuenta que el consumo mensual de la Urbanización es de 22.000 kWh (22 MWh) se calculó la huella de carbono (HC) por medio de la siguiente ecuación:

$$HC = \text{consumo} * \text{Factor de Emisión}$$

En donde el consumo son los 22 MWh de consumo mensual y el factor de emisión es de 0,2255 t CO₂/MWh (CTFE, 2019).

La Urbanización El Manantial tiene una Huella de Carbono del 4,961 t CO₂ al mes y de **59,532 t CO₂** en promedio al año.

El proyecto de la Planta de Energía Solar Fotovoltaica propuesto para la Urbanización el Manantial tiene una potencia pico de 72,0 kWp y generará una energía anual estimada de 113

MWh/año. Esto quiere decir que la electricidad originada por esta instalación le ahorrará al planeta una emisión de CO₂ de **25,481 t CO₂ al año** (113 MWh * 0,2255 t CO₂/MWh).

Esto significa una reducción de **34,051 tCO₂** al año de lo que actualmente emite la Urbanización, lo que representa una disminución del **57,20%** emisiones de CO₂ al año con el establecimiento de la Planta de Energía Solar Fotovoltaica.

La cantidad total de emisiones de CO₂ que se han generado por utilización eléctrica en la Urbanización El Manantial, oscilo en 59,532 tCO₂/año y el acertado beneficio ambiental sobre la disminución de esta marca de carbono a través del sistema fotovoltaico es del 57,20% de estas emisiones lo que contribuye a mitigar el impacto directo del conjunto de viviendas al cambio climático.

Elaboración de un presupuesto de ejecución.

En la tabla 15 está detallada la aplicación presupuestaria para que se usará según la ejecución del proyecto, tomando en consideración los equipos, el cableado, la obra civil, así como también los estudios, los suministros y el montaje.

Tabla 15 Presupuesto de la planta

EQUIPOS			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Modulos fotovoltaicos	160	\$ 157.50	\$ 25,200.00
String box	10	\$ 290.00	\$ 2,900.00
Inversor	1	\$ 7,800.00	\$ 7,800.00
Transformadores	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Estructuras metálicas	5	\$ 1,540.00	\$ 7,700.00
Seccionamiento, protección y medición	1	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00
SUBTOTAL			\$ 48,000.00
CABLEADO			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
DC Bajo Voltaje	1	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00
AC Bajo Voltaje	1	\$ 920.00	\$ 920.00
Sistema de Tierras	1	\$ 800.00	\$ 800.00
SUBTOTAL			\$ 3,120.00
OBRA CIVIL			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Cimentaciones estructuras para paneles fv zapat	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
Excavaciones y moviento de tierras	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Instalación OFF GRID BATERIAS, PANEL E INVERS	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
SUBTOTAL			\$ 17,000.00
ESTUDIOS, SUMISTROS Y MONTAJE			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Estudios	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Sistema de monitoreo	1	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00
Vallado	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Suministros y montaje 9 trabajadores	1	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00
Fiscalizador	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
SUBTOTAL			\$ 17,100.00
PRESUPUESTO TOTAL			\$ 85,220.00

Plan de contratación en función de las características de la planta.

A continuación, se detalla el personal que se requerirá contratar para la ejecución de la obra, así como también el cronograma de ejecución.

Tabla 16 Plan de contratación

PLAN DE CONTRATACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA					
OBRA CIVIL	SOLICITA	PERFIL ACADÉMICO	EXPERIENCIA MÍNIMA /AÑOS	TRABAJO A TIEMPO COMPLETO	UNIDADES DE COMPETENCIA
OBRA CIVIL	SUPERVISOR	ING CIVIL	5	INDISPENSABLE	UC1/UC2/UC3/UC4/UC5
	TÉCNICO 2	TECNÓLOGO	3	INDISPENSABLE	UC2/UC4/UC5
	TECNICO 3	TEC.SUPERIOR	2	INDISPENSABLE	UC5
MONTAJE ELECTROME CÁNICO	SUPERVISOR	ING. ELECTROMECA NICO	5	INDISPENSABLE	UC1/UC2/UC3/UC4/UC5
	TÉCNICO 2	TECNOLOGO ELECTRICO	3	INDISPENSABLE	UC2/UC4/UC5
	TECNICO 3	TEC.SUPERIOR MECÁNICO	2	INDISPENSABLE	UC5
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	SUPERVISOR	ING. ELÉCTRICO	5	INDISPENSABLE	UC1/UC2/UC3/UC4/UC5
	TÉCNICO 2	TECNOLOGO ELECTRICO	3	INDISPENSABLE	UC2/UC4/UC5
	TECNICO 3	TEC.SUPERIOR ELECTRÓNICO	3	INDISPENSABLE	UC5
CONTROL DE EJECUCIÓN	RESIDENT E DE OBRA	ING. ELÉCTRICO/ELE CTRÓNICO	5	INDISPENSABLE	UC6
UNIDAD DE COMPETENCIA REQUERIDA					
UC1	Preparar equipos y accesorios para determinar la factibilidad de instalación de paneles solares fotovoltaico.				
UC2	Planificar la ubicación de instalación de paneles solares fotovoltaicos.				
UC3	Diseñar o elaborar proyectos de instalación de paneles solares fotovoltaicos mediante cálculos.				
UC4	Planificar la ubicación de la instalación de paneles solares fotovoltaicos mediante mediciones e inspecciones.				
UC5	Ejecutar la instalación de paneles solares fotovoltaicos en el lugar determinado, cumpliendo las normas de seguridad y ambiental.				
UC6	Monitorear el avance y ejecución de la planta				
Nota: El 30% del personal para la ejecución del proyecto será femenino.					

Tabla 17 Cronograma del plan de contratación

PLAN DE CONTRATACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA																
CRONOGRAMA																
SEMANAS	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
OBRA CIVIL																
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE																
REPLANTEO Y NIVELACIÓN																
VIALES, CAMINOS																
DRENAJES																
CIMENTACIÓN POWER STATIONS																
ZANJAS ELÉCTRICAS BT/MT SEGURIDAD																
VALLADO PERIMETRAL																
MONTAJE ELECTROMECAÁNICO																
TOPOGRAFÍA																
ACOPIO DE ESTRUCTURAS																
HINCADO Y PRE TALADRO DE POSTES																
MONTAJE DE ESTRUCTURA																
MÓDULOS PV - SUMINISTRO Y ENTREGA EN EMPLAZAMIENTO																
PASO DE PRUEBAS DE CALIDAD MÓDULOS FV Y DISTRIBUCION DE MODULOS																
MONTAJE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS																
TEST INTERNOS																
INSTALACIONES ELECTRICAS																
EQUIPOS - SUMINISTRO Y RECEPCIÓN EN PLANTA																
COMBINER BOXER																
CABLES BT																
CABLES MT																
POWER STATION RECEPCIÓN Y COLOCACIÓN SOBRE CIMENTACIÓN																
ZANJA - CABLEADO RED MT DE PLANTA																
COLOCACIÓN COMBINER BOXER																
CABLEADO - NIVEL 1 (PV MÓDULOS - COMBINER BOX)																
CABLEADO - NIVEL 2 (COMBINER BOX - POWER STATION)																
CONEXIONADO POWER STATION																
TEST INTERNOS																
MONITOREO Y CONTROL DE LA PLANTA																

4.6 Manual de Mantenimiento

El actual manual tiene como objetivo establecer los criterios de mantenimientos preventivo y correctivo que deben realizarse en todos los equipos que conforman el parque fotovoltaico para asegurar su correcto funcionamiento y al mismo tiempo aprovechamiento del recurso solar.

El manual de mantenimiento consta de dos tipos:

- 1) Mantenimiento preventivo.
- 2) Mantenimiento correctivo.

Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de acciones que tienen que ver con el objeto de mejorar el rendimiento del parque fotovoltaico, consiguiendo a su vez asegurar el tiempo de vida útil de estos equipos

El mantenimiento preventivo estima circunstancias que inician desde la inspección visual hasta la verificación funcional de la totalidad de los equipos que conforman el parque fotovoltaico. Un aspecto importante, referente a los equipos, es que se debe conocer a totalidad las garantías ofrecidas por el fabricante a fin de que las acciones de mantenimiento no afecten a las mismas, se debe estudiar con anterioridad las garantías para coordinar y limitar las acciones de mantenimiento.

En este manual se debe ejecutar conjuntamente, además con el apoyo de otras herramientas, tales como:

- Estudio básico de salud y riesgo laboral
- Medidas preventivas para la seguridad persona
- Equipos de seguridad personal.
- Manual de los equipos y recomendación de los fabricantes

Todo aspecto antes mencionado permite ejecutar todas las acciones preventivas y correctivas de forma segura y eficiente cuidando la vida del personal de operación y mantenimiento.

Las labores del mantenimiento deben afectar lo mínimo posible a la producción del parque fotovoltaico. Cada acción de mantenimiento debe ejecutarse por personal profesional capacitado.

Cada acción de mantenimiento puede requerir de profesionales especializados en distintas áreas, pero todos deberán conocer las acciones especificadas en el presente manual.

El mantenimiento preventivo y correctivo de un parque fotovoltaico tiene su campo de acción sobre todos los equipos que conforman este proyecto, en este punto se puede aclarar que a pesar de que la transmisión de energía en un principio es construida por el dueño del parque fotovoltaico, luego pasa a ser parte del sistema eléctrico, por lo cual el mantenimiento se limitará hasta el punto en el cual comienza la conexión entre el generador y el transmisor de energía.

En general se realizará los mantenimientos sobre las siguientes instalaciones:

- Instalaciones civiles
- Instalaciones eléctricas
- Instalación de telecomunicaciones
- Instalaciones de monitoreo y medición.

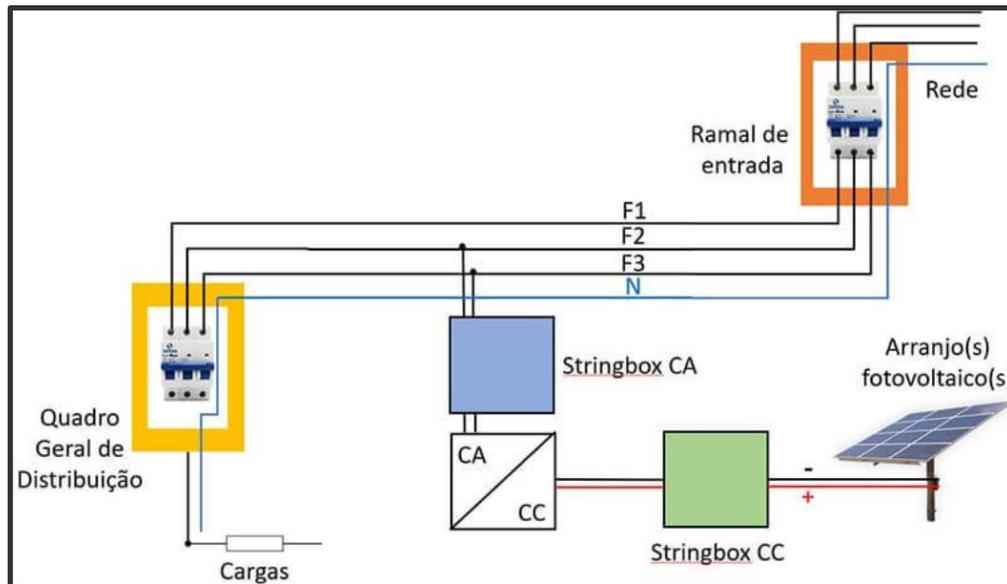


Figura 20 Esquema equipos de un parque fotovoltaico

De manera más específica, entre todos los equipos que conforman un parque fotovoltaico, se puede mencionar los equipos más relevantes sobre los cuales enfocar el mantenimiento preventivo y correctivo, como son:

- Terreno.
- Paneles fotovoltaicos.
- Equipos o cajas de conexión.
- Inversores.
- Transformadores.
- Equipo de conexión en bajo voltaje
- Sistema de medición.
- Sistema de monitoreo.
- Sistema de comunicaciones.
- Sistema de puesta a tierra.
- Estructura de soporte.
- Cableado general.
- Servicios generales.

Mantenimiento Preventivo en el Terreno

Los parques fotovoltaicos tienden a ocupar extensas áreas de terreno para su instalación esto se debe a que integran decenas y centenas de paneles, para conseguir generar la potencia requerida del proyecto. El área del terreno aumenta tomando en consideración que los módulos deben estar lo suficientemente separados para que no se generen sombras durante su ejecución.

La instalación de los módulos se realiza a considerable altura del piso por lo cual gran parte del área terreno se encuentra desocupado o disponible.

Los agentes principales que contribuyen de manera negativa al terreno son:

- La maleza o vegetación
- La lluvia

La maleza por su lado incide directamente sobre los módulos, cuando esta crece en los lugares de circulación entre paneles y sobrepasa la altura de instalación, se produce el efecto de sombra, lo mismo que contribuye a la disminución de la producción y a su vez a la continua operación de los diodos de protección ya que la sombra generada es permanente y puntual



Figura 21 Vegetación en un parque fotovoltaico

Cuando la vegetación crece por la parte trasera y alcanza a tocarlo en ese momento deteriora el material que cubre la parte trasera del panel, ya sea debido a acumulación de humedad o a las características físicas de la maleza, espinas. Si al parecer esta maleza no afecta directamente a la producción de energía del módulo a largo plazo se termina reduciendo el tiempo de vida útil del mismo.



Figura 22 Maleza en la parte inferior de los módulos

La lluvia puede crear grietas o los conocidos surcos en el terreno generando un aumento paulatino de la erosión en el suelo y haciendo intransitables los caminos entre paneles indispensables para realizar labores de mantenimiento, además pueden llegar a afectar las estructuras de soporte de los paneles ya que estas deben soportar el peso de los mismos.



Figura 23 Grietas en el terreno de un parque fotovoltaico

Al conocer estos factores se sabe recomendar realizar los siguientes trabajos de mantenimiento sobre el terreno:

- Desbroce y limpieza del terreno
- Adecuamiento del área de terreno

Mantenimiento Preventivo en Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos al estar instalado y ubicado a la intemperie son principalmente afectados por los efectos medioambientales de la zona tales como:

- Nubosidades.
- Polvo.
- Lluvia.
- contaminación ambiental de la zona.

Las nubosidades perjudican la operatividad normal de los paneles lo cual puede en momentos, crear puntos calientes en los paneles fotovoltaicos, efecto que a largo plazo contribuye en el daño total del panel.

El polvo, es levantado por las brisas de la zona, al incidir crea una delgada capa sobre los paneles reduciendo así su eficiencia ya que no se aprovecha toda la radiación proveniente del sol.



Figura 24 Suciedad sobre los módulos

La lluvia no afecta en mayor forma a los paneles, pero en el momento que esta se combina con el polvo crea una lámina que puede corroer la estructura a largo plazo las estructuras y soporte,

La contaminación ambiental del sitio es un factor que se debe estudiar para cada parque fotovoltaico ya que, dependiendo de su cercanía con industrias, los desechos de estas pueden generar capas finas de suciedad sobre los paneles lo cual genera la necesidad de limpiar los paneles de manera más frecuente.

El mantenimiento preventivo de los paneles fotovoltaicos considerando los factores antes mencionados son:

- Limpieza de paneles fotovoltaicos
- Termografía de paneles fotovoltaicos

Limpieza de Paneles Fotovoltaicos

La limpieza es el proceso por medio del cual se retira la acumulación de suciedad sobre los módulos. La limpieza debe ser frecuente y conjuntamente con la contaminación ambiental de la zona y así tener definido el número de limpiezas necesarias al año.

Frecuencia semestral recomendada.

Los trabajos de limpieza se pueden realizar en cualquier hora del día sin embargo no es aconsejable realizarla en horas de máxima producción, que es cuando existe mayor irradiación solar, debido a que se puede generar estas consecuencias:

- Choques térmicos sobre la superficie del vidrio del módulo fotovoltaico.
- Pérdidas leves de producción de energía eléctrica.

De estas consecuencias la de mayor importancia es la del efecto de los choques térmicos, un choque térmico se define como aquel evento en el cual se cambia súbitamente la temperatura de un material, en este caso el vidrio, lo que puede conllevar a la rotura total del vidrio o al apareamiento de grietas en la superficie de este.

La condición para que se genere un choque térmico con efectos dañinos en el panel es que sobre su superficie ocurra un cambio súbito de temperatura, donde el máximo cambio de temperatura admitido es de ± 25 °C.

el trabajo de limpiar los paneles se puede realizar mediante las metodologías siguientes:

- Método sin agua.
- Método manual con agua.
- Método mecanizado con agua.

Termografía de Paneles Fotovoltaicos

La termografía de paneles es una técnica de mantenimiento preventivo y predictivo que se realiza para diagnosticar el estado funcional de los paneles fotovoltaicos, para esto se debe utilizar una herramienta llamada cámara termográfica la cual permite medir la temperatura del panel en su totalidad, se basa en los rayos infrarrojos que cada material emite en base a la temperatura que posee al momento.

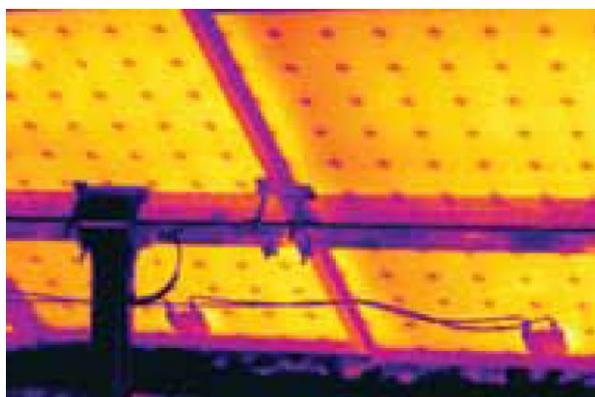


Figura 25 Termografía en la parte posterior de un panel

El objetivo de este método de trabajo es determinar los denominados “puntos calientes” que son aquellas células fotovoltaicas que por algún motivo han operado en su zona de polarización inversa y su característica generadora ha cambiado y han pasado a funcionar como una carga. Al operar una célula fotovoltaica como carga resistiva a través de esta circula corriente del conjunto de células generando a su vez pérdidas sobre estas debido al efecto de joule, al aumentar la potencia disipada en forma de calor con respecto a las células que se encuentran en correcto funcionamiento, la cámara termográfica puede detectar que la célula fotovoltaica está generando una temperatura elevada o caliente.

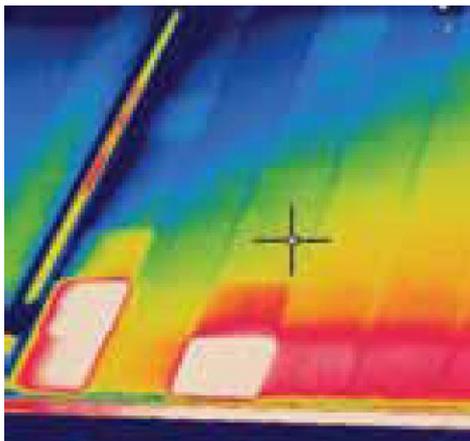


Figura 26 Puntos calientes en un panel fotovoltaico

En el caso que una célula fotovoltaica se encuentre averiada, dependiendo de la configuración de la conexión entre células fotovoltaicas, el resto de paneles puede dejar de producir por completo ya que la configuración suele ser en serie.

El equipo

La termografía de paneles se la realiza mediante un equipo llamado cámara termográfica con una resolución suficiente para determinar fallos o los llamados puntos calientes en una célula fotovoltaica como se muestra en la figura 28.



Figura 27 Cámara termográfica

Características:

- Resolución de al menos 320x240 píxeles. Para mediciones de corta distancia.
- Resolución de al menos 640x480 píxeles con lentes de 45°. Para mediciones a larga distancia.

- Sensibilidad térmica menor a $0,08^{\circ}\text{C}$.
- Precisión de al menos $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Mantenimiento preventivo en los equipos de conexión.

Los equipos de conexión, generalmente son preensamblados, los cuales se instalan según un manual entregado por el fabricante. Estos equipos cuentan con una garantía de fábrica por lo cual se debe conocer y respetar todas las condiciones que podrían anularla.

La garantía limita el alcance en las labores de mantenimiento preventivo ya que es mucho más conveniente disponer de una garantía, que sacrificarla por realizar un mantenimiento preventivo.

La frecuencia con que se realizan las labores de mantenimiento preventivo es aquella recomendada por el fabricante, sin embargo, queda al criterio del encargado de mantenimiento modificar la frecuencia de las labores dependiendo el lugar de instalaciones de equipos y sus condiciones ambientales.

Frecuencia recomendada: Cada año.

Los trabajos de mantenimiento deben llevarse a cabo por personal capacitado.

El equipo de conexión trabaja con componentes bajo tensión eléctrica, razón por la cual las operaciones de mantenimiento deben realizarse siempre que el equipo esté desconectado adecuadamente



Figura 28 Cajas de conexión de strings

Para conectar o desconectar el equipo de conexión se debe actuar según un procedimiento adecuado cumpliendo como mínimo los siguientes pasos:

- Desconexión del equipo.
- asegurar los equipos ante una reconexión involuntaria.
- verificar que no exista tensión eléctrica entre los equipos.

Aislar aquellas partes o piezas que mantengan tensión eléctrica a pesar de que el equipo esté desconectado.

Esperar un tiempo adecuado antes de iniciar las labores de mantenimiento, para evitar quemaduras provocadas por el contacto con las partes que trabajan con grandes corrientes a altas temperaturas.

Todas estas labores se deben realizar con el correcto uso del equipo de protección personal, ya que a pesar que se desconecte el sistema, existe voltaje de circuito abierto en los terminales positivos y negativos de cada arreglo de paneles.

Mantenimiento Preventivo en Transformadores

El transformador es un equipo de mucho cuidado ya que su operación la realiza en medio voltaje, estas labores de mantenimiento deben realizarse bajo las indicaciones del fabricante a fin de cuidar al personal de mantenimiento.

El mantenimiento se debe realizar con personal capacitado con conocimiento de los riesgos al trabajar con equipos de medio voltaje y se deben utilizar las herramientas adecuadas para cada labor, las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo los mantenimientos no deben ser adversas, bajo lluvia o fuertes vientos, por ejemplo.

La frecuencia en la que se realizan los trabajos de mantenimiento en el transformador se debe establecer de acuerdo con las recomendaciones del fabricante tomando en cuenta que se puede alterar los intervalos de mantenimiento dependiendo de los siguientes factores:

- Contaminación ambiental.
- Vibraciones
- Temperatura
- Humedad del aire
- Listado de los principales componentes sobre los cuales realizar mantenimiento:
- Estructura armario del transformador.
- Sistema de ductos de conductores.
- Equipos de corte, seccionamiento y protección.
- Transformador para autoservicios.
- Transformador de medio voltaje.
- Equipo de monitoreo y protección de parámetros internos del transformador.
- Sistema de ventilación en la estructura o armario del transformador.

Dependiendo de las condiciones de instalación de los equipos existirán equipos adicionales sobre los cuales realizar mantenimiento donde el primer paso será estudiar a consideración los manuales y garantías ofrecidas por el fabricante

Se recomienda realizar primero una termografía al transformador con el fin de conocer zonas calientes sobre las cuales direccionar el mantenimiento y así evitar futuro daños en el equipo.

Mantenimiento Preventivo del Sistema de Medición de Energía.

Una parte fundamental, en la operación de un parque fotovoltaico, es el sistema continuo de medición horaria de energía generada ya que el correcto funcionamiento de estos equipos depende las transacciones comerciales con el mercado eléctrico mayorista

Las labores de mantenimiento preventivo sobre el sistema de medición de energía se las realiza con frecuencia de manera anual y recomendablemente en horas de la mañana o en la tarde para no afectar el registro de energía generada, para estos sistemas se utilizan los sistemas de medición directos, semidirectos e indirectos, los mismos que trabajan con medidores o contadores de energía clase 200 o clase 20 con sus formas 16s, 9s, 10A.

Cabe mencionar que no solo el medidor es el encargado de registrar la generación obtenida también tenemos dispositivos auxiliares que realizan la medición , los cuales se integran al contador estos pueden ser a niveles de baja media y alta tensión cualquiera que fuese el caso para lo cual podemos mencionar, Transformadores de corriente y de potencial o a su vez los equipos combinados estos en el caso de media y alta tensión, mientras que para baja tensión los utilizados son los transformadores de corriente tipo ventana. con sus respectivas relaciones que van desde 100/5 hasta 1000/5.como se aprecia en la figura 32.

Acciones de mantenimiento preventivas recomendadas:

- Revisión general de partes de la conexión a bornes de la base socket
- Termografía en las conexiones del contador de energía.
- Limpieza de polvo, suciedad, corrosión de terminales.
- Reajuste de bornes o terminales
- Revisar las configuraciones del software del contador de energía.
- Revisar eventos, alarmas y estado de las partes internas como batería y tarjetas según los indicadores mostrados en la pantalla del contador de energía.
- Revisar la correcta puesta a tierra del equipo.
- Verificar la precisión del contador de energía y de sus equipos externos.

En todas las acciones de mantenimiento se debe actuar bajo un adecuado proceso que permita manipular los equipos con el personal calificado, con las herramientas adecuadas, con las acciones adecuadas que no afecten al personal ni al equipo se recomienda tener certificación para trabajo en sistemas eléctricos.



Figura 29 Verificar precisión del contador

Dentro de los errores más comunes de los sistemas de medición de energía tenemos el error 000001 es cual indica que el sistema de configuración no está optimo ya que este registro indica cambio de batería de manera urgente como se aprecia en la figura 30 se procede a cambiar la misma por una nueva de litio a 3.5 dc



Figura 30 Cambio de batería de litio error 000001



Figura 31 Transformadores de corriente tipo ventana 600/5

Mantenimiento Preventivo del Sistema de Monitoreo

El sistema de monitoreo toma mediciones adicionales de parámetros medioambientales y eléctricos de un parque fotovoltaico a fin de monitorear, en tiempo real, los equipos y la condiciones a las cuales se está generando energía.

Para lo cual el sistema de monitoreo se ayuda de los datos tomados a distintos equipos como: contadores de energía, inversores, equipos de conexión de paneles fotovoltaicos, sensores de la instalación meteorológica, entre otros con fin de informar al encargado de operación y mantenimiento de eventualidades que afecten a la operación normal del parque fotovoltaico.

Por lo general los sistemas de monitoreo usan comunicaciones vía internet apoyándose del sistema de telecomunicaciones que dispone el parque fotovoltaico, las partes que conforman este sistema son pocas ya que solo necesitan asegurar la comunicación continua con los equipos para obtener la información y mostrarla al personal adecuado.

Las labores de mantenimiento recomendadas son las siguientes:

- Verificación de los indicadores de funcionamiento y de alarma.
- Revisión de conexiones y uniones.
- Limpieza interna y externa de la caja o cubierta que contiene los equipos del sistema de monitoreo.
- Limpieza externa de las tarjetas de comunicación y sus accesorios
- Comprobar el estado de la fuente de energía del sistema.
- Comprobar el estado del sistema autónomo de energía (baterías) en caso de existir.

Frecuencia anual recomendada

El personal y las herramientas utilizadas en las labores de mantenimiento se realizarán bajo un debido procedimiento que no interrumpa innecesariamente las comunicaciones o la operación normal de los equipos asociados.

Mantenimiento preventivo del sistema de comunicación.

El sistema de comunicación es un servicio contratado por el propietario y formado por un conjunto de equipos que permiten la comunicación del parque fotovoltaico con la red de internet facilitando así la comunicación remota con los equipos y sistemas de monitoreo y vigilancia.

Los sistemas de comunicaciones se conforman de equipos aptos para su instalación libre de mantenimiento, sin embargo, los efectos ambientales como la presencia excesiva de polvo y la humedad son indicadores afectan a estos equipos y que se pueden corregir con los trabajos de mantenimiento.

Labores recomendadas de mantenimiento:

- Inspección visual y general de las instalaciones.
- Verificación de indicadores de funcionamiento y eventualidades.
- Limpieza interna y externa de la estructura o armario.
- Limpieza externa de equipos.
- Comprobar e inspeccionar el estado de las conexiones.
- Comprobar e inspeccionar el cableado y sus conduit.
- Frecuencia recomendada: Anual.

Mantenimiento preventivo del sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra ofrece un camino seguro a las corrientes de fallas evitando peligros y daños sobre otros equipos y el personal de operación. Con el paso del tiempo el sistema de puesta a tierra se deteriora dando como resultado la elevación de la resistencia de puesta a tierra.

Las partes metálicas de los equipos que conforman el parque fotovoltaico se conectan a un único sistema de puesta a tierra que no deberá tener conexión alguna con el cable neutro del sistema de distribución de energía.

Se recomienda realizar las siguientes labores de mantenimiento preventivo con una frecuencia anual:

- Verificar y medir la resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Comprobar la conexión de los equipos con el sistema de puesta a tierra.

Mantenimiento Preventivo en las Estructuras de soportes

Las estructuras de soporte son las bases sobre las cuales se cargan o se instalan los equipos, se construyen de aleaciones de metales que le den las características para trabajar bajo esfuerzos mecánicos y bajo ciertas condiciones ambientales desfavorables.

Las estructuras metálicas instaladas a la intemperie son muy sensibles a las características ambientales de la zona, por lo cual se recomienda realizar los siguientes trabajos de mantenimiento.

- Inspección visual de las partes fijas y uniones.
- Reajuste y fijación de piezas y tuercas flojas.

- Limpieza y tratamientos de las zonas afectadas por la corrosión.
- Se recomienda realizar las labores antes mencionadas cada seis meses o con mayor frecuencia al año según las condiciones lo ameriten.

Mantenimiento preventivo del cableado general.

Los equipos que conforman el parque fotovoltaico deben conectarse entre sí para esto se utilizan cables conductores de electricidad de características apropiadas, para soportar la capacidad de corriente, adecuado aislamiento, capacidad de instalación subterránea o aérea, entre otras.

Los conductores luego de sus instalaciones están sujetos al continuo deterioro de las características físicas y eléctricas que poseen, debido a:

- Esfuerzos mecánicos: Conductores trabajando bajo tensión mecánica debida a vibraciones, temblores, empalmes mal ajustados, instalación defectuosa, entre otros.
- Esfuerzos eléctricos: Sobre corrientes, sobrevoltajes, micro descargas, trabajo a elevadas temperaturas, entre otros.
- Efectos ambientales: ingreso de humedad o agua, corrosión en el conductor eléctrico, grietas realizadas por roedores, entre otros.

Las labores recomendadas de mantenimiento se las debe realizar cada 3 años como mínimo:

- Termografía de cables y empalmes, conexiones o derivaciones.
- Comprobar las conexiones.
- Comprobar la continuidad de los conductores eléctricos.
- comprobar el aislamiento de los conductores.

Las labores de mantenimiento dependen del tipo de cable, características constructivas, condiciones bajo las cuales opera el conductor, entre otras.

Mantenimiento preventivo de servicios generales.

Son aquellas instalaciones de apoyo que hacen posible el normal funcionamiento del parque fotovoltaico.

La mayoría de las instalaciones civiles forman parte de los servicios generales, entre ellos tenemos:

- Vallado del parque fotovoltaico.
- Bodegas.
- Casa de guardia y sus instalaciones interiores.
- Obras civiles: alcantarillado, pozos, cimentaciones entre otras.

Las labores de mantenimiento de los servicios generales se recomienda realizarlas con una frecuencia anual, las cuales son:

- Inspección visual del estado de los servicios generales.
- Limpieza interna y externa de las instalaciones civiles..
- Re adecuamiento de las instalaciones de servicios generales.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo corresponde a todas las actividades de reparación y/o sustitución de partes de los equipos para garantizar que el parque fotovoltaico funcione durante su vida útil. Es importante tomar acciones inmediatas para evitar la pérdida de producción.

A continuación, se mencionan fallas típicas en los sistemas FV.

Falla en el Inversor

Se tiene que verificar si el inversor está funcionando correctamente, se puede realizar de forma visual y es importante ajustar las alarmas de monitoreo, para que se envíe una alarma. Las razones para que se ocasione fallas pueden ser:

Interrupción total del inversor a causa de mantenimiento o falla en la red eléctrica

- Falla de los ventiladores por exceso de material particulado.
- Falla del inversor, condición que continúa hasta su reparación o reemplazo.
- Sobre corriente en CC.
- Corriente de fuga demasiado alta.
- Corriente residual demasiado alta.
- Limitación de potencia a causa de temperaturas altas o sobrecargas

Se debe consultar el manual del inversor entregado por el fabricante, debido a la garantía o garantía extendida los fabricantes otorgan recambio o reparación.

Mantenimiento correctivo por Falla en los Módulos FV

Este componente es la parte principal de la generación de energía por lo cual, cualquier falla afecta al funcionamiento total del sistema. A continuación, fallas más comunes en el panel FV:

- Rotura de módulo por impacto.
- Degradación del laminado
- Delaminación
- Interconexión defectuosa
- Soldadura defectuosa
- Caja de conexión quemada
- Caja de conexión con diodos bypass destruidos por sobretensión
- Roturas y microrroturas
- Puntos y celdas calientes (Hot spots)
- Puntos dañados irreversiblemente por alta temperaturas
- Puntos de celda caliente por malos contactos
- Celda con rotura visible

- Módulos en cortocircuito

Mantenimiento por falla en cableado y conexiones

Si se sigue las normas se minimiza el riesgo de fallas, sin embargo, por estar a la intemperie se presentan roturas en el aislamiento, lo que puede producir arco eléctrico e incendio, Las conexiones “plug in” enchufables deben ser del mismo tipos y enchufado correctamente y se debe de seguir las instrucciones del fabricante para la conexión de conectores a cable.

Se detalla algunas causas que pueden producir fallas:

- Aislamiento defectuoso por roedor
- Conectores quemados por mala conexión
- Rollo de curvatura de cable insuficiente.

Mantenimiento correctivo en Estructuras

En el mantenimiento correctivo de estructura se debe tomar en cuenta:

- Estructura fija, se debe verificar que esté bien fijada, se tiene que revisar los tornillos y platinas.
- La corrosión, en las estructuras de hierro galvanizado se debe evitar estanquidad y óxido producido por la contaminación ambiental.

Para identificar un mantenimiento correctivo se deben realizar un diagnóstico y pruebas a los equipos y estructuras para detectar a tiempo fallas y realizar los procedimientos previstos.

Tabla 18 Valor del mantenimiento de la planta

MANTENIMIENTO	VALOR
Desbroce	399.6
Limpieza paneles	100.4
limpieza de equipos	100
Total anual	600

Área de instalación	m ²
	540
valor del desbroce mts2	0.74

Como se puede evidenciar en la tabla 18, tomando en cuenta el área requerida para la planta fotovoltaica (540 m²), se requerirá un valor de mantenimiento estimado de USD 600, destinados para el desbroce del área, y la limpieza de paneles y equipos.

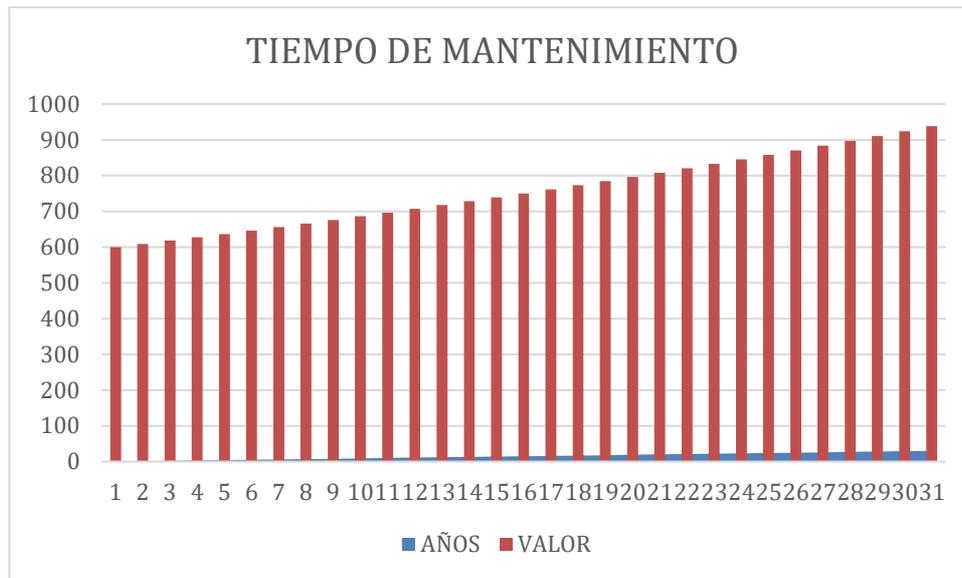


Figura 32 Tiempo de mantenimiento

Estudio de rentabilidad de la instalación solar

Como se puede observar en la tabla anterior del estudio de rentabilidad, a partir del 5to año, la planta fotovoltaica pasará a ser rentable para la Urbanización “El Manantial”.

Tabla 19 Tabla de rentabilidad de la instalación fotovoltaica

ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INSTALACION SOLAR											
Años	COSTOS				INGRESOS				CONDICIONES		Remanente
	Coste de Instalación \$	IVA 12%	Mantenimiento \$	Alquiler area\$	Flujo negativo	energía ahorro \$	subvención n\$	Flujo positivo	energía kWh	precio tarifa \$/kWh	
0	85,220.00	10226.4	600.0	540	-96,586.40	11,707.50	50,000.00	61,707.50	111,500.00	0.1050	-34,878.90
1			609.00	548.10	-1,157.10	11,829.64		11,829.638	110,998.25	0.1066	-23,049.26
2			618.14	556.32	-1,174.46	11,953.05		11,953.051	110,498.76	0.1082	-11,096.21
3			627.41	564.67	-1,192.07	12,077.75		12,077.751	110,001.51	0.1098	981.54
4			636.82	573.14	-1,209.95	12,203.75		12,203.753	109,506.51	0.1114	13,185.29
5			646.37	581.73	-1,228.10	12,331.07		12,331.068	109,013.73	0.1131	25,516.36
6			656.07	590.46	-1,246.53	12,459.71		12,459.712	108,523.17	0.1148	37,976.07
7			665.91	599.32	-1,265.22	12,589.70		12,589.698	108,034.81	0.1165	50,565.77
8			675.90	608.31	-1,284.20	12,721.04		12,721.040	107,548.65	0.1183	63,286.81
9			686.03	617.43	-1,303.46	12,853.75		12,853.752	107,064.69	0.1201	76,140.56
10			696.32	626.69	-1,323.02	12,987.85		12,987.849	106,582.89	0.1219	89,128.41
11			706.77	636.09	-1,342.86	13,123.34		13,123.345	106,103.27	0.1237	102,251.76
12			717.37	645.63	-1,363.00	13,260.25		13,260.254	105,625.81	0.1255	115,512.01
13			728.13	655.32	-1,383.45	13,398.59		13,398.592	105,150.49	0.1274	128,910.60
14			739.05	665.15	-1,404.20	13,538.37		13,538.372	104,677.31	0.1293	142,448.98
15			750.14	675.13	-1,425.26	13,679.61		13,679.612	104,206.27	0.1313	156,128.59
16			761.39	685.25	-1,446.64	13,822.32		13,822.324	103,737.34	0.1332	169,950.91
17			772.81	695.53	-1,468.34	13,966.53		13,966.526	103,270.52	0.1352	183,917.44
18			784.40	705.96	-1,490.37	14,112.23		14,112.231	102,805.80	0.1373	198,029.67
19			796.17	716.55	-1,512.72	14,259.46		14,259.457	102,343.18	0.1393	212,289.13
20			808.11	727.30	-1,535.41	14,408.22		14,408.219	101,882.63	0.1414	226,697.34
21			820.23	738.21	-1,558.45	14,558.53		14,558.533	101,424.16	0.1435	241,255.88
22			832.54	749.28	-1,581.82	14,710.41		14,710.415	100,967.75	0.1457	255,966.29
23			845.03	760.52	-1,605.55	14,863.88		14,863.881	100,513.40	0.1479	270,830.17
24			857.70	771.93	-1,629.63	15,018.95		15,018.948	100,061.09	0.1501	285,849.12
25			870.57	783.51	-1,654.08	15,175.63		15,175.634	99,610.81	0.1523	301,024.76
26			883.63	795.26	-1,678.89	15,333.95		15,333.953	99,162.56	0.1546	316,358.71
27			896.88	807.19	-1,704.07	15,493.92		15,493.925	98,716.33	0.1570	331,852.63
28			910.33	819.30	-1,729.63	15,655.57		15,655.565	98,272.11	0.1593	347,508.20
29			923.99	831.59	-1,755.58	15,818.89		15,818.892	97,829.88	0.1617	363,327.09
30			937.85	844.06	-1,781.91	15,983.92		15,983.922	97,389.65	0.1641	379,311.01

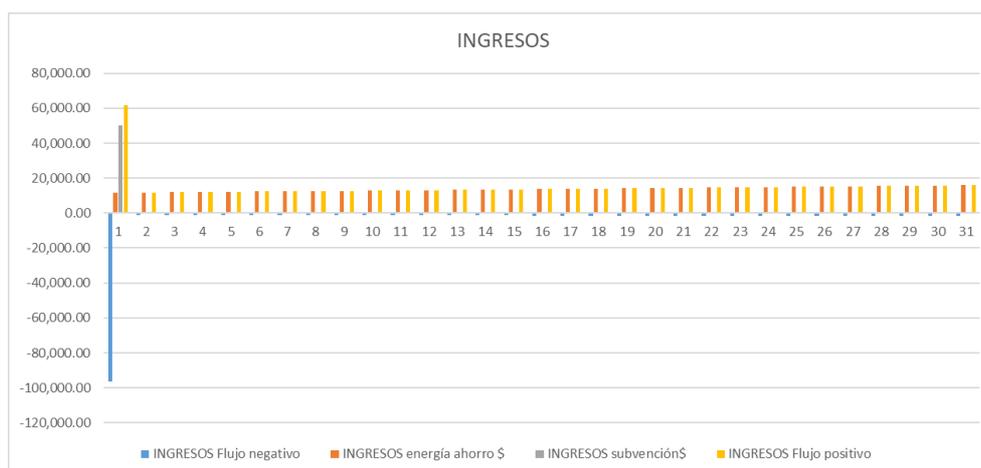


Figura 33 Ingresos

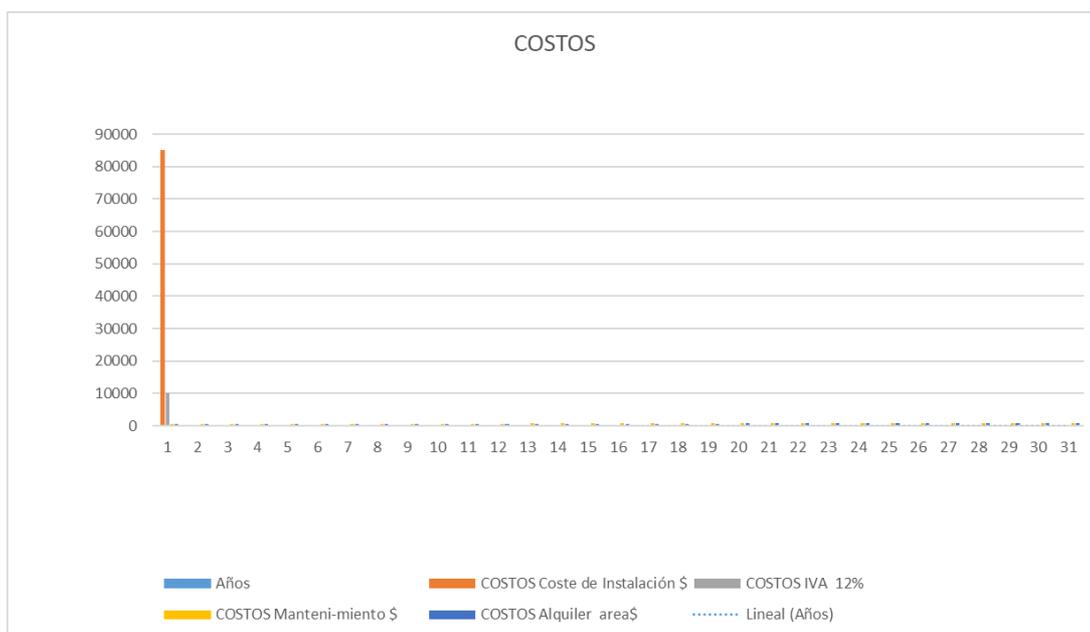


Figura 34 Costos

4.7 Dimensionado del sistema aislado:

Tabla 20 Cálculos del sistema aislado

Cálculo de Demanda Energética					
	Potencia	Número	Horas de funcionamiento	Consumo total Wh/día	
Lámparas LED	20	3	3		180
TV/PC/móvil	100	1	4		400
Consumidores en espera	5		24		120
					700

Número de módulos					
Lmdcrit	700			Nt=	Lmdcrit
Pmpp	80				$\frac{Lmdcrit}{Pmpp * HPS * PR}$
HPScrit (Atlas solar del Ecuador)	5.25				
PR	0.7			Nt=	700

			294
	Nt=		2.380952381
	Nt=		2 módulos

Número de paneles en serie			
Vbat	12	Nserie=	Vbat
Vmod, mpp	16		<hr/> Vmod, mpp
		Nserie=	12
			<hr/> 16
		Nserie=	0.75
		Nserie=	1

Número de paneles en paralelo			
Nt	2	Nparalelo=	Nt
Nserie	1		<hr/> Nserie
		Nparalelo=	2
			<hr/> 1
		Nparalelo=	2

Capacidad nominal de batería en función de descarga máxima diaria (Wh)	

Lmd	700	Cnd(Wh)=	$\frac{\text{Lmd}}{\text{Pdmax,d} \cdot \eta_B}$
Pdmax,d	0.15		
η_B	1		
		Cnd(Wh)=	$\frac{700}{0.15}$
		Cnd(Wh)=	4666.67

Capacidad nominal de batería en función de la descarga máxima diaria (Ah)

Cnd(Wh)	4666.67	Cnd(Ah)=	$\frac{\text{Cnd(Wh)}}{\text{Vbat}}$
Vbat	12		
		Cnd(Ah)=	$\frac{4666.67}{12}$
		Cnd(Ah)=	388.89

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional (Wh)

Lmd	700	Cne(Wh)=	$\frac{\text{Lmd} \cdot N}{\text{Pdmax,e} \cdot \eta_B}$
Pdmax,e	0.7		
η_B	1		
N	2	Cne(Wh)=	$\frac{700 \cdot 2}{0.7 \cdot 1}$
		Cne(Wh)=	2000

Capacidad nominal de batería en función de la descarga máxima estacional (Ah)

--	--	--	--

Cne(Wh)	2000	Cne(Ah)=	$\frac{\text{Cne(Wh)}}{\text{Vbat}}$
Vbat	12		
		Cne(Ah)=	$\frac{2000}{12}$
		Cne(Ah)=	166.67

Dimensionado del regulador - Corriente de entrada			
			$1,25 \cdot NP \cdot I_{mod,s}$
I _{mod,sc}	4.91	I _{entrada} =	c
NP	2		
		I _{entrada} =	$1,25 \cdot 2 \cdot 5,25$
		I_{entrada}=	12.28

Dimensionado del regulador - Corriente de salida			
		I _{salida} =	$\frac{1,25 \cdot (Pac / N_{inv})}{Vbat}$
Pac	130		
N _{inv}	0.95		
Vbat	12	I _{salida} =	$\frac{171.0526316}{12}$
		I_{salida}=	14.25

Dimensionado del inversor			
S _{inv}	1.2	P _{inv} =	S _{inv} * Pac
Pac	130		

P_{inv}=

156

El diseño para satisfacer el sistema aislado se elaboró utilizando el programa de simulación PVsyst. Los principales resultados del diseño se presentan en la figura 35.

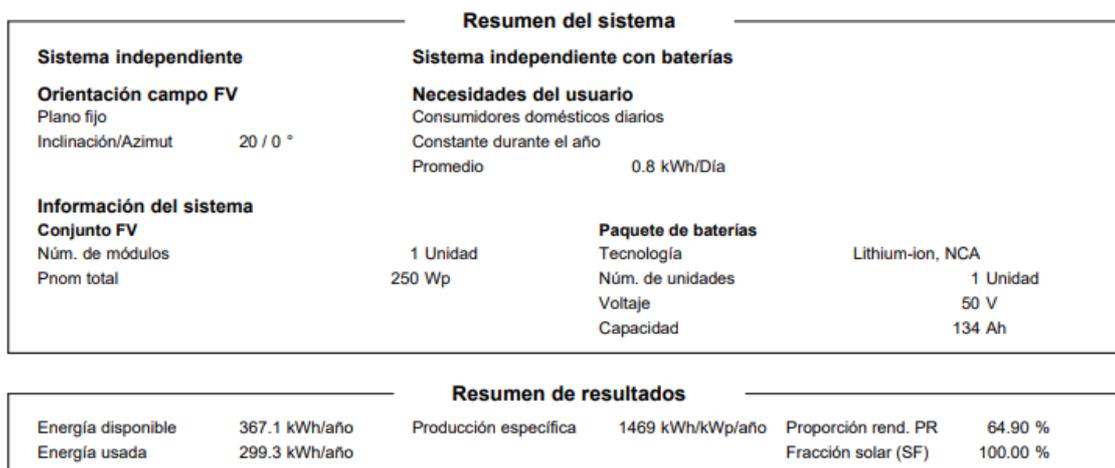


Figura 35 Resumen del sistema planteado

Cálculo de la instalación

Para el cálculo de la instalación se usó el programa PVsyst, obteniendo los siguientes resultados la figura 36.

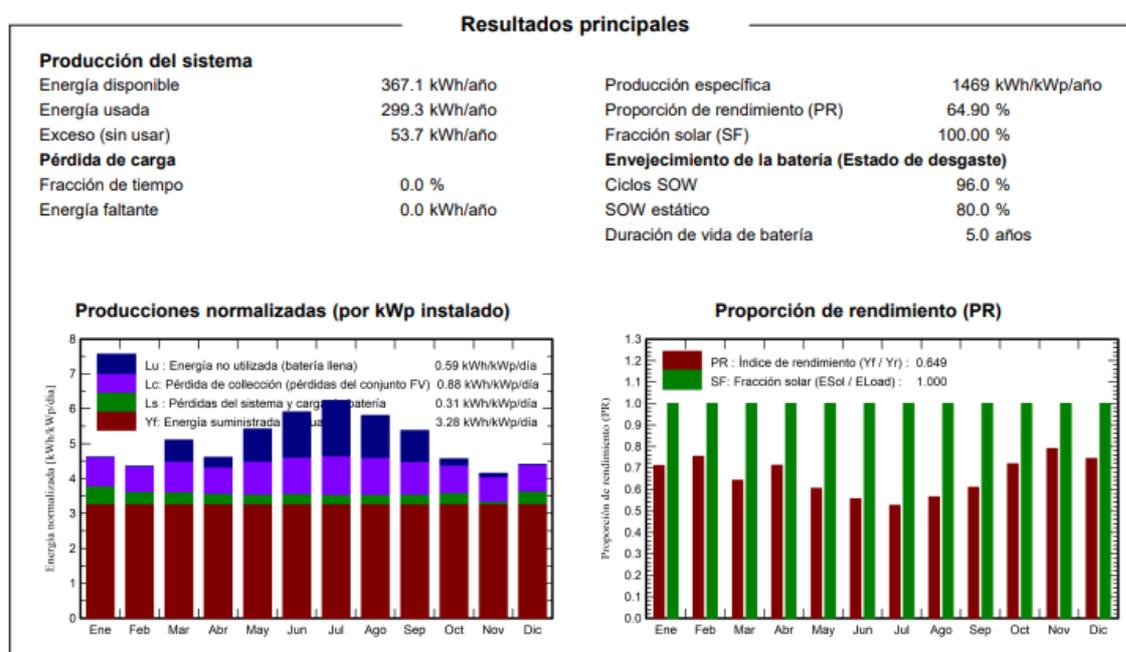


Figura 36 Principales resultados del sistema aislado

El informe completo se encuentra en los anexos

Elección de materiales

Módulo Fotovoltaico

Para el módulo fotovoltaico se usó el módulo CS5C de la marca Canadian Solar

Tabla 21 Características del panel solar

Panel Fotovoltaico		
Modelo	CS5C	
Características Generales		
Tipo de Célula	Mono-crystalline	
No. de Celdas	36 (4 x 9)	
Dimensiones del Módulo	1213×547×35 mm / 47.8×21.5×1.4"	
Peso	8 kg / 17.6 lbs	
Características Eléctricas		
	STC NMOT	Unidades
Voltaje Circuito Abierto (Voc)	21.9	V
Voltaje de Operación Máximo (Vmp)	17.6	V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	4.91	A
Corriente de Operación Máxima (Imp)	4.55	A
Potencia Máxima en STC (Pmax)	80	W
Eficiencia del Módulo	20.37	%
Temperatura de Operación	-40~+85	°C
Corriente nominal máxima del fusible	10	A
Tensión Máxima del Sistema	1000	VDC
Tolerancia de Potencia	±5	%
Clases de aplicación	Class A	-

Baterías

Las baterías a usar son de la marca Tenste, el modelo AGM DC 12-300 con las siguientes características:

BATTERY MODEL	Nominal voltage			12V			
	Rated capacity (100 hour rate)			300Ah			
DIMENSION	Cells Per battery			6			
	Length	Width	Height	Total Height			
APPROX. WEIGHT	520 mm	268 mm	220 mm	225 mm			
CAPACITY @ 25°C	66.0 kg ± 3%						
MAX. DISCHARGE CURRENT	10 hour rate (25A, 10.8V)	5 hour rate (40A, 10.5V)	3 hour rate (62.5A, 10.2V)	1 hour rate (150A, 9.6V)			
INTERNAL RESISTANCE	250 Ah	222 Ah	196.2 Ah	150 Ah			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	2500 A (5 sec.)						
SELF DISCHARGE @25°C	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.0mΩ						
CHARGE METHOD @25°C	40°C	25°C	0°C	-15°C			
	102%	100%	85%	65%			
CONSTRUCTION	After 3 months storage			After 6 months storage	After 12 months storage		
	91%			82%	64%		
CONSTRUCTION	Cycle Use			Float Use			
	14.1-14.4V (Initial charging current less than 75A)			13.50-13.80V			
CONSTRUCTION	Container	Electrolyte	Separator	Positive	Negative	Safety valve	Terminal
	BS (UL94-HB) / Flame retardant ABS (UL94-V0)	Sulfuric acid	Fiber glass	Lead dioxide	Lead	EPDR	Copper

Figura 37 Características de la batería a usar

Controlador de carga solar

El controlador de carga solar a usar es el MT2410 de la marca MT con las siguientes características:

Tabla 22 Características del controlador de carga solar a usar

Modelo	MT2410	
Voltaje	12V	24V
Max. Poder del panel solar	130 W	260 W
Carga	10A	
Descarga	10A	
Voltaje máximo de entrada	150V	

5 Estudio comparativo para el sistema solar térmico de una comunidad en Quito.

Elección de emplazamiento y ubicación.

El área de emplazamiento del proyecto es la misma que se describe en el apartado “implantación de una planta de energía fotovoltaica”, los mismos que corresponden a terrenos aledaños a la urbanización, los cuales se podría alquilar para realizar la instalación.



Figura 38 Mapa de ubicación del proyecto

El terreno en donde se instalaría la central de producción de calor tendría una disponibilidad de 1.8 ha; donde también iría ubicada la red de distribución.



Figura 39 Mapa de ubicación terreno para la central

El terreno mencionado presenta una baja pendiente, lo cual lo hace factible para realizar la instalación de la central.



Figura 40 Perfil de elevación

La red de distribución tendrá que ser instalada en las vías principales de la urbanización para que se pueda abarcar la totalidad de las viviendas, y se pueda instalar sin generar demasiadas complicaciones a los moradores, ya que, al existir vías secundarias en la urbanización, pueden transitar por estas.

Para las subestaciones, se realizará la instalación en cada vivienda, y éstas se podrán instalar ya sea en terrazas o en los terrenos donde no existan viviendas construidas, ya que hacer una instalación subterránea generaría un mayor coste, además de las molestias para las familias que viven en la urbanización.

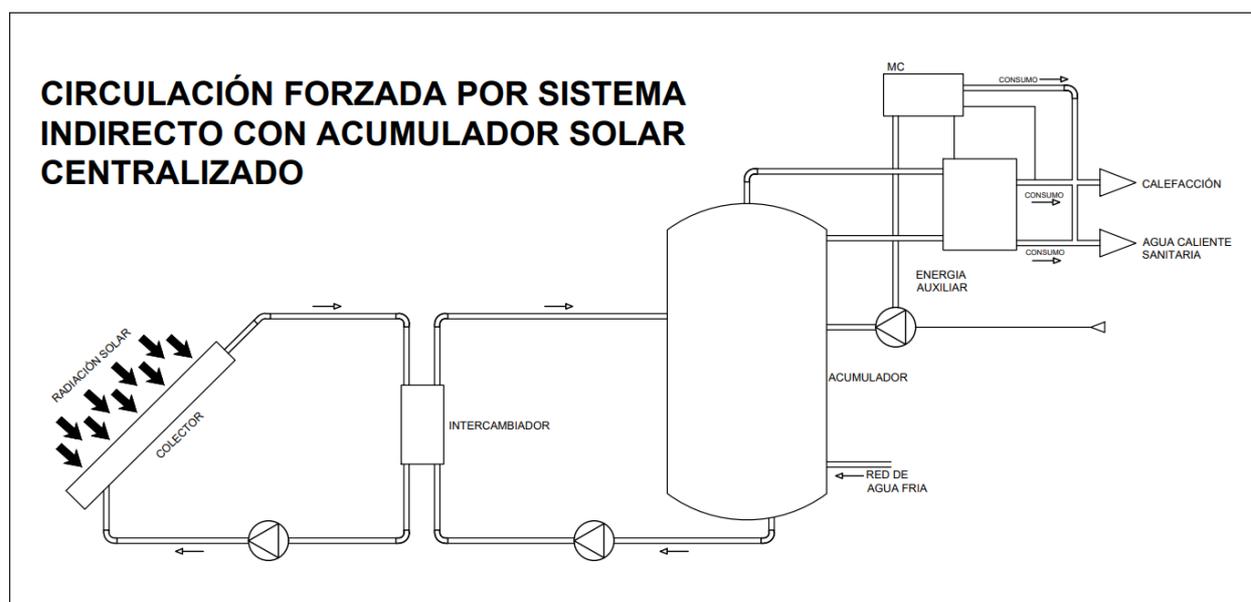


Figura 41 Esquema de principio de la instalación tipo estudiada

5.1 Memoria Técnica del sistema solar térmico



Referencias del Proyecto

Estudio comparativo solar de una comunidad en Quito. Valoración de la aportación solar en el mix energético.

Empresa contratante: GAD QUITO

Contrato: Sistema Solar Térmico

Empresa Contratista: GRUPO 8 MAESTRÍA ENERGÍA RENOVABLES

Dirección: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR - QUITO

Resumen Ejecutivo

“Instalación de energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria en la urbanización El Manantial”.

Para lo cual se desarrolló el cálculo de la demanda de ACS necesaria para satisfacer la demanda de los habitantes la misma que es de 2100 KWh/m²/año. Además, se estudiará en base al estudio de dos tipos de colectores que resultan óptimo para el funcionamiento del sistema de ACS como el captador de placa plana ESCOSOL SOL- 2800 H SELECTIVO con una superficie de 2.82 m² y 2.63m² de superficie de absorción, teniendo un rendimiento de 0.711n.

La segunda solución es el **Colectores solares tubos de vacío HEAT PIPE modelo ESCOSOL SUNMAX 20/58**.

Objetivo

El objetivo de la presente memoria descriptiva es el estudio, cálculo y diseño de la instalación solar térmica para el abastecimiento de agua caliente sanitaria ACS para las 100 viviendas situada en la urbanización el Manantial en la ciudad de Quito.

Localización

El proyecto se encuentra emplazado en la ciudad de Quito, Cantón Quito de la Provincia de Pichincha, con coordenadas UTM WGS 8417 M x: 778272 y 9965702. Como muestra la figura a continuación



Figura 42 Ubicación de el proyecto

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Dentro de la Constitución de la República, Leyes, Mandatos y Regulaciones existen varios artículos, publicaciones, y normativas que promueven la generación eléctrica con fuentes renovables. En las secciones siguientes se resumen los artículos de mayor relevancia sobre la planificación y energía eléctrica.

Constitución de la República del Ecuador

1. *Constitución de la República del Ecuador. Artículo. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua".*
2. *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. Artículo. 26.- Energías renovables no convencionales. - El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía.*
3. *Ley Orgánica del Régimen Tributario Interno: Numeral 7 del Artículo 10. Deducciones.*
4. *NTE INEN 2507. Rendimiento térmico de colectores solares. Requisitos y métodos de ensayo*
5. *NTE INEN XX:2009. Sistema de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario.*
6. *NEC. Energías Renovables. Código. NEC – HS – ER. Sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria (ACS) – Aplicaciones Menores a 100°C.*

Estimación De La Demanda Térmica

En los hogares ecuatorianos, especialmente en la sierra, el agua caliente se utiliza para aseo personal y otros usos domésticos como lavar la ropa, los utensilios de cocina, etc. Para el calentamiento de agua se utiliza energía eléctrica o calefones de gas (GLP), con muy poca frecuencia se encuentran hogares que utilizan calentadores solares, debido fundamentalmente a la diferencia de costos de inversión y al desconocimiento de su uso.

Teniendo en cuenta la ubicación del emplazamiento en la provincia de Pichincha a una latitud S 0,13° y latitud W 78.48 se procedió a realizar los cálculos de la demanda de ACS y demanda de Calefacción.

Para la demanda de ACS se consideró la tipología de vivienda (Unifamiliares) y según esto se trabajó con la Tabla 23, aportada por la CTE relacionando el número de habitaciones con el número de personas.

De donde:

Tabla 23 Tipología de viviendas No. Habitaciones - No. de Personas

No. de habitaciones	No. de personas
1	1,5

2	3
3	4
4	6
5	7
6	8
7	9

Para el cálculo de la estimación y cálculo de la demanda térmica para el escenario de estudio se requirió los datos meteorológicos mensuales y de irradiación solar mensual y promedio de la ciudad de Quito, como se detalla en la Tabla 24.

Tabla 24 Datos meteorológicos e irradiación solar

MES	Tamb (°C)	Taf (°C)	Rad. Solar (kWh/m ² ·día)	Factor Correccion K (kWh/m ² ·día)	Rad. Solar (kWh/m ² ·día)
Ene	13.6 °C	11.6 °C	4.94	0.97	4.79
Feb	13.9 °C	11.9 °C	4.64	0.98	4.55
Mar	13.8 °C	11.8 °C	4.78	1	4.78
Abr	13.8 °C	11.8 °C	4.53	1.01	4.58
May	13.9 °C	11.9 °C	4.83	1.01	4.88
Jun	14.1 °C	12.1 °C	4.69	1.03	4.83
Jul	14.8 °C	11.8 °C	5.53	1.02	5.64
Ago	14.2 °C	12.2 °C	5.47	1.01	5.52
Sep	13.8 °C	11.8 °C	4.89	1	4.89
Oct	13.6 °C	11.6 °C	5.25	0.98	5.15
Nov	13.5 °C	11.5 °C	5.14	0.97	4.99
Dic	13.5 °C	11.5 °C	5.14	0.96	4.93

Los requerimientos de estudio son para 100 viviendas unifamiliares, para esto se cuenta una tipología tipo de 3 ocupantes y 70m², para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria a **60°C** y sirviendo de apoyo a la calefacción, para esto se dispone de cubiertas de 7m² de superficie, a continuación, en la Tabla 25 se detalla el resumen de requerimientos para cálculo de la demanda.

Tabla 25 Resumen de datos de la demanda

ADTOS DEMANDA ACS	
TIPOLOGÍA DE EDIFICIO	Viviendas multifamiliares
DEMANDA DIARIA A 60°C	100
Nº Dormitorios	3
Nº personas	4
CONSUMO EXTRA	Si
DEMANDA TOTAL ACS DEL EDIFICIO	450
TEMP. ACUMULADOR FINAL (°C)	60°
TEMPERATURA ACS (°C)	60 °C
TEMPERATURA MINIMA ACS (°C)	47 °C
FUENTE DE APORTE AUXILIAR	General
Información Sobre Cobertura para Climatización Piscinas Cubiertas	No

La relación de demanda de agua por persona se establece en 50 litros/día*persona, valorando la temperatura en ACS de 60° C máximo y 47 ° C mínimo, a raíz de esto se consideró los diferentes parámetros en especial de la temperatura inicial por cada mes del año dando en si el mes de agosto como el más cálido, con todo esto se obtuvo los valores medios por mes durante todo el año de “Rad. Solar (kWh/m²·día)”.

$$L_{TOT} = C \left(\frac{\text{litros}}{\text{persona y día}} \right) N_H N_M \rho_{H_2O} c_{p,H_2O} (T_{ACS} - T_{red})$$

Mientras que para la demanda de calefacción se construyó una relación entre los metros cuadrados de la casa y la demanda anual en kWh/m²/año

En donde:

$$\text{Demanda total} = 30 \text{ kWh/m}^2/\text{año} * 70 \text{ m}^2 = 2100 \text{ kWh/m}^2/\text{año}$$

A continuación, en la Tabla 26 se muestra la estimación mensual y anual de estimación de la demanda en ASC y calefacción.

Tabla 26 **Estimación mensual y anual de la demanda en ASC y calefacción**

MES	N (dias/mes)	TAF	Demes ACS	Demes CALEF.
Ene	31	11.6	783.21	178.36
Feb	28	11.9	778.35	161.10
Mar	31	11.8	779.97	178.36
Abr	30	11.8	779.97	172.60
May	31	11.9	778.35	178.36
Jun	30	12.1	775.12	172.60
Jul	31	11.8	779.97	178.36
Ago	31	12.2	773.50	178.36
Sep	30	11.8	779.97	172.60
Oct	31	11.6	783.21	178.36
Nov	30	11.5	784.83	172.60
Dic	31	11.5	784.83	178.36
AÑO	365	11.7917	9361.29	2100

Extrapolación De La Demanda

La demanda tanto viene dada por el número de habitaciones en la vivienda y para extrapolación se requiere el número total de vivienda de cada tipo según el criterio adoptado, en la demanda de la calefacción podemos constatar una uniformidad en la demanda anual no así en la demanda por calefacción mensual que está dada por el número de días de cada mes es allí donde encontramos pequeñas variaciones, mientras tanto la demanda de ACS existe un significativo incremento desde las vivienda con 2 habitaciones hasta llegar a las 5 habitaciones como se muestra en la Tabla 27.

Un consumo responsable y equilibrado es lo justo y necesario en estos días donde los costos energéticos en muchas partes del mundo han tenido una drástica subida.

Tabla 27 Extrapolación de los datos

	N° de hab. en la vivienda	N° Personas	N° de viviendas	ACS x vivienda	CALEF. x vivienda	TOTAL ACS	TOTAL CALEF.
1	2	3	15	5721	2100	85812	31500
2	3	4	30	9361	2100	280839	63000
3	4	6	35	13522	2100	473265	73500
4	5	7	20	26524	2100	530473	42000
						1370388	210000

Definición Del Criterio Del Cálculo Del Acumulador En Base Al Perfil Diario De La Demanda

El criterio de la demanda es de 30 litros/día*persona, su aumento progresivo determinado por el número de habitaciones con estos parámetros tenemos las siguientes secuencias por tipología de vivienda.

Caso 1. 30litros/día * 3 habitantes = **90 litros/día**

Caso 2. 30 litros/día * 4 habitantes = **120 litros/día**

Caso 3. 30 litros/día * 6 habitantes = **180 litros/día**

Caso 4. 30 litros/día * 7 habitantes = **210 litros/día**

La elección del captador viene dada por el perfil diario de la demanda, los equipos compactos nos ofrecen una solución óptima y de calidad para nuestra demanda, estos aparatos tienen en consideración como uso medio por persona de 50 litros/día*persona.

Modelo del Acumulador HP ESCOSOL SUNMAX 20 58/1800



Figura 34: Acumulador

Tenemos en el caso 4 que existen 7 personas, más sin embargo hay que tener en cuenta la relación en nuestros cálculos establece 30 litros/día, mientras que los equipos tienen en consideración 50 litros/día*persona, por lo tanto, no existiría ningún tipo de deficiencia en el suministro de ACS.

Descripción De La Solución Adoptada

Dentro de la solución para el sistema requerido para una demanda de: 2001 kWh se ha trabajado en base al estudio de dos tipos de colectores que resultan óptimo para el funcionamiento del sistema de ACS como el captador de placa plana ESCOSOL SOL- 2500 H con una superficie de 2.32 m² y 2.63m² de superficie de absorción, teniendo un rendimiento de 0.711n.

La segunda solución es el **Colectores solares tubos de vacío "U" PIPE modelo AKU 16 1800/58**.

Cálculos Justificativos

Los cálculos proporcionados por el sistema.

Cálculo de la potencia

$$\eta = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha) - F_R \cdot U_L \frac{T_e - T_a}{G} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)$ = es el rendimiento óptico del captador

$F_R \cdot U_L$ = coeficiente global de pérdidas térmicas del colector

T_a = temperatura ambiente

T_e = temperatura entrada fluido colector

I_s = irradiancia solar

$$POT = \eta \cdot A \cdot G_{REF} \text{ Ecuación 2}$$

Donde:

POT = potencia térmica

η = rendimiento del sistema de captación

A = área del sistema de captación en m^2

G_{REF} = Irradiancia solar

$$\frac{X}{A_c} = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{Demanda térmica total}} = \frac{F_R U_L \left(\frac{F'_R}{F_R}\right) (100 - T_a) \Delta t}{L_{TOT}} \text{ Ecuación 3}$$

$$\frac{X}{A_c} = \frac{\text{Energía perdida por el captador}}{\text{Demanda térmica total}} = \frac{F_R (\tau\alpha)_n \left(\frac{F'_R}{F_R}\right) \left(\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)}\right) N_M H_T}{L_{TOT}} \text{ Ecuación 4}$$

Donde:

A_c = área del campo de colectores

$F_R U_L$ = factor de pérdidas obtenida de la curva de eficiencia del captador

$\frac{F'_R}{F_R}$ = factor de corrección del intercambiador, para sistemas directos es 1, mientras que con intercambiador puede ser un aproximado de 0.9

T_a = medida mensual de la temperatura ambiente en $^{\circ}C$

Δt = tiempo de un mes en segundos

L_{TOT} = demanda energética mensual

$F_R (\tau\alpha)_n$ = factor óptico de la curva de eficiencia del captador

$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)}$ = factor de pérdida de rendimiento debido al ángulo de incidencia

N_M = días del mes

H_T = media mensual diaria de radiación incidente sobre la superficie del captador

$$Q_u = f L_{TOT} \text{ Ecuación 5}$$

Q_u = calor aportado por el sistema solar

Cálculo de la demanda energética

$$L_{TOT} = C\left(\frac{\text{litros}}{\text{persona y día}}\right)N_H N_M \rho_{H_2O} c_{pH_2O} (T_{ACS} - T_{red}) \text{Ecuación 6}$$

Donde:

ρ_{H_2O} = es la densidad del agua

c_{pH_2O} = es la capacidad calorífica del agua

N_M = son los días del mes

N_H = el número de usuarios

$(T_{ACS} - T_{red})$ = salto térmico entre la temperatura del agua de la red y la temperatura del agua caliente que deseamos

COLECTOR TUBO AL VACÍO

Tabla 28 Datos del captador solar

DATOS CAPTADOR SOLAR	
Ángulo Inclinación	5 grados
CAPTADOR	
Marca y Modelo	ESCOSOL COLECTOR "U" PIPE AKU 16 1800/58
Número de captadores	<u>2</u>
Su	2,6 m ²
Se	5,2 m ²
Factor Ef. Óptica	0.7110
Coef. Perd.	3.1680
Factor Ef. Óptica Corregido	0.6011505
ACUMULADOR	
<i>Orientativo-></i>	390 dm ³
VOLUMEN SELECCIONADO	300 dm³

Relación V/S	58
--------------	----

Se escogieron 2 colectores solares de 2.6 m² con lo que tenemos un área de 5.2 m² y un acumulador de 300 dm³, cumpliendo con la relación V/S de 58. Se muestran a continuación los resultados obtenidos.

Tabla 29 Cálculos colector tubo al vacío

COMPUTO ANUAL	
DEMANDA	5,845 kWh
ENERGÍA SOLAR ÚTIL	4,589 kWh
Producción Solar Unitaria por Captador η anual instalación	441.3 kWh/m ² 48.7%

Con el colector de tubos al vacío el rendimiento mejoró obteniendo un **factor solar calculado de F= 78.52%**

MES	N (días/mes)	Tar	Demos ACS	Demos CALEF.	E _{dem} (kWh/m ²)	E _{dem} (kWh/m ²)	E _{dem} (kWh)	D1	TAMB	Δt	K1	K2	E _{Prer} (kWh)	D2	f (teórica)	f (real)	E _{Umes}	η mensual instalación	Producción Solar Unitaria (kWh/m ²)	Producción Solar Unitaria por Captador (kWh/m ²)	APORTE AUXILIAR
Ene	31	11.8 °C	313 kWh	178 kWh	4.79	348.5	464.2	0.04	18.6 °C	744 h	0.006	0.929	5	0.01	77.1%	77.1%	379 kWh	46.1%	74.9	36.4	113 kWh
Feb	28	11.9 °C	311 kWh	161 kWh	4.55	327.4	398.1	0.04	18.9 °C	672 h	0.006	0.938	5	0.01	70.9%	70.9%	333 kWh	50.3%	64.1	32.1	139 kWh
Mar	31	11.8 °C	312 kWh	178 kWh	4.78	348.2	463.2	0.04	18.8 °C	744 h	0.006	0.935	5	0.01	77.1%	77.1%	378 kWh	49.1%	72.7	36.3	112 kWh
Abr	30	11.8 °C	312 kWh	178 kWh	4.58	337.4	429.5	0.09	18.8 °C	720 h	0.006	0.935	5	0.01	73.4%	73.4%	366 kWh	49.8%	68.4	34.2	129 kWh
May	31	11.9 °C	311 kWh	178 kWh	4.88	351.3	472.9	0.07	18.9 °C	744 h	0.006	0.938	5	0.01	78.4%	78.4%	384 kWh	48.8%	73.8	36.9	106 kWh
Jun	30	12.1 °C	310 kWh	178 kWh	4.83	344.9	453.0	0.04	14.1 °C	720 h	0.006	0.944	5	0.01	76.7%	76.7%	370 kWh	49.1%	71.2	35.6	112 kWh
Jul	31	11.8 °C	312 kWh	178 kWh	5.64	374.8	546.5	1.11	18.8 °C	744 h	0.006	0.935	5	0.01	87.2%	87.2%	427 kWh	47.0%	82.2	41.1	63 kWh
Ago	31	12.2 °C	309 kWh	178 kWh	5.52	371.1	534.9	1.10	14.2 °C	744 h	0.006	0.946	5	0.01	86.1%	86.1%	420 kWh	47.2%	80.8	40.4	68 kWh
Sep	30	11.9 °C	312 kWh	178 kWh	4.89	346.7	458.6	0.05	18.9 °C	720 h	0.006	0.935	5	0.01	77.1%	77.1%	374 kWh	49.0%	71.9	36.0	111 kWh
Oct	31	11.6 °C	313 kWh	178 kWh	5.15	359.7	499.1	1.02	18.8 °C	744 h	0.006	0.929	5	0.01	81.4%	81.4%	400 kWh	48.2%	76.9	38.5	92 kWh
Nov	30	11.6 °C	314 kWh	178 kWh	4.99	349.7	468.0	0.06	18.8 °C	720 h	0.006	0.926	5	0.01	78.7%	78.7%	380 kWh	48.8%	73.1	36.6	106 kWh
Dic	31	11.8 °C	314 kWh	178 kWh	4.93	352.8	477.7	0.07	18.8 °C	744 h	0.006	0.926	5	0.01	78.7%	78.7%	387 kWh	48.7%	74.5	37.2	105 kWh
ANO	365	11.9 °C	3,745 kWh	2,100 kWh	4.56	1,812.5	5,066	1.51	13.8 °C	8,760 h	0.006	0.926	61	0.01	78.52%		4,589 kWh	48.7%	441.7	441.7	1,253 kWh

Figura 43 Ficha de cálculo de colector de tubo al vacío

COLECTOR PLACA PLANA

Tabla 30 Cálculos de colector de placa plana

DATOS CAPTADOR SOLAR	
Ángulo Inclinación	5 grados
CAPTADOR	
Marca y Modelo	ESCOSOL SOL 2500 H SELECTIVO
Número de captadores	2

Su	2.32 m ²
Sc	4.64m ²
Factor Ef. Óptica	0.6800
Coef. Perd.	5.100
Factor Ef. Óptica Corregido	0.57494
Coef. Perd. Corregido	0.004845
ACUMULADOR	
<i>Orientativo-></i>	348 dm ³
VOLUMEN SELECCIONADO	300 dm³
Relación V/S	65

Se escogieron 2 colectores solares de 2.32 m² con lo que tenemos un área de 4,64 m² y un acumulador de 300 dm³, cumpliendo con la relación V/S de 65, y un **rendimiento solar de F= 65.14%**. Se muestran a continuación los resultados obtenidos.

Tabla 31 Cálculos de colector de placa plana

COMPUTO ANUAL	
DEMANDA	5,845 kWh
ENERGÍA SOLAR ÚTIL	3,807 kWh
Producción Solar Unitaria por Captador	410.2 kWh/m ²
η anual instalación	45.3%

CÁLCULOS

MES	N (días/mes)	TAP	Demes ACS	Demes CALEF.	Eida (kWh/m ²)	Eimes (kWh/m ²)	EAmes (kWh)	D1	TAMB	Δt	K1	K2	EPmes (kWh)	D2	f (teórica)	f (real)	EUmes	η mensual Instalación	Producción Solar Unitaria (kWh/m ²)	Producción Solar Unitaria por Captador (kWh/m ²)	APORTE AUXILIAR
Ene	31	11.6 °C	313 kWh	178 kWh	4.79	148.5	396.1	0.81	13.6 °C	744 h	0.252	0.929	359	0.69	63.7%	63.7%	313 kWh	45.3%	67.5	33.8	178 kWh
Feb	28	11.9 °C	311 kWh	161 kWh	4.55	127.4	339.9	0.72	13.9 °C	672 h	0.252	0.938	308	0.65	58.0%	58.0%	274 kWh	46.3%	56.0	29.5	198 kWh
Mar	31	11.8 °C	312 kWh	178 kWh	4.78	148.2	395.3	0.81	13.8 °C	744 h	0.252	0.935	340	0.69	63.3%	63.3%	313 kWh	45.5%	67.4	33.7	178 kWh
Abr	30	11.8 °C	312 kWh	179 kWh	4.58	137.4	366.5	0.76	13.8 °C	720 h	0.252	0.935	329	0.68	60.4%	60.4%	293 kWh	45.9%	63.1	31.5	192 kWh
May	31	11.9 °C	311 kWh	178 kWh	4.88	151.3	403.6	0.82	13.9 °C	744 h	0.252	0.938	341	0.70	64.9%	64.9%	318 kWh	45.3%	68.5	34.3	172 kWh
Jun	30	12.1 °C	310 kWh	179 kWh	4.83	144.9	386.6	0.80	14.1 °C	720 h	0.252	0.944	331	0.69	63.4%	63.4%	306 kWh	45.5%	66.0	33.0	177 kWh
Jul	31	11.8 °C	312 kWh	179 kWh	5.64	174.8	466.4	0.95	13.8 °C	744 h	0.252	0.935	340	0.69	71.1%	71.1%	359 kWh	44.2%	77.3	38.6	132 kWh
Ago	31	12.2 °C	308 kWh	178 kWh	5.52	171.1	456.5	0.94	14.2 °C	744 h	0.252	0.946	343	0.70	72.1%	72.1%	352 kWh	44.3%	75.8	37.9	136 kWh
Sep	30	11.8 °C	312 kWh	179 kWh	4.89	146.7	391.4	0.81	13.8 °C	720 h	0.252	0.935	329	0.68	63.9%	63.9%	310 kWh	45.5%	66.8	33.4	175 kWh
Oct	31	11.6 °C	313 kWh	178 kWh	5.15	156.7	425.9	0.87	13.6 °C	744 h	0.252	0.929	339	0.69	67.8%	67.8%	333 kWh	45.0%	71.8	35.9	159 kWh
Nov	30	11.8 °C	314 kWh	179 kWh	4.99	149.7	399.4	0.82	13.8 °C	720 h	0.252	0.926	327	0.67	64.9%	64.9%	316 kWh	45.4%	68.0	34.0	171 kWh
Dic	31	11.5 °C	314 kWh	179 kWh	4.93	153.8	407.7	0.83	13.5 °C	744 h	0.252	0.926	338	0.69	65.3%	65.3%	321 kWh	45.3%	69.2	34.6	171 kWh
ANO	365	11.8 °C	3,745 kWh	2,100 kWh	4.56	1,812.5	4,833.5	1.29	13.8 °C	8,760 h			4,003	0.68			3,807 kWh	45.3%	820	410.23	2,038 kWh

Figura 44 Ficha de cálculo de colector de placa plana

Equipos Para La Instalación.

Sistema de captación.

Los Colectores solares se consideran a este tipo de sistemas como una clase especial de intercambiador de calor, que transfiere la energía térmica de radiación solar al fluido que es transportado por el colector. El fluido que es necesario calentar, suele ser agua. Esta energía térmica obtenida por el proceso antes descrito se utiliza tanto para calentar agua de uso sanitario, como para ser transportada hacia un equipo de acondicionamiento de espacio o hacia un tanque de almacenamiento térmico

Tipos de colectores solares que tenemos definidos en este trabajo son los siguientes los cuales se muestran en la tabla 6 a continuación.

Tabla 32 Tipo de colectores

Movimiento	Tipo de colector	Tipo de absorbedor	Razón de Concentración	Rango de Temperatura Inicial (°C)
Estacionario	Colector de Placa Plana	Plano	1	30 - 80
	Colector de Tubos al Vacío	Plano	1	50 - 200

El colector de placa plana ESCOSOL SOL- 2500 H selectivo, garantiza un excelente rendimiento y una gran durabilidad, aún en períodos de baja radiación solar. El absorbedor se compone de una placa de cobre con tratamiento selectivo, a la que se unen tubos de cobre con tecnología láser. La carcasa en aluminio y el aislamiento térmico interior permiten minimizar al máximo las pérdidas del colector, lo que queda reflejado en las excelentes curvas de rendimiento, y aseguran una perfecta estanqueidad. El acristalamiento, lámina de vidrio templado con bajo contenido de hierro, deja pasar más energía que el vidrio habitualmente utilizado para ventanas. Incorporan sendos orificios para alojar la sonda de temperatura. (Ver Figura 2). Los fluidos más utilizados para este tipo de colectores solares son agua y aire.



Figura 45 colector solar de placa plana ESCOSOL SOL- 2500 H selectivo

Tabla 33 Ficha técnica ESCOSOL SOL - 2500 H selectivo

MODELO	SOL 2500 H selectivo
Dimens. ext. LxAxH mm	1206x2307 x99
S. Total m ²	2,32
S. absorción m ²	4,64
Rendimiento	0,711
a1 W/m ² /K	3,168

Colectores solares tubos de vacío “U” PIPE. Los colectores de tubos de vacío “U” pipe están fabricados con la tecnología más avanzada del tubo de vacío. Respecto al colector plano, tienen algunas ventajas que los hacen muy adecuados para determinado tipo de instalaciones.

ALGUNAS DE LAS VENTAJAS MÁS IMPORTANTES:

- El vacío minimiza las pérdidas por transmisión
- Facilidad de montaje, al no tener agua en el sistema de captación, los tubos se pueden montar en la fase final de la obra.
- La forma tubular aprovecha mejor la radiación solar.

- La ausencia de agua evita los problemas de deposiciones calcáreas o similares.
- El más adecuado para sistemas en los que la temperatura del agua es un factor importante (calefacción, balnearios, polideportivos...etc..) y/o existen grandes consumos de ACS durante todo el año.
- Diseño estético, posibilidad de reducir el ángulo de inclinación hasta 10°, con mínimas pérdidas de rendimiento. A continuación, se muestra la figura 3 del colector.



U PIPE

Figura 46 Colector "U" PIPE AKU 16 1800/58

Tabla 34 Datos técnicos del HP ESCOSOL SUNMAX 20/58

Modelo	SUNMAX 15/58	SUNMAX 15/58	SUNMAX 20/58	SUNMAX 24/58	SUNMAX 30/58
Material cabezal	Aluminio anodizado				
Material marco	Aluminio anodizado				
Material Heat Pipe	Cobre				
Núm. de tubos	6	15	20	24	30
Diámetro/longitud tubos	58/1800 mm				
Área apertura	0,57 m ²	1,42 m ²	1,89 m ²	2,27 m ²	2,48 m ²
Área total	1,033 m ²	2,4 m ²	3,16 m ²	3,77 m ²	4,07 m ²
Presión máx. operativa	6 bar				
Aislamiento	Lana roca				
Conexiones	22 mm				
Medidas en mm.	2030x509x 105	2030x1100 x105	2030x1600 x105	2030x2000 x105	2030x2500 x105
Caudal test (área apertura)	91,5 Kg /h.m ²				
Pérdida de carga (área apertura)	< 13 Kpa	< 13 Kpa	< 14 Kpa	< 16 Kpa	< 20 Kpa
Peso	25 Kg	40 Kg	60 Kg	80 Kg	90 Kg
Ángulo trabajo	5-90 grados				
Máx. carga nieve	6 KN/m ²				
Máx. carga viento	300 Km/h				
Contraseña homolog.	GPS-8408				

Sistema de acumulación.

Es uno o varios depósitos que almacena agua caliente para su uso. En este caso Un acumulador de agua caliente cuenta con un depósito con aislante térmico, que **almacena el agua a la temperatura programada** para poder suministrarla cuando sea necesario. Previamente, se ha calentado a través de un dispositivo que aplica la energía obtenida de la caldera u otro sistema de generación de calor. (Arco, 2020)

En este caso para el presente proyecto tenemos el modelo ACS WWKS200-1 Diseñados para optimizar al máximo la eficiencia del sistema solar. El doble intercambiador, permite la conexión entre ambos para aumentar la superficie de intercambio y mejorar las prestaciones, incluso en épocas de baja radiación solar. Solución ideal para viviendas unifamiliares y medianas instalaciones centralizadas, si es necesario conectando varios en paralelo. A continuación, la figura 4 del Inter acumulador

Ventajas:

- Gran superficie de intercambio
- Integración de la estación solar (300l/500l)
- Conexión para resistencias eléctricas



Figura 47 Interacumulador ACS WWKS200-1

Documentación Técnica De Los Equipos Instalados

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
1.1 GENERALES:
<p>ITEM 1.- CALENTADORES SOLARES</p> <p>Cantidad: 2</p> <p>Los calentadores solares para calefacción y agua caliente deben ser de circulación forzada mediante un acumulador, intercambiador de calor y pueden ser de placas planas o de tubos al vacío.</p> <p>Los elementos de los Calentadores Solares poseen las siguientes características técnicas mínimas</p> <p>Colector solar plano (para sistemas con colectores planos)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Área de colector aprox. 2.32 m² 2. Placa absorbente: tubos de cobre y aletas de cobre o aluminio (no aletas galvanizadas). 3. Gabinete de aluminio o acero inoxidable. 4. Cubierta transparente de vidrio de mínimo 3 mm o vidrio templado de 3.2 mm. 5. Aislante térmico de fondo y lateral de lana de mineral, lana de roca, fibra de vidrio o poliuretano rígido expandido sin contenidos de elementos clorofluorocarbonados, en caso de utilizar este último tiene que usar una capa de lana mineral entre el absorbedor y el poliuretano rígido (no poliestireno, unicel). <p>Colector solar con tubos al vacío (para sistemas con tubos al vacío)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mínimo 20 tubos al vacío 2. Diámetro de los tubos al vacío mínimo 58 mm 3. Largo de tubos al vacío mínimo 1800 mm <p>Tanque acumulador</p> <p><i>Capacidad:</i> mínimo 300 litros</p>

Alternativas del material del tanque

1. Acero inoxidable
2. Acero vitrificado
3. Acero con revestimientos plásticos (resinas episódicas)

Aislante térmico

1. Aislante térmico poliuretano, lana de mineral, lana de roca o fibra de vidrio.
2. Espesor del aislante térmico: mínimo 5 cm.

Lámina exterior

1. Lámina galvanizada pintada anticorrosiva.
2. Lámina de aluminio o acero inoxidable

Kit de instalación debe incluir los siguientes elementos

1. Válvula de seguridad
2. Válvula de corte
3. Válvula de llenado
4. Válvula antirretorno
5. Purgador de aire

Las **tuberías de agua caliente** deberán ser de acero inoxidable, cobre o plástico de calidad alimentaria. Deben aislarse térmicamente por ejemplo con elastómero y protegido con lámina de aluminio.

ITEM 2.- SISTEMA DE APOYO (Calefón a gas)

Cantidad: 1

MODELO Instamatic 40 Litros

Procedencia:			Taiwán
Dimensiones:	Largo	70	cm.
Ancho	40		cm,
Profundidad	20.5		cm.
Peso:	14		Kg.
Capacidad:	26		litros.
Llama piloto.			

ITEM 3.- INSTALACIÓN DEL SISTEMA

Cantidad: 2

La instalación del sistema será parte del suministro de los equipos

CONDICIONES COMPLEMENTARIAS

2.1 GARANTÍAS TÉCNICAS

La garantía de los calentadores solares deberá ser mínimo de 10 años y del sistema de apoyo mínimo de un año, desde la fecha de entrega.

2.2 MANUAL y CURVA DE RENDIMIENTO

Se deberá entregar un manual para cada sistema solar, con las instrucciones de operación para el usuario y cada equipo instalador deberá tener un manual con las instrucciones de montaje e instalación.

Se deberá entregar las respectivas curvas de rendimiento del o de los colectores solares a instalar.

Presupuesto de ejecución de la instalación

De acuerdo con las especificaciones técnicas descritas a continuación se detallan los presupuestos de la instalación para AC más calefacción con placas planas y tubos al vacío.

Placas Planas

Tabla 35 Presupuesto instalación de colector de placa plana

EQUIPOS		
ITEM	NÚMERO	V. TOTAL
Colector ESCOSOL SOL 2500 H SELECTIVO	2	\$ 168.10
Tanque acumulador (300 L)	1	\$ 230.60
Estructura	2	\$ 79.31
Equipo de respaldo	1	\$ 107.76
Bomba	1	\$ 120.69
Válvula	1	\$ 6.47
Purgadores	2	\$ 5.91
Sistema de control	1	\$ 64.66
Vaso de expansión	1	\$ 30.17
SUBTOTAL		\$ 813.66
TUBERIAS		
ITEM	NÚMERO	V. TOTAL
Aislamiento	1	\$ 0.58
Tuberia exterior	18	\$ 27.89
SUBTOTAL		\$ 28.47
INSTALACIÓN		
ITEM	NÚMERO	V. TOTAL
Mano de obra	1	\$ 43.10
SUBTOTAL		\$ 43.10
TOTAL		\$ 885.24

Tubos Al Vacío

Tabla 36 Presupuesto instalación de colector tubos al vacío

PRESUPUESTO TUBOS AL VACIO		
\$/m2	\$	1,000.00
Colector solar	m2	2.6
EQUIPOS		
ITEM	NÚMERO	V. TOTAL
Colector COLECTOR "U" PIPE AKU 16 1800/58	2	\$ 288.46
Tanque acumulador (300 L)	1	\$ 205.77
Estructura	2	\$ 35.38
Equipo de respaldo	1	\$ 96.15
Bomba	1	\$ 107.69
Válvula	1	\$ 5.77
Purgadores	2	\$ 5.27
Sistema de control	1	\$ 61.54
Vaso de expansión	1	\$ 26.92
SUBTOTAL		\$ 832.97
TUBERIAS		
ITEM	NÚMERO	V. TOTAL
Aislamiento	1	\$ 0.52
Tuberia exterior	18	\$ 24.89
SUBTOTAL		\$ 25.41
INSTALACIÓN		
ITEM	NÚMERO	V. TOTAL
Mano de obra	1	\$ 38.46
SUBTOTAL		\$ 38.46
TOTAL		\$ 896.83

Cálculo el Tiempo De Retorno Simple De la Inversión

Para el cálculo de la inversión tanto para la ejecución de la instalación con colectores solares de placas planas y tubos al vacío se tomaron las siguientes consideraciones:

1. Inversión inicial: presupuesto sin mantenimiento
2. Precio del gas licuado del petróleo sin subsidio USD 20
3. Costo de mantenimiento 500 \$/día, pudiendo revisar en un día 10 instalaciones.
4. Tiempo de vida útil del sistema 20 años.

Flujo con colector placa plana

Tabla 37 Flujo de la instalación con colector de placa plana

DATOS DEL PROYECTO	
COLECTORES PLANOS	
Inversión Inicial (US\$)	\$ 4,107.52
BOMBONAS DE GLP 15KG AÑO	24
Precio de Venta (US\$/BOMBONA)	\$ 20.00
Costo Anual OyM (US\$/Año)	50

Y si aplicamos la fórmula: $PR = \text{Inversión} / \text{ahorro}$.

$$PR = 9.55$$

La inversión es de \$4108 y el ahorro es de \$430, resulta que el tiempo de retorno será a partir del año 10.

Flujo con colector tubos al vacío

Tabla 38 Flujo de la instalación con colector de tubos al vacío

DATOS DEL PROYECTO	
COLECTORES TUBOS AL VACIO	
Inversión Inicial (US\$)	\$ 4,663.54
BOMBONAS DE GLP 15KG AÑO	24
Precio de Venta (US\$/BOMBONA)	\$ 20.00
Costo Anual OyM (US\$/Año)	50

Y si aplicamos la fórmula: $PR = \text{Inversión} / \text{ahorro}$.

$$PR = 10.84$$

La inversión es de \$4664 y el ahorro es de \$430, resulta que el tiempo de retorno será a partir del año 11.

Se pudo evidenciar que con el precio subsidiado del GLP en el Ecuador no se lograría recuperar la inversión de la instalación.

Prestaciones y características

- Equipo de rápida y fácil instalación
- Que permita complementarse con otros sistemas de generación, para conseguir así un alto ahorro energético.
- Altamente fiable – sin componentes como electrónica o bombas.
- Pre-dimensionada: diferentes tamaños para las distintas necesidades de ACS (consumos de hasta 6 personas)
- Posibilidad de instalación sobre tejados inclinados o planos.
- Ánodo de magnesio pre instalado para proteger contra la corrosión.
- Incluye como accesorios, resistencias de apoyo de 2 y 3 kW.

Esquema de la instalación

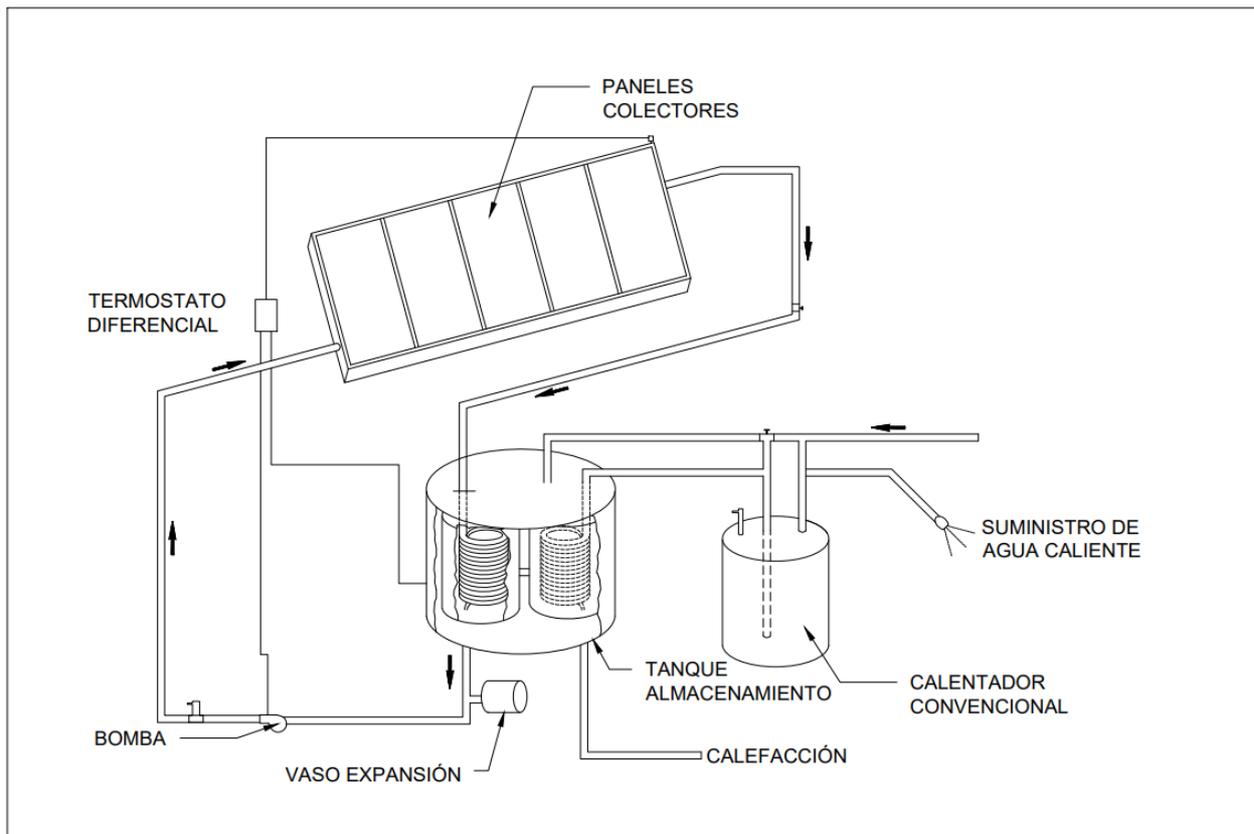


Figura 48 Esquema de montaje de equipos

6 Estudio Comparativo Entre La Energía Solar Fotovoltaica Y Una Planta Generación Eléctrica Con Tecnología Solar Térmica



Resumen

Este estudio analiza la posibilidad de generar energía eléctrica a través de diferentes tecnologías de energía solar en base a la demanda de energía eléctrica para un consumo determinado, en un área de 10 hectáreas en la ciudad de Quito.

Para realizar el citado estudio es necesario evaluar los siguientes objetivos:

- Planta solar fotovoltaica
- Planta termosolar de colectores cilindro-parabólicos:
- Viabilidad técnica de la instalación: Cálculo del campo solar máximo que se podría instalar en la superficie disponible y potencia de turbina de vapor asociada al mismo. Cálculo de producción y esquema de principio de instalación
- Viabilidad económica: Precio de venta de la energía para obtener el mismo periodo de retorno que para la instalación fotovoltaica.

Introducción.

El aprovechamiento de la energía solar actualmente está dividido en dos grandes tecnologías: la energía solar fotovoltaica y la energía termosolar. La energía solar fotovoltaica en este caso aprovecha la radiación mediante un dispositivo semiconductor llamado célula fotovoltaica.

En los últimos años se ha producido un crecimiento exponencial de este sector impulsado principalmente por los mecanismos de fomento de algunos países sumado a la necesidad de asumir nuevos retos en materia de generación eléctrica; y por los distintos usos que puede adquirir una placa fotovoltaica, no sólo para la generación de energía eléctrica sino también para la obtención de energía calorífica mediante el agua caliente sanitaria.

A finales de 2010 la potencia acumulada en el mundo era aproximadamente de 40.000 MWp de los cuales el 72% se localizan en la Unión Europea. La energía termosolar aprovecha la energía solar para producir calor que se utiliza para producir energía mecánica a través de una turbina, y a partir de ella, energía eléctrica.

El ciclo de vapor de las centrales termosolares es un ciclo Rankine clásico, como el de las centrales térmicas convencionales. Existen distintas tecnologías termosolares, que difieren en la captación del calor de la energía solar, y son las centrales de colectores cilindro – parabólicos.

La Energía Solar Fotovoltaica

La **energía solar fotovoltaica** proporciona luz que se convierte en electricidad a través de paneles solares fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos están formados por grupos de células o celdas solares que transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones).

La energía solar fotovoltaica consiste en obtener directamente la electricidad a partir de la radiación solar. Esto se consigue gracias a la instalación de **paneles solares fotovoltaicos**, que cuentan con células de silicio que transforman la luz y calor del sol en energía eléctrica. Estos paneles solares pueden instalarse tanto a nivel doméstico en edificios y casas, como en grandes instalaciones. (SELECTRA, 2022)

La Energía Solar Térmica

La **energía solar térmica**, llamada también energía termosolar, aprovecha la energía del sol para producir calor, que posteriormente se usa como fuente de energía tanto a nivel doméstico (calentar la vivienda, cocinar o para la higiene personal) como a nivel industrial, transformando esta energía en energía mecánica y a partir de ella en energía eléctrica. (SELECTRA, 2022)

La energía solar térmica proporciona calor aprovechado mediante espejos de manera que los rayos del sol se concentran en un receptor que alcanza temperaturas de hasta 1000°C. El calor se utiliza para calentar un fluido que genera vapor y mueve una turbina lo que produce electricidad. Los **colectores solares térmicos** usan paneles o espejos para absorber y concentrar el calor solar, transferirlo a un fluido y conducirlo por tuberías para su aprovechamiento en edificios e instalaciones o también para la producción de **energía solar termoeléctrica**. (SELECTRA, 2022)

Las plantas termosolares de colectores cilindro-parabólicos son actualmente las más competitivas del mercado. La hibridación de las mismas junto con el almacenamiento en sales supone la propuesta con menor riesgo y mayor gestionabilidad pero el precio de la energía es demasiado alto debido a sus altos costes de inversión. (Martín, 2014)

Cálculo del campo solar máximo que se podría instalar en la superficie disponible

Para el presente calculo tenemos en cuenta La irradiación global horizontal se compone de la suma de la irradiación directa horizontal y la irradiación difusa horizontal.

La irradiación global horizontal se mide con un piranómetro. Los datos de irradiación global horizontal en el emplazamiento donde se encuentra, han sido extraídos de la estación de medición Solar ubicada en la ciudad de Quito y se exponen mensualmente en la siguiente figura.

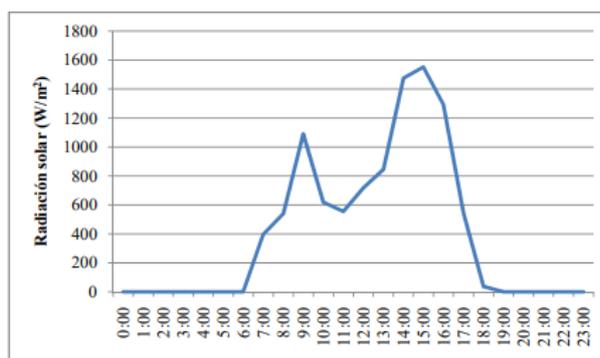


Figura 49 Radiación solar en días nublados

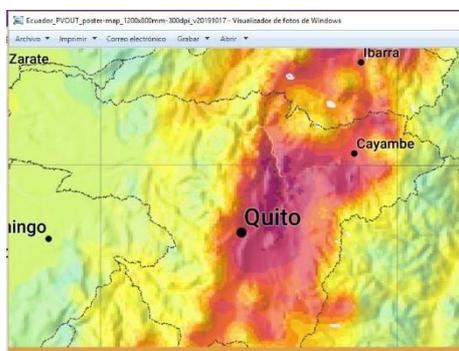


Figura 50 Radiación solar en Quito. Mapa solar del Ecuador

Irradiancia Directa Normal: Es la radiación que llega a un determinado lugar procedente de la disco solar medida en la dirección del rayo incidente.

Tabla 39 Cálculo de producción con DNI (radiación normal directa)

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total año 2)	Promedio en DNI (kWh/m2)	Promedio Mensual (kWh/m2)
Enero	737	1343	4325	9371	7573	5722	6427	6851	6489	9290	8102	9324	9110	8944	9550	10305	10217	9704	7249	2272	3355	2399	7353	4002	4330	3264	2040	5596	2063	1096	2430	101162	6,07	188,162
Febrero	384	6101	3161	6466	9203	10004	7194	6407	6164	6777	9416	6161	7372	8243	4907	7419	9274	7101	2795	2392	4772	1874	2425	371	4499	199	3320	3011			147704	5,28	163,6202143	
Marzo	6375	3452	4911	7573	4913	642	3466	3452	6343	6393	1305	5750	1159	7741	4399	2464	7094	7497	3992	7402	4754	4316	4727	3111	4062	2485	3919	3214	1452	1075	136244	4,39	136,244	
Abril	2240	720	6332	4962	6293	4072	1596	2326	1385	1810	426	1240	1755	5443	1536	1502	3486	3623	6771	7373	4402	5596	3386	4073	2705	4707	2440	2767	3061	6263	105526	3,92	109,0538667	
Mayo	2164	3376	1766	1916	3395	3733	1316	6772	4120	8520	2940	1390	990	1299	7478	2490	4164	1053	8303	6300	6726	5104	5077	5450	2492	6326	9227	5267	1620	702	190963	2,07	190,963	
Junio	3749	2453	1045	6469	195	8470	6454	7775	5107	4326	7145	1334	4561	1095	7733	5442	4760	3543	4116	2389	5196	5340	704	5713	2363	2574	4912	4555	2402	6394	131916	4,39	131,2098667	
Julio	5206	1910	4039	141	1450	4521	1505	3486	4424	2335	1522	6070	3770	5763	4810	8100	5076	8699	4126	2409	1722	585	3164	4772	4742	4499	3441	4491	3345	3203	7204	121520	3,91	121,12
Agosto	9206	9351	9191	8990	8202	7440	7041	9300	7465	8777	9392	9323	9394	4164	3704	3965	5297	1649	4102	3161	1733	2380	9185	9411	5167	9100	8764	2412	141	6100	5371	189556	6,11	189,556
Septiembre	1383	7147	6137	5304	7030	4140	5691	4089	2699	5370	5240	1004	7350	9131	890	6554	5425	2107	515	7097	6456	9075	1297	2570	4444	5392	6710	3027	5457	3711	151007	5,03	150,0405667	
Octubre	7850	8396	1471	1599	6725	8624	6385	2464	7273	10226	8304	8392	3485	4575	3426	5237	6445	4853	4840	7004	2145	5132	7040	5402	5370	8209	950	3392	6264	5014	4428	175799	5,67	175,798
Noviembre	7057	9199	9496	9496	4452	6009	4523	6323	5744	4462	5211	8195	4792	2464	1210	939	4366	2491	944	1590	2922	4760	1203	2920	6100	9304	559	8048	7702	7068	140194	4,66	140,194	
Diciembre	4234	3760	2302	4444	3400	2970	4543	1140	2179	6707	6101	4501	3375	3259	6417	8907	1221	1824	6163	7015	5464	3165	4725	704	2309	151	6450	3374	3307	4496	2467	122334	3,95	122,334
Total año	51.873	0000	0000	66.531	50.861	64.010	56.791	0000	63.154	0000	0000	59.412	61.300	0000	0000	63.991	55.271	54.711	54.491	52.168	51.240	0000	50.811	0000	56.015	0000	0000	39.165	0000	0000	1.735.266	4,76	1768,908648	
Rendimiento Eléctrico																																13.266.815		

Tabla 40 Producción en base a DNI

Promedio DNI (kWh/m2)	Promedio Mensual (kWh/m2)
6,07	188,162
5,28	163,6202143
4,39	136,244
3,52	109,0538667
3,87	119,963
4,39	136,2098667
3,91	121,12
6,11	189,556
5,03	156,0405667
5,67	175,798
4,86	150,7571333
3,95	122,384
4,76	1768,908648
Rendimiento Eléctrico	13.266.815

Potencia de Turbina de Vapor

Las turbinas de la línea TM Flex son de contrapresión, tecnología de acción, multifase y no están disponibles con extracción. Ellas operan en hasta 40 bar (a) de presión, 450°C máxima de temperatura y 3 MW de potencia máxima.

Al operar en medias presiones y medias temperaturas, la turbina TM Flex es fundamental para los nuevos objetivos de eficiencia térmica exigidos en los procesos en general. Además de mayor eficiencia y flexibilidad, la turbina de acción es extremadamente compacta, lo que reduce los costos de mantenimiento e instalación.

Esta línea de turbinas incorpora los mismos conceptos tecnológicos aplicados en turbinas de alta temperatura y presión.

Tabla 41 Especificaciones de la turbina de vapor

Potencia nominal de Salida	hasta 3 MW
Presión de admision	hasta 40 bar (a)
Temperatura de admision	hasta 450 °C
Rotación	hasta 6.500 rpm
Presión de escape	hasta 4 bar (a)



Figura 51 Turbina de la línea TM Flex DE 3 MW

Cálculo de producción

Presentamos la tabla general para el cálculo de la producción del sistema Fotovoltaico

Tabla 42 Cálculo de Producción

Etiquetas de	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Promedio Producción Final (kWh/m2)	Promedio Mensual (kWh/m2)
1	5523	8120	24570	32318	29363	24725	24273	25590	26710	33078	31210	32318	33503	33375	34073	34238	33405	34405	32223	31255	34240	32193	23235	24071	24071	746190
2	2730	32050	16125	23702	33375	34682	27403	24565	20210	31705	33003	21650	33240	33352	22072	24010	33505	20750	17475	14392	21600	14055	10405	23271	724495	
3	27210	16785	24465	31815	23350	5190	20210	17410	24505	23040	24555	9105	25973	6760	30780	24260	17220	29910	31163	21023	32535	24295	24700	17744	674040	
4	14515	5060	21405	22505	24050	19420	15190	17500	10210	12502	3195	9040	10440	24640	10395	15145	22350	17360	24215	33405	22225	23270	10200	17744	550050	
5	1703	17033	11445	11310	17033	11435	435	31645	19340	24024	17033	4325	4415	9740	29210	13770	22540	4320	30455	32425	25440	32370	19104	594710		
6	21600	15000	7993	32395	1463	30405	22495	31455	25540	23974	26790	10300	21600	7410	32190	23700	23000	16560	23940	13770	20490	23200	5400	20500	635310	
7	20330	9750	23070	4000	9363	22305	10355	17320	22105	15140	15310	20300	20040	34900	22105	32163	23470	21620	24675	14230	10395	4200	14045	19257	594870	
8	33460	34425	34395	33525	19023	30990	29440	34243	31650	34243	34243	29470	35415	22890	10040	22330	22300	10972	10740	20240	11490	33505	32490	24052	107452	
9	8590	30165	24020	27044	29033	25903	25444	14890	24475	26050	33320	32200	35123	6735	4735	24450	2110	15030	3083	33225	31460	33223	9720	795240		
10	32323	35265	19423	10760	21424	31530	27440	19223	33053	24000	34050	32410	21223	27100	29723	23495	32545	22050	20050	15400	25365	33453	25395	182230		
11	30300	33600	34845	34995	25170	24413	24423	27323	25310	27440	21405	27473	20245	11040	9025	7043	19050	11203	6440	14225	17130	20925	9440	21342	142222	
12	20933	15600	17430	21570	20235	17020	20325	7925	14210	25850	24905	21320	20500	23123	25395	32005	6150	12055	25140	20200	25620	19640	25703	19147	593550	
Total general	244.640	240.115	257.685	288.300	262.463	279.150	254.453	280.613	281.775	332.270	297.645	275.115	278.145	263.640	263.123	281.928	280.193	244.163	258.390	262.890	248.950	252.390	88888	21.719	8.079.351	
																									Requisito Eléctrico	60.595.200.705

Tabla 43 Cálculo de producción Final

Promedio Producción Final (kWh/m ²)	Promedio Mensual (kWh/m ²)
24.071	746.190
23.371	724.495
21.743	674.040
17.744	550.056
19.186	594.780
20.510	635.818
19.257	596.970
26.053	807.653
22.785	706.343
25.395	787.238
21.362	662.222
19.147	593.558
21.719	8.079.361
Rendimiento Eléctrico	60.595.208.705

En las presente tablas podemos realizar la comparativa de cada sistema de generación para 3 MW tanto fotovoltaica como solar térmica en las siguientes tablas 6 y 7 respectivamente donde observamos que la venta de energía resulta mayor en el sistema **Fotovoltaico**.

Esquema de principio de instalación.

A continuación, en la figura 4 la planta Termosolar Cilindro Parabólica sin sistema de almacenamiento

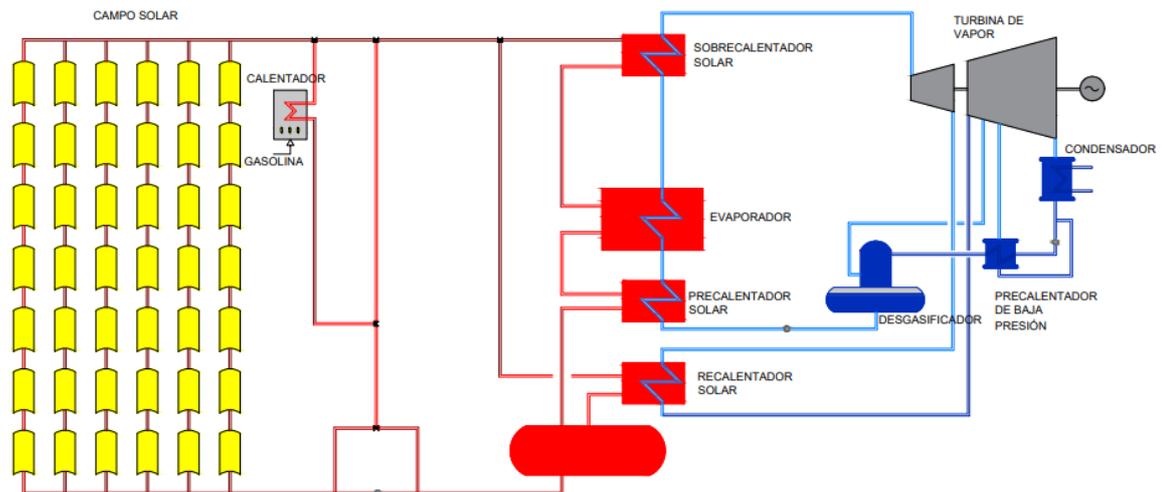


Figura 52 Planta Termosolar Cilindro Parabólica

6.1 Precio De Venta De Energía Para Instalación Solar Térmica Mediante Cilindro Parabólica

A continuación, se realizará un análisis comparativo entre la tecnología solar fotovoltaica y la termoeléctrica cilindro-parabólica y se determinará el precio de venta de energía para una central solar termoeléctrica donde se obtenga el mismo período de retorno que para una instalación fotovoltaica.

Consideraciones para una central termoeléctrica:

1. Inversión específica: 2500 \$/kW.
2. Costo de alquiler de la hectárea de terreno: 1.000 \$/hectárea
3. Rendimiento eléctrico de la planta: 30%.
4. Radiación solar directa (según tablas).
5. Estimación de producción térmica por hectárea: 150 hectáreas producen 50 MW
6. Costo de mantenimiento: 5 personas a turnos en sala de control + dos turnos de 3 persona en campo.

6.2 Costos de O&M

Tabla 44 Costos de O&M de la planta fotovoltaica

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA FOTOVOLTAICA					
RUBRO	CATEGORÍA	CANTIDAD	TIEMPO	HONORARIO	TOTAL
		No. HECTÁREAS	(Meses)	US \$	US\$
1.1	Jefe de control	1	1.0	900.00	900.00
1.2	Técnico de campo	1	1.0	700.00	700.00
1.2	Guardiania	1	1.0	400.00	400.00
TOTAL PERSONAL					2,000.00
RUBRO	CATEGORÍA	CANTIDAD	TIEMPO	COSTO	TOTAL
		No. HECTÁREAS	(Meses)	US \$	US\$
2.1	Arriendo	3	1	1,000.00	3,000.00
2.2	Materiales y suministros	1	1	1,000.00	1,000.00
TOTAL					4,000.00
TOTAL ANUAL					72,000.00

Tabla 45 Costos de O&M de la planta termoeléctrica

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA TERMOELÉCTRICA					
RUBRO	CATEGORÍA	CANTIDAD	TIEMPO	HONORARIO	TOTAL
		No	(Meses)	US \$	US\$
1.1	Jefe de control	5	1.0	900.00	4,500.00
1.2	Técnico de campo	6	1.0	700.00	4,200.00
1.2	Guardiania	2	1.0	400.00	800.00
TOTAL PERSONAL					9,500.00
RUBRO	CATEGORÍA	CANTIDAD	TIEMPO	COSTO	TOTAL
		No. HECTÁREAS	(Meses)	US \$	US\$
2.1	Arriendo	10	1	1,000.00	10,000.00
2.2	Materiales y suministros	1	1	4,750.00	4,750.00
TOTAL					14,750.00
TOTAL ANUAL					291,000.00

Método de solución:

POTENCIA ESTIMADA: 10 Hectáreas producen 3000 kW

$$POTENCIA = \frac{50MW \times 10 \text{ hectareas}}{150 \text{ hectareas}}$$

$$Potencia = 3 MW$$

INVERSIÓN = \$/kW * Potencia kW

$$INVERSIÓN = \frac{2500\$}{kW} \times 3000kW$$

$$INVERSIÓN = \$ 7.500.000,00$$

COSTOS = O&M + alquiler.

$$COSTOS = \$ 291.000,00$$

HORAS EQUIVALENTE: 2642

Las horas equivalentes se tomaron de las simulaciones realizadas en clases tomando en cuenta la radiación solar directa de la zona. (Se muestran en tablas)

ENERGÍA ANUAL = horas equivalentes * potencia * 0.85

$$ENERGÍA ANUAL = 3000 \times 2642 \times 0.85$$

$$ENERGÍA ANUAL = 6.737.100,00 \text{ kWh}$$

MARGEN BRUTO = INGRESOS – COSTOS

PR = INVERSIÓN /MARGEN BRUTO

PR= (IGUAL PV)

PR= 5

Se tomó como referencia el tiempo de recuperación PR en el flujo del proyecto fotovoltaico que en este caso fue de 5 años.

$$MARGEN BRUTO = 7.500.000,00 \div 5$$

$$MARGEN BRUTO = \$ 1.500.000,00$$

$$INGRESOS = \$1.500.000,00 + \$291.000,00 = \$1.791.000,00$$

INGRESOS= Energía (kWh) * precio (\$/kWh)

$$PRECIO = \$1.791.000,00 \div 6.737.100,00 \text{ kWh}$$

$$PRECIO = 0.265 \text{ \$/kWh}$$

El precio obtenido es de **0.265 \\$/kWh**.

$$\text{Relación Precio de Venta de energía} = \frac{\text{Precio de venta de energía termosolar}}{\text{Precio de venta de energía fotovoltaica}}$$

$$\text{Relación Precio de Venta de energía} = \frac{0.265 \text{ USD/kWh}}{0.105 \text{ USD/kWh}}$$

$$\text{Relación Precio de Venta de energía} = 2.52$$

Según el cálculo obtenido, el precio de venta de la energía es de 0.265 USD/kWh para un periodo de retorno de 5 años, teniendo así que el precio de venta de energía termosolar es 2.5 veces mayor que el precio de venta de la energía fotovoltaica.

6.3 Contrato De Desarrollo Llave En Mano Con Fee A Éxito

COMPARECIENTES

Comparecen a la celebración del presente contrato, (en adelante, “CONTRATANTE”), identificado con Registro Único de Contribuyentes; y, por otra (en adelante, “CONTRATISTA”), Las partes se obligan en virtud del presente contrato, al tenor de las siguientes cláusulas:

Cláusula Primera. – ANTECEDENTES

- 1.1 EL CONTRATISTA es una sociedad por acciones simplificada constituida legalmente bajo las leyes de la República del Ecuador, cuya actividad económica principal consiste en la promoción, ejecución y administración de toda clase de proyectos de generación y autogeneración de energía solar, hidroeléctrica, a gas y energías no convencionales de cualquier tipo.
- 1.2 El CONTRATANTE declara ser el legítimo propietario del inmueble ubicado en la urbanización “El Manantial” en la ciudad de Quito en el cantón Rumiñahui.
- 1.3 El CONTRATANTE demostró interés en contratar los servicios del CONTRATISTA, por lo que se realizó una visita técnica por parte del equipo del CONTRATISTA a las instalaciones del inmueble de propiedad del CONTRATANTE, con el objetivo de verificar el espacio disponible, el tipo de conexión eléctrica y demás aspectos necesarios para la realización del diseño de una central de generación de energía fotovoltaica.
- 1.4 Se envía al CONTRATANTE en formato digital, la oferta definitiva para la implementación del proyecto fotovoltaico de 72.0 kWp y 62.5 kW (AC) y el sistema OFF GRID para monitoreo y vigilancia. Los contenidos presentados en la misma fueron: marco legal, ventajas, factibilidad técnica, dimensionamiento, análisis económico y presupuesto.
- 1.5 Se establece un monto a cancelar al cómo Fee o bono de éxito al CONTRATANTE.

Cláusula Segunda. - DOCUMENTOS HABILITANTES DEL CONTRATO

- 2.1 Forman parte integrante del Contrato los siguientes documentos:
 - a) Copia de cédula, certificado de votación, y documento que avala la representación legal del CONTRATANTE.
 - b) Copia de cédula, certificado de votación del representante legal de la CONTRATISTA.
 - c) Detalle de equipos y sus especificaciones técnicas.
 - d) Oferta presentada por el CONTRATISTA, con todos los documentos que la acompañan.

Cláusula Tercera. - OBJETO Y ALCANCE DEL CONTRATO

- 3.1 El CONTRATISTA se obliga con el CONTRATANTE a diseñar, construir y poner en marcha una central fotovoltaica de 72 kW (72 kW de Potencia Instalada en Paneles Fotovoltaicos y

62.5 kW de Potencia Instalada en el Inversor) y de un sistema aislado (OFF GRID) con baterías de 50 V de 250 Wp que incluye la obra civil de 9 metros cuadrados para vigilancia y monitoreo, a satisfacción de la CONTRATANTE, según las especificaciones técnicas que constan en la oferta presentada por el CONTRATISTA.

3.2 El CONTRATISTA elaborará y presentará, ante la Empresa Eléctrica Quito y, por medio de esta, a la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos No Renovables (ARCERNNR), los requisitos exigidos en la Regulación Nro. ARCERNNR 001/21 para la obtención del correspondiente permiso de operación.

3.3 La entrega de los bienes y ejecución de los servicios contratados deberá realizarse en las instalaciones del inmueble propiedad del CONTRATANTE, especificado en la Cláusula Primera de este Contrato.

3.4 El proyecto de la central fotovoltaica se encuentra ubicado en el inmueble detallado en el numeral 1.2 de la Cláusula Primera del Contrato. El área en la que se implementará la central es de aproximadamente 540 metros cuadrados, además con una potencia nominal en AC de 62.5 kW y 72 kW DC más el OFF GRID.

3.5 ALCANCE. - El alcance de la Contratación define la culminación exitosa del mismo y considera el servicio de diseño, montaje, implementación y puesta en marcha de una CENTRAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTÁICA DE 62.5 kW.

Cláusula Cuarta. - PRECIO DEL CONTRATO

4.1 El precio del Contrato, que el CONTRATANTE pagará al CONTRATISTA es el de **US\$ 93.000,00 (noventa y tres mil, dólares con 00/00)**. Este valor no incluye IVA. El valor del presente contrato incluye los siguientes rubros:

Tabla 46 Descripción de los ítems contratados

DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEM CONTRATADOS	CANTIDAD	COSTO TOTAL
DISEÑO-DIMENSIONAMIENTO-INGENIERÍA DE DETALLE-TRAMITOLOGÍA- COMISIONADO.	1	\$ 5,000
ADQUISICIÓN Y MONTAJE DE CENTRAL	1	\$ 80,000
PUESTA EN MARCHA	1	\$ 5,000
FEE O BONO DE ÉXITO	1	\$ 3,000
TOTAL		\$ 93,000

NOTA: Según lo establecido en la Regulación Nro. ARCERNNR 001/21, Sección 15 "SISTEMA DE MEDICIÓN", el objeto del presente contrato no incluye el costo de instalación y todo lo relacionado con el medidor bidireccional que deberá ser proporcionado por la Empresa Eléctrica Quito. El CONTRATISTA dará apoyo a la gestión ante la empresa eléctrica para la obtención del medidor antes mencionado.

4.2 Los precios acordados en el contrato por los trabajos especificados constituirán la única compensación al CONTRATISTA por todos sus costos, inclusive cualquier impuesto, derecho o tasa que tuviese que pagar.

Cláusula Quinta. - FORMA DE PAGO

El precio pactado en el contrato se pagará en dólares de los Estados Unidos de América, de la siguiente manera:

5.1 El 30% del precio total del contrato en calidad de anticipo;

5.2 El restante 70% del precio total del contrato, será pagado de la manera siguiente:

5.2.1 El 20% contra entrega de las estructuras y paneles objeto del contrato en las instalaciones del inmueble del CONTRATANTE;

5.2.2 El 20% contra entrega del 50% de avance de obra en las instalaciones del inmueble del CONTRATANTE;

5.2.3 El 30% contra entrega del 100% de la obra en las instalaciones del inmueble del CONTRATANTE;

5.2.4 El valor del Fee a éxito se entregará a la ejecución de todos los servicios contratados, cumplido el objeto de estos, recibidos a satisfacción del Contratante y previa suscripción de la respectiva Acta de Entrega–Recepción Definitiva del contrato, instalado el medidor bidireccional y en los tiempos estipulados.

Tabla 47 Plan de Pagos

Plan Pagos	Porcentaje
Anticipo	30%
Contra Entrega Paneles, Inversores y Estructuras	20%
Avance 50% Obra (Instalación Paneles y Estructuras)	20%
Final de Obra	30%

Cláusula Sexta. – GARANTÍAS

PÓLIZA DE BUEN USO DEL ANTICIPO

El CONTRATISTA deberá entregar una PÓLIZA DE BUEN USO DEL ANTICIPO la misma tendrá el valor correspondiente al anticipo, es decir el 30% del valor total del contrato.

Esta póliza estará a favor del CONTRATANTE y debe poderse renovar por parte de la

Aseguradora sin más trámite que la solicitud del CONTRATANTE.

EL CONTRATANTE podrá hacer uso de esta póliza con la sola presentación a la aseguradora del incumplimiento parcial o total del contrato por parte del CONTRATISTA en sus obligaciones de buen uso del anticipo, para lo cual la póliza debe tener carácter irrevocable e incondicional, no se necesitará declarar el incumplimiento del contrato judicialmente si no que será para el cobro inmediato. La solicitud de ejecución deberá venir acompañada de los informes técnico, económico y jurídico que sustenten dicho incumplimiento.

PÓLIZA DE FIEL CUMPLIMIENTO

Para asegurar que se cumplan todos los niveles de bienes/ servicios establecidos, buen funcionamiento y disponibilidad del bien / servicio en condiciones óptimas, se entregará por parte de EL CONTRATISTA una PÓLIZA DE FIEL CUMPLIMIENTO DE CONTRATO, misma que tendrá una vigencia por todo el tiempo del contrato, cuyo monto será del 10% del valor del contrato.

Esta póliza estará a favor del CONTRATANTE y debe poderse renovar por parte de la Aseguradora sin más trámite que la solicitud del CONTRATANTE.

EL CONTRATANTE podrá hacer uso de esta póliza con la sola presentación a la aseguradora del incumplimiento parcial o total del contrato por parte del CONTRATISTA, para lo cual la póliza debe tener carácter irrevocable e incondicional, no se necesitará declarar el incumplimiento del contrato judicialmente si no que será para el cobro inmediato. La solicitud de ejecución deberá venir acompañada de los informes técnico, económico y jurídico que sustenten dicho incumplimiento.

GARANTÍA TÉCNICA Y DE PRODUCTO

En virtud del objeto del presente contrato y producto de la transferencia de los activos EL CONTRATISTA, otorga las siguientes garantías técnicas:

Garantía técnica: Los equipos, partes, piezas y accesorios, tendrán una garantía técnica de fábrica, contados a partir de la firma del acta de entrega-recepción del proyecto fotovoltaico, generalmente dada para los plazos a continuación:

- 6.3.1** Los paneles fotovoltaicos tendrán una garantía de hasta 12 años;
- 6.3.2** Los inversores tendrán una garantía de hasta 5 años; y,
 - Las estructuras tendrán una garantía de hasta 7 años.

La garantía técnica será aplicable únicamente cuando los daños ocurridos fueren producto de una falla de fábrica. Para efectos de aplicar la presente garantía técnica de fábrica, el CONTRATANTE deberá demostrar al CONTRATISTA que los daños causados de los paneles, inversores o estructuras corresponden a un daño de fábrica y no corresponden a daños causados por terceros, daños causados por actos maliciosos a los equipos, daños causados por maniobras eléctricas de terceros, daños causados por catástrofes naturales o eventos meteorológicos como: erupción volcánica, terremotos, vientos huracanados, tormentas tropicales, etc.

La garantía técnica no será aplicable en casos fortuitos o de fuerza mayor que puedan afectar

en el funcionamiento de los equipos o cuando exista evidencia que terceras personas no autorizadas por el CONTRATISTA hayan manipulado los equipos. Para efectos de aplicación de la garantía la CONTRATISTA realizará un informe técnico del estado de los equipos el mismo que será enviado al fabricante a fin aplicar la garantía correspondiente, no podrá atribuirse un incumplimiento del presente contrato ni de las obligaciones de las partes durante el tiempo que dure el proceso de verificación, importación e instalación por parte del CONTRATISTA y el fabricante.

Durante el plazo de vigencia de la garantía técnica, si la CONTRATANTE solicitare el cambio de accesorios, piezas o partes de los equipos, que hayan sido considerado defectuosas después de una revisión técnica del proyecto, estas serán reemplazadas por otras nuevas de la misma calidad y condición sin costo adicional alguno para el CONTRATISTA; y, en caso de que el daño o defecto sea de tal magnitud, que impida que funcione normalmente el proyecto, estas serán reemplazadas por otras nuevas de la misma calidad y condición sin costo adicional, excepto los elementos y partes que sufran el desgaste normal por la operación propia del equipo y si los daños hubieren sido ocasionados por el mal uso de los mismos por parte del personal de la CONTRATANTE.

Cláusula Séptima. - GARANTIA DE RENDIMIENTO

Se garantiza un PR (Performance ratio) de la central, superior al 80% que será comparado por datos teóricos de estaciones meteorológicas.

Cláusula Octava. – PLAZO

8.1 El plazo para la entrega de la totalidad de los bienes contratados, a entera satisfacción de la CONTRATANTE es de 15 días laborables, contados desde la obtención de la factibilidad de conexión de la Empresa Eléctrica.

8.2 El plazo establecido en el siguiente contrato se podrá prorrogar en las siguientes circunstancias:

8.2.1 Cuando la empresa eléctrica no emita la viabilidad técnica.

8.2.2 Cuando la ARCERNNR no emita el permiso de operación.

8.2.3 Cuando la empresa eléctrica correspondiente no instalase el medidor bidireccional.

8.2.4 Por condiciones de fuerza mayor o caso fortuito de conformidad con lo definido en el artículo 30 del Código Civil que: (i) imposibiliten la ejecución del proyecto; (ii) que sean informadas por la parte afectada en un plazo de cinco (5) días desde que se generó el hecho; (ii) y que subsistan por un plazo mínimo de 30 días.

No obstante, de lo anterior, la CONTRATISTA deberá demostrar que ha realizado sus mejores esfuerzos para conseguir los hitos expresados en los numerales 8.2.1, 8.2.2 y 8.2.3, y en caso de que se evidencie una falta de diligencia en este sentido, no se aplicará prórroga alguna.

Cláusula Novena. – OBLIGACIONES DE LAS PARTES

Por medio del presente contrato la CONTRATISTA se obliga, además de lo previsto por las leyes y demás normativa ecuatoriana a lo siguiente:

A diseñar, construir y poner en marcha una central fotovoltaica, según las especificaciones técnicas que constan en la oferta presentada por el CONTRATISTA.

A elaborar y presentar, ante la Empresa Eléctrica Quito y, por medio de esta, a la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos No Renovables (ARCERNNR), los requisitos exigidos en la Regulación Nro. ARCERNNR 001/21 para la obtención del correspondiente permiso de operación.

Prestar los servicios técnicos y especializados objeto del presente Contrato con la diligencia y con la calidad debida.

Mantener, de acuerdo con el presente Contrato, absoluta confidencialidad y reserva sobre cualquier tipo de información que llegare a proporcionar la CONTRATANTE.

A capacitar al personal asignado por el CONTRATANTE para que puedan dar un necesario servicio de Mantenimiento preventivo.

Ofertar el servicio de mantenimiento para que el CONTRATANTE pueda tener la opción de contratar con el CONTRATISTA dicho servicio.

Por su parte, el CONTRATANTE se compromete con:

A contar con seguridad dentro del predio, durante el tiempo de ejecución del presente contrato, una vez que los equipos arriben a las facilidades del CONTRATANTE serán de exclusiva responsabilidad de este último.

A cumplir de manera puntual en las fechas e hitos acordados con los pagos objeto del presente contrato.

A responsabilizarse por la seguridad, estado y propiedad de los equipos una vez que los mismos ingresen a sus facilidades.

A contar con las obras ingeniería civil que permita determinar el estudio de carga estructural de las cubiertas sobre las cuales se van a instalar los equipos, en caso de no contar con dicho estudio será de responsabilidad absoluta del contratante de cualquier falla o deficiencia que pudiere afectar al buen funcionamiento de los equipos.

A brindar todas las facilidades para el desarrollo de la instalación, en especial en la entrada y salida del personal certificado e ingreso de materiales.

Cláusula Décima. - TERMINACIÓN DEL CONTRATO

10.1. El Contrato termina:

1. Por cabal cumplimiento de las obligaciones contractuales.
2. Por mutuo acuerdo de las partes.
3. Por causas imputables al CONTRATANTE.
4. Por cabal cumplimiento de las obligaciones: Este Contrato terminará una vez que las partes hubieren dado cabal cumplimiento a sus obligaciones, lo que contará en el acta de entrega recepción definitiva.

5. Por acuerdo de las partes: Las partes mediante acuerdo mutuo podrán dar por terminado este Contrato y, en ese caso, suscribirán un acta de finiquito en la que liquiden el Contrato y las obligaciones pendientes.
6. Por incumplimiento de las obligaciones de pago del CONTRATANTE: el CONTRATISTA podrá terminar el Contrato ante la falta de pago de una o más cuotas debidas. Para hacer efectiva esa terminación, el CONTRATISTA deberá enviar una comunicación al CONTRATANTE detallando el incumplimiento contractual y dándole un término de treinta (30) días para subsanarlo. Si el CONTRATANTE no realiza el pago correspondiente, el CONTRATISTA tendrá derecho a terminar este Contrato mediante una notificación enviada al CONTRATANTE, y dicha notificación tendrá efectos inmediatos. El CONTRATANTE acepta esta forma de terminación, por haber sido libre y voluntariamente convenida, y renuncia a cualquier reclamo judicial o extrajudicial, arbitral o administrativo posterior sobre esta materia.
7. En caso de terminación anticipada por causas atribuibles a la CONTRATISTA, la CONTRATISTA deberá restituir a la CONTRATANTE los valores previamente entregados bajo este Contrato

Cláusula Décima Primera. – SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Cláusula Décima Segunda. – DOMICILIO Y COMUNICACIONES ENTRE LAS PARTES

Cláusula Décima Tercera. – CONFIDENCIALIDAD

Tanto la CONTRATISTA como la CONTRATANTE mantendrán confidencialidad absoluta sobre cualquier dato, materiales, pormenores, informaciones, documentos, especificaciones técnicas o comerciales, inclusive fórmula de productos, códigos, fuentes, innovaciones y perfeccionamientos que vayan a tener conocimiento o acceso, vengán a ser confiados en razón de este contrato, sean ellos de interés de la otra parte o de terceros, no pudiendo, bajo ningún pretexto, divulgar, revelar, reproducir, utilizar o darles a conocer a terceros y/o extraños lo contratado, bajo pena de cargar con las pérdidas y daños que de ese acto se originen. Cualquier violación al deber de confidencialidad dará derecho a la otra parte a exigir el valor total de los perjuicios sufridos y demostrables, como consecuencia del deber incumplido. Cláusula

Décima Cuarta– ACEPTACIÓN DE LAS PARTES

Las Partes comparecientes declaran conocer y aceptar los términos y condiciones del presente instrumento y se ratifican en los mismos, por así convenir a sus intereses.

6.4 Contrato De Servicio De Implementación De Una Central Fotovoltaica En Base A Costos Reales.

COMPARECIENTES

La entrega de los bienes y ejecución de los servicios contratados deberá realizarse en las instalaciones del inmueble propiedad del CONTRATANTE, especificado en la Cláusula Primera de este Contrato.

El proyecto de la central fotovoltaica se encuentra ubicado en el inmueble detallado en el numeral 1.2 de la Cláusula Primera del Contrato. El área en la que se implementará la central es de aproximadamente 540 metros cuadrados, además con una potencia nominal en AC de 62.5 kW y 72 kW DC más el OFF GRID.

Comparecen a la celebración del presente contrato, (en adelante, “CONTRATANTE”), identificado con Registro Único de Contribuyentes; y, por otra (en adelante, “CONTRATISTA”), Las partes se obligan en virtud del presente contrato, al tenor de las siguientes cláusulas:

Cláusula Primera. – ANTECEDENTES

- 1.6 EL CONTRATISTA es una sociedad por acciones simplificada constituida legalmente bajo las leyes de la República del Ecuador, cuya actividad económica principal consiste en la promoción, ejecución y administración de toda clase de proyectos de generación y autogeneración de energía solar, hidroeléctrica, a gas y energías no convencionales de cualquier tipo.
- 1.7 El CONTRATANTE declara ser el legítimo propietario del inmueble ubicado en la urbanización “El Manantial” en la ciudad de Quito en el cantón Rumiñahui.
- 1.8 El CONTRATANTE demostró interés en contratar los servicios del CONTRATISTA, por lo que se realizó una visita técnica por parte del equipo del CONTRATISTA a las instalaciones del inmueble de propiedad del CONTRATANTE, con el objetivo de verificar el espacio disponible, el tipo de conexión eléctrica y demás aspectos necesarios para la realización del diseño de una central de generación de energía fotovoltaica.
- 1.9 Se envía al CONTRATANTE en formato digital, la oferta definitiva para la implementación del proyecto fotovoltaico de 72.0 kWp y 62.5 kW (AC) y el sistema OFF GRID para monitoreo y vigilancia. Los contenidos presentados en la misma fueron: marco legal, ventajas, factibilidad técnica, dimensionamiento, análisis económico y presupuesto.

Cláusula Segunda. - DOCUMENTOS HABILITANTES DEL CONTRATO

2.2 Forman parte integrante del Contrato los siguientes documentos:

- a) Copia de cédula, certificado de votación, y documento que avale la representación legal del CONTRATANTE.
- b) Copia de cédula, certificado de votación del representante legal de la CONTRATISTA.
- c) Detalle de equipos y sus especificaciones técnicas.
- d) Oferta presentada por el CONTRATISTA, con todos los documentos que la acompañan.

Cláusula Tercera. - OBJETO Y ALCANCE DEL CONTRATO

- 3.6 El CONTRATISTA se obliga con el CONTRATANTE a diseñar, construir y poner en marcha una central fotovoltaica de 72 kW (72 kW de Potencia Instalada en Paneles Fotovoltaicos y 62.5 kW de Potencia Instalada en el Inversor) y de un sistema aislado (OFF GRID) con baterías de 50 V de 250 Wp que incluye la obra civil de 9 metros cuadrados para vigilancia y monitoreo, a satisfacción de la CONTRATANTE, según las especificaciones técnicas que constan en la

oferta presentada por el CONTRATISTA.

3.7 El CONTRATISTA elaborará y presentará, ante la Empresa Eléctrica Quito y, por medio de esta, a la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos No Renovables (ARCERNNR), los requisitos exigidos en la Regulación Nro. ARCERNNR 001/21 para la obtención del correspondiente permiso de operación.

Cláusula Cuarta. - PRECIO DEL CONTRATO

4.3 El precio del Contrato, que el CONTRATANTE pagará al CONTRATISTA es el de **US\$ 85.220,00 (ochenta y cinco mil doscientos veinte dólares con 00/00)**. Este valor no incluye IVA. El valor del presente contrato incluye los siguientes rubros:

Tabla 48 Precio del Contrato O&M

EQUIPOS			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Modulos fotovoltaicos	160	\$ 157.50	\$ 25,200.00
String box	10	\$ 290.00	\$ 2,900.00
Inversor	1	\$ 7,800.00	\$ 7,800.00
Transformadores	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Estructuras metálicas	5	\$ 1,540.00	\$ 7,700.00
Seccionamiento, protección y medición	1	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00
SUBTOTAL			\$ 48,000.00
CABLEADO			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
DC Bajo Voltaje	1	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00
AC Bajo Voltaje	1	\$ 920.00	\$ 920.00
Sistema de Tierras	1	\$ 800.00	\$ 800.00
SUBTOTAL			\$ 3,120.00
OBRA CIVIL			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Cimentaciones estructuras para paneles fy zapatas	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
Excavaciones y movimiento de tierras	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Instalación OFF GRID BATERIAS, PANEL E INVERSORES	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
SUBTOTAL			\$ 17,000.00
ESTUDIOS, SUMISTROS Y MONTAJE			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Estudios	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Sistema de monitoreo	1	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00
Vallado	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Suministros y montaje 9 trabajadores	1	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00
Fiscalizador	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
SUBTOTAL			\$ 17,100.00
PRESUPUESTO TOTAL			\$ 85,220.00

NOTA: Según lo establecido en la Regulación Nro. ARCERNNR 001/21, Sección 15 “SISTEMA DE MEDICIÓN”, el objeto del presente contrato no incluye el costo de instalación y todo lo relacionado con el medidor bidireccional que deberá ser proporcionado por la Empresa Eléctrica Quito. El CONTRATISTA dará apoyo a la gestión ante la empresa eléctrica para la obtención del medidor antes mencionado.

- 4.4 Los precios acordados en el contrato por los trabajos especificados constituirán la única compensación al CONTRATISTA por todos sus costos, inclusive cualquier impuesto, derecho o tasa que tuviese que pagar.

Cláusula Quinta. - FORMA DE PAGO

El precio pactado en el contrato se pagará en dólares de los Estados Unidos de América, de la siguiente manera:

- 5.3 El 15% del precio total del contrato en calidad de anticipo;
- 5.4 El restante 85% del precio total del contrato, será pagado de la manera siguiente:
- 5.4.1 El 25% contra entrega de las estructuras y paneles objeto del contrato en las instalaciones del inmueble del CONTRATANTE;
- 5.4.2 El 30% contra entrega del 50% de avance de obra en las instalaciones del inmueble del CONTRATANTE;
- 5.4.3 El 20% contra entrega del 100% de la obra en las instalaciones del inmueble del CONTRATANTE;
- 5.4.4 El 10% a la ejecución de todos los servicios contratados, cumplido el objeto de estos, recibidos a satisfacción del Contratante y previa suscripción de la respectiva Acta de Entrega–Recepción Definitiva del contrato, instalado el medidor bidireccional.

Tabla 49 Plan de Pagos

Plan Pagos	Porcentaje
Anticipo	15%
Contra Entrega Paneles, Inversores y Estructuras	25%
Avance 50% Obra (Instalación Paneles y Estructuras)	30%
Final de Obra	20%
Operativo con Cambio de Medidor	10%

Cláusula Sexta. – GARANTÍAS

6.1 Póliza De Fiel Cumplimiento

Para asegurar que se cumplan todos los niveles de bienes/ servicios establecidos, buen funcionamiento y disponibilidad del bien / servicio en condiciones óptimas, se entregará por parte de EL CONTRATISTA una PÓLIZA DE FIEL CUMPLIMIENTO DE CONTRATO, misma que tendrá una vigencia por todo el tiempo del contrato, cuyo monto será del 10% del valor del contrato.

Esta póliza estará a favor del CONTRATANTE y debe poderse renovar por parte de la Aseguradora sin más trámite que la solicitud del CONTRATANTE.

EL CONTRATANTE podrá hacer uso de esta póliza con la sola presentación a la aseguradora del incumplimiento parcial o total del contrato por parte del CONTRATISTA, para lo cual la póliza debe tener carácter irrevocable e incondicional, no se necesitará declarar el incumplimiento del contrato judicialmente si no que será para el cobro inmediato. La solicitud de ejecución deberá venir acompañada de los informes técnico, económico y jurídico que sustenten dicho incumplimiento.

6.2 Garantía Técnica Y De Producto

En virtud del objeto del presente contrato y producto de la transferencia de los activos EL CONTRATISTA, otorga las siguientes garantías técnicas:

Garantía técnica: Los equipos, partes, piezas y accesorios, tendrán una garantía técnica de fábrica, contados a partir de la firma del acta de entrega-recepción del proyecto fotovoltaico, generalmente dada para los plazos a continuación:

6.2.1 Los paneles fotovoltaicos tendrán una garantía de hasta 12 años;

6.2.2 Los inversores tendrán una garantía de hasta 5 años; y,

6.2.3 Las estructuras tendrán una garantía de hasta 7 años.

La garantía técnica será aplicable únicamente cuando los daños ocurridos fueren producto de una falla de fábrica. Para efectos de aplicar la presente garantía técnica de fábrica, el CONTRATANTE deberá demostrar al CONTRATISTA que los daños causados de los paneles, inversores o estructuras corresponden a un daño de fábrica y no corresponden a daños causados por terceros, daños causados por actos maliciosos a los equipos, daños causados por maniobras eléctricas de terceros, daños causados por catástrofes naturales o eventos meteorológicos como: erupción volcánica, terremotos, vientos huracanados, tormentas tropicales, etc.

La garantía técnica no será aplicable en casos fortuitos o de fuerza mayor que puedan afectar en el funcionamiento de los equipos o cuando exista evidencia que terceras personas no autorizadas por el CONTRATISTA hayan manipulado los equipos. Para efectos de aplicación de la garantía la CONTRATISTA realizará un informe técnico del estado de los equipos el mismo que será enviado al fabricante a fin aplicar la garantía correspondiente, no podrá atribuirse un incumplimiento del presente contrato ni de las obligaciones de las partes durante el tiempo que

dure el proceso de verificación, importación e instalación por parte del CONTRATISTA y el fabricante.

Durante el plazo de vigencia de la garantía técnica, si la CONTRATANTE solicitare el cambio de accesorios, piezas o partes de los equipos, que hayan sido considerado defectuosas después de una revisión técnica del proyecto, estas serán reemplazadas por otras nuevas de la misma calidad y condición sin costo adicional alguno para el CONTRATISTA; y, en caso de que el daño o defecto sea de tal magnitud, que impida que funcione normalmente el proyecto, estas serán reemplazadas por otras nuevas de la misma calidad y condición sin costo adicional, excepto los elementos y partes que sufran el desgaste normal por la operación propia del equipo y si los daños hubieren sido ocasionados por el mal uso de los mismos por parte del personal de la CONTRATANTE.

Cláusula Séptima. - GARANTÍA DE RENDIMIENTO

Se garantiza un PR (Performance ratio) de la central, superior al 80% que será comparado por datos teóricos de estaciones meteorológicas.

Cláusula Octava. – PLAZO

8.1 El plazo para la entrega de la totalidad de los bienes contratados, a entera satisfacción de la CONTRATANTE es de 15 días laborables, contados desde la obtención de la factibilidad de conexión de la Empresa Eléctrica.

8.2 El plazo establecido en el siguiente contrato se podrá prorrogar en las siguientes circunstancias:

8.2.1 Cuando la empresa eléctrica no emita la viabilidad técnica.

8.2.2 Cuando la ARCERNNR no emita el permiso de operación.

8.2.3 Cuando la empresa eléctrica correspondiente no instalase el medidor bidireccional.

8.2.4 Por condiciones de fuerza mayor o caso fortuito de conformidad con lo definido en el artículo 30 del Código Civil que: (i) imposibiliten la ejecución del proyecto; (ii) que sean informadas por la parte afectada en un plazo de cinco (5) días desde que se generó el hecho; (ii) y que subsistan por un plazo mínimo de 30 días.

No obstante, de lo anterior, la CONTRATISTA deberá demostrar que ha realizado sus mejores esfuerzos para conseguir los hitos expresados en los numerales 8.2.1, 8.2.2 y 8.2.3, y en caso de que se evidencie una falta de diligencia en este sentido, no se aplicará prórroga alguna.

Cláusula Novena. – OBLIGACIONES DE LAS PARTES

Por medio del presente contrato la CONTRATISTA se obliga, además de lo previsto por las leyes y demás normativa ecuatoriana a lo siguiente:

A diseñar, construir y poner en marcha una central fotovoltaica, según las especificaciones técnicas que constan en la oferta presentada por el CONTRATISTA.

A elaborar y presentar, ante la Empresa Eléctrica Quito y, por medio de esta, a la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos No Renovables (ARCERNNR), los requisitos

exigidos en la Regulación Nro. ARCERNNR 001/21 para la obtención del correspondiente permiso de operación.

Prestar los servicios técnicos y especializados objeto del presente Contrato con la diligencia y con la calidad debida.

Mantener, de acuerdo con el presente Contrato, absoluta confidencialidad y reserva sobre cualquier tipo de información que llegare a proporcionar la CONTRATANTE.

A capacitar al personal asignado por el CONTRATANTE para que puedan dar un necesario servicio de Mantenimiento preventivo.

Ofertar el servicio de mantenimiento para que el CONTRATANTE pueda tener la opción de contratar con el CONTRATISTA dicho servicio.

Por su parte, el CONTRATANTE se compromete con:

A contar con seguridad dentro del predio, durante el tiempo de ejecución del presente contrato, una vez que los equipos arriben a las facilidades del CONTRATANTE serán de exclusiva responsabilidad de este último.

A cumplir de manera puntual en las fechas e hitos acordados con los pagos objeto del presente contrato.

A responsabilizarse por la seguridad, estado y propiedad de los equipos una vez que los mismos ingresen a sus facilidades.

A contar con las obras ingeniería civil que permita determinar el estudio de carga estructural de las cubiertas sobre las cuales se van a instalar los equipos, en caso de no contar con dicho estudio será de responsabilidad absoluta del contratante de cualquier falla o deficiencia que pudiere afectar al buen funcionamiento de los equipos.

A brindar todas las facilidades para el desarrollo de la instalación, en especial en la entrada y salida del personal certificado e ingreso de materiales.

Cláusula Décima. - TERMINACIÓN DEL CONTRATO

10.2. El Contrato termina:

8. Por cabal cumplimiento de las obligaciones contractuales.
9. Por mutuo acuerdo de las partes.
10. Por causas imputables al CONTRATANTE.
11. Por cabal cumplimiento de las obligaciones: Este Contrato terminará una vez que las partes hubieren dado cabal cumplimiento a sus obligaciones, lo que contará en el acta de entrega recepción definitiva.
12. Por acuerdo de las partes: Las partes mediante acuerdo mutuo podrán dar por terminado este Contrato y, en ese caso, suscribirán un acta de finiquito en la que liquiden el Contrato y las obligaciones pendientes.

13. Por incumplimiento de las obligaciones de pago del CONTRATANTE: el CONTRATISTA podrá terminar el Contrato ante la falta de pago de una o más cuotas debidas. Para hacer efectiva esa terminación, el CONTRATISTA deberá enviar una comunicación al CONTRATANTE detallando el incumplimiento contractual y dándole un término de treinta (30) días para subsanarlo. Si el CONTRATANTE no realiza el pago correspondiente, el CONTRATISTA tendrá derecho a terminar este Contrato mediante una notificación enviada al CONTRATANTE, y dicha notificación tendrá efectos inmediatos. El CONTRATANTE acepta esta forma de terminación, por haber sido libre y voluntariamente convenida, y renuncia a cualquier reclamo judicial o extrajudicial, arbitral o administrativo posterior sobre esta materia.

En caso de terminación anticipada por causas atribuibles a la CONTRATISTA, la CONTRATISTA deberá restituir a la CONTRATANTE los valores previamente entregados bajo este Contrato

Cláusula Décima Primera. – SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Cláusula Décima Segunda. – DOMICILIO Y COMUNICACIONES ENTRE LAS PARTES

Cláusula Décima Tercera. – CONFIDENCIALIDAD

Tanto la CONTRATISTA como la CONTRATANTE mantendrán confidencialidad absoluta sobre cualquier dato, materiales, pormenores, informaciones, documentos, especificaciones técnicas o comerciales, inclusive fórmula de productos, códigos, fuentes, innovaciones y perfeccionamientos que vayan a tener conocimiento o acceso, vengán a ser confiados en razón de este contrato, sean ellos de interés de la otra parte o de terceros, no pudiendo, bajo ningún pretexto, divulgar, revelar, reproducir, utilizar o darles a conocer a terceros y/o extraños lo contratado, bajo pena de cargar con las pérdidas y daños que de ese acto se originen. Cualquier violación al deber de confidencialidad dará derecho a la otra parte a exigir el valor total de los perjuicios sufridos y demostrables, como consecuencia del deber incumplido.

Cláusula Décima Cuarta– ACEPTACIÓN DE LAS PARTES

Las Partes comparecientes declaran conocer y aceptar los términos y condiciones del presente instrumento y se ratifican en los mismos, por así convenir a sus intereses.

6.5 Determinación de la WACC Solar Fotovoltaica

La WACC en este proyecto considera los siguientes aspectos:

1. Relación capital propio - financiamiento: 30 /70
2. Tasa de interés de financiamiento
3. TIR (tasa interna de retorno) del capital propio
4. Riesgo de negocio
5. Riesgo país

En el Ecuador una WACC adecuada es del 10 al 12% por las tasas de interés altas que son del 7% u 8% para financiamiento para renovables y riesgo país también alto.

Para el siguiente cálculo se indica que se cuenta con fondos propios del 30% equivalente a \$25.566 dólares y un financiamiento bancario de \$ 59.654 dólares dando el total del presupuesto para el sistema fotovoltaico de \$ 85.220 dólares. Obteniendo así el WACC del 12.92% como se lo indica en la tabla

Tabla 50 Tabla resultante WACC

Tasa libre de riesgo (Rf)	2,00%
Rentabilidad esperada del mercado (E[Rm])	12,00%
Beta (Bu)	1,1
Fondos Propios (E)	\$ 25.566,00
Nivel de Endeudamiento (D)	\$ 59.654,00
Tasa Impositiva (T)	8%
Coste Financiero (Kd)	3,00%
Beta Apalancada (Be)	3,46
Coste de Capital (Ke)	36,61%
WACC	12,92%

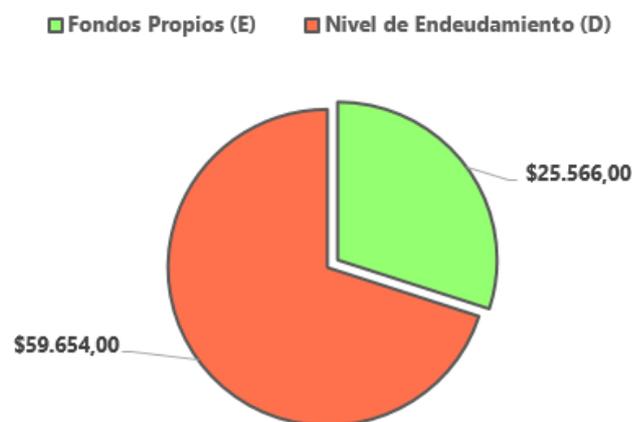


Figura 53 Fondos propios y nivel de endeudamiento

En la siguiente tabla obtenemos los datos referentes para la WACC del proyecto fotovoltaico

Rf Rentabilidad del activo sin riesgo del 2%

E[Rm]: Rentabilidad media del mercado del 12%

T: Tasa impositiva del 8%

Kd: Coste financiero del 3%

Ke: Coste de los fondos propios de 36.61%

WACC: coste medio ponderado del capital de 12.92%

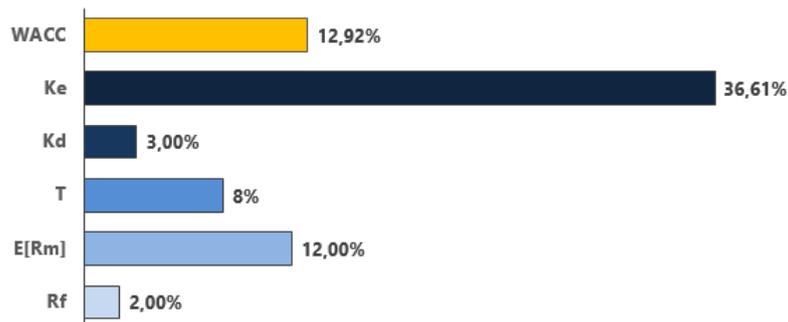


Figura 40: Equivalencias obtenidas para WACC

6.6 Partidas Capex Del Sistema Fotovoltaico.

Contamos con un presupuesto total de \$ 85.220 dólares resumidos en 10 partidas las mismas que se mencionan a continuación:

Partida 1 Presupuesto De La Obra Civil.

Para la ejecución de esta partida se contará con un valor de \$ 17.000 dólares, los mismos que se detallan a continuación en la tabla 1 donde se realizarán los trabajos de cimentación de las estructuras para paneles con un valor de \$6.000 dólares, además de las excavaciones y movimiento de tierras con un valor de \$ 3.000 dólares, la instalación Off Grid Batería, Paneles E Inversores con un valor de \$ 8.000 dólares.

Tabla 51 Presupuesto Obra Civil

OBRA CIVIL			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Cimentaciones estructuras para paneles fv zapata	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
Excavaciones y movimiento de tierras	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Instalación OFF GRID BATERIA, PANELES E INVERSORES	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
SUBTOTAL			\$ 17,000.00

Presupuesto de la Sección De Equipos

Dentro de los equipos contamos con 6 partidas presupuestarias las mismas que dan un valor de \$ 48.000 dólares las que se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 52 Presupuesto Equipos

EQUIPOS			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Modulos fotovoltaicos	160	\$ 157.50	\$ 25,200.00
String box	10	\$ 2,900.00	\$ 2,900.00
Inversor	1	\$ 7,800.00	\$ 7,800.00
Transformadores	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Estructuras metálicas	5	\$ 1,540.00	\$ 7,700.00
Seccionamiento, protección y medición	1	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00
SUBTOTAL			\$ 48,000.00

Partida 2 Modulos Fotovoltaicos.

En esta partida tendrá un valor de \$ 25.200 dólares para la adquisición de 160 Módulos solares CS3W-450MS para el proyecto planteado.

Partida 3 String Box .

Esta partida tiene un valor de \$ 2.900 dólares para la adquisición de 10 Strings Box donde se alojarán los 16 módulos Fv.

Partida 4 Inversor.

En este proyecto necesitamos de 1 inversor SUN2000*60KTL-MO-480Vac el mismo que tiene un valor de \$ 7.800 dólares

Partida 5 Transformador

En esta partida se contará con \$ 3.000 dólares para adquirir un transformador trifásico de 75 kVA para cumplir con los requisitos de conexión a red, establecida en la Regulación Nro. ARCONEL 003/18 (aislamiento galvánico) y a su vez para conectar el Sistema Solar a la barra de distribución principal.

Partida 6 Estructuras Metálicas.

El presupuesto de esta partida es de \$7.700 dólares para la compra de 5 estructuras, las encargadas de sustentar los módulos solares, proporcionando la inclinación adecuada de 15 grados para que reciban la mayor cantidad de radiación posible, consiguiendo el aumento de su eficiencia.

Partida 7 Seccionamiento, Protección Eléctrica

Esta partida tendrá un presupuesto de \$1.400 dólares para los seccionamientos y protecciones del sistema eléctrico a implementarse.

Partida 8 Cableado Eléctrico.

El presupuesto para esta partida es de \$3.120 dólares los mismos que se realizarán para el cableado de bajo voltaje tanto en DC y AC, además de la instalación del sistema a tierra, los valores se detallan en la tabla 3.

Tabla 53 Presupuesto Cableado

CABLEADO				
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL	
DC Bajo Voltaje	1	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00	
AC Bajo Voltaje	1	\$ 920.00	\$ 920.00	
Sistema de Tierras	1	\$ 800.00	\$ 800.00	
SUBTOTAL			\$ 3,120.00	

Partida 9 Suministro, Montaje Y Fiscalización.

En esta partida tenemos un presupuesto de \$ 10.000 dólares los mismos que se definen en la mano de obra de ejecución y fiscalización en base a los suministros otorgados, se detalla en tabla 54.

Tabla 54 Presupuesto Suministro y Montaje

ESTUDIOS, SUMISTROS Y MONTAJE			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Suministros y montaje 9 trabajadores	1	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00
Fiscalizador	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
			\$ 10.000.00

Partida 10 Estudio, Monitoreo Y Vallado

Dentro de esta partida se contará con un presupuesto de \$7.100 dólares descrito en la tabla 55 de la siguiente manera.

Tabla 55 Presupuesto Estudio, Monitoreo y Vallado

ESTUDIO ,MONITOREO Y VALLADO			
ITEM	NÚMERO	V. UNITARIO	V. TOTAL
Estudios	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Sistema de monitoreo	1	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00
Vallado	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
SUBTOTAL			\$ 7.100.00

6.7 Partidas Capex Del Sistema Solar Térmico

Para la instalación de un sistema solar térmico, se cuenta con un presupuesto total de 1782.07 dólares con colectores de placa plana y tubo al vacío. Dándonos un total de 8 partidas, 4 para cada tipo de colector.

Colector de Placa Plana

Partida 1: Obra Civil

Para la ejecución de esta partida se cuenta con un valor de \$79.31 dólares, los mismos que serán destinados para la obtención de dos estructuras en donde se hará el montaje de los distintos equipos del sistema solar térmico.

Partida 2: Equipos

Para esta partida se cuenta con un total de \$ 669.76 dólares, destinados para, \$ 168.16 dólares para los colectores solares ESCOSOL SOL 2500 H Selectivo, un tanque acumulador de 300 L por \$ 230.60 dólares, equipo de respaldo por \$ 107.76 dólares, una bomba por \$ 120.69 dólares, una válvula y dos purgadores por \$ 6.47 y \$ 5.91 dólares respectivamente, además de un vaso de expansión por \$ 30.17 dólares.

Partida 3: Suministro y Montaje

Se cuenta con un valor de \$71.57 dólares, de los cuales \$0.58 para el aislamiento, \$27.89 dólares para la tubería exterior y \$43.10 dólares para el montaje o mano de obra.

Partida 4: Monitoreo

Para esta partida se cuenta con 64.66 dólares, los cuales serán destinados para el sistema de control de la central solar térmica.

Colector de Tubos al Vacío

Partida 1: Obra Civil

Para la ejecución de esta partida se cuenta con un valor de \$35.3 dólares, los mismos que será destinados para la obtención de dos estructuras, en donde se hará el montaje de los distintos equipos del sistema solar térmico. Colectores de tubos al vacío.

Partida 2: Equipos

Para esta partida se cuenta con un total de \$ 736.03 dólares, destinados para, \$ 288.46 dólares para los colectores solares U PIPE AKU 16 1800/58, un tanque acumulador de 300 L por \$ 205.77 dólares, equipo de respaldo por \$ 96.15 dólares, una bomba por \$ 107.69 dólares, una válvula y dos purgadores por \$ 5.77 y \$ 5.27 dólares respectivamente, además de un vaso de expansión por \$ 26.92 dólares.

Partida 3: Suministro y Montaje

Se cuenta con un valor de \$63.87 dólares, de los cuales \$0.52 para el aislamiento, \$24.89 dólares para la tubería exterior y \$38.46 dólares para el montaje o mano de obra.

Partida 4: Monitoreo

Para esta partida se cuenta con \$61.54 dólares, los cuales serán destinados para el sistema de control de la central solar térmica.

6.8 Determinación de la WACC SISTEMA SOLAR TÉRMICO

La WACC en este proyecto considera los siguientes aspectos:

6. Relación capital propio - financiamiento: 30 /70
7. Tasa de interés de financiamiento
8. TIR (tasa interna de retorno) del capital propio
9. Riesgo de negocio
10. Riesgo país

En el Ecuador una WACC adecuada es del 10 al 12% por las tasas de interés altas que son del 7% u 8% para financiamiento para renovables y riesgo país también alto.

Para el siguiente cálculo se indica que se cuenta con fondos propios del 30% equivalente a 1048.54 dólares y un financiamiento de 2500 dólares, dando un total de 3548.54 dólares, obteniendo así un WACC de 12.78% como se indica en los siguientes gráficos y tablas.

Tabla 56 Tabla resultante WACC

Tasa libre de riesgo (Rf)	2.50%
Rentabilidad esperada del mercado (E[Rm])	12.00%
Beta (Bu)	1.1
Fondos Propios (E)	\$ 2,500.00
Nivel de Endeudamiento (D)	\$ 1,048.54
Tasa Impositiva (T)	8%
Coste Financiero (Kd)	3.00%
Beta Apalancada (Be)	1.52
Coste de Capital (Ke)	16.98%
WACC	12.78%

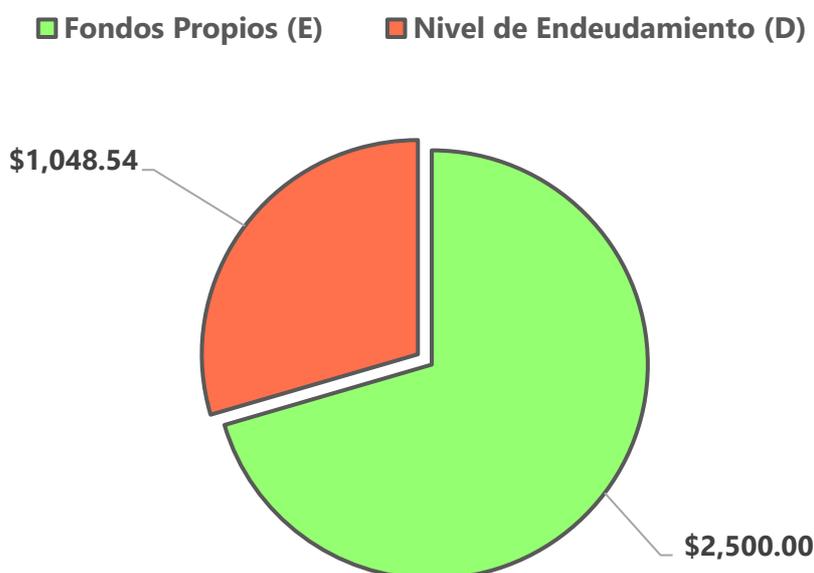


Figura 54 Fondos propios y nivel de endeudamiento

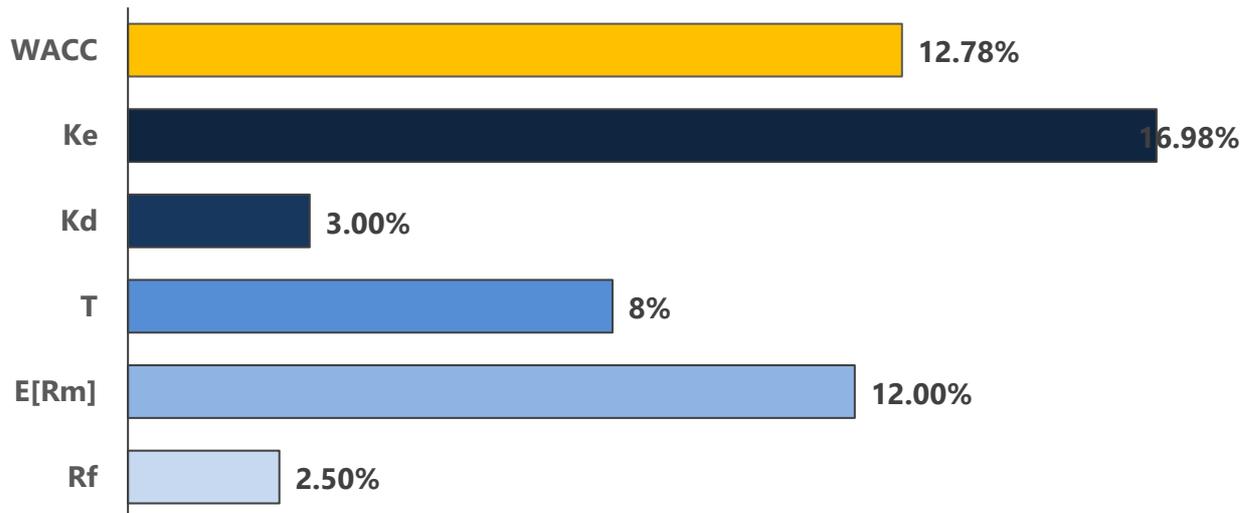


Figura 55 Equivalencias obtenidas para WACC

Tabla 57 Presupuesto del Proyecto para Urbanización el Manantial

Presupuesto del proyecto para la Urbanización el Manantial			
	TIPO DE PROYECTO	FOTOVOLTAICO	SOLAR TERMICO
DEVEX	DISEÑO-DIMENSIONAMIENTO-INGENIERIA DE DETALLE-TRAMITOLOGIA- COMISIONADO	\$ 5,000.00	\$ 7.141,84
	PUESTA EN MARCHA	\$ 5,000.00	\$ -
	FEE O BONO DE ÉXITO	\$ 3,000.00	\$ -
	Subtotal	\$ 13,000.00	\$ 7.141,84
Obra Civil.			
CAPEX	Cimentación, estructuras para paneles FV	\$ 6,000.00	\$ -
	Estructuras para montaje	\$ -	\$ 36.800
	Excavaciones y Movimiento de Tierras	\$ 3,000.00	\$ -
	Instalación Off Grid Batería, Paneles e Inversor	\$ 8,000.00	\$ -
	Subtotal	\$ 17,000.00	\$ 36.800
Equipos			
CAPEX	Modulos Fotovoltaicos.	\$ 25,200.00	\$ -
	Colectores solares	\$ -	\$ 78.000
	String Box .	\$ 2,900.00	\$ -
	Tanque acumulador	\$ -	\$ 107.000

	Equipo de respaldo	\$ -	\$ 50.000
	Bomba	\$ -	\$ 56.000
	Valvula	\$ -	\$ 3.000
	Purgadores	\$ -	\$ 2.742
	Vaso de expansión	\$ -	\$ 14.000
	Inversor.	\$ 7,800.00	\$ -
	Transformador	\$ 3,000.00	\$ -
	Estructuras Metalicas.	\$ 7,700.00	\$ -
	Seccionamiento, Protección Eléctrica	\$ 1,400.00	\$ -
	Subtotal	\$ 48,000.00	\$ 310.742,00
Cableado Electrico			
CAPEX	Cableado en DC	\$ 1,400.00	
	Cableado en AC	\$ 920.00	
	Cableado Sistema a Tierra	\$ 800.00	
	Subtotal	\$ 3,120.00	\$ -
Suministro, Montaje Y Fiscalizacion			
CAPEX	Suministro y Montaje 9 trabajadores	\$ 7,500.00	\$ -
	Aislamiento		\$ 2.700
	Tubería exterior		\$ 12.942
	Montaje		\$ 20.000
	fiscalizador	\$ 2,500.00	\$ 1.000
	Subtotal	\$ 10,000.00	\$ 36.642,00
Estudio, Monitoreo Y Vallado			
CAPEX	Estudios	\$ 3,000.00	\$ -
	SEGURO	\$ -	\$ 4.141,84
	sistema monitoreo	\$ 2,100.00	\$ 30.000,00
	Vallado	\$ 2,000.00	\$ -
	Subtotal	\$ 7,100.00	\$ 34.141,84
Valores Finales			
	Subtotal DEVEX	\$ 13,000.00	7.141,82

Subtotal CAPEX	\$ 85,220.00	\$ 418.326,86
TOTAL DEL PROYECTO	\$ 98,220.00	\$ 425.467,68

6.9 Cuenta De Resultados

Para la realización de la cuenta de resultados se tomaron como hipótesis: un periodo de 30 años, los índices de venta de energía de 1,5% y los IPC de compra de energía y materiales y mano de obra de 2% y 2.4%, respectivamente, datos oficiales publicados por el (Instituto Nacional de estadísticas y censo) INEC.

El seguro que se consideró para operación y mantenimiento fue el seguro de responsabilidad civil. Para el Ecuador no se encontró la referencia de más seguros como son: riesgo material y responsabilidad ambiental.

Para la inversión se tomó en cuenta el seguro de riesgo a la construcción.

Los resultados que se obtuvieron se muestran en la tabla 58:

Tabla 58 Indicadores TIR, VAN y PAYBACK

INDICADOR	FOTOVOLTAICO EPC	FOTOVOLTAICO NO EPC	TÉRMICO
TIR	12.80 %	15.43 %	8.51%
VAN	\$ 58,504.42	\$ 58,035.91	\$ 61,979.11
PAYBACK	4.95 años	4.41 años	11.38 años

Los proyectos fotovoltaicos con una TIR superior a una tasa de referencia (WACC 12%) son rentables, el proyecto térmico no resultó rentable por los altos costos de CAPEX.

6.9.1 CUENTA DE RESULTADOS DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO.

Inversión Total Con Epc

En esta inversión contamos con un valor de \$ 103.400 dólares, dentro de los cuales la inversión total con EPC es de \$ 53.400 dólares donde se subdividen de la siguiente manera el costo de desarrollo del Devex es de \$12.500 dólares los mismos que se encuentran integrados como el Fee de colaboradores, Ingeniería básica y tramitación de licencias además las tasas urbanísticas.

Capex – Activo fijo inmovilizado es de \$90.000 dólares los mismos que se consideran de la siguiente manera.

Costo del contrato EPC \$85.000 dólares y costos indirectos de \$5.000 dólares.

El seguro todo riesgo construcción contará con un valor de \$900 dólares.

Cabe indicar que se cuenta con subsidios y ayudas e incentivos fiscales de 50.000 dólares que sumados con la inversión total llegamos a los \$103.400 dólares la misma que se observa en la tabla:

Tabla 59 Inversión total con EPC

INVERSIÓN TOTAL - EPC			
DEVEX - COSTES DESARROLLO			12.500,00 €
Costes Comerciales, legales y jurídicos			- €
Fee Colaboradores			3.000,00 €
Ingeniería básica y tramitación licencias			5.000,00 €
Licencias (ICIO+Lic. Urban+Tasas)	5%		4.500,00 €
Firma de terrenos con propietarios			- €
...			- €
...			- €
CAPEX - ACTIVO FIJO / INMOBILIZADO			90.000,00 €
EPC			
Coste del contrato EPC			85.000 €
Costes Indirectos			
Dirección facultativa/Puesta en marcha			5.000 €
SEGUROS			
Seguro Todo Riesgo Construcción	1%		900 €
DEVEX+CAPEX TOTAL			103.400 €
Subsidios / Ayudas / Incentivos fiscales			50.000
Inversión Total - EPC			53.400 €

Inversión Total No Epc

En esta inversión tenemos un Devex + Capex total de \$95.333 dólares desglosados de la siguiente manera. valor del Devex / costo desarrollo de \$9.261 dólares en ingeniería básica y tramitación de licencias, además de las tasas urbanísticas.

Valor del Capex/activo inmovilizado de \$85.220 dólares, donde se evidencian los costos directos y costos indirectos según las partidas. Seguro todo riesgo de construcción valorado en \$852.20 dólares, además se cuenta con subsidios y ayudas fiscales de \$50.000 dólares quedando así una inversión NO EPC de \$45.333 dólares, cabe indicar que las subvenciones contribuyen de gran manera al desarrollo del proyecto. Como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 60 Inversión total no EPC

INVERSIÓN TOTAL - NO EPC			
DEVEX - COSTES DESARROLLO			9.261,00 €
Costes Comerciales, legales y jurídicos			- €
Fee Colaboradores			- €
Ingeniería básica y tramitación licencias			5.000,00 €
Licencias (ICIO+Lic. Urban+Tasas)	5%		4.261,00 €
Firma de terrenos con propietarios			- €
...			- €
...			- €
CAPEX - ACTIVO FIJO / INMOBILIZADO			85.220,00 €
Costes Directos			
Trabajos preliminares y/o generales Escavaciones y movimiento de tierra			3.000 €
Obra civil, plataformas y soportación			6.000 €
Paneles solares			25.200 €
Cableado Eléctrico			3.120 €
Instalación OFF GRID, Baterías, panel e Inversor			8.000 €
Inversor			7.800 €
String Box			2.900 €
Estructuras Metálicas			7.700 €
Seccionamiento y Protecciones Eléctricas			1.400 €
Transformador			3.000 €
Costes Indirectos			
Ingeniería detalle y estudios adicionales			3.000 €
Dir. De obra, Montaje y Suministro			7.500 €
Sistema de monitoreo y control - vallado			4.100 €
Contingencia obra	0%		- €
Fiscalizador			2.500 €
Margen de construcción	0%		- €
SEGUROS			852,20 €
Seguro Todo Riesgo Construcción	1%		852 €
DEVEX+CAPEX TOTAL			95.333 €
Subsidios / Ayudas / Incentivos fiscales			50.000
Inversión Total - NO EPC			45.333 €

Ingresos Sistema Fotovoltaico

Dentro de los ingresos podemos destacar la producción eléctrica de 113.000 KWh/año con un precio de venta por KWh de \$0.105 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 61 Ingresos Sistema Fotovoltaico

Cuenta de Pérdidas y Ganancias			
INGRESOS		Ud.	
Producción eléctrica	kWh/año		113.000 kWh/año
Precio de venta del kWh eléctrico	€/kWh		0,105 €/kWh
Producción térmica	kWh/año		0 kWh/año
Precio de venta del kWh térmico	€/kWh		0,000 €/kWh
Certificados Origen - Energía eléctrica	kWh/año		0,0000 €/kWh
Certificados Origen - Energía eléctrica	€/Tn CO ₂		0,000 €/Tn CO ₂
	Tn CO ₂ /kWh		0,000 Tn CO ₂ /kWh

Gastos Suministros.

Se puede verificar que en los gastos del sistema tenemos el precio de compra del kWh eléctrico de 0.1050\$/KWh, además de la potencia instalada del sistema de 72.00KW. como se muestra en la tabla de continuación.

Tabla 62 Gastos del Suministro Sistema Fotovoltaico

GASTOS		Ud.	
SUMINISTROS			
Precio de compra de kWh eléctrico (3.1A-6.1)	€/kWh		0,1050 €/kWh
Consumo de energía eléctrica instalación	kWh/año		0 kWh/año
Precio de mantenimiento potencia eléctrica	(€/kW día)		0,0000 €/kW
Potencia instalada de la instalación	kW		72,00 kW
Precio de compra de kWh térmico	€/kWh		0,0000 €/kWh
Consumo de energía térmica com. utilidad	kWh/año		0 kWh/año
Precio de mantenimiento potencia eléctrica	(€/kW día)		0,0000 €/kW
Potencia térmica instalada de la com. utilidad	kW		0,00 kW
Otros consumos de reactivos	€/kWh		0,0000 €/kWh

Gastos operativos.

Se menciona dentro de estos gastos el rubro de operación y mantenimiento de \$ 600 dólares con un 5 % por contingencias que da un valor de \$ 30 dólares, además del alquiler de terreno/cubierta de \$800 dólares y el seguro de todo riesgo material del 0.20% que sería de \$180 dólares como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 63 Gastos Operativos Sistema Fotovoltaico

GASTOS OPERATIVOS			
Repuestos			
Operación y Mantenimiento			600 €
Acondicionamiento de la planta			- €
Revisiones legales / auditorías			- €
Personal O&M			- €
Contingencias		5%	30,00 €
Avales			- €
Gastos generales, asesorías ...			- €
Alquiler de terrenos /cubierta			800 €
Seguro Todo Riesgo Material		0,20%	180 €
Seguro Responsabilidad Civil			200 €
Seguro Responsabilidad Ambiental			- €
Impuesto actividad (IAE)			- €
Impuesto por el suelo (IBICE)			- €
Impuesto a la generación eléctrica			0,0%
Impuesto a la generación térmica			0,0%

6.9.2 Hipótesis Del Proyecto Fotovoltaico.

La presente hipótesis muestra que el valor residual del activo es cero con un tipo de construcción EPC con una degradación del 0.20% y disponibilidad de la planta del 99.00, su Capex de mantenimiento durante 25 años al 20%, índice de venta de energía eléctrica de 1.50%, índice de compra – IPC energía del 2%, índice de compra IPC materiales y mano de obra 2.4%. como se indica en la siguiente tabla

Tabla 64 Hipótesis del Sistema Fotovoltaico

HIPÓTESIS PROYECTO	Min.	Medio	Máx.
Tipo de Construcción		EPC	
Degradación de la planta		0,20%	
Disponibilidad de la planta (aplica sobre generación)		99,00%	
Capex Mantenimiento año 25		20,00%	
Reducción Capex Mantenimiento año 14 (sólo si vida>15)		60,00%	
Índice Venta energía eléctrica		1,50%	NOTA: La hipótesis es que el valor residual del activo es cero.
Índice Venta energía térmica		0,00%	
Índice Compra - IPC energía		2,00%	
Índice Compra - IPC materiales y mano obra		2,40%	

La duración del proyecto será de 30 años y la amortización de las instalaciones también será de 30 años. Dentro de la estructura de financiamiento tenemos préstamos y fondos propios alcanzando un wacc del 12,0% como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 65 Estructura del Financiamiento del Sistema Fotovoltaico

Duración proyecto		30 años
Amortización de las instalaciones		30 años
ESTRUCTURA DE LA FINANCIACIÓN		
Préstamo:		
Porcentaje de préstamo (α_d)		0,0%
Interés del préstamo (C_d)		6,0%
Tipo Impositivo (t)		25,0%
Plazo del préstamo (años)		10,00
Fondos Propios		
Porcentaje de Fondos Propios ($1-\alpha_d$)		100,0%
Coste de los Fondos Propios (C_p)		12,0%
WACC		12,0%

6.9.3 Cuenta De Resultados Del Proyecto Solar Térmico

En esta inversión contamos con un valor de \$425.467,68 dólares, dentro de los cuales el costo de desarrollo del Devex es de \$7.141,84 dólares los mismos que se encuentran integrados como Ingeniería básica y tramitación de licencias además las tasas urbanísticas.

Capex – Activo fijo inmovilizado es de \$414.184,00 dólares los mismos que se consideran de la siguiente manera. Costo directo \$363.184 dólares y costos indirectos de \$51.000 dólares.

El seguro todo riesgo construcción contará con un valor de \$ 4.141,84 dólares. Cabe indicar que no se cuenta con subsidios

Tabla 66 Inversión Total Sistema Fotovoltaico

INVERSIÓN TOTAL - TÉRMICO			
DEVEX - COSTES DESARROLLO			\$ 7.141,84
Costes Comerciales, legales y jurídicos			\$ -
Fee Colaboradores			\$ -
Ingeniería básica y tramitación licencias			\$ 3.000,00
Licencias (ICIO+Lic. Urban+Tasas)	1%		\$ 4.141,84
Firma de terrenos con propietarios			\$ -
CAPEX - ACTIVO FIJO / INMOBILIZADO			\$ 414.184,00
Costes Directos			
Colectores solares			\$ 78.000,00
Estructuras Metálicas			\$ 36.800,00
Tanque acumulador			\$ 107.000,00
Equipo de respaldo			\$ 50.000,00
Bombas			\$ 56.000,00
Válvula			\$ 3.000,00
Purgadores			\$ 2.742,00
Aislamiento			\$ 2.700,00
Tubería exterior			\$ 12.942,00
Vaso de expansión			\$ 14.000,00
Costes Indirectos			
Dir. De obra, Montaje			\$ 20.000,00
Sistema de monitoreo y control			\$ 30.000,00
Contingencia obra	0%		\$ -
Fiscalizador			\$ 1.000,00
Margen de construcción	0%		\$ -
SEGUROS			\$ 4.141,84
Seguro Todo Riesgo Construcción	1%		\$ 4.141,84
DEVEX+CAPEX TOTAL			\$ 425.467,68
Subsidios / Ayudas / Incentivos fiscales			\$ -
Inversión Total			\$ 425.467,68

Ingresos Sistema Solar Térmico

Dentro de los ingresos podemos destacar las bombonas de GLP 15 Kg/año dando un total de 2.400 Kg/año con un precio de venta por bombona de 20,0 \$/bombona como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 67 Ingresos Sistema Térmico

Cuenta de Pérdidas y Ganancias			
INGRESOS		Ud.	
Bonbonas de GLP 15	Kg/año		2.400 Kg/año
Precio de venta de Bor	\$/Bombona		20,0 \$/bombona

Gastos Suministros.

Se puede verificar que en los gastos del sistema tenemos el precio térmico de \$/m², dentro de una instalación solar térmica de 464,00 m² dando como resultado 600,00 \$/m² como se muestra en la tabla de continuación

Tabla 68 Gasto de Suministros del Sistema Solar Térmico

GASTOS		Ud.	
SUMINISTROS			
Instalación Térmica	m2		464,00 m2
Precio término	(\$/m2)		600,00 \$/m2

Gastos operativos.

Se menciona dentro de estos gastos el rubro de operación y mantenimiento de \$ 5.000 dólares con un 5 % por contingencias que da un valor de \$ 250 dólares, y el seguro de todo riesgo material del 0.20% que sería de \$200 dólares como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 69 Gastos Operativos del Sistema Solar Térmico

GASTOS OPERATIVOS			
Repuestos			
Operación y Mantenimiento			\$ 5.000,00
Acondicionamiento de la planta			\$ -
Revisiones legales / auditorías			\$ -
Personal O&M			\$ -
Contingencias		5%	\$ 250,00
Avaes			\$ -
Gastos generales, asesorías...			\$ -
Alquiler de terrenos/cubierta			
Seguro Todo Riesgo Material		0,20%	\$ -
Seguro Responsabilidad Civil			\$ 200,00
Seguro Responsabilidad Ambiental			\$ -

6.9.4 Hipótesis Del Proyecto solar térmico.

La presente hipótesis muestra que el valor residual del activo es cero con un tipo de construcción NO EPC con una degradación del 0.20% y disponibilidad de la planta del 98.00%, su Capex de mantenimiento durante 25 años al 20%, índice de venta 2.00%, índice de compra – IPC del 2%, índice de compra IPC materiales y mano de obra 2.4% cómo se indica en la siguiente tabla

Tabla 70 Hipótesis del Sistema Solar Térmico

HIPÓTESIS P Min.	Medio	Máx.	
Tipo de Construcción	NO EPC		
Degradación de la planta	0,20%		
Disponibilidad de la planta (TERMICA PLACAS PLANAS)	98,00%		
Capex Mantenimiento año 25	20,00%		
Reducción Capex Mantenimiento año 14 (sólo si vida>1)	60,00%		
Índice Venta	2,00%		NOTA: La hipótesis es que el valor residual del activo es cero.
Índice Venta energía térmica	0,00%		
Índice Compra - IPC	2,00%		
Índice Compra - IPC materiales y mano obra	2,40%		

Tabla 71 Estructura de la financiación

Duración proyecto	30 años
Amortización de las instalaciones	30 años
ESTRUCTURA DE LA FINANCIACIÓN	
Préstamo:	
Porcentaje de préstamo (α_d)	0,0%
Interés del préstamo (C_d)	6,0%
Tipo Impositivo (t)	25,0%
Plazo del préstamo (años)	10,00
Fondos Propios	
Porcentaje de Fondos Propios ($1-\alpha_d$)	100,0%
Coste de los Fondos Propios (C_p)	12,0%
WACC	12,0%

CONTRATO DE SEGURO DE EXPLOTACIÓN

1.- INTRODUCCIÓN.

La Urbanización Manantial en la ciudad de Quito, con el fin de ser autosustentables, ha recibido una subvención por parte del gobierno, para el desarrollo de un proyecto fotovoltaico. Disponiendo de un terreno de 10 ha, en donde se plantea ubicar una central de energía fotovoltaica en 540 m².

2. OBJETO DE LA CONCESIÓN.

El objeto de la concesión es que el Municipio de Quito, propietario del terreno donde se ubicará el proyecto, permita la utilización de los terrenos para la instalación y la explotación de un parque fotovoltaico para la producción de energía eléctrica durante el tiempo que dure la concesión que se propone.

El adjudicatario deberá proyectar, construir y explotar las instalaciones fotovoltaicas para la producción de energía eléctrica con una potencia pico de 72 kWp.

El Municipio de Quito adjudicará mediante procedimiento abierto la concesión de dominio público para la instalación y explotación de un parque de placas fotovoltaicas para la producción de energía eléctrica en la citada superficie.

3. NORMATIVA APLICABLE

Se aplicará toda la normativa en vigor sobre la materia, y se cumplirán todos los requisitos establecidos en disposiciones normativas sectoriales de aplicación para esta instalación. De forma indicativa, pero no exhaustiva se aplicarán:

- *Constitución de la República del Ecuador. Artículo. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua".*
- *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. Artículo. 26.- Energías renovables no convencionales. - El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía.*
- Ley Orgánica del Régimen Tributario Interno: Numeral 7 del Artículo 10. *Deducciones.*
- NTE INEN 2507. *Rendimiento térmico de colectores solares. Requisitos y métodos de ensayo*
- NTE INEN XX:2009. *Sistema de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario.*
- NEC. Energías Renovables. Código. NEC – HS – ER. *Sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria (ACS) – Aplicaciones Menores a 100°C.*

4.- FINANCIACIÓN

El concesionario asumirá la financiación de la totalidad de las obras del parque fotovoltaico e instalaciones complementarias a las que se haya comprometido en su oferta.

5.- SEGURO DE EXPLOTACIÓN.

El adjudicatario deberá presentar en el plazo de 15 días, a partir del siguiente al de notificación del acuerdo de adjudicación, un seguro de explotación por importe de 90,000 dólares, actualizado anualmente con el IPC, como garantía de los daños que pudiera producir en las instalaciones municipales como consecuencia de las obras y la explotación del parque fotovoltaico o incumplimiento de las condiciones del contrato. El seguro finalizará al final de la concesión.

Las garantías se constituirán en la forma y por cualquiera de los medios permitidos en la Ley de Contratos del Sector Público y el Reglamento General de la Ley de Contratos.

6.- CONTRATACIÓN

Se deberán presentar una descripción detallada de las obras a ejecutar indicando expresamente:

-Aportación económica anual, estando disponible cada mes de enero desde la firma del “Acta de puesta en funcionamiento de la instalación” hasta el final de la concesión. Cada año el canon se incrementará en el IPC del año anterior.

-Solución técnica indicando el tipo de placa a utilizar y sus características físicas, eléctricas y de generación de energía. Definición de los elementos de colocación y fijación de las placas. La distribución de las placas tanto en sentido horizontal como vertical según las pautas establecidas en el objeto del contrato. Estudio del aprovechamiento eléctrico indicando potencia radiada y generada por meses y rendimiento de las placas en el tiempo. Distribución de los convertidores (ubicación y potencia). Línea de transporte de la energía, que deberá ser subterránea, y su conexión con la red general, detallando las instalaciones necesarias. Deberá justificar que la solución adoptada cumple con el objeto del presente pliego con la instalación y la instalación de seguimiento en la zona demostrativa.

-Plan de obra, indicando el plazo de cada unidad de obra y sus interferencias.

-Plazo de ejecución de las obras, desde la fecha de inicio fijada en la correspondiente “Acta de inicio de trabajos”, hasta el final de las obras, instalación y conexiones, plasmado en el “Acta de puesta en funcionamiento de la instalación”.

-Descripción y detalle de las mejoras ofrecidas, incluyendo un estudio del sistema de seguridad a implantar, para preservar las instalaciones.

-La empresa adjudicataria, en un plazo no superior a dos meses de la firma del contrato, deberá presentar el proyecto de construcción de todas las instalaciones ofertadas entre las que se incluirán las propias del parque fotovoltaico (instalaciones fijas y de seguimiento) y su conexión con la red eléctrica, así como las condiciones de conexión exigidas por la empresa eléctrica receptora de la energía. Las condiciones que los distintos organismos impongan, serán de plena obligación para el adjudicatario sin que pueda suponer la modificación de la oferta de la concesión. El proyecto deberá ser aprobado por el municipio.

7.- PLAZO DE LA CONCESIÓN.

El plazo de la presente concesión será de 25 años. Empezará a contar desde la fecha del “Acta de puesta en funcionamiento de la instalación”.

Al término de la concesión, la totalidad de las obras e instalaciones revertirán al Municipio de Quito, en estado de conservación normal al uso y libres de cualquier carga o gravamen, sin derecho a indemnización alguna por parte del adjudicatario.

8.- CRITERIOS DE ADJUDICACIÓN, REGLAS DE VALORACIÓN DE LOS MISMOS Y PONDERACIÓN ENTRE ELLOS.

La concesión se adjudicará teniendo en cuenta los siguientes criterios, su forma de valoración y la ponderación entre ellos:

Mejor oferta económica: Hasta un máximo de 51 puntos al canon ofertado:

Corresponderá la puntuación máxima a la mejor oferta económica presentada, atribuyendo la puntuación al resto de ofertas en proporción directa a esta primera.

Se aplicará la fórmula de valoración: $P = 51 \times Of / \max$

(P= puntuación; Of. = oferta considerada; max. = cantidad máxima ofertada)

Mejor solución técnica que defina el aprovechamiento en su conjunto: de 0 a 21 puntos

Mejoras relativas a garantizar la seguridad en las instalaciones: de 0 a 15 puntos.

Otras mejoras que minimicen el impacto visual en la estética del entorno: de 0 a 12 puntos.

Menor tiempo de duración de las obras: un punto por cada mes de reducción de plazo, hasta un máximo de un (1) punto.

TOTAL, PUNTUACIÓN: 100 PUNTOS

9. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El plazo total de las obras se fija en 3 meses a contar desde el registro de preasignación por parte del Ministerio de Industria.

10. CONDICIONES RELATIVAS AL CONTRATO.

10.1. RELATIVAS A LA CONCESIÓN.

El titular de la adjudicación dispone de una concesión administrativa sobre bienes de dominio público para el ejercicio de la actividad autorizada por el título de la concesión.

El adjudicatario dispone para sus instalaciones de la superficie de 1.000 m² (para instalaciones fijas y de seguimiento).

El Ayuntamiento se reserva la posibilidad de exigir modificación de la situación de las instalaciones, sin contraprestación económica de ningún tipo ante eventuales necesidades que puedan surgir al Centro del Urbanismo Sostenible.

10.2- PROYECTO DE EJECUCIÓN.

El concesionario presentará por triplicado el Proyecto “Construcción y Explotación de parque fotovoltaico en La Urbanización El Manantial en el plazo de DOS meses, contados desde la fecha de formalización de la concesión en el correspondiente contrato, para su supervisión por el Servicio Técnico competente al efecto. Si la Administración observare defectos requerirá su subsanación, señalando el plazo oportuno, al contratista. El municipio procederá, una vez subsanadas las indicaciones, a la aprobación del proyecto.

En todo caso el Concesionario deberá solicitar y obtener los oportunos permisos y licencias para la instalación de las placas fotovoltaicas.

10.3. OCUPACIÓN DE TERRENOS.

El Ayuntamiento pondrá a disposición del concesionario, la superficie indicada, libre de cargas y gravámenes, para la construcción y explotación del parque de placas fotovoltaicas.

10.4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Las obras se ejecutarán, por el concesionario, con estricta sujeción a las cláusulas estipuladas en el contrato y al proyecto aprobado. El Concesionario designará a un técnico superior competente como director de las obras acreditándolo como tal ante el Municipio. Los servicios competentes del Municipio supervisarán las obras, para su correcto funcionamiento, que afecten a las instalaciones municipales.

10.5. PLAZO DE INICIO DE LAS OBRAS.

El plazo de inicio de las obras empezará a contar a partir de la obtención del registro de preasignación por el Ministerio de Energía y Minas, el cual deberá solicitarse a la mayor brevedad y del modo más diligente por parte del explotador.

10.6. PROGRAMA DE TRABAJO Y PLAZOS DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

El plazo máximo de ejecución de las obras será el consignado en el proyecto de construcción presentado con la oferta por el adjudicatario, sin que pueda exceder de 3 meses.

Los plazos de ejecución comenzarán a contar a partir del día siguiente al inicio de las obras.

10.7. OFICINA Y TÉCNICO FACULTATIVO DE LA EMPRESA.

El adjudicatario vendrá obligado a comunicar al Municipio, antes del inicio de las obras, el nombre del técnico facultativo que ha de asumir la Dirección Técnica de las Obras, siendo a cargo de ésta cuantos gastos ocasione esta designación e intervención del facultativo. Deberá indicar al Municipio la persona física que se responsabilice de la explotación y sea el interlocutor con el Municipio.

10.8. RIESGOS LABORALES.

El contratista vendrá obligado al cumplimiento de la normativa vigente sobre Seguridad y sobre Prevención de Riesgos Laborales, así como las disposiciones fiscales. El incumplimiento de estas obligaciones por parte del contratista o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico designado por él, no implicarán responsabilidad alguna para el Municipio.

10.9. GASTOS E IMPUESTOS DE LA CONTRATACIÓN.

Serán de cuenta del contratista la financiación de la totalidad de las obras del parque de placas fotovoltaicas e instalaciones complementarias, y el importe que corresponda de las obras de urbanización, si proceden, los de publicidad de la licitación y de la adjudicación del contrato y los relativos a la formalización del mismo, así como los precios públicos, tasas e impuestos a que dé lugar la celebración del contrato y su ejecución.

10.10.- RESPONSABILIDAD POR DAÑOS Y SEGUROS.

La Empresa concesionaria será especialmente responsable de los daños que puedan ocasionarse como consecuencia de la ejecución de las obras y vendrá obligado, en el plazo de 15 días desde la notificación de la adjudicación, a tener o haber constituido póliza de seguro por Importe de 90.000 dólares, concertada con cualquier Entidad o Compañía legalmente constituida, en las formas permitidas en derecho, que garantice el pago de los daños que se puedan ocasionar a terceros, así como los que se produzcan en las obras e instalaciones hasta la finalización del plazo de garantía.

10.11. POSIBILIDAD DE SUBCONTRATACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

En cuanto al porcentaje de obra autorizado para subcontratación se estará a lo dispuesto en la Ley de Contratos del Sector Público.

10.12. VARIACIONES DEL PROYECTO.

El contratista no podrá, unilateralmente, efectuar ningún cambio después de ser aprobado el proyecto, siendo necesaria la aprobación por el contratante de cuantas variaciones sean presentadas con anterioridad a su ejecución.

11. CONDICIONES TÉCNICAS.

Las condiciones técnicas a las que deberá ajustarse el proyecto de instalación de placas fotovoltaicas no afectarán a las áreas aledañas a la urbanización.

12. DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LAS PARTES.

12.1. OBLIGACIONES DEL CONCESIONARIO.

Serán obligaciones básicas del concesionario las siguientes:

El cumplimiento fiel y exacto de los términos de la concesión.

Mantener en buen estado los bienes de dominio público objeto de la concesión, las obras efectuadas y abonar los daños y perjuicios por los desperfectos ocasionados a los bienes o instalaciones de propiedad municipal.

El concesionario será el único responsable de la relación con el Ayuntamiento, incluido el valor anual del arrendamiento durante todo el periodo de la concesión.

Facilitar al Municipio de Quito toda la información que éste le requiera y permitir la inspección de todas sus instalaciones a personal autorizado por el Ayuntamiento, facilitando el acceso a las, instalaciones y obras.

Queda obligado al pago de los anuncios de la licitación y formalización del contrato, así como de las indemnizaciones que procedan por ocupaciones temporales y permisos que precisa como consecuencia de las obras.

El concesionario vendrá obligado a asumir todas aquellas obligaciones que se deriven directa o indirectamente de los Pliegos, tanto Administrativos como Técnicos, que rigen esta contratación, y cuantas le imponga la normativa vigente.

12.2. DERECHOS DEL CONCESIONARIO

Son derechos del concesionario:

Utilizar los bienes de dominio público necesarios para la construcción y explotación del parque de placas fotovoltaicas.

Todos aquellos que se deriven directa o indirectamente de los Pliegos, tanto Administrativos como Técnicos, que rigen esta contratación, así como los generales de la relación jurídica de que se trata, expresados en la Ley de Contratos del Sector Público.

12.3. PRERROGATIVAS DEL MUNICIPIO.

Declarar la intervención de la concesión en los casos en que no la presentase o no la pudiera prestar el concesionario, por circunstancias imputables o no al mismo.

Imponer al concesionario las correcciones pertinentes en razón de la infracción que cometiere, incluido el secuestro y la resolución del contrato.

Declarar la caducidad de la concesión, en los casos previstos.

Acordar el rescate por razones de interés público.

12.4. SEGUROS.

La empresa concesionaria, con carácter previo al inicio de la prestación del servicio deberá suscribir una póliza que cubra a todo riesgo, durante el tiempo de concesión, el parque de placas de células fotovoltaicas y las instalaciones, asumiendo el pago de las primas y debiendo informar al Ayuntamiento de las pólizas contratadas.

12.5. RESPONSABILIDADES DEL CONCESIONARIO.

El contrato se ejecutará a riesgo y ventura del concesionario, siendo de su responsabilidad las indemnizaciones derivadas por daños a la Administración o a terceros como consecuencia de la ejecución del contrato, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Contratos del Sector Público y demás legislación vigente.

El concesionario será responsable de cualquier reclamación, judicial o extrajudicial, de terceros dirigida contra la Administración y derivada de la actividad del concesionario.

La concesión se entiende otorgada dejando a salvo el derecho de propiedad y sin perjuicio de tercero.

La responsabilidad del adjudicatario alcanzará, a los daños que puedan producirse en las redes de servicios de cualquier clase que existan en el suelo del dominio público que deba utilizar para la construcción del parque fotovoltaico, siendo de su cuenta y cargo, en todo caso, las indemnizaciones a que hubiere lugar, relevando al Contratante de toda responsabilidad o reclamación que le fuere efectuada al respecto.

6.9.5 COSTO PONDERADO DE LA ENERGÍA

Para la determinación de la rentabilidad de los proyectos se tomaron las siguientes consideraciones para determinar las hipótesis del modelo propuesto:

- Índices de venta de energía: 1,5% (Determinado en el proyecto fotovoltaico)
- IPC de compra de energía: 2% (Según INEC- Instituto Nacional de estadísticas y censo)
- IPC de compra materiales y mano de obra: 2.4% (Según INEC- Instituto Nacional de estadísticas y censo)
- Años de amortización de instalaciones: Los plazos considerados para la amortización de una instalación fotovoltaica y térmica según la normativa ecuatoriana (NEC- Normas ecuatorianas de contabilidad) para las maquinarias e instalaciones son 10 años.
- 10 para el retorno de la inversión.
- Se considera un CAPEX de mantenimiento en el año 14 del 5% y en el año 21 del 10%.

Para el financiamiento se han considerado las siguientes hipótesis:

Interés del Préstamo, en el país existen líneas de crédito preferenciales para proyectos de energías renovables (créditos verdes) regulados por el Banco Central de Ecuador, estos consideran tasas de interés desde el 4.5% al 9% dependiendo del tipo del proyecto, plazos y entidad financiera.

- Para el proyecto de autoconsumo se consideró un financiamiento al 7.5 % a un plazo de 10 años.

6.9.5 Hipótesis para fotovoltaico con EPC y No EPC

A continuación, en la tabla se muestran las hipótesis consideradas para la evaluación del proyecto fotovoltaico.

Tabla 72 Hipótesis Proyecto Fotovoltaico con EPC

ESTRUCTURA DE LA FINANCIACIÓN	
Préstamo:	
Porcentaje de préstamo (α_d)	70.0%
Interés del préstamo (C_d)	7.5%
Tipo Impositivo (t)	25.0%
Plazo del préstamo (años)	10.00
Fondos Propios	
Porcentaje de Fondos Propios ($1-\alpha_d$)	30.0%
Coste de los Fondos Propios (C_p)	12.0%
WACC	7.54%

Tabla 73 Hipótesis Proyecto Fotovoltaico sin EPC

Años de retorno de la inversión	10 años
Amortización de las instalaciones	10 años
ESTRUCTURA DE LA FINANCIACIÓN	
Préstamo:	
Porcentaje de préstamo (α_d)	0.0%
Interés del préstamo (C_d)	7.5%
Tipo Impositivo (t)	25.0%
Plazo del préstamo (años)	10.00
Fondos Propios	
Porcentaje de Fondos Propios ($1-\alpha_d$)	100.0%
Coste de los Fondos Propios (C_p)	12.0%
WACC	12.0%

6.9.6 Hipótesis para Solar Térmico

Para la determinación de la rentabilidad de los proyectos se tomaron las siguientes consideraciones para determinar las hipótesis del modelo propuesto:

- IPC de compra de energía: 2% (Según INEC- Instituto Nacional de estadísticas y censo)
- IPC de compra materiales y mano de obra: 2.4% (Según INEC- Instituto Nacional de estadísticas y censo)
- Años de amortización de instalaciones: Los plazos considerados para la amortización de una instalación solar térmica según la normativa ecuatoriana (NEC- Normas ecuatorianas de contabilidad) para las maquinarias e instalaciones son 10 años.
- 15 para el retorno de la inversión.
- Se considera un CAPEX de mantenimiento en el año 7 del 5%, en el año 14 del 10% y en el año 21 del 10%.

Para el financiamiento se han considerado las siguientes hipótesis:

- Para el proyecto de autoconsumo se consideró un financiamiento al 7.5 % a un plazo de 10 años.

Resumen de hipótesis consideradas en el proyecto solar térmico se muestran en la tabla:

Tabla 74 Hipótesis proyecto solar térmico

HIPÓTESIS PROYECTO		
Tipo de Construcción		
Degradación de la planta	0.20%	
Disponibilidad de la planta (aplica sobre generaciór	98.00%	
Capex Mantenimiento año 7	5.00%	
Capex Mantenimiento año 14	10.00%	
Capex Mantenimiento año 21	10.00%	
Índice Venta	2.00%	
Índice Venta energía térmica	0.00%	
Índice Compra - IPC energía	2.00%	
Índice Compra - IPC materiales y mano obra	2.40%	

Años de retorno de la inversión	15 años
Amortización de las instalaciones	10 años

A continuación, en las tablas, se presentan resultados de VAN y TIR considerando:

- 100% de fondos propios
- 70% Project finance + 30% fondos propios.

Tabla 75 Resultados VAN Y TIR 70% Project finance + 30% fondos propios

Project finance 70% - Fondos propios 30%			
	F. EPC	F. NO EPC	S. TÉRMICO
TIR PROYECTO (10) años Y (15) años Térmico	11.00%	14.40%	6.51%
TIR PROYECTO (30 años)	16.46%	19.12%	10.20%
VAN (30 años)	\$ 109,492.30	\$ 108,157.79	\$ 533,549.53
TIR EQUITY (10) años Y (15) años Térmico	20.01%	28.70%	5.48%
TIR EQUITY (30 años)	25.89%	32.46%	11.33%
VAN (30 años)	\$ 74,551.75	\$ 78,495.48	\$ 237,597.14
Último periodo negativo	3	2	12
Valor absoluto Ult periodo neg	\$ 2,083.61	\$ 1,471.13	\$ 13,892.11
Valor flujo siguiente periodo	\$ 4,030.54	\$ 4,360.30	\$ 34,749.95
Payback:	3.48 Años	2.66 Años	12.60 Años

Tabla 76 Resultados VAN Y TIR 100% fondos propios

Fondos propios 100 %			
	F. EPC	F. NO EPC	S. TÉRMICO
TIR PROYECTO (10) años y (15) años Térmico	11.00%	14.40%	6.51%
TIR PROYECTO (30 años)	16.46%	19.12%	10.20%
VAN (30 años)	\$ 74,546.38	\$ 73,489.49	\$ 362,390.88
TIR EQUITY (10) años y (15) años Térmico	10.81%	14.24%	6.18%
TIR EQUITY (30 años)	16.36%	19.00%	9.93%
VAN (30 años)	\$ 74,087.17	\$ 73,007.07	\$ 352,729.66
Último periodo negativo	4	4	9
Valor absoluto Ult periodo neg	\$ 4,880.58	\$ 8,739.47	\$ 23,631.10
Valor flujo siguiente periodo	\$ 9,326.05	\$ 9,132.65	\$ 43,220.32
Payback:	4.48 Años	4.04 Años	9.45 Años

Al comparar TIR EQUITY (30 años) con la WACC sin y con financiamiento con tasas de interés 12 % y 7, 54 % respectivamente, el proyecto es rentable, en los escenarios con el 100% de fondos propios y el 70% de financiamiento, esto se debe a la alta subvención de \$ 50 000 otorgada para los proyectos fotovoltaicos.

Se evidencia en la tabla que en el caso de 100% de fondos propios la TIR del proyecto es un poco mayor que la TIR de EQUITY por qué se considera un CAPEX de mantenimiento, sin embargo, sin considerar el CAPEX de mantenimiento la TIR del proyecto es igual a la TIR del EQUITY.

Tabla 77 Resultados VAN Y TIR sin CAPEX de mantenimiento

Fondos propios 100 % SIN CAPEX DE MANTENIMIENTO		
	F. EPC	F. NO EPC
TIR PROYECTO (10) años y (15) años Térmico	11.00%	14.40%
TIR PROYECTO (30 años)	16.44%	19.10%
VAN (30 años)	\$ 74,356.41	\$ 73,289.93
TIR EQUITY (10) años y (15) años Térmico	11.00%	14.40%
TIR EQUITY (30 años)	16.44%	19.10%
VAN (30 años)	\$ 74,356.41	\$ 73,289.93
Último periodo negativo	4	4
Valor absoluto Ult periodo neg	\$ 4,880.58	\$ 8,739.47
Valor flujo siguiente periodo	\$ 9,326.05	\$ 9,132.65
Payback:	4.48 Años	4.04 Años

En el solar térmico es rentable cuando hay un financiamiento del 70%, cuando la inversión es 100% propia, porque se espera un retorno con una tasa muy alta que es el 12%

Viabilidad Financiera

6.9.7 Determinación del LCOE y LROE

El cálculo del LCOE se realiza utilizando la siguiente expresión, en donde:

$$LCOE = \left(\sum_i X_i \cdot f_{\Sigma} \quad x_i \cdot f_a + INV \cdot f_a \right) \div producción_anual$$

X = es el coste en el año cero

i = tasa de descuento

f_a = factor de amortización

Siendo X_i cada uno de los costes del proyecto en el año actual o cero, y producción anual la energía por la planta en un año.

Mientras que la forma de calcular el LROE es similar al LCOE,

$$LROE = V \cdot f_{\Sigma} \quad v \cdot f_a$$

En donde V es el precio de venta de la energía en el año actual, expresado en euros o dólares/MWh.

9.6.8 Resultados proyecto fotovoltaico EPC

Para la obtención del costo ponderado de la energía en un proyecto con EPC se consideraron las hipótesis que se resumen en la tabla:

Tabla 78 Hipótesis para cálculo LCOE y LROE- EPC

Hipótesis de cálculo del LCOE y LROE - EPC	
Producción kWh-año	113,000.00
Inversión	\$ 53,400.00
Tasa de proyección de OYM	2.4%
Tasa de proyección de Seguros	2.0%
Tasa de proyección energía	1.5%
Degradación	0.5%
WACC	7.5%
Precio de energía (\$/kWh)	10.5
Ingresos	\$ 534.00
Gastos totales	\$ 1,800.00
OYM	\$ 1,430.00
Seguros	\$ 370.00

Para la obtención del LCOE y LROE se utilizaron dos métodos cálculo: teórico utilizando las fórmulas propuestas anteriormente y mediante hoja de cálculo excel, como se presentan en las tablas:

Tabla 79 Resultados teóricos para cálculo LCOE y LROE- EPC

Resultados Teóricos	
kO&M	0.953
kseguros	0.949
fsigma O&M	15.407
fsigma seguros	14.708
fa	0.063
N	30.000
kventa energía	0.944
fsigma precio energía	13.896
LCOE= (\$/kWh)	0.065
LROE=(\$/kWh)	0.124

Tabla 80 Resultados hoja de cálculo LCOE y LROE- EPC

Resultados Simulación	
LCOE (\$/KWh) - 30 años	-0.066
LROE (\$/KWh) - 30 años	0.125
LROE - LCOE (€/KWh) - 30 años	0.059

Resultados proyecto fotovoltaico No EPC

Para la obtención del costo ponderado de la energía en un proyecto sin EPC se consideraron las hipótesis que se resumen en la tabla:

Tabla 81 Hipótesis para cálculo LCOE y LROE- NO EPC

Hipótesis de cálculo del LCOE y LROE - NO EPC	
Producción kWh-año	113,000.00
Inversión	\$ 45,333.00
Tasa de proyección de OYM	2.4%
Tasa de proyección de Seguros	2.0%
Tasa de proyección energía	1.5%
Degradación	0.5%
WACC	7.5%
Precio de energía (\$/kWh)	10.5
Ingresos	\$ 534.00
Gastos totales	\$ 1,800.00
OYM	\$ 1,430.00
Seguros	\$ 370.00

Se manera similar a la detalló anteriormente se obtuvieron los resultados del LCOE y LROE para un proyecto desarrollado con iniciativa propia como se muestran en las tablas:

Tabla 82 Resultados teóricos para cálculo LCOE y LROE- NO EPC

Resultados Teóricos	
kO&M	0.953
kseguros	0.949
fsigma O&M	15.407
fsigma seguros	14.708
fa	0.063
N	30.000
kventa energía	0.944
fsigma precio energía	13.896
LCOE= (\$/kWh)	0.059
LROE=(\$/kWh)	0.124

Tabla 83 Resultados hoja de cálculo LCOE y LROE- NO EPC

Resultados Simulación	
LCOE (\$/KWh) - 30 años	-0.059
LROE (\$/KWh) - 30 años	0.125
LROE - LCOE (€/KWh) - 30 años	0.066

A continuación, se presenta en la tabla: el resumen de los valores obtenidos de LCOE y LROE:

Tabla 84 Resumen LCOE y LROE- EPC y NO EPC

RESUMEN LCOE Y LROE				
TEÓRICO	TEÓRICO		SIMULACIÓN	
	SOLAR FOTOVOLTAICO - EPC	SOLAR FOTOVOLTAICO -NO EPC	SOLAR FOTOVOLTAICO - EPC	SOLAR FOTOVOLTAICO -NO EPC
LCOE= (\$/MWh)	65.2	58.7	65.7	58.9
LROE=(\$/MWh)	123.5	123.5	125.1	125.1

6.9.9 Cálculo del LCOE solar térmico comparado con sustituto de calefón a GLP

Se considera el consumo de una vivienda de 2 tanques de GLP al mes, en estos casos el cálculo del consumo energético anual para una vivienda que posee calefón a GLP y con un rendimiento del 70% sería:

$$CEA = 2 \frac{\text{tan}}{\text{mes}} * 15 \frac{\text{kg}}{\text{tan}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} * 46.073 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$CEA \text{ vivienda} = 16'586.280 \text{ kJ/año}$$

$$CEA100 \text{ viviendas} = 1658'628.000 \text{ kJ/año} * 0.000278 \text{ kWh/kJ}$$

$$CEA100 \text{ viviendas} = 460.730 \text{ kWh/año} * 0,7$$

$$CEA100 \text{ viviendas} = 322.511 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Precio del GLP} = \frac{\text{inversión}}{\text{energía anual}}$$

$$\text{Precio de GLP} = \frac{\$ 55.000}{322.511 \text{ kWh}}$$

$$\text{Precio de Calf. GLP} = 170 \frac{\$}{\text{MWh}}$$

Para determinar el costo ponderado de la energía LCOE para el proyecto de utilizando el gas licuado de petróleo GLP a través de un calefón para calentamiento de agua se consideran las hipótesis que se detallan en la tabla

Tabla 85 Hipótesis para cálculo LCOE uso calefón-GLP

Hipótesis de cálculo del LCOE y LROE - USO CALEFÓN - GLP	
Producción kWh-año	322,511.00
Inversión	\$ 55,000.00
Tasa de proyección de OYM	2.4%
Tasa de proyección de Segu	2.0%
Tasa de proyección energía	1.5%
Degradación	1.5%
WACC	7.5%
OPEX	\$ 53,450.00
OYM	\$ 53,250.00
Seguros	\$ 200.00

Para el cálculo del LCOE se utiliza el modelo teórico propuesto y se detalla en la tabla

Tabla 86 Resultados para cálculo LCOE uso calefón- GLP

Resultados	
kO&M	0.953
kseguros	0.949
fsigma O&M	15.407
fsigma seguros	14.708
fa	0.063
N	30.000
kventa energía	0.944
fsigma precio energ	13.896
LCOE= (\$/kWh)	0.275

Se considera la energía útil de los colectores solares y una eficiencia de un 65%.

Energía útil= 3.806,916 kWh/año

Energía útil 100 viviendas = 380.691.6 kWh/año*0,65

Energía útil 100 viviendas = 247.449,15 kWh/año

Tabla 87 Hipótesis para cálculo LCOE solar térmico

Hipótesis de cálculo del LCOE y LROE SOLAR TÉRMICO	
Producción kWh-año	247,449.15
Inversión	\$ 418,325.84
Tasa de proyección de OYM	2.4%
Tasa de proyección de Seguro	2.0%
Tasa de proyección energía	1.5%
Degradación	1.5%
WACC	7.5%
OPEX	\$ 5,450.00
OYM	\$ 5,250.00
Seguros	\$ 200.00

Tabla 88 Resultados para cálculo LCOE uso calefón- GLP

Resultados	
kO&M	0.953
kseguros	0.949
fsigma O&M	15.407
fsigma seguros	14.708
fa	0.063
N	30.000
kventa energía	0.944
fsigma precio energ	13.896
LCOE= (\$/kWh)	0.205

Tabla 89 Resumen LCOE solar térmico y calefón - GLP

RESUMEN LCOE Y LROE		
TEÓRICO	SOLAR TÉRMICO	CALEFÓN A GLP
LCOE= (\$/MWh)	204.8	274.8

Al comparar el LCOE del proyecto con colectores solares y calefón a GLP, se puede evidenciar que es financieramente factible a pesar de su alta inversión inicial, debido a que en el uso de calefón a GLP la operación es elevada, esto a qué costo de la bombona del recurso energético glp sin subsidio por parte del estado que tiene un precio de 20 \$/bombona, un precio alto comparado con el recurso energético sol utilizado en el colector solar que no tiene precio.

De las simulaciones se evidencio que, para poder pagar el financiamiento, es decir, tener flujo de caja, una alternativa de financiamiento externo es desde un 40% y 60 % recursos propios, a continuación, se presentan las hipótesis y resultados obtenidos en las tablas

Tabla 90 Hipótesis proyecto solar térmico 40 % Project finance + 60% fondos propios

Años de retorno de la inversión	15 años
Amortización de las instalaciones	10 años
ESTRUCTURA DE LA FINANCIACIÓN	
Préstamo:	
Porcentaje de préstamo (α_d)	40.0%
Interés del préstamo (C_d)	7.5%
Tipo Impositivo (t)	25.0%
Plazo del préstamo (años)	10.00
Fondos Propios	
Porcentaje de Fondos Propios ($1-\alpha_d$)	60.0%
Coste de los Fondos Propios (C_p)	12.0%
WACC	9.45%

Resultados VAN, TIR y PAYBACK con 40 % Project finance + 60% fondos propios.

Tabla 91 Resultados VAN , TIR y Payback

TIR PROYECTO (15) años	6.51%
TIR PROYECTO (30 años)	10.20%
VAN (30 años)	\$ 446,114.82
TIR EQUITY (15) años	5.99%
TIR EQUITY (30 años)	10.63%
VAN (30 años)	\$ 286,859.51
Último periodo negativo	11
Valor absoluto Ult periodo neg	\$ 30,110.35
Valor flujo siguiente periodo	\$ 34,076.27
Payback:	11.12 Años

Tabla : Resultados VAN , TIR y Payback

7 BIBLIOGRAFÍA

- ARCERNNR. (Julio de 2021). *Centrosur*. Obtenido de <https://www.centrosur.gob.ec/wp-content/uploads/2021/08/6.-Regulaciones-ARCERNNR-001-y-002-2021.-O.Salazar-20210721.pdf>
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de <https://bit.ly/2UX6xBL>
- CELEC EP. (3 de Septiembre de 2019). *CELEC EP*. Obtenido de CELEC EP Enerjubones: <https://www.celec.gob.ec/enerjubones/index.php/sala-prensa/noticias/123-manabi-tendra-la-central-de-energia-fotovoltaica-mas-grande-del-pais>
- Cevallos, S., & Ramos, M. (2018). *Spatial assesment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador, Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- IEA. (s.f.). *International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme*. Recuperado el 5 de Marzo de 2022, de <https://iea-pvps.org/about-iea-pvps/>
- MAE. (2018). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/#>
- Martín, L. G. (4 de 7 de 2014). Obtenido de <https://repositorio.comillas.edu/>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2020). Obtenido de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- Neya, P., & Campoverde, J. (2012). *Generación fotovoltaica a gran escala para Morona Santiago. cuenca*.
- Orosco, Y. (2013). *La utilización de la energía fotovoltaica en el Ecuador*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación.
- SELECTRA. (9 de 5 de 2022). *Climate consulting*. Obtenido de <https://climate.selectra.com>
- SOLARMENTE. (s.f.). Recuperado el 5 de Marzo de 2022, de <https://solarmente.es/>
- Vaca, D. (2018). *Validación de datos satelitales de radiación solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador*. Quito: EPN. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19516>
- Vaca, D., & Ordoñez, F. (2020). *Mapa Solar del Ecuador 2019*. Quito.

8 APÉNDICES

SIMULACIÓN 20%

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: Proyecto grupo 8

Variante: 20%

Sin escena 3D

definida, sin

sombrasPotencia del

sistema: 72.0 kWp

Urb El Manantial - Ecuador

Resumen del proyecto

Sitio geográfico

Urb El Manantial

Latitud -0.31 °S
Longitud -78.50 °W
Altitud

Datos meteo

Urb El Manantial

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Inclin./azimuts 15 / 0 °
15 / 180 °

Información del sistema

Sin escena 3D definida, sin sombras

Sombreados cercanos

Necesidades del usuario

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Resultados principales	4
Diagrama de pérdida	5
Gráficos especiales	6

Parámetros generales

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Planos fijos 2 orientaciones
15 / 0 °

Configuración de cobertizos

Modelos usados

Transposición Perez
Difuso Importado

Horizonte

Sombreados cercanos

Necesidades del usuario

Características del conjunto FV

Módulo FV

Fabricante	CSI Solar	Fabricante	Huawei Technologies
Modelo		Número de inversores	6 * MPPT 17% 1 units
Número de módulos FV	160 unidades	Potencia total	60.0 kWca
Nominal (STC)	72.0 kWp	Voltaje de funcionamiento	200-1000 V
Módulos	10 Cadenas x 16 En series	Potencia máx. (=>50°C)	66.0 kWca
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	1.20
Pmpp	65.8 kWp		
U mpp	592 V	Potencia total del inversor	
I mpp	111 A	Potencia total	60 kWca
Potencia FV total		Núm. de inversores	1 Unidad
Nominal (STC)	72 kWp	Proporción Pnom	1.20
Total	160 módulos		
Área del módulo	353 m²		

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del coniuunto

Factor de pérdida térmica

Res. conjunto global 88 mΩ

Uc (const) 20.0 W/m²K

Pérdida diodos serie

Caída de voltaje 0.7 V

Pérdidas de desajuste de cadenas

Fracción de pérdida 0.1 %

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

Resultados principales

Producción del sistema

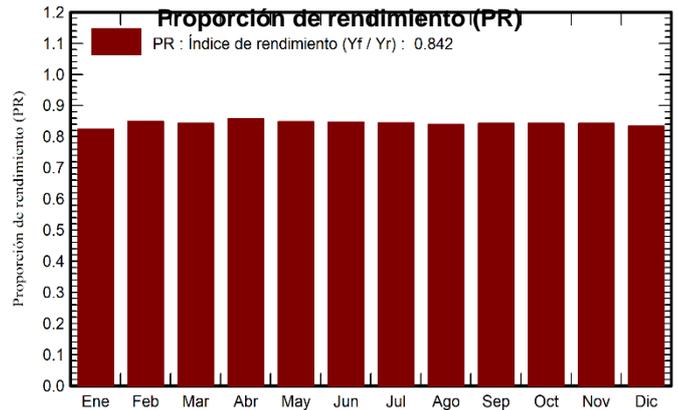
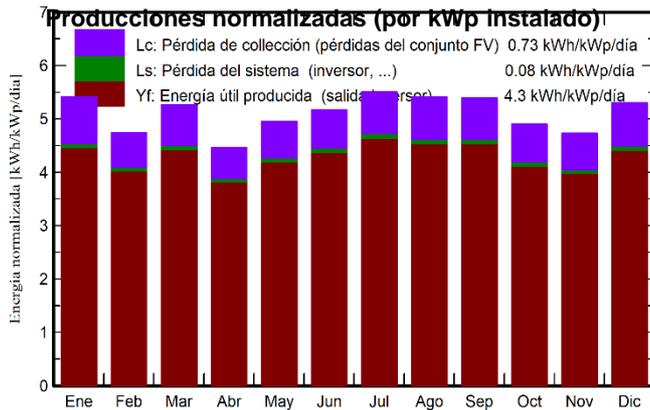
Energía producida 113.0 MWh/año

Producción específica

1570 kWh/kWp/año

Proporción de rendimiento (PR)

84.22 %



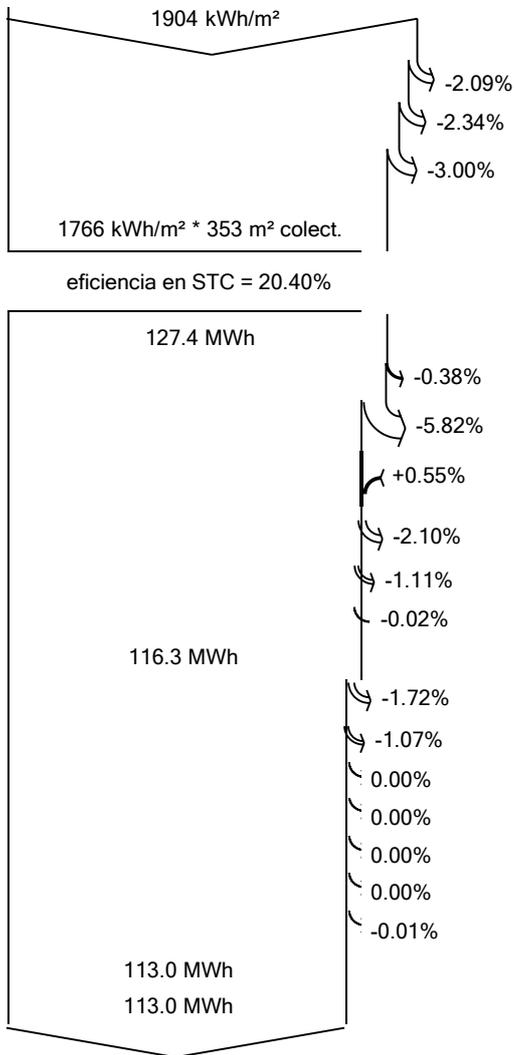
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	171.7	83.76	14.80	167.9	158.6	10.15	9.97	0.825
Febrero	135.7	76.12	14.81	132.8	125.9	8.26	8.12	0.849
Marzo	166.4	82.60	15.15	162.9	154.6	10.06	9.88	0.842
Abril	136.7	78.17	14.56	133.8	126.9	8.41	8.26	0.857
Mayo	156.9	83.88	15.19	153.5	144.8	9.54	9.37	0.848
Junio	158.5	57.27	15.28	155.2	146.8	9.62	9.46	0.847
Julio	174.2	59.03	14.89	170.5	161.4	10.55	10.37	0.845
Agosto	171.3	65.53	16.28	167.7	158.8	10.31	10.13	0.839
Septiembre	164.9	79.18	14.95	161.7	153.8	9.98	9.81	0.842
Octubre	155.1	75.59	15.20	151.9	144.1	9.37	9.21	0.842
Noviembre	144.9	68.08	15.16	141.9	134.6	8.76	8.61	0.843
Diciembre	167.9	63.20	14.83	164.3	155.7	10.04	9.86	0.834
Año	1904.1	872.41	15.09	1864.2	1765.9	115.05	113.04	0.842

Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_Grid	Energía inyectada en la red
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Proporción de rendimiento
GlobInc	Global incidente plano receptor		
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados		

Diagrama de pérdida



Irradiación horizontal global

Global incidente plano receptor

Factor IAM en global

Factor de pérdida de suciedad

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV

Conjunto de energía nominal (con ef. STC)

Pérdida FV debido al nivel de irradiancia

Pérdida FV debido a la temperatura.

Pérdida calidad de módulo

Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas

Pérdida óhmica del cableado

Orientación mixta pérdida de desajuste

Energía virtual del conjunto en MPP

Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)

Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal

Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima

Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal

Pérdida del inversor debido al umbral de potencia

Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje

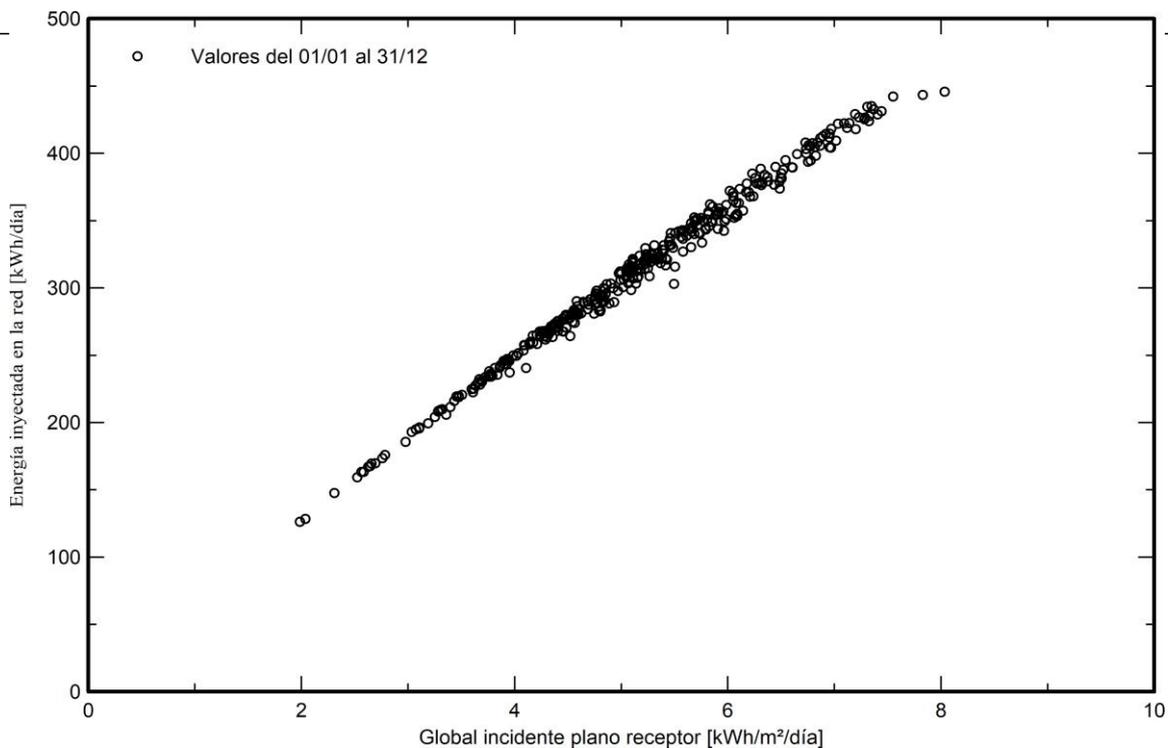
Consumo nocturno

Energía disponible en la salida del inversor

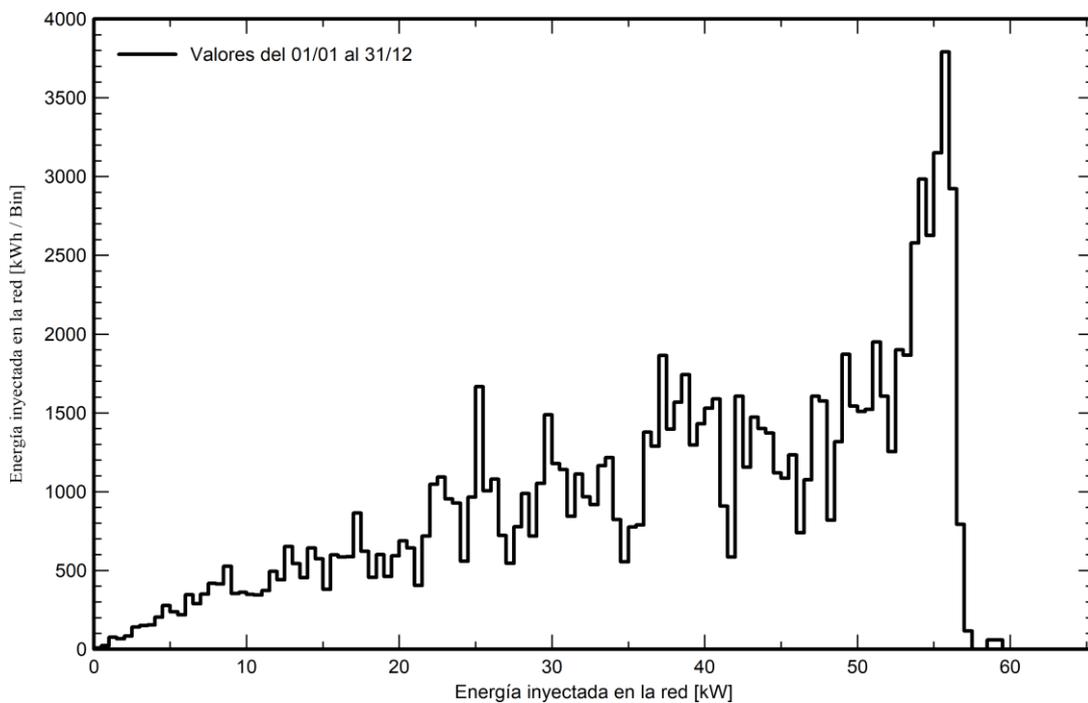
Energía inyectada en la red

Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



Equipos Planta Fotovoltaica:

Anexo 1: Panel Solar



Canadian_Solar-Datasheet-HiKu_CS3W-MS_EN.pdf

Anexo 2: Inversor



Huawei-SUN2000-60KTL-M0.pdf

Anexo 3: Simulación OffGrid



Urb El Manantial_Project OFFGRID.VC0-Report.pdf

Equipos Planta OffGrid:

Anexo 4: Panel Solar OffGrid



Canadian Solar CS5C-M Mono _ Manualzz.pdf

Anexo 5: Controlador de carga



MPPT-Solar-Charge-Controller-MT2410-Instructions.pdf

Anexo 6: Batería



datasheet-tensite-batteries-AGM-12-300.pdf

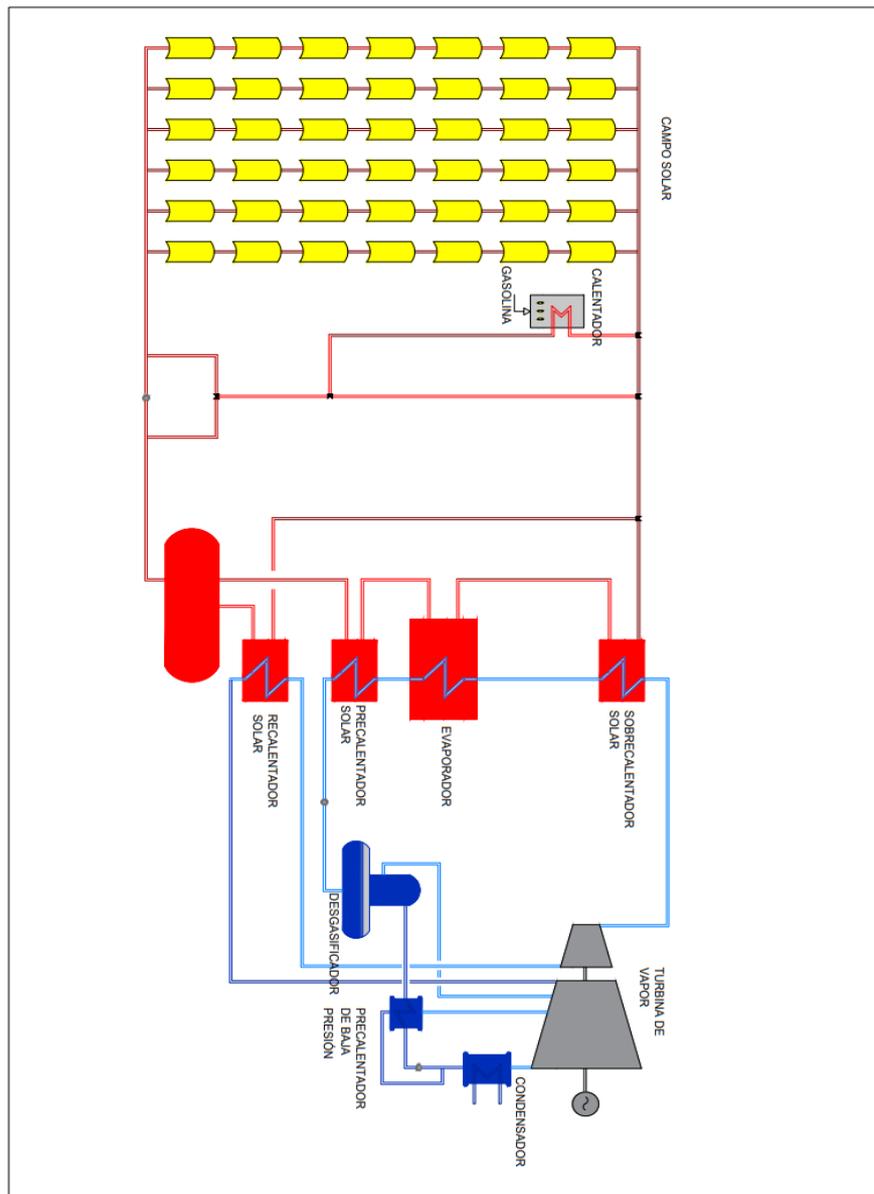
Ficha de cálculo energía solar térmica

Anexo 7: Ficha de cálculo de energía solar térmica



SOLAR
TERMICA-SEMANA2

Anexo 8: Diagrama de la instalación



Anexo 9: Financiación Fotovoltaica



EIG_Master
ER_Financiacion_v9

Anexo 10: Financiación solar térmica



EIG_Master
ER_Financiacion_v9