



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

DISEÑO ELÉCTRICO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID PARA EL COMPLEJO DE CONCIENTIZACIÓN Y CUIDADO DEL MAR, YUBARTA

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: Luis Daniel López Fernández

Braulio Cesar López Fernández

TUTOR: Ing. Julio Manuel Silva Becherán, MSc

Guayaquil-Ecuador

2022

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Daniel López Fernández con documento de identificación 0951752989 y Braulio Cesar López Fernández con documento de identificación 0951752997, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 19 de marzo del año 2022

Atentamente,



Luis Daniel López Fernández
0951752989



Braulio Cesar López Fernández
0951752997

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Nosotros, Luis Daniel López Fernández con documento de identificación 0951752989 y Braulio Cesar López Fernández con documento de identificación 0951752997, , expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Trabajo de titulación: “Diseño Eléctrico de un sistema fotovoltaico On grid para el complejo de concientización y Cuidado del mar, Yubarta”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en forma digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de marzo del año 2022

Atentamente,



Luis Daniel López Fernández
0951752989



Braulio Cesar López Fernández
0951752997

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Julio Manuel Silva Becherán con documento de identificación No.0959623422, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Diseño Eléctrico de un sistema fotovoltaico On grid para el complejo de concientización y Cuidado del mar, Yubarta” realizado por Luis Daniel López Fernández con documento de identificación 0951752989 y Braulio Cesar López Fernández con documento de identificación 0951752997, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de TRABAJO DE TITULACIÓN que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de marzo del año 2022

Atentamente,



Ing. Julio Manuel Silva Becherán
0959623422

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida después de varios obstáculos de mi vida, y mantenerme siempre firme con mi decisión de convertirme en un profesional, a mi madre Priscila por los valores que me ha inculcado pero sobre todo, por ser un ejemplo de trabajo, esfuerzo, dedicación y mucha perseverancia, los cuales me permitieron ser una mejor persona con objetivos claros siendo pilar fundamental en mi vida, a mi hermano Braulio a su apoyo hemos logrado juntos completar este trabajo con mutuo esfuerzo para completar este logro y Eduardo que a pesar del ser el menor de la familia, trato de ser un ejemplo de superación para él.

Luis Daniel López Fernández

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi padre celestial por darme salud y permitir enriquecerme de conocimientos cada día, y así aplicarlos en la vida profesional, a mi familia por estar siempre a mi lado de manera incondicional, y mi señorita enamorada por apoyarme psicológica y emocionalmente en cada momento de mi proceso de formación profesional, demostrándome su interés, para mi desarrollo personal y profesional.

Luis Daniel López Fernández

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto, y mantenerme siempre firme con mi decisión de convertirme en un profesional, a mi madre Priscila por los valores que me ha inculcado como el trabajo, esfuerzo, dedicación y mucha perseverancia, los cuales me permitieron ser una mejor persona con objetivos claros siendo pilar fundamental en mi vida, con mi hermano Daniel logramos juntos completar este trabajo con mutuo esfuerzo y Eduardo que a pesar del ser el menor de la familia, nos apoya en nuestro día a día.

Braulio Cesar López Fernández

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y a Dios sobre todas las cosas por inculcarme la paciencia para lograr y no dejar rendirme en esta meta mutua con mi hermano Daniel, a mi abuelita por ser un pilar en mi desarrollo y a personas importantes en mi vida que me ayudaron a seguir adelante y no desviarme de mis metas, a mis compañeros de clases por siempre apoyarnos mutuamente y a Evelyn que estuvo conmigo desde los primeros años de mi estudios en la universidad, apoyándome incondicionalmente y siempre ayudándome a superarme.

Braulio Cesar López Fernández

RESUMEN

En la actualidad la generación fotovoltaica conectada a la red se muestra como una alternativa ventajosa para el sector industrial como residencial, desde el punto de vista económico y ambiental frente a las fuentes convencionales de energía eléctrica. En nuestro país el sistema energético se encuentra liderado por el consumo de combustibles Fósiles, sin embargo, poco a poco se están dando prioridad al uso y optimización de las energías renovables. En el presente trabajo se realiza el diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico on grid para el complejo de concientización y cuidado del mar, Yubarta. El cual disminuirá el consumo Lumínico del complejo, al mismo tiempo estará conectado a la red eléctrica local. Para alcanzar los objetivos principales se realizarán diferentes cálculos y simulaciones utilizando Software profesionales tales como PVsyst y AutoCAD, basado en el estudio de las cargas. Este proyecto está diseñado para reducir el Impacto ambiental producido por empresas generadoras de energías no renovables y aportando el crecimiento de energías limpias en nuestro país. Como resultado se obtiene un sistema fotovoltaico capaz de sustentar la carga de los circuitos de iluminación, reduciendo así los costos de consumo eléctrico por parte de la red local. El dimensionamiento del sistema fotovoltaico fue validado en el software PVsyst, el cual nos indica que el dimensionamiento realizado es el óptimo para el sistema.

PALABRAS CLAVES: sistema fotovoltaico, sistema energético, conectado a la red, energías renovables, impacto ambiental.

ABSTRACT:

At present, photovoltaic generation connected to the grid is an advantageous alternative for the industrial and residential sector, from an economic and environmental point of view, compared to conventional sources of electricity. In our country, the energy system is led by the consumption of fossil fuels; however, little by little, priority is being given to the use and optimisation of renewable energies. In the present work the electrical design of a photovoltaic system on grid for the complex of awareness and care of the sea, Yubarta, is carried out. This system will reduce the lighting consumption of the complex and at the same time will be connected to the local electricity grid. To achieve the main objectives, different calculations and simulations will be carried out using professional software such as PVsyst and AutoCAD, based on the study of the loads. This project is designed to reduce the environmental impact produced by non-renewable energy generating companies and to contribute to the growth of clean energy in our country. The result is a photovoltaic system capable of sustaining the load of the lighting circuits, thus reducing the costs of electricity consumption by the local network. The dimensioning of the photovoltaic system was validated in the PVsyst software, which indicates that the dimensioning carried out is optimal for the system.

KEY WORDS: photovoltaic system, energy system, grid connected, renewable energies, environmental impact.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT:.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1. Introducción.....	1
2. Problema de estudio	1
2.1 Justificación.....	1
2.2 Delimitación.....	2
2.3 Objetivos.....	3
2.4 Objetivos específicos	3

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
1. Metodología de la investigación.....	4
2. Energía renovable	4
3. Sistema Solar Fotovoltaico	5
3.1 Clases de sistemas fotovoltaicos.....	6
3.2 Radiación solar recibida en un panel solar y ángulos de inclinación.....	10
3.3 Hora solar pico	11
4. Consideraciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)	12
5. Factor de demanda	12
5.1 Circuitos	14
6. Características generales para consumidores interesados en instalar sistemas FV en el Ecuador del ARCONEL.....	15
7. Requisitos para la aprobación de sistemas fotovoltaicos Ongrid en el Ecuador	15
8. Tratamiento comercial de la energía producida por sistemas fotovoltaicos de baja Capacidad.....	16
9. Liquidación de la energía entregada a la red de la empresa de distribución...	16
10. Criterio de evaluación financiera.	17
10.1 Valor actual neto (VAN).....	17
10.2 Tasa interna de retorno (TIR).	18
10.3 Periodo de recuperación de la inversión (NPER).	18
10.4 Tasa de interés referencial	19
CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y FOTOVOLTAICO ...	19
11. Identificación de cargas por área de uso.	19

11.1	Plano para el sistema lumínico.	20
11.2	Plano para el sistema tomacorrientes generales y tomacorrientes especiales.....	22
12.	Dimensionamiento del sistema eléctrico.	24
12.1	Cálculo de potencia del circuito lumínico.....	24
12.2	Cálculo de potencia del circuito de tomacorriente	26
12.3	Cálculo de potencia de los circuitos de cargas especiales.....	27
12.4	Demanda total del sistema eléctrico y descripción de planos eléctricos. .	27
13.	Diseño de planos unifilares mediante el software AutoCAD	28
14.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	29
14.1	Cálculo del consumo diario de los circuitos de iluminación.....	29
14.2	Cálculos para el sistema fotovoltaico.....	30
15.	Análisis a partir del uso del simulador PVsyst 7.2.	32
15.1	Diseño y simulación del proyecto.	33
15.2	Análisis de los resultados a partir de la ejecución del simulador.	37
15.3	Ingreso de componentes empleados en nuestra simulación.	38
15.4	Parámetros opcionales para nuestro sistema fotovoltaico.	40
15.5	Resultados a partir de la simulación en nuestro sistema fotovoltaico.	42
16.	Resultados de la evaluación económica.	46
16.1	Cálculo de evaluación económica.....	47
17.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
17.1	Conclusiones	48
17.2	Recomendaciones	48

BIBLIOGRAFÍA..... 49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica de la Zona de Trabajo	2
Figura 2: Área de construcción del proyecto.....	2
Figura 3: Área de construcción de la edificación principal	3
Figura 4. Producción energética de Ecuador en el 2017	5
Figura 5. Efecto Fotovoltaico	6
Figura 6. Sistema fotovoltaico aislado	8
Figura 7. Sistema fotovoltaico conectado a la red.....	9
Figura 8. Sistema fotovoltaico hibrido	10
Figura 9: Balance neto de energía	16
Figura 10. Tasas de interés para el sector financiero.....	19
Figura 11. Selección de área para circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 1.	20
Figura 12. Selección de áreas para circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 2.	21
Figura 13. Selección de áreas para circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 3.	21
Figura 14. Selección de áreas para circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 4.	22
Figura 15. Selección de áreas para circuitos de tomacorrientes generales y especiales pertenecientes al tablero de sub-distribución 1.	22
Figura 16. Selección de áreas para circuitos de tomacorrientes generales y especiales pertenecientes al tablero de sub-distribución 2.	23
Figura 17. Selección de áreas para circuitos de tomacorrientes generales y especiales pertenecientes a tablero sub-distribución 3.	23
Figura 18. Selección de áreas para circuitos de tomacorrientes generales y especiales pertenecientes a tablero sub-distribución 4.	24
Figura 19. Ventana principal del programa PVsyst 7.2.....	33
Figura 20. Asignación del nombre del proyecto Fotovoltaico	34
Figura 21. Asignación de coordenadas del proyecto fotovoltaico.....	34
Figura 22. Coordenadas geográficas para el simulador.....	35

Figura 23. Importación de datos meteorológicos	35
Figura 24. Características de la importación de datos en Meteonorm 8.0.....	36
Figura 25. Almacenamiento de datos geográficos.....	36
Figura 26. Variantes de dimensionamiento en el simulador	37
Figura 27. Variante de orientación, "nueva variante de simulación"	38
Figura 28. Varienate sistema, "nueva variante de simulación"	38
Figura 29. Ingreso de Potencia pico del sistema para el pre-dimensionamiento.....	39
Figura 30. Culminación del conjunto fotovoltaico.....	39
Figura 31. Advertencias de la simulación del conjunto fotovoltaico	40
Figura 32. Parámetros opcionales de horizonte del sistema fotovoltaico.....	41
Figura 33. Línea de horizonte en el sistema	41
Figura 34. Definición de sombreados cercanos.....	42
Figura 35. Resultados y estadísticas de la simulación.....	42
Figura 36. tablas de resultados de la simulación del sistema fotovoltaico.....	43
Figura 37. Resultados principales.....	43
Figura 38. Sumas mensuales por hora para E_Grid [kwh].....	44
Figura 39. gráficos predeterminados de la simulación del sistema fotovoltaico.....	44
Figura 40. energía incidente de referencia del sistema fotovoltaico.	45
Figura 41. diagrama de flujo de pérdidas del sistema fotovoltaico	45
Figura 42. informe final del sistema fotovoltaico generado en PDF.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inclinación y orientación de los paneles solares	11
Tabla 2. Hora solar pico 2021 (Complejo Yubarta)	12
Tabla 3. Factores de demanda	13
Tabla 4. Cargas especiales: Equipo eléctrico	13
Tabla 5. Cargas especiales: Factores de demanda para cargas especiales.....	13
Tabla 6. Capacidad de protección en función del calibre del conductor	14
Tabla 7. Cálculo de potencia del circuito lumínico.....	25
Tabla 8. Cálculo de potencia del circuito tomacorrientes	26
Tabla 9. Cálculo de potencia del circuito tomacorrientes	27
Tabla 10. Cálculo de consumo Wh/día para los circuitos de iluminación	29
Tabla 11. Cálculo de evaluación Económica.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Esquema Unifilar principal	52
Anexo 2: Plano arquitectónico de la edificación	53
Anexo 3. Tablero de sub-distribución 1	54
Anexo 4. Tablero de sub-distribución 2	55
Anexo 5. Tablero de sub-distribución 3	56
Anexo 6. Tablero de sub-distribución 4	57
Anexo 7. Plano Eléctrico del Sistema de Iluminación.	58
Anexo 8. Plano eléctrico del sistema de tomacorrientes generales y tomacorrientes especiales.	59
Anexo 9. Presupuesto para Sistema Fotovoltaico Ongrid.	60
Anexo 10. Modulo Cheetah HC 72M 390-410 Watt	61
Anexo 11: Modulo Delta Energy RPI M8A.....	63
Anexo 12. Informe de simulación PVsyst.....	65

CAPÍTULO I

1. Introducción.

Este Proyecto surgió de la necesidad de una empresa privada, en crear un complejo de rescate marino costero sustentado en un marco ambiental, el proyecto tendrá como objetivo disminuir costos de consumo eléctrico y mediante una alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente, la edificación tendrá varias funciones tales como centros de rescate y cuidado marino costero, veterinarias, boletería, entre otras áreas. Dentro de este proyecto se utilizó la metodología cuantitativa de investigación, con el fin de llevar un orden investigativo y realizar cálculos que nos permitirá conocer el enfoque del proyecto, ya que la limitación del trabajo consistió en conocer la reducción de costos de energía y el periodo de recuperación de la inversión por el inversionista, considerando el nivel de incertidumbre que existe a largo plazo, por eso mediante criterio de evaluación económica se realizaron cálculos específicos para indicar la factibilidad del proyecto.

2. Problema de estudio

La producción de energía eléctrica por medio de fuentes de energía renovable contribuye significativamente a los objetivos del estado el cual declara que:

“El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto”. (NEC, 2018)

El problema principal que conlleva a la elaboración de este trabajo es la reducción de los costos de energía, mediante la aplicación del sistema fotovoltaico ongrid.

2.1 Justificación

Este proyecto se planteó como una propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico que compense el consumo de energía (alusión a los costos). En una primera revisión se plantea diseñar un sistema eléctrico ongrid, el cual estará conectado a la red eléctrica local y también a una fuente de generación fotovoltaica, para así aprovechar la energía limpia del sol y cumplir con la eficiencia energética para con el usuario.

El proyecto estará diseñado para cubrir una demanda específica de energía, pero se considerará como referencia la demanda de la carga lumínica, que será alimentada por un sistema fotovoltaico conectado a la red, como respaldo, en el caso de existir un pico de demanda durante las horas de bajo nivel de radiación solar la red eléctrica local entra

en funcionamiento.

2.2 Delimitación.

El proyecto “Museo Marino Yubarta” evidencio la necesidad de diseñar un sistema de iluminación y tomas de corriente. En la Figura 1 se muestra el proyecto donde desarrollará, precisamente en el perfil costanero entre playa Bellaca y Mesita en la provincia de Manabí, Ecuador, en el sector del Pajonal.

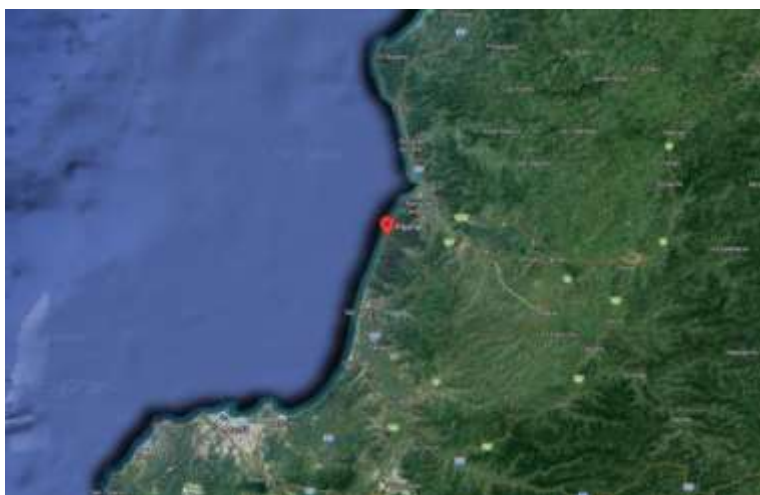


Figura 1: Ubicación Geográfica de la Zona de Trabajo

Fuentes: Autores

Se presentan las con coordenadas -0.66615 , -80.47791 . Con un área de terreno de $12,754.53m^2$, área de construcción de $4,434.28m^2$ y área verde de $8,320m^2$.



Figura 2: Área de construcción del proyecto

Fuentes: Autores

En la siguiente Figura 3, cabe recalcar que no toda la propiedad será tomada en cuenta para el diseño eléctrico de este proyecto, el área sombreada en color rojo, el cual

representa el área a trabajar.



Figura 3: Área de construcción de la edificación principal

Fuentes: Autores

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema eléctrico fotovoltaico conectado a la red, que complementará la demanda instalada del complejo concientización y cuidado del mar Yubarta.

2.4 Objetivos específicos

- Identificar las cargas eléctricas que se conectarán al sistema fotovoltaico mediante el uso de los planos de distribución eléctrica del complejo.
- Elaborar el diagrama unifilar del sistema eléctrico general con la aplicación del sistema fotovoltaico Ongrid.
- Estimar la demanda energética del sistema eléctrico del complejo mediante cálculos y aplicaciones de simulaciones para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1. Metodología de la investigación

La metodología de investigación es la estrategia que se utilizará para que un proyecto de investigación sea exitoso por lo que su elección determina todo el rumbo de la investigación. La mejor metodología que debe usarse, sin embargo, es una las decisiones más difíciles para los investigadores por lo que es importante conocer los factores que influyen en la decisión, las metodologías de investigación que existen y qué pasos seguir para poder seleccionar la mejor de acuerdo con la investigación que se tenga en mente. (enago, 2021)

En nuestro proyecto se utilizó la metodología cuantitativa ya que es aquella con las que se pueden obtener datos cuantitativos o medibles. Su importancia es que pueden validarse con modelos y principios científicos, pero pueden llegar a ser inflexibles y frías. Ejemplos de metodologías cuantitativas son (enago, 2021):

- “Se usan para recopilar información de personas con preguntas cerradas o abiertas, pero con respuestas medibles que pueden consistir en escalas de medición”. (enago, 2021)
- “Diseño experimental. Se utiliza para obtener mediciones de variables que sirven para establecer un comportamiento o corroborar o descartar alguna hipótesis”. (enago, 2021)
- “Análisis comparativo. Comparación de medidas entre dos o más grupos de resultados”. (enago, 2021)
- “Análisis estadísticos. Incluyen análisis de correlación o regresión lineal (estudio de la asociación lineal entre variables numéricas) o regresión polinomial (estudio de la asociación polinomial entre variables numéricas)”. (enago, 2021)
- “Modelación matemática. Involucra el análisis de algún comportamiento mediante ecuaciones matemáticas que pueden deducirse a partir de algún tipo de razón entre variables (ecuaciones diferenciales) u otra relación”. (enago, 2021)

2. Energía renovable

“La energía renovable se describe como la energía derivada a partir de los recursos naturales, ya sea porque contienen grandes cantidades de energía o porque son capaces de regenerarse por medios naturales”. (Villao & Consuegra, 2021)

Las energías renovables se dividen en energías renovables convencionales y energías renovables no convencionales de acuerdo con su nivel de desarrollo tecnológico y grado

de penetración en la matriz energética de cada país. La primera considera grandes centrales hidroeléctricas, mientras que la segunda incluye aerogeneradores, solar fotovoltaica, térmica, geotérmica, mareomotriz, biomasa y minihidráulica (Spiegeler & Cifuentes, 2017).

En Ecuador el uso de energía solar está en pleno desarrollo, aun así, ya se ha podido realizar una comparativa de la producción energética en base a sus fuentes. En la Figura 4, podemos identificar la producción de dióxido de carbono que Ecuador emite cada año para generar electricidad. Esto se basa en datos del informe del factor de emisión de CO₂ del sistema nacional interconectado del Ecuador 2019, elaborado por el comité técnico para la determinación de los factores de emisión de gases de efecto.

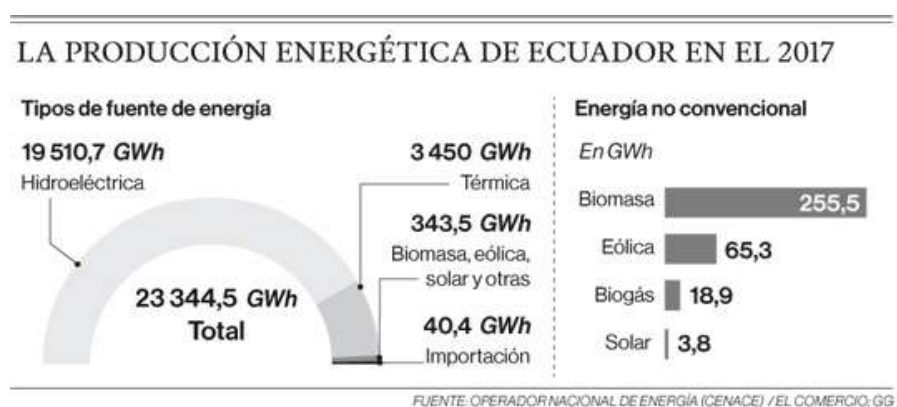


Figura 4. Producción energética de Ecuador en el 2017

Fuentes: Dávila (2020)

3. Sistema Solar Fotovoltaico

“El sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánico, eléctrico y electrónico que concurren para captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica”. (Escobedo, 2018)

“Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías; aislados o conectados a red”. (Escobedo, 2018).

“De igual manera, se considera al sistema de energía solar fotovoltaica como una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica”. (Lulo, 2017)

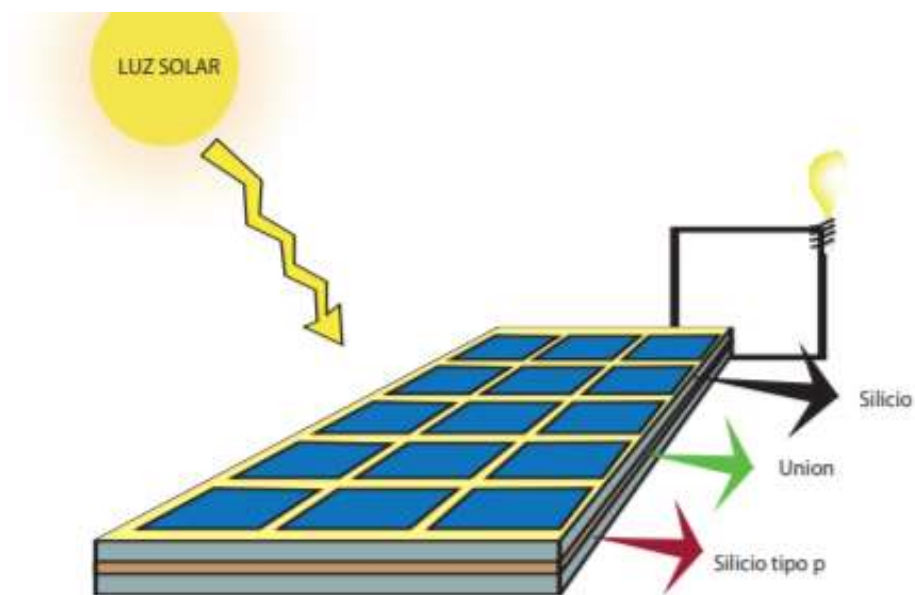


Figura 5. Efecto Fotovoltaico

Fuentes: CONELEC (2008)

3.1 Clases de sistemas fotovoltaicos

3.1.1 Sistema solar fotovoltaico directo

Como su nombre lo indica, el sistema solar fotovoltaico directo donde los paneles o módulos solares se conectarán directamente a un equipo, que puede ser un ventilador o una bomba. Muy importante, solo se puede usar en dispositivos que funcionan con CC. Este tipo de sistema fotovoltaico se nos muestra a continuación (Villao & Consuegra, 2021):

- El sistema es más sencillo porque se conecta el positivo y el negativo a la entrada de la misma polaridad en el dispositivo.
- Solo funciona cuando el sol es más fuerte, mostrando esta característica es una desventaja.
- La potencia del dispositivo varía con la fuerza del sol, y si el día está nublado, los paneles fotovoltaicos producirán muy poca corriente, reduciendo la eficiencia del dispositivo.
- El panel y el dispositivo deben tener el mismo voltaje, puesto que si se tiene panel que produce 24 voltios, el dispositivo debe tener la misma entrada de voltaje, de lo contrario no funcionará y, en el peor de los casos, podría fallar.
- No se almacena energía ya que no hay batería por lo que no se puede utilizar de noche.

3.1.2 Sistema solar fotovoltaico aislado

Una instalación solar fotovoltaica aislada es un sistema de generación de corriente que no está conectado a la red y proporciona al propietario energía procedente de la luz solar. Por lo general, debe almacenar la energía fotovoltaica generada en una batería o celda solar y permitir que se use las 24 horas del día. Estas instalaciones fotovoltaicas fuera de la red son ideales para áreas que no pueden conectarse a la red o están planificadas para conectarse a la red debido a los altos costos de desarrollo de la construcción del sistema de energía de línea, especialmente en áreas rurales remotas. (Grijalva & Vélez, 2020)

Las instalaciones fotovoltaicas aisladas generalmente se diferencian en función del voltaje del sistema (CC o CA). En un sistema aislado acoplado a CC, los paneles solares se conectan a través de un controlador de carga de CC/CC. En los sistemas de CA aislados, se utilizan inversores fotovoltaicos convencionales para inyectar corriente a la red. Los sistemas fotovoltaicos generalmente consisten en paneles solares, acondicionadores de carga, celdas solares, inversores fotovoltaicos, entre otros. Por lo tanto, se recomienda utilizar un monitor de batería para controlar el estado de carga de la batería. (Grijalva & Vélez, 2020)

3.1.2.1 Componentes

Dentro de los principales componentes que cuenta un sistema fotovoltaico de manera general (Ahmed, 2014), se puede apreciar en la Figura 6:

- **Paneles fotovoltaicos.** Son los encargados de convertir la energía solar en electricidad y están formados por un conjunto de células que generan electricidad a partir de la luz que incide sobre ellas. El parámetro estandarizado que clasifica su potencia se denomina potencia pico, que corresponde a la potencia máxima que puede producir un panel en determinadas condiciones.
- **Regulador.** Es el dispositivo encargado de proteger la batería de sobrecargas y descargas profundas. Además, monitorea constantemente el estado de carga de la batería y ajusta su fuerza para prolongar su vida útil.
- **Baterías.** Actúan como dispositivos de almacenamiento de energía porque los paneles fotovoltaicos solo generan electricidad cuando la luz incide sobre ellos. Permiten utilizar la electricidad en cualquier momento, la batería mantiene un nivel de voltaje estable.

- **Inversor.** Es el elemento encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna, si conectas un aparato que funcione con corriente alterna, debido a que la energía almacenada en la batería solo puede ser alimentada directamente en forma de corriente continua.

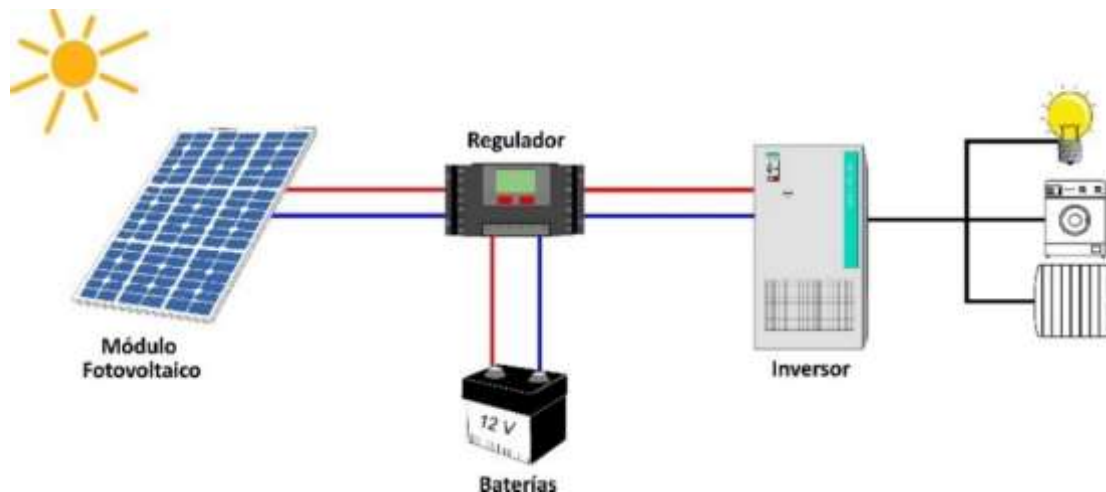


Figura 6. Sistema fotovoltaico aislado

Fuentes: (Esquema de Principio - Fotovoltaica Aislada - Cenit Solar)

3.1.3 Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red pública

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica constituyen una de las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica que más atención están recibiendo en los últimos años, dado su elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica. Estos sistemas están compuestos por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través de un inversor, produciéndose un intercambio energético entre ésta y el sistema fotovoltaico, característico de este tipo de instalaciones. Así, el sistema inyecta energía en la red cuando su producción supera al consumo local, y extrae energía de ella en caso contrario. (G. Nofuentes, n.d.)

La diferencia fundamental entre un sistema fotovoltaico autónomo y los conectados a red, consiste en la ausencia, en este último caso, del subsistema de acumulación, formado por la batería y la regulación de carga. Además, el inversor, en los sistemas conectados a red, deberá estar en fase con la tensión de la red. (Cornejo, 2013)

3.1.3.1 Componentes

Tal como se puede apreciar en la Figura 7, de acuerdo con la asociación de empresas de energía renovables, los componentes de este tipo de sistema fotovoltaico se encuentran (APPA, 2017).

- **Módulos solares.** Son los encargados de convertir la radiación solar en electricidad mediante el llamado efecto fotovoltaico. La intensidad de la radiación solar que puede capturar un módulo solar, según la ubicación geográfica y la hora del día.
- **Inversor interconectado.** Para convertir la energía de un panel solar de DC a AC se requiere de un inversor de corriente que se sincroniza e interconecta con la red local, inyectando la energía generada para uso propio y la energía sobrante, se envía a internet.
- **Uso de energía.** La energía solar generada durante el día se enviará a su hogar y el exceso de energía solar se enviará a la red local. Un porcentaje de tu consumo energético lo aportará la energía solar y otro la red.
- **Contador de electricidad bidireccional.** Permite calcular la energía solar producida, así como la energía consumida por la red local.

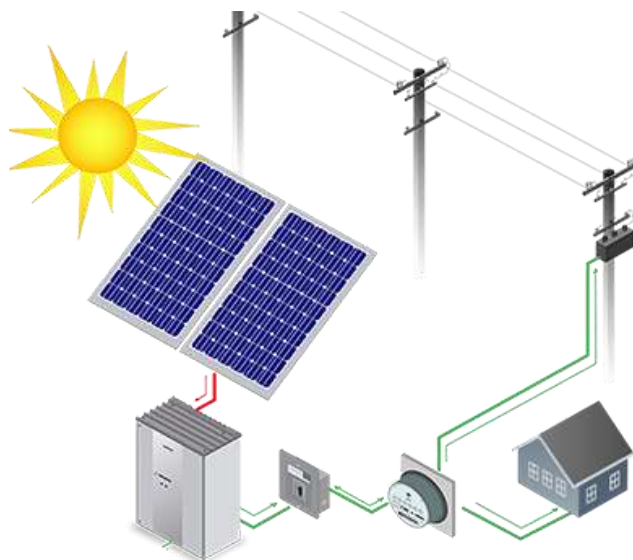


Figura 7. Sistema fotovoltaico conectado a la red

Fuente: (Future green batter, 2019).

3.1.4 Sistema Solar Fotovoltaico Híbrido

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica como se muestra en la Figura 8, constituyen una de las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica que más atención están recibiendo en los últimos años, dado su elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica. (Cruceira, 2019)

Por lo tanto, este sistema inyecta energía en la red cuando su producción supera al consumo local, y extrae energía de ella en caso contrario. La diferencia fundamental entre un sistema fotovoltaico autónomo y los conectados a red, consiste en la ausencia, en este último caso, del subsistema de acumulación, formado por la batería y la regulación de carga. Además, el inversor, en los sistemas conectados a red, deberá estar en fase con la con la tensión de la red. (Santiago et al., 2020)

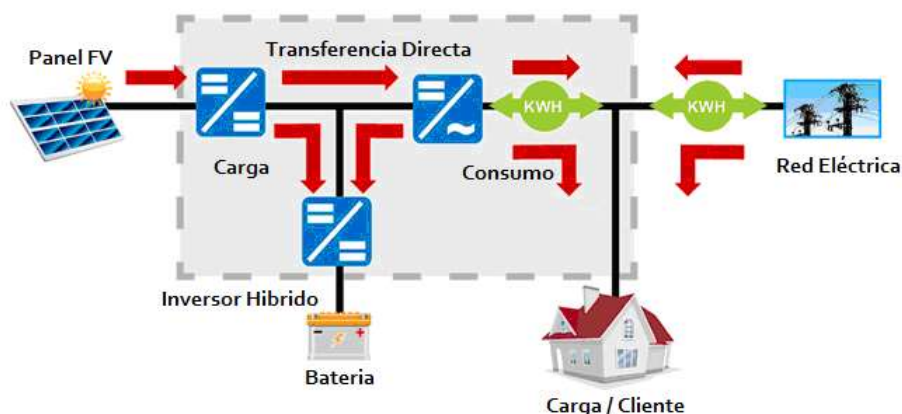


Figura 8. Sistema fotovoltaico híbrido

Fuente: (Future green batter, 2019).

3.2 Radiación solar recibida en un panel solar y ángulos de inclinación

La inclinación de los paneles solares busca el mayor aprovechamiento de la radiación solar y consigue generalmente aumentar la cantidad de W/m^2 que se recibe en el panel. Es importante determinar correctamente cuál debe ser el ángulo de inclinación del panel, que dependerá siempre de la ubicación geográfica de la instalación. Para determinar la radiación solar se utilizan bases de datos de radiación incidente en el área del proyecto. Para el diseño de instalaciones fotovoltaicas autónomas se trabaja con bases de datos de radiación media mensual. Existen bases de datos por localidades donde podemos consultar estos valores como por ejemplo (Llano, 2016):

- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS): sistema de información geográfica para instalaciones fotovoltaicas.
- Censolar H-World (valores medios mensuales de muchas localidades del mundo).
- Portal sobre energía solar de la NASA.

La determinación del ángulo de inclinación nos permitirá analizar de mejor manera la ubicación y distanciamiento de los paneles solares para maximizar el área de ubicación. Para Ecuador los paneles deben tener una inclinación de 15° para disminuir las pérdidas al 1%, siempre y cuando se seleccione un plano inclinado fijo, con ángulo Beta de 10° y Acimut de 0° . Pero si deseamos precisar el maximizar el ángulo de inclinación optima del sistema conociendo las coordenadas tanto de latitud como longitud, lo podemos realizar con la fórmula (5), Debido a que el territorio nacional se encuentra entre los 5°S y 2°N de la latitud. (Llano, 2016)

Tabla 1. Inclinación y orientación de los paneles solares

Latitud	Ángulo de inclinación máximo
$0^\circ-5^\circ$	$0^\circ-10^\circ$
$6^\circ-20^\circ$	Latitud local+ 5°
$21^\circ-45^\circ$	Latitud local+ 10°
$46^\circ-65^\circ$	Latitud local+ 15°
$66^\circ-75^\circ$	80°

Fuente: Robalino (2017)

3.3 Hora solar pico

El HSP es la energía recibida en una determinada hora por m^2 en otras palabras, es la capacidad de generación de un panel al día. El método de balance energético parte de la igualdad entre energía consumida por día y energía generada por día. La energía generada por día es la potencia pico del panel (se supone que trabajará en el punto de máxima potencia) por el número de horas pico del día (HPS), por el número de paneles (NT). Dos estrategias para determinar HPS (Cerrón, 2019):

- “HPS media del peor mes. Minimiza el sistema de acumulación, pero usa más paneles que los estrictamente necesarios”. (Cerrón, 2019)
- “HPS media del año. Minimiza el número de paneles, pero deberá invertir más en un sistema de acumulación mayor”. (Cerrón, 2019)

Tabla 2. Hora solar pico 2021 (Complejo Yubarta)

Tiempo	Radiación sobre la horizontal	Días del Mes	Hora Solar Pico
	kWh/m ²	Días	HSP
Año	1853.47	-	-
Ene	132.84	31	4.29
Feb	132.32	28	4.73
Mar	171.06	31	5.70
Abr	181.95	30	6.07
Mayo	176.53	30	5.69
Jun	167.11	30	5.57
Jul	144.51	31	4.66
Ago	156.57	31	5.05
Sep	164.06	30	5.47
Oct	144.79	31	4.67
Nov	138.2	30	4.61
Dic	143.53	31	4.63

Fuente: Autores & (*JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)* - *European Commission*, n.d.)

4. Consideraciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

De acuerdo con la norma ecuatoriana de la construcción (2018) “en relación con estudio de demanda y factor de demanda, los cálculos de diseño se deben considerar los siguientes parámetros” (NEC, 2018):

- “Para iluminación: Se debe considerar por cada salida de iluminación una carga máxima de 100 Vatios (W)”. (NEC, 2018)
- “Para tomacorrientes: Se debe considerar por cada salida de tomacorriente una carga de 200 W”. (NEC, 2018)
- “Para cargas especiales: Se consideran aquellas salidas para equipos cuya potencia sobrepasa los 1.500 W”. (NEC, 2018)

5. Factor de demanda

“Los factores de demanda que se deben considerar para iluminación y tomacorrientes de uso general en función del tipo de vivienda se indican en la Tabla 3. Factores de demanda”. (NEC, 2018)

Tabla 3. Factores de demanda

Vivienda Tipo	FD	FD
	Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña – mediana	0,70	0,50
Mediana grande - Grande	0,55	0,40
Especial	0,53	0,30

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2018)

En cuanto a las cargas especiales, se deben considerar, entre otras, las potencias de placa de las cargas especiales, tal como se muestra en la Tabla 4. Cargas especiales: Equipo eléctrico

Tabla 4. Cargas especiales: Equipo eléctrico

Equipo Eléctrico	Potencia Media (W)
Ducha eléctrica	3.500
Horno eléctrico	3.000
Cocina eléctrica	6.000
Calefón eléctrico	8.000
Aire acondicionado	2.500
Calentador eléctrico	3.000
Cargador para vehículo eléctrico	7.500

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2018)

“La demanda de las cargas especiales se determina en función de la carga instalada al aplicar los factores de demanda especificados, los mismos que se encuentran en la Tabla 5. Cargas especiales: Factores de demanda para cargas especiales”. (NEC, 2018)

Tabla 5. Cargas especiales: Factores de demanda para cargas especiales

Para 1 carga	Para 2 o más cargas	Para 2 o más cargas	Para 2 o más cargas
	CE<10kW	10kW<CE<20KW	CE>20kW
1	0,80	0,75	0,65

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2018)

5.1 Circuitos

“La edificación del proyecto deberá disponer de circuitos independientes de iluminación, tomas de corrientes y cargas especiales. Es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones” (NEC, 2018):

- “Los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 amperios y no exceder de 15 puntos de iluminación”. (NEC, 2018)
- “Los circuitos de tomacorrientes, los circuitos de tomacorrientes deben ser diseñados considerando salidas polarizadas (fase, neutro y tierra) para soportar una capacidad máxima de 20 amperios de carga por circuito y no exceder de 10 salidas”. (NEC, 2018)
- Los circuitos de cargas especiales, tales como cocina eléctrica, vehículos eléctricos, calefacción, aire acondicionado, ducha eléctrica, equipos hidroneumáticos, ascensores, equipo médico, calentador eléctrico de agua, calefón eléctrico, entre otros, deben ser diseñados de manera individual para soportar la carga nominal unitaria de cada equipo. (NEC, 2018)

“De igual manera, dentro el calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125 % del valor de la corriente de la protección del circuito, el mismo que se encuentra en la Tabla 6. Capacidad de protección en función del calibre del conductor”. (NEC, 2018)

Tabla 6. Capacidad de protección en función del calibre del conductor

Calibre del conductor AWG	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (Amperios)	15/16	20	30/32	40	50

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2018)

Finalmente, de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2018), se debe de tomar en cuenta que:

- En circuitos de iluminación se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 2,5 mm² (14 AWG) para la fase, el neutro y conductor de tierra.
- En circuitos de tomacorrientes, se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 4 mm² (12 AWG) para la fase y el neutro.
- En circuitos de cargas especiales se utiliza conductor de cobre aislado tipo

THHN con una sección mínima de 5,26 mm² (10 AWG) para las fases.

6. Características generales para consumidores interesados en instalar sistemas FV en el Ecuador del ARCONEL.

- “El proyecto debe conectarse con las redes de baja o media tensión de la empresa de distribución”. (ARCONEL, 2019)
- “El interesado debe ser propietario del inmueble donde se va a instalar el sistema fotovoltaico”. (ARCONEL, 2019)
- “La instalación del sistema fotovoltaico está condicionado a la emisión de factibilidad de conexión de la empresa distribuidora”. (ARCONEL, 2019)
- “La capacidad nominal instalada del sistema fotovoltaico no podrá ser mayor a 100 kW”. (ARCONEL, 2019)

7. Requisitos para la aprobación de sistemas fotovoltaicos Ongrid en el Ecuador

Dentro de los principales requisitos para la aprobación de sfv (sistemas fotovoltaicos) Ongrid en el Ecuador, se encuentran; planilla última de pago, factibilidad para la conexión y la memoria técnica. Esta última debe de llevar los siguientes requisitos (ARCONEL, 2019):

- Diagrama unifilar de la instalación.
- Especificaciones propias del equipo.
- Esquema de conexión a la red (Medio o bajo voltaje).
- Modalidad de conexión.
- Estudio del sistema de protección y seccionamiento.
- Características técnicas.
- Potencia y número de paneles.
- Potencia total instalada del sistema.
- Estimación de producción por mes y por año.
- Especificaciones de los inversores.
- Potencia de cortocircuito.
- Especificaciones del punto de entrega y medición.
- Niveles de voltaje (mínimo y máximo).
- Punto para conexión.
- Otra información que solicite la empresa de distribución de electricidad.

8. Tratamiento comercial de la energía producida por sistemas fotovoltaicos de baja Capacidad.

Es importante destacar que la energía producida por el consumidor con sistema fotovoltaico estará destinada únicamente al consumo de la vivienda o edificación donde va a instalarse. En el caso de que existan excedentes eventuales de energía, estos podrán ser entregados a la red de baja o media tensión de la empresa de distribución, según corresponda, y su liquidación se realizara a través de un mecanismo de balance mensual neto de energía. (ARCONEL, 2019) Conforme a la siguiente Figura 9.

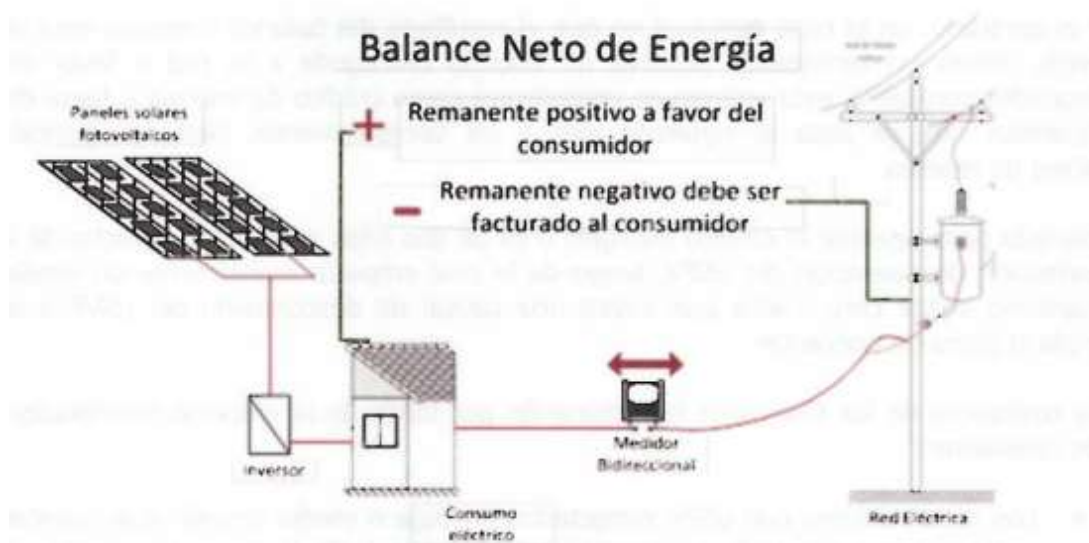


Figura 9: Balance neto de energía

Fuente: ARCONEL (2019)

9. Liquidación de la energía entregada a la red de la empresa de distribución.

La empresa de distribución deberá realizar el balance neto mensual de la energía entregada y consumida por el consumidor con μ SFV dentro de los diez (10) primeros días laborables del mes siguiente de la operación del μ SFV, en base al reporte de la energía consumida y entregada que registre el equipo de medición, según la siguiente expresión. (ARCONEL, 2019)

$$\Delta E = (\text{Energía consumida de la red} - \text{Energía inyectada en la red}) \quad (1)$$

Donde:

$$\Delta E = \text{Resultado del balance neto} < 0; \text{remanente negativo}$$

$$\Delta E = \text{Resultado del balance neto} > 0; \text{remanente positivo}$$

En el caso en que el resultado del balance mensual neto de energía exista un remanente negativo a facturar al consumidor, la empresa de distribución valorará la energía consumida a la tarifa correspondiente del pliego tarifario aprobado por ARCONEL y será facturada al consumidor con μ SFV, conforme lo establece el contrato de suministro. (ARCONEL, 2019)

El remanente negativo por facturar al consumidor no estará sujeto al subsidio de la tarifa dignidad ni subsidio cruzado. Por el contrario, en el caso eventual en que el resultado del balance mensual neto de energía exista un remanente positivo de energía entregada a la red a favor del consumidor con μ SFV, esta energía se considerará como crédito de energía a favor del consumidor que se pasa al siguiente mes y así sucesivamente, hasta un periodo máximo de reinicio. (ARCONEL, 2019)

10. Criterio de evaluación financiera.

La Evaluación de este Proyecto tiene como base, los cálculos con el que se mide la rentabilidad o factibilidad económica, en el que principalmente tenemos tres evaluaciones Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Tiempo de Recuperación de la Inversión (Álvarez, 2017).

10.1 Valor actual neto (VAN).

Este método de evaluación considera el valor del dinero a través del tiempo, y representa la utilidad que obtiene el inversionista después de haber recuperado la inversión, obteniendo la rentabilidad exigida; mide los resultados obtenidos por el proyecto a valor presente del periodo en que se hace la evaluación. (Álvarez, 2017)

Un proyecto es rentable para un inversionista si el VAN es mayor que cero. (Sep et al., 2022)

- $VAN > 0 \Rightarrow$ Proyecto Rentable (realizarlo)
- $VAN < 0 \Rightarrow$ Proyecto NO Rentable (archivarlo)
- $VAN \approx 0 \Rightarrow$ Proyecto Indiferente

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^N \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad (2)$$

Donde:

- $F_j =$ flujo neto en el periodo j
- $I_0 =$ inversión e el periodo 0
- $i =$ Tasa de descuento del inversor.
- $n =$ Horizonte de Evaluación

10.2 Tasa interna de retorno (TIR).

Este criterio, evalúa el proyecto en función de una tasa única de rendimiento, con la totalidad de los rendimientos actualizados. En el sentido del análisis de sensibilidad del proyecto, el criterio de la TIR muestra la sensibilidad del VAN, ya que esta representa la tasa de interés mayor que el inversionista puede pagar sin perder dinero, Es decir, es la tasa de descuento que hace el VAN sea exactamente igual a cero. (Álvarez, 2017)

$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^N \frac{F_j}{(1 + TIR)^j} \quad (3)$$

$$0 = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n}$$

Donde:

$F_j =$ flujo neto en el periodo j

$I_0 =$ inversión e el periodo 0

$n =$ Horizonte de Evaluación

Se aceptará un proyecto en el cual la tasa de interna de retorno es mayor que la tasa de descuento del inversionista (tasa pertinente de interés). El criterio de la TIR no es confiable para comparar proyectos. Sólo nos dice si un proyecto es mejor que la rentabilidad alternativa.

10.3 Periodo de recuperación de la inversión (NPER).

También llamado payback, Influye en la decisión de realizar un proyecto es el que determina el cálculo del periodo de recuperación de la inversión, esta herramienta, determina mediante la suma acumulada de los flujos generados por el proyecto actualizados (Sep et al., 2022). Se caracteriza por:

- Corresponde al período de tiempo necesario para que el flujo de caja del proyecto cubra el monto total de la inversión.
- Método muy utilizado por los evaluadores y empresarios.
- Sencillo de determinar.
- El payback se produce cuando el flujo de caja actualizado y acumulado es igual a cero.

$$NPER = \frac{\text{Periodo garantía anterior} - \text{Saldo actualizado acumulado}}{\text{saldo actualizado con tasa \%}} \quad (4)$$

10.4 Tasa de interés referencial

Esta table nos permite conocer las diferentes tasas de intereses que se encuentran vigentes en el estado ecuatoriano tomando como referencia al banco central del Ecuador.

El cual nos permitirá conocer el porcentaje necesario para usarlo en nuestros cálculos de evaluación financiera.

Tasas de Interés			
Marzo 2022			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas*	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	7.23	Productivo Corporativo	8.86
Productivo Empresarial	9.04	Productivo Empresarial	9.89
Productivo PYMES	9.94	Productivo PYMES	11.26
Consumo	15.98	Consumo	16.77
Educativo	8.58	Educativo	9.50
Educativo Social	5.49	Educativo Social	7.50
Vivienda de Interés Público	4.98	Vivienda de Interés Público	4.99
Vivienda de Interés Social	4.98	Vivienda de Interés Social	4.99
Inmobiliario	9.34	Inmobiliario	10.40
Microcrédito Minorista	19.81	Microcrédito Minorista	28.23
Microcrédito de Acumulación Simple	20.38	Microcrédito de Acumulación Simple	24.89
Microcrédito de Acumulación Ampliada	19.76	Microcrédito de Acumulación Ampliada	22.05
Inversión Pública	8.28	Inversión Pública	9.33

De acuerdo a la Resolución 809-2020-F, de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera.
De acuerdo a la Resolución JPRF-F-2021-004, de la Junta de Política y Regulación Financiera.

Figura 10. Tasas de interés para el sector financiero.

Fuente: (BCE, 2022)

CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y FOTOVOLTAICO

11. Identificación de cargas por área de uso.

La intención es tener un acercamiento desde la “mirada del proyectista” y no simplemente como un espectador; es tener una herramienta sólida desde la experiencia ajena para entender los problemas al que se enfrentó el autor de la obra. El dibujo es la herramienta fundamental del arquitecto, por tanto, a través de esta herramienta se pueden extraer las directrices compositivas que en nuestro caso serán de vital importancia para el análisis del proyecto eléctrico. (Aguirre Collahuazo, 2016)

Esta identificación consiste en la elaboración de los planos eléctricos tanto de iluminación como tomacorrientes generales y especiales de la obra en estudio Anexo 2. De esta manera poder evidenciar las áreas de uso del complejo y tener una aproximación más realista de las cargas proyectadas para esas áreas, así como también nos permitirá conocer a detalle las áreas de trabajo donde se efectuará la implementación de los circuitos correspondientes dentro de los planos, que nos llevaran al resultado final del proyecto. Para el diseño se utilizó la herramienta digital AutoCAD, los planos presentados a continuación son reproducciones fieles, basadas en planos realizados por la empresa FE Consultores & Constructores, para la implementación de los circuitos eléctricos.

11.1 Plano para el sistema lumínico.

Según la normativa En este plano Figura 11 ,especificamos dentro del recuadro de color rojo, las áreas de trabajo, donde se implementa los circuitos para las diferentes cargas lumínicas empezando por las áreas de boletería/recepción, tienda de recuerdos y pasillo general.

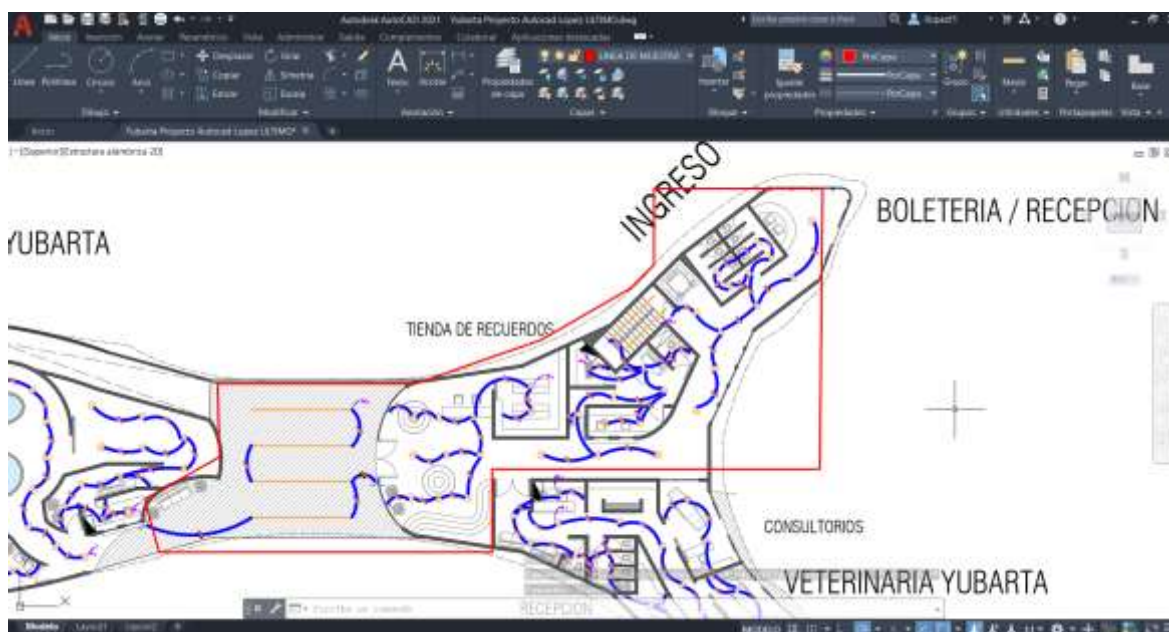


Figura 11. Selección de área para circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 1.

Fuente: Autores & “FE Consultores & Constructores”.

Para los circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 2 Figura 12, se tomó en cuenta las áreas de trabajo tales como consultorios, área de reuniones, área personal y la veterinaria.

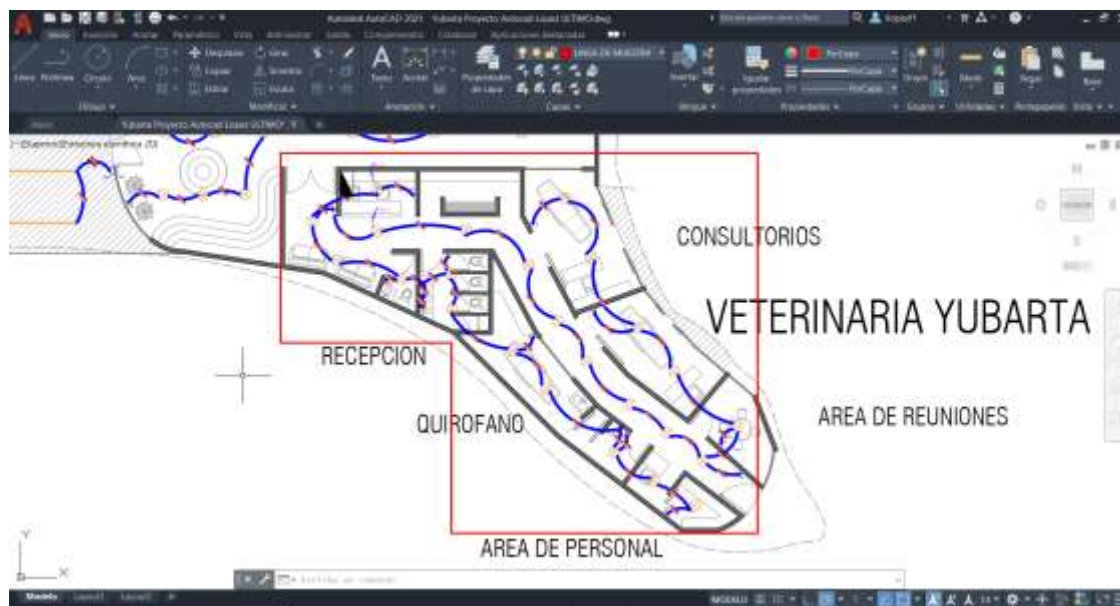


Figura 12. Selección de áreas para circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 2.

Fuente: Autores & “FE Consultores & Constructores”.

Para los circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 3 Figura 13, se tomó en cuenta las áreas de trabajo que conforman el museo como áreas interactivas y de exposición.

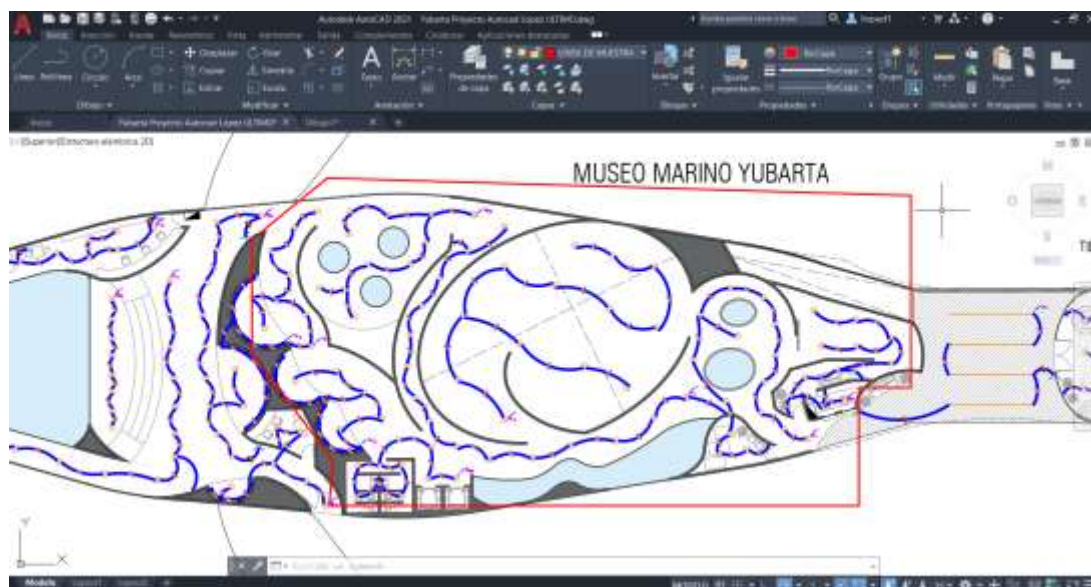


Figura 13. Selección de áreas para circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 3.

Fuente: Autores & “FE Consultores & Constructores”.

Para los circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 4 Figura 14, se tomó en cuenta las áreas de trabajo que conforman el museo como áreas recreación y auditorio.

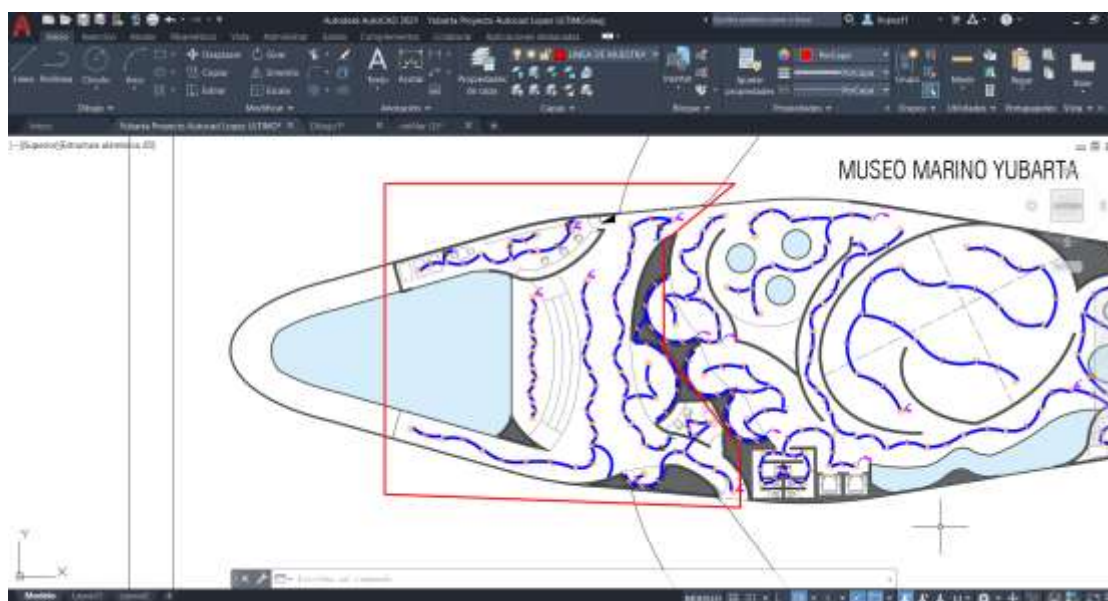


Figura 14. Selección de áreas para circuitos de iluminación pertenecientes al tablero de sub-distribución 4.

Fuente: Autores & “FE Consultores & Constructores”.

11.2 Plano para el sistema tomacorrientes generales y tomacorrientes especiales.

Para el caso de las cargas para tomacorrientes generales y tomacorrientes especiales los circuitos pertenecientes al tablero de sub-distribución 1. La Figura 15, se tomó en cuenta las áreas de trabajo tales como de boletería/recepción, tienda de recuerdos y pasillo general.

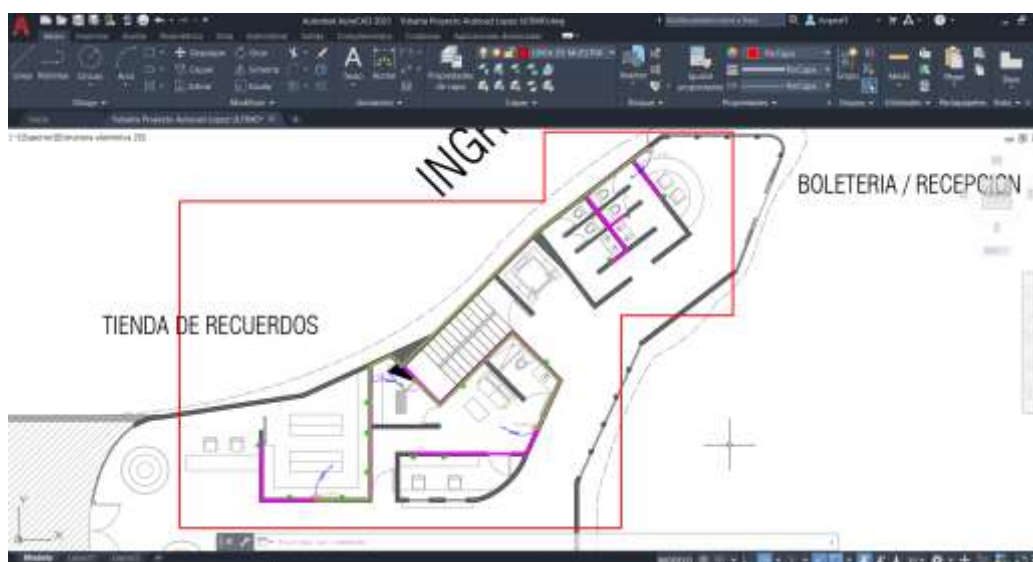


Figura 15. Selección de áreas para circuitos de tomacorrientes generales y especiales pertenecientes al tablero de sub-distribución 1.

Fuente: Autores & “FE Consultores & Constructores”.

Para los circuitos de tomacorrientes generales y tomacorrientes especiales pertenecientes al tablero de sub-distribución 2. La Figura 16, se tomó en cuenta las áreas de trabajo tales como consultorios, área de reuniones, área personal y la veterinaria.

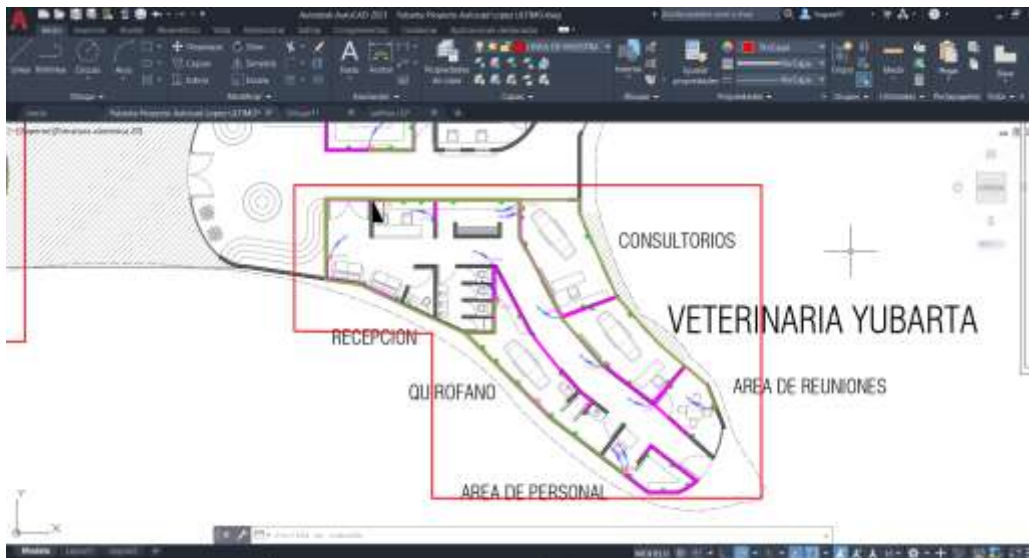


Figura 16. Selección de áreas para circuitos de tomacorrientes generales y especiales pertenecientes al tablero de sub-distribución 2.

Fuente: Autores & “FE Consultores & Constructores”.

Para los circuitos de tomacorrientes generales y tomacorrientes especiales pertenecientes al tablero de sub-distribución 3 Figura 17, se tomó en cuenta las áreas de trabajo que conforman el museo como áreas interactivas y de exposición.

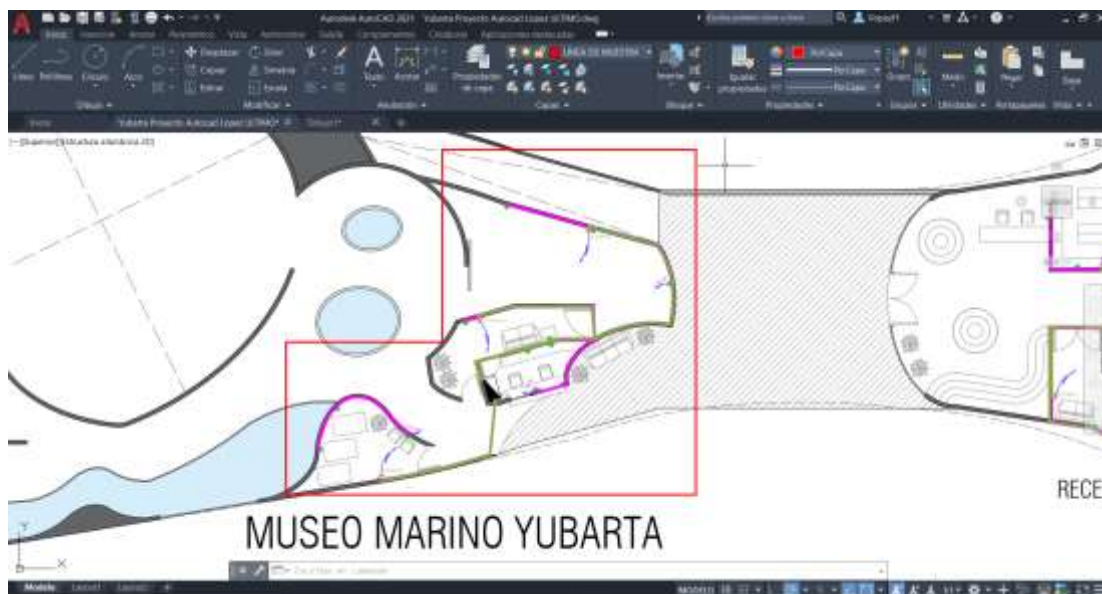


Figura 17. Selección de áreas para circuitos de tomacorrientes generales y especiales pertenecientes a tablero sub-distribución 3.

Fuente: Autores & “FE Consultores & Constructores”.

Para los circuitos de tomacorrientes generales y tomacorrientes especiales pertenecientes al tablero de sub-distribución 4. La Figura 18, se tomó en cuenta las áreas de trabajo que conforman el museo como áreas recreación y auditorio.

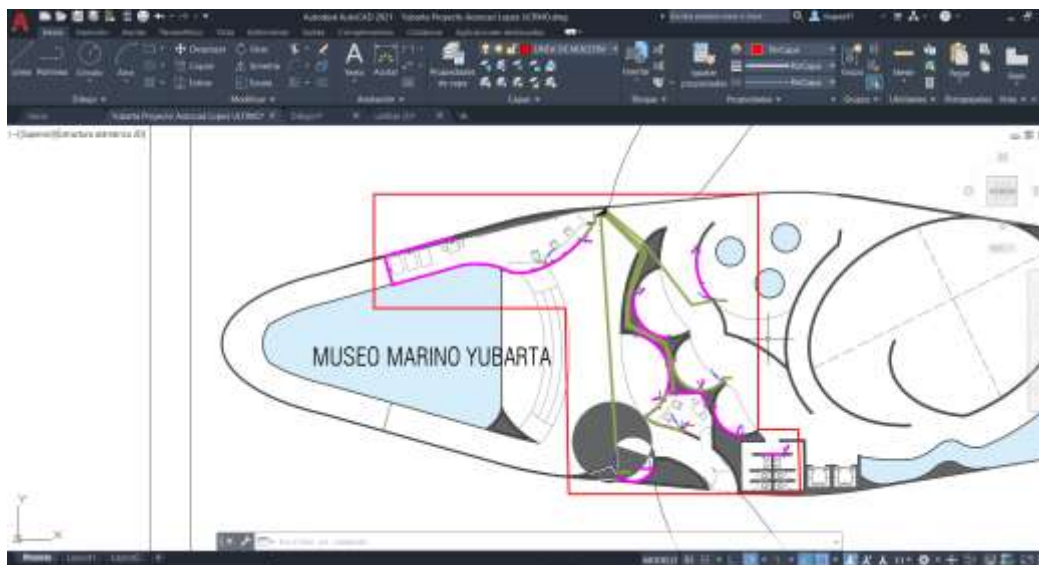


Figura 18. Selección de áreas para circuitos de tomacorrientes generales y especiales pertenecientes a tablero sub-distribución 4.

Fuente: Autores & “FE Consultores & Constructores”.

12. Dimensionamiento del sistema eléctrico.

12.1 Cálculo de potencia del circuito lumínico.

En la Tabla 7, se especifica el cálculo de potencia para cada circuito de iluminación tomando en cuenta el número de dispositivos y la potencia década equipo, también nos muestra los circuitos de iluminación y los ambientes, a los que dichos circuitos fueron anexados, por tanto, se trabajó con distintas potencias sustraídas de un catálogo comercial de la marca Sylvania.

Tabla 7. Cálculo de potencia del circuito lumínico.

Distribución eléctrica					
Zonas	Ambientes	Circuito eléctrico			Potencia [W]
		# Circuitos	Puntos	W dispositivo	
Ingreso	Boletería / recepción	CI.1	2	6	12
			12	12	144
		CI.2	1	6	6
			2	12	24
	10	18	180		
	Tienda de recuerdos	CI.3	11	18	198
Veterinaria	Consultorios	CI.4	13	18	234
	Quirófano/ recepción	CI.5	4	6	24
11			18	198	
	Pasillo general	CI.6	4	24	96
Museo	Museo Yubarta	CI.7	11	18	198
		CI.8	15	18	270
		CI.9	15	18	270
		CI.10	13	18	234
		CI.11	4	6	24
			9	18	162
		CI.11	11	18	198
		CI.12	14	18	252
		CI.13	10	6	60
			5	18	90
		CI.14	9	18	162
		CI.15	12	6	72
		CI.16	12	18	216
		CI.17	4	6	24
			6	18	108
CI.18	12	18	216		
CI.19	8	18	144		
CI.20	8	18	144		
Potencia total (W)					3960

Fuente: Autores

De la Tabla 3, utilizamos el factor de demanda correspondiente a las viviendas de tipo especiales, para encontrar la demanda de iluminación.

$$\text{Demanda de iluminacion} = \text{potencia de iluminacion} * \text{factor de demanda} \quad (5)$$

$$\text{Demanda de iluminacion} = 3960 \text{ W} * 0.53$$

$$\text{Demanda de iluminacion} = 2098.8 \text{ W}$$

12.2 Cálculo de potencia del circuito de tomacorriente

En la Tabla 8, se especifica el cálculo de potencia para cada circuito de tomacorriente, tomando en cuenta el número de dispositivos y su potencia, considerando los valores establecidos por la NEC en el estudio de demanda.

Tabla 8. Cálculo de potencia del circuito tomacorrientes

Distribución eléctrica					
Zonas	Ambientes	Circuito eléctrico			Potencia [W]
		# Circuitos	Puntos	W dispositivo	
INGRESO	Boletería / recepción	C.TC.1	7	200	1400
	Tienda de recuerdos	C.TC.2	6	200	1200
VETERINARIA	Consultorios	C.TC.3	4	200	800
		C.TC.4	5	200	1000
	Quirófano	C.TC.5	8	200	1600
	Área de personal	C.TC.6	5	200	1000
	Recepción	C.TC.7	7	200	1400
	Área de reuniones	C.TC.8	3	200	600
MUSEO	Museo Yubarta	C.TC.9	3	200	600
		C.TC.10	2	200	400
		C.TC.11	2	200	400
		C.TC.12	2	200	400
		C.TC.13	3	200	600
		C.TC.14	4	200	800
		C.TC.15	2	200	400
	Área de personal Yubarta	C.TC.16	2	200	400
		C.TC.17	7	200	1400
		C.TC.18	5	200	1000
	Almacenamiento Yubarta	C.TC.19	3	200	600
C.TC.20		3	200	600	
Potencia total (W)					16600

Fuente: Autores

De la Tabla 3, utilizamos el factor de demanda correspondiente a las viviendas de tipo especiales, para encontrar la demanda de tomacorrientes.

$$\text{Demanda de iluminacion} = \text{potencia de iluminacion} * \text{factor de demanda} \quad (6)$$

$$\text{Demanda de tomacorrientes} = 16600 \text{ W} * 0.30$$

$$\text{Demanda de tomacorrientes} = 4980 \text{ W}$$

12.3 Cálculo de potencia de los circuitos de cargas especiales

En la Tabla 9, se especifica el cálculo de potencia para cada circuito de cargas especiales, tomando en cuenta el número de equipos y su potencia, considerando los valores establecidos por la NEC en el estudio de demanda.

Tabla 9. Cálculo de potencia del circuito tomacorrientes

Distribución eléctrica						
CIRCUITOS PARA CARGAS ESPECIALES	Zonas	Ambientes	Circuito eléctrico			Potencia [W]
			# Circuitos	Puntos	W dispositivo	
Ingreso	Boletería / recepción	C.F-2P-1	1	2500	2500	
		C.F-2P-2	1	2500	2500	
	Tienda de recuerdos	C.F-2P-3	1	2500	2500	
Veterinaria	Consultorios	C.F-2P-4	1	2500	2500	
		C.F-2P-5	1	2500	2500	
	Quirófano	C.F-2P-6	2	2500	5000	
	Área de personal	C.F-2P-7	1	2500	2500	
	Recepción	C.F-2P-8	1	2500	2500	
	Área de reuniones	C.F-2P-9	1	2500	2500	
Museo	Museo Yubarta	C.F-2P-10	1	2500	2500	
		C.F-2P-11	1	2500	2500	
		C.F-2P-12	1	2500	2500	
		C.F-2P-13	1	2500	2500	
	Área de personal Yubarta	C.F-2P-14	1	2500	2500	
		C.F-2P-15	1	2500	2500	
	Almacenamiento Yubarta	C.F-2P-16	1	2500	2500	
Almacenamiento Yubarta	C.F-2P-17	1	2500	2500		
Potencia total (W)					45000	

Fuente: Autores

De la Tabla 5, utilizamos el factor de demanda correspondiente a las viviendas de tipo especiales, para encontrar la demanda de tomacorrientes.

$$\text{Demanda de iluminacion} = \text{potencia de iluminacion} * \text{factor de demanda} \quad (7)$$

$$\text{Demanda de cargas especiales} = 45000 \text{ W} * 0.65$$

$$\text{Demanda de cargas especiales} = 29250 \text{ W}$$

12.4 Demanda total del sistema eléctrico y descripción de planos eléctricos.

En los circuitos de iluminación se determinó una demanda 2098 W, para los circuitos de tomacorrientes se determinó una demanda de 4980 W y para los circuitos de cargas especiales se obtuvo una demanda de 29250W. Obteniendo una demanda total de 36328W del proyecto.

El diagrama unifilar del Anexo 3, se detalla las conexiones del tablero de sub-distribución1, El diagrama unifilar del Anexo 4 se detalla las conexiones del tablero de sub-distribución2, El diagrama unifilar del Anexo 5 se detalla las conexiones del tablero de sub-distribución3, El diagrama unifilar del Anexo 6 se detalla las conexiones del tablero de sub-distribución4, El nos muestra la disposición de los circuitos de iluminación y en el Anexo 8 se puede observar la disposición de los circuitos de tomacorrientes y cargas especiales.

13. Diseño de planos unifilares mediante el software AutoCAD

Una vez estimado la demanda para cada circuito tanto para cargas lumínicas como tomacorrientes generales y especiales, se realizó la elaboración de planos unifilares que permitirán la comprensión de la distribución eléctrica, partiendo por un diagrama principal como se aprecia en el Anexo 1, el cual es la representación principal del proyecto en el que indica el tipo de sistema usado, se aprecia la conexión que existe entre un sistema fotovoltaico compuesto por módulos y un inversor, todo esto también enlazado con la red eléctrica local, que junto con su medidor bidireccional permitirá calcular la energía solar producida , así como también la energía de la red local. Este diagrama unifilar destinará distribuir aquella energía a los 4 paneles de sub-distribución que la conforman.

En el Anexo 3, se realizó un tablero de sub-distribución con el objetivo de ordenar y no sobrecargas los circuitos que la conforman. Este tablero está compuesto por 4 circuitos de iluminación 15A cada uno, 3 circuitos para cargas generales de 20A y 3 circuitos para cargas especiales de 40A cada uno. Protegido con un disyuntor general de 160A.

Para el Anexo 4, se realizó un tablero de sub-distribución. Este tablero está compuesto por 2 circuitos de iluminación de 15A cada uno, 6 circuitos para cargas generales de 20A y 6 circuitos para cargas especiales de 40A cada uno. Protegido con un disyuntor general de 225A.

Para el Anexo 5, se realizó un tablero de sub-distribución. Este tablero está compuesto por 8 circuitos de iluminación de 15A cada uno, 3 circuitos para cargas generales de 20A y 3 circuitos para cargas especiales de 40A cada uno, Protegido con un disyuntor general de 160A.

Para el Anexo 6, se realizó un tablero de sub-distribución. Este tablero está compuesto

por 6 circuitos de iluminación de 15A cada uno, 9 circuitos para cargas generales de 20A y 5 circuitos para cargas especiales de 40A cada uno. Protegido con un disyuntor general de 250A.

14. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El presente diseño fotovoltaico ha sido dimensionado para sustentar únicamente la carga del sistema lumínico, los cuales son 20365 Wh. Dicho sistema fue dimensionado con paneles marca Jinkosolar de 405 W (Anexo 10) y un inversor marca Delta Energy de 8 KW (Anexo 11).

14.1 Cálculo del consumo diario de los circuitos de iluminación

En la Tabla 10 se muestra el cálculo de consumo diario con respecto a los circuitos de iluminación de los cuales se tomó en cuenta la potencia de cada circuito con respecto a las horas de uso y el proporcional del uso en horas en la semana, dando como resultado la potencia de consumo diario en watts/hora.

$$W_{promedio_dia} = \frac{\text{Potencia del circuito} * \text{Horas de uso}}{\text{Uso dias_sem} * 7} [Wh] \quad (8)$$

Tabla 10. Cálculo de consumo Wh/día para los circuitos de iluminación

Cuadro de consumo eléctrico							
Zonas	Ambientes	Circuito Eléctrico	Potencia [W]	Horas	Uso día/sem	7 días	WATT-HORAS
		# Circuitos					
Ingreso	Boletería / recepción	CI.1	12	6	6	7	61.71
			144	6	6	7	740.57
		CI.2	6	6	6	7	30.86
			24	6	6	7	123.43
	180	6	6	7	925.71		
	Tienda de recuerdos	CI.3	198	6	6	7	1018.29
Veterinaria	Consultorios	CI.4	234	6	6	7	1203.43
	Quirófano/ recepción	CI.5	24	6	6	7	123.43
			198	6	6	7	1018.29
	Pasillo general	CI.6	96	6	6	7	493.71
Museo	Museo yubarta	CI.7	198	6	6	7	1018.29
		CI.8	270	6	6	7	1388.57
		CI.9	270	6	6	7	1388.57

	CI.10	234	6	6	7	1203.43	
	CI.11	24	6	6	7	123.43	
		162	6	6	7	833.14	
	CI.11	198	6	6	7	1018.29	
	CI.12	252	6	6	7	1296.00	
	CI.13	60	6	6	7	308.57	
		90	6	6	7	462.86	
	CI.14	162	6	6	7	833.14	
	CI.15	72	6	6	7	370.29	
	CI.16	216	6	6	7	1110.86	
	CI.17	24	6	6	7	123.43	
		108	6	6	7	555.43	
	CI.18	216	6	6	7	1110.86	
	CI.19	144	6	6	7	740.57	
	CI.20	144	6	6	7	740.57	
	Potencia total (Wh)						20365.7

Fuente: Autores

14.2 Cálculos para el sistema fotovoltaico

14.2.1 Cálculo de inclinación óptima para el sistema.

El realizar los cálculos de inclinación nos permite optimizar el rendimiento de nuestro sistema y la captación de radiación. Para esto debemos identificar las coordenadas de donde se realizará el proyecto.

- Latitud: -0.66615
- Longitud: -80.47791

Luego de identificar las coordenadas geográficas aplicamos la ecuación:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.6 * Lat. \quad (9)$$

Donde:

$$\beta_{opt} = \text{Inclinacion optima}$$

$$Lat. = \text{Latitud}$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.6 * 0.66^\circ$$

$$\beta_{opt} = 4.15^\circ$$

14.2.2 Cálculo de potencia del arreglo fotovoltaico

Calculamos la potencia mediante la ecuación (10):

$$P_{arreglo} = \frac{W_{promedio_dia}}{HSP * N_{inv} * N_{cable}} \quad (10)$$

Donde:

$$w_{promedio\ dia} = \text{potencia promedio diaria}$$

$$\begin{aligned}
 HSP &= \text{Hora solar pico} \\
 N_{\text{cable}} &= \text{eficiencia del cable} \\
 N_{\text{inversor}} &= \text{eficiencia del inversor} \\
 P_{\text{arreglo}} &= \frac{20365.7 \text{ Wh}}{4.29 * 0.98 * 0.97} \\
 P_{\text{arreglo}} &= 4993.95 \text{ w}
 \end{aligned}$$

14.2.3 Cálculo de potencia pico

Se define como la máxima potencia eléctrica que puede generar el sistema estando sometido a una irradiancia constante igual a 1000 W/m².

$$P_p = 1,2 * P_n \quad (11)$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 P_p &= \text{Potencia pico} \\
 P_p &= 1,2 * 4993.95 \text{ w} \\
 P_p &= 5992.74 \text{ w}
 \end{aligned}$$

14.2.4 Cálculo número de módulos

El siguiente paso en el proceso de diseño, consiste en la selección de la potencia de los módulos fotovoltaicos a utilizar, aplicándolo en la ecuación (12) .

$$N_{\text{modulo}} = \frac{P_{\text{arreglo}}}{P_{p \text{ modulo}}} \quad (12)$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 N_{\text{modulo}} &= \text{numero de modulos fotovoltaicos} \\
 P_{p \text{ modulo}} &= \text{Potencia pico del modulo} \\
 N_{\text{modulos}} &= \frac{5992.74 \text{ w}}{405 \text{ w}} \\
 N_{\text{modulos}} &= 14,79 \approx 15 \text{ módulos}
 \end{aligned}$$

14.2.5 Cálculo superficie de arreglo fotovoltaico

Es aquella superficie extendida donde se plantea instalar los módulos fotovoltaicos sin desperdiciar material o espacio, su ecuación es (13) .

$$Sup_{\text{arreglo}} = N_{\text{modulos}} * Sup_{\text{modulos}} [m^2] \quad (13)$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 Sup_{\text{arreglo}} &= \text{Superficie del arreglo} \\
 N_{\text{modulo}} &= \text{numero de modulos fotovoltaicos}
 \end{aligned}$$

$$Sup_{modulos} = Superficie\ del\ modulo$$

$$Sup_{arreglo} = 14.74 * 2\ m^2$$

$$Sup_{arreglo} = 29.59\ m^2$$

14.2.6 Cálculo potencia de inversor

Conocer la potencia del inversor es muy importante ya permite conocer la potencia de salida del quipo para poder abastecer de corriente alterna al sistema lumínico planteado en este proyecto, por lo que usamos la ecuación (15).

$$P_{max_arreglofv} = P_{modulo} * N_{modulos} \quad (14)$$

Donde:

$$P_{max_arreglofv} = Potencia\ maxima\ del\ arreglo\ fotovoltaico$$

$$N_{modulos} = Numero\ de\ módulos$$

$$P_{modulo} = Potencia\ del\ modulo$$

$$P_{max_arreglofv} = Potencia\ del\ modulo$$

$$P_{max_arreglofv} = 405Wp * 15$$

$$P_{max_arreglofv} = 6075\ W$$

$$P_{inv} = P_{max_arreglofv} * 1.2 \quad (15)$$

Donde:

$$P_{inv} = potencia\ del\ inversor$$

$$P_{inv} = P_{max_arreglofv} * 1.2$$

$$P_{inv} = 6075 * 1.2$$

$$P_{inv} = 7290\ w$$

15. Análisis a partir del uso del simulador PVsyst 7.2.

El uso del programa PVSYST 7.2 ayuda en gran medida a realizar el dimensionamiento óptimo de los sistemas fotovoltaicos de manera óptima y eficiente. Es una aplicación que permite la investigación, dimensionamiento y estudio completo de datos de modelado de sistemas fotovoltaicos. Gracias a su base de datos meteorológica, el software permite determinar el tamaño de la instalación en función de la radiación solar recibida en su ubicación, lo que permite diseñarla en 3D y sombras del movimiento del sol durante el día a partir de proyecciones simuladas. (Villao & Consuegra, 2021)

Además de los dos tipos principales de conexión a red y aislamiento, también incluye

dos variantes de instalación específicas, bombeo y conexión CC. Incluye una gama de herramientas útiles que pueden ayudarnos a crear o modificar los sistemas. El software requiere un punto geográfico, lo que nos ayudará a determinar la cantidad de radiación requerida. (Villao & Consuegra, 2021)

En el caso específico de la investigación se utilizó este procedimiento para comparar los resultados obtenidos. Para la selección de paneles fotovoltaicos, el simulador proporciona un amplio catálogo de componentes de todo tipo y propiedades, además de seleccionar las características de tensión y corriente deseadas. Se pueden conectar en serie o en paralelo, además de mostrar el voltaje y la corriente en cada cadena. Este programa también genera alertas en base al correcto dimensionamiento del proyecto, creando sugerencias que facilitaran su comprensión evitando así problemas de diseño. Este programa ha sido de mucha ayuda para nosotros, ya que nos permitió obtener resultados precisos y confiables que se asemejaron a los cálculos escritos, lo que nos permitió saber que el análisis del sistema fotovoltaico es eficiente. (Villao & Consuegra, 2021)

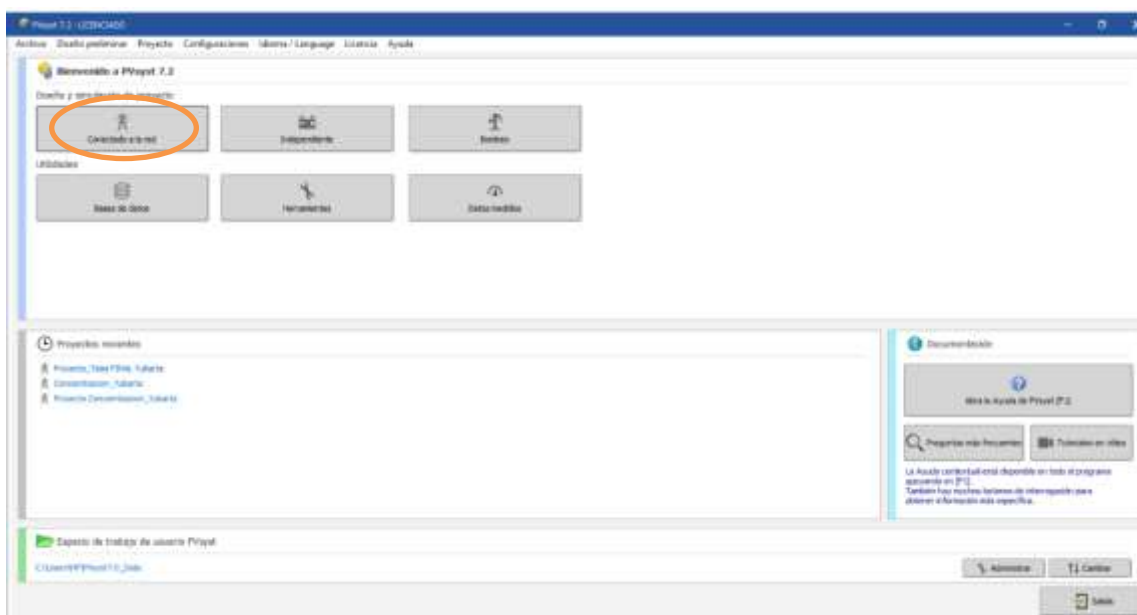


Figura 19. Ventana principal del programa PVsyst 7.2

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

15.1 Diseño y simulación del proyecto.

Dentro de la aplicación, tal como se muestra en Figura 20, generamos un nuevo proyecto, el cual se llamará “Tesis_Yubarta_Final”, y como primer paso asignamos un nuevo sitio con las coordenadas geográficas -0.66615, -80.47791, donde se llevará a cabo el proyecto, Figura 21.

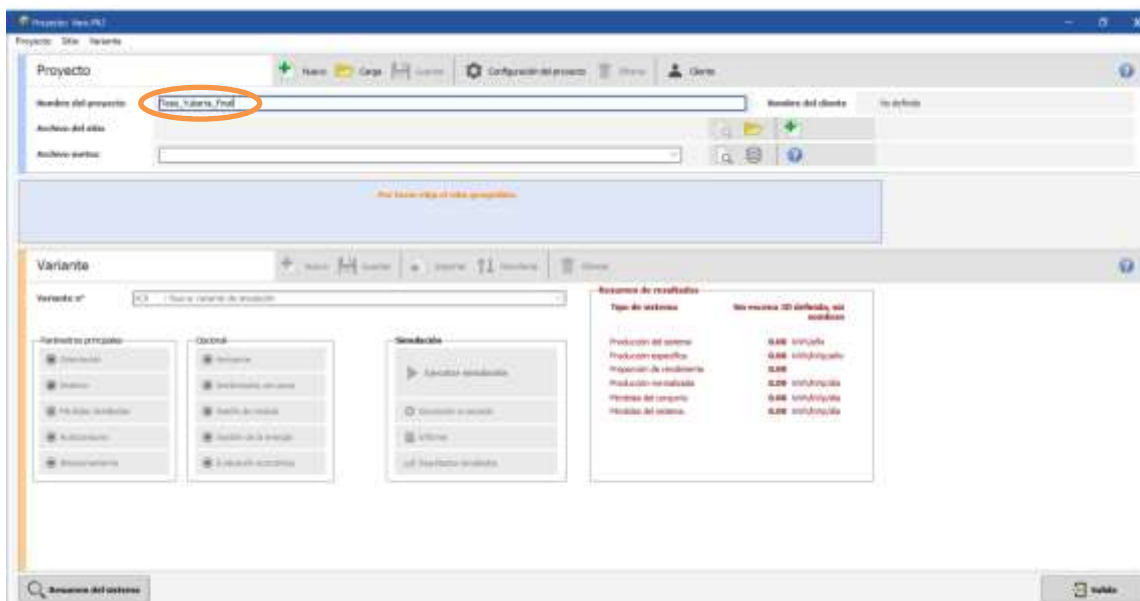


Figura 20. Asignación de nombre al proyecto Fotovoltaico

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

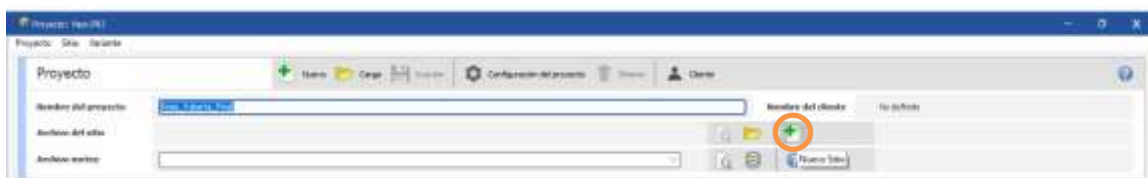


Figura 21. Asignación de coordenadas del proyecto fotovoltaico

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Una vez asignado el sitio, Figura 22 se procede abrir la siguiente ventana donde nos brinda la opción de colocar las coordenadas geográficas -0.66615, -80.47791 o caso contrario usando el mapa predefinido por el simulador.

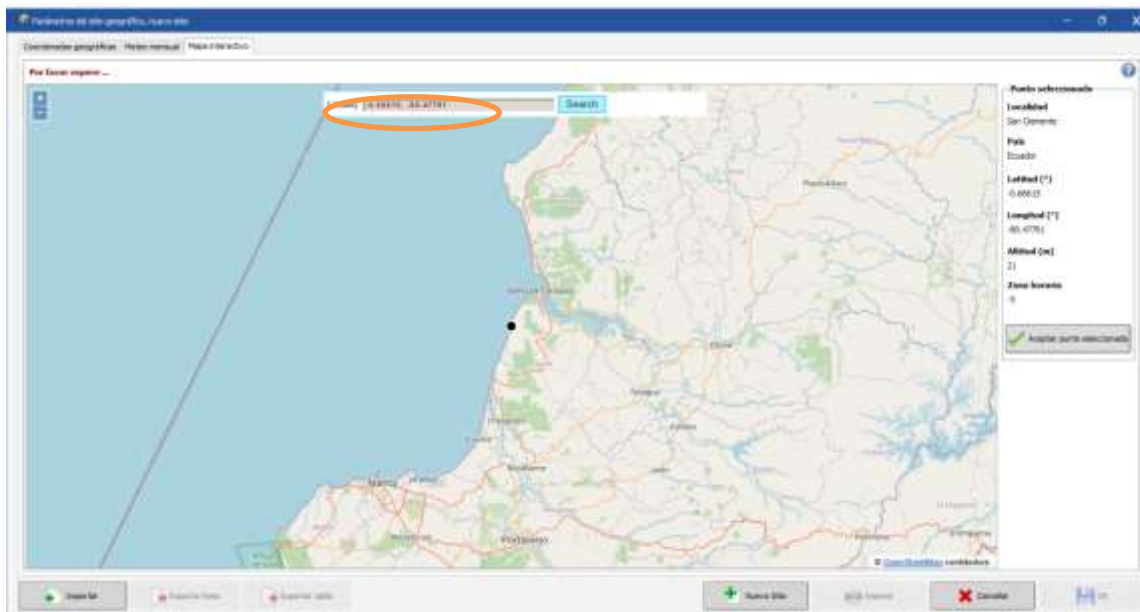


Figura 22. Coordenadas geográficas para el simulador.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Una vez localizado el punto geográfico, se coloca un nombre y del lado derecho de nuestro simulador existe una sección de importación de datos meteorológicos, donde podemos escoger cualquier plataforma digital la que más convenga al usuario y se procede a importar, Figura 23.

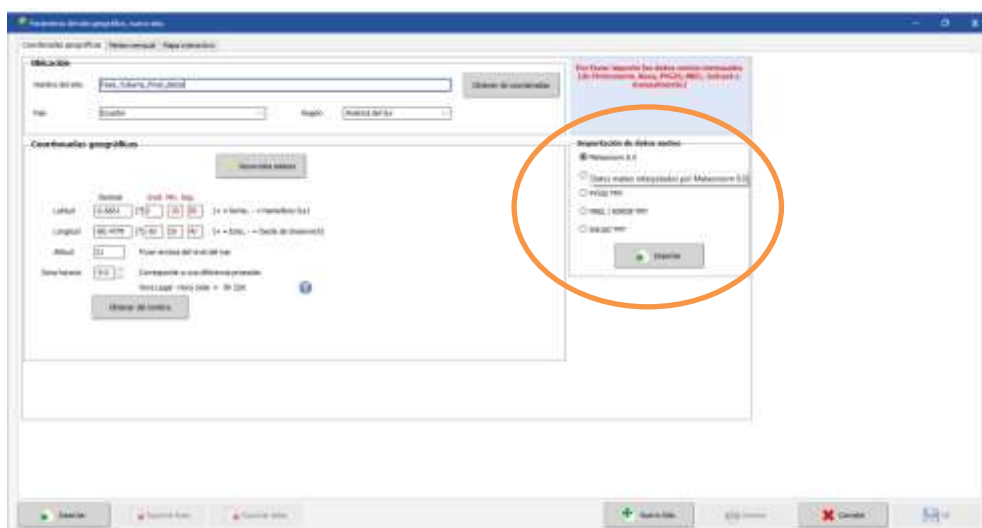


Figura 23. Importación de datos meteorológicos

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Inmediatamente seleccionamos el tipo de base de datos que nos proporciona el programa, en este caso seleccionamos los datos de Meteonorm 8.0, ya que es la

herramienta que me brinda la información climatológica y permite la interpolación de datos alrededor del mundo. Dentro de esta ventana Figura 24, podemos observar la Irradiación horizontal global, Irradiación difusa, temperatura, velocidad de viento, turbidez y humedad.

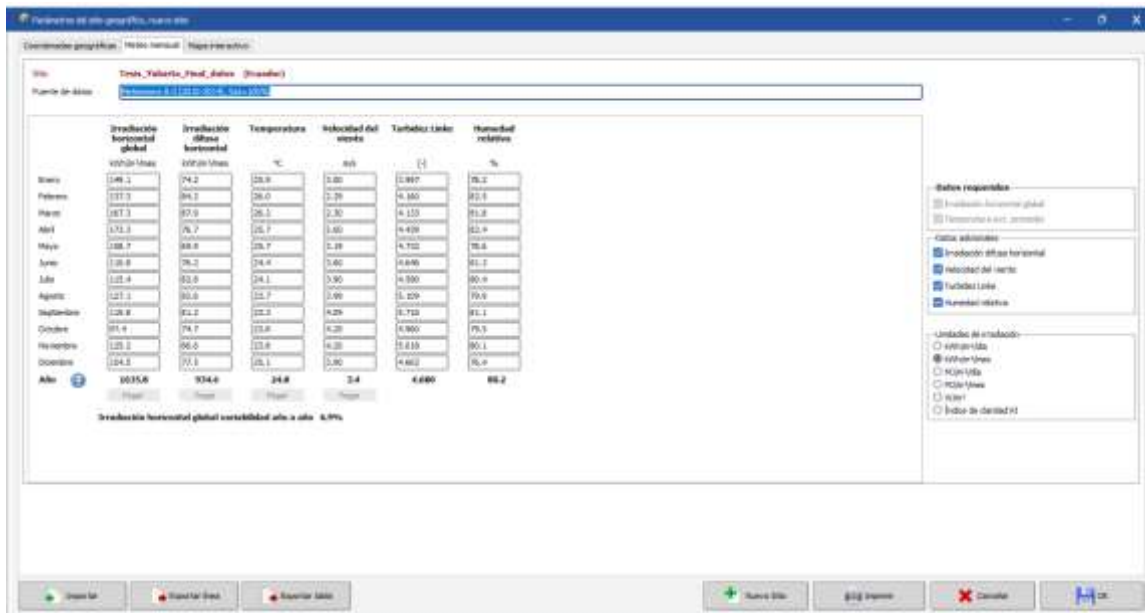


Figura 24. Características de la importación de datos en Meteonorm 8.0

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Una vez ingresado los datos, continuamos a la siguiente ventana del simulador donde nos indica dar en “Guardar”, para registrar los datos ingresados y continuar.

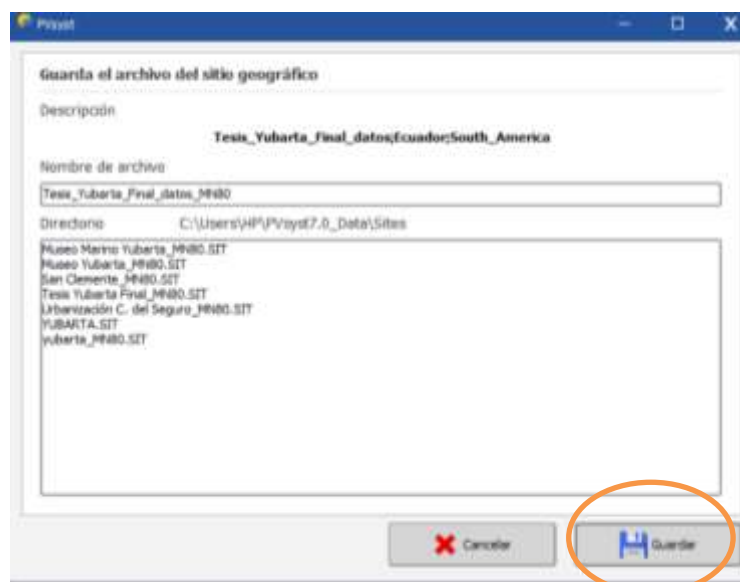


Figura 25. Almacenamiento de datos geográficos.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

15.2 Análisis de los resultados a partir de la ejecución del simulador.

Una vez creado el archivo, pasaremos a ingresar las variantes de dimensionamiento del proyecto fotovoltaicas. Puede comenzar con los parámetros principales utilizando la opción Orientación, donde puede elegir el tipo de sitio, ya sea pendiente fija, galpón infinito, rastreador, etc. se podrá calibrar el ángulo de inclinación y acimut con una optimización rápida ya sea por temporada de invierno, verano o rendimiento de irradiación anual.

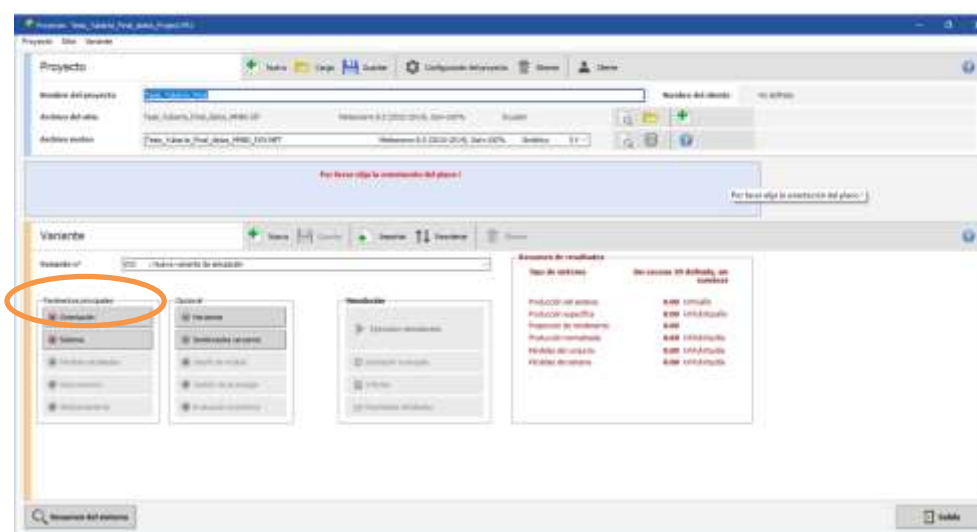


Figura 26. Variantes de dimensionamiento en el simulador

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Procedemos a ingresar los datos de variante para la Orientación, datos necesarios para una correcta simulación del proyecto, Figura 27.

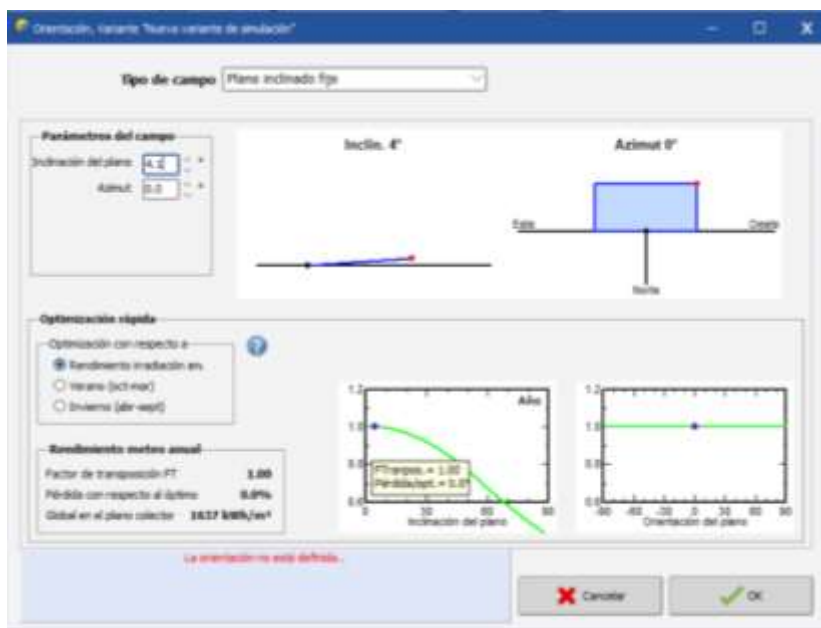


Figura 27. Variante de orientación, “nueva variante de simulación”.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

15.3 Ingreso de componentes empleados en nuestra simulación.

Al ser un proyecto conectado a la red Figura 28, el programa directamente deriva al usuario a ingresar los datos en el variante sistema.

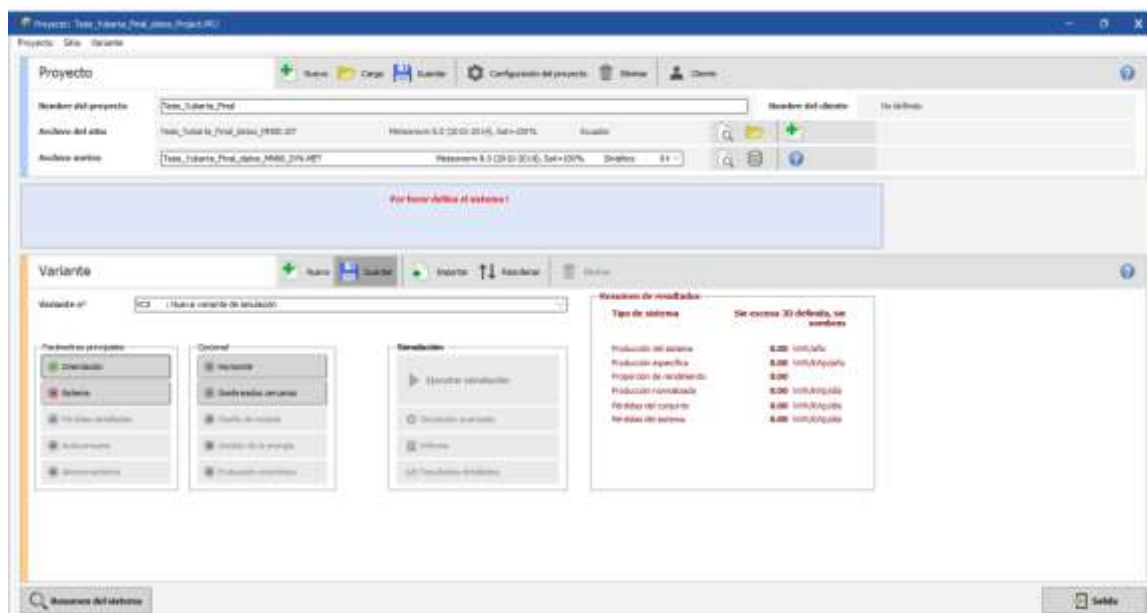


Figura 28. Variante sistema, "nueva variante de simulación".

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Una vez ingresado a la variante simulación Figura 29, la ventana nos muestra algunas opciones como es la selección de los módulos fotovoltaicos, selección del inverso, incluso permite modificar el conjunto de número de módulos y cadenas.

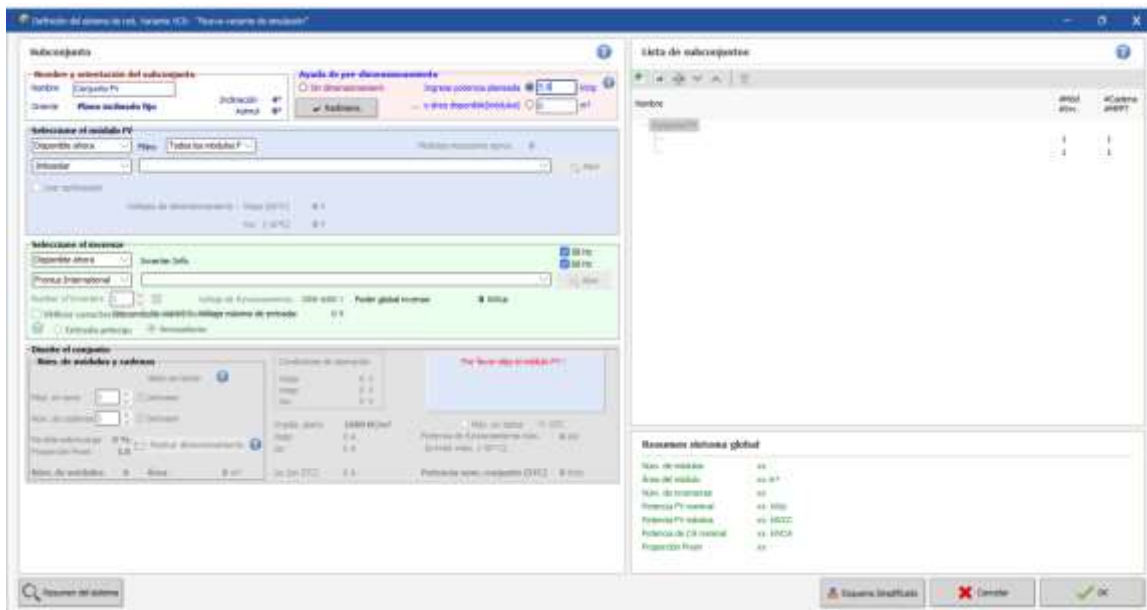


Figura 29. Ingreso de Potencia pico del sistema para el pre-dimensionamiento.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Para su dimensionamiento en la Figura 30, se procede al ingreso de la potencia pico que demandara nuestro sistema, a continuación seleccionamos la marca y modelo del módulo fotovoltaico a usar, según nuestro criterio y especificaciones del módulo que convenga para el proyecto, de la misma manera para la selección del inversor, seleccionamos la marca y modelo del inverso según su potencia y especificaciones técnicas que nos permitirán en conjunto con el simulador , obtener resultados precisos y confiables.

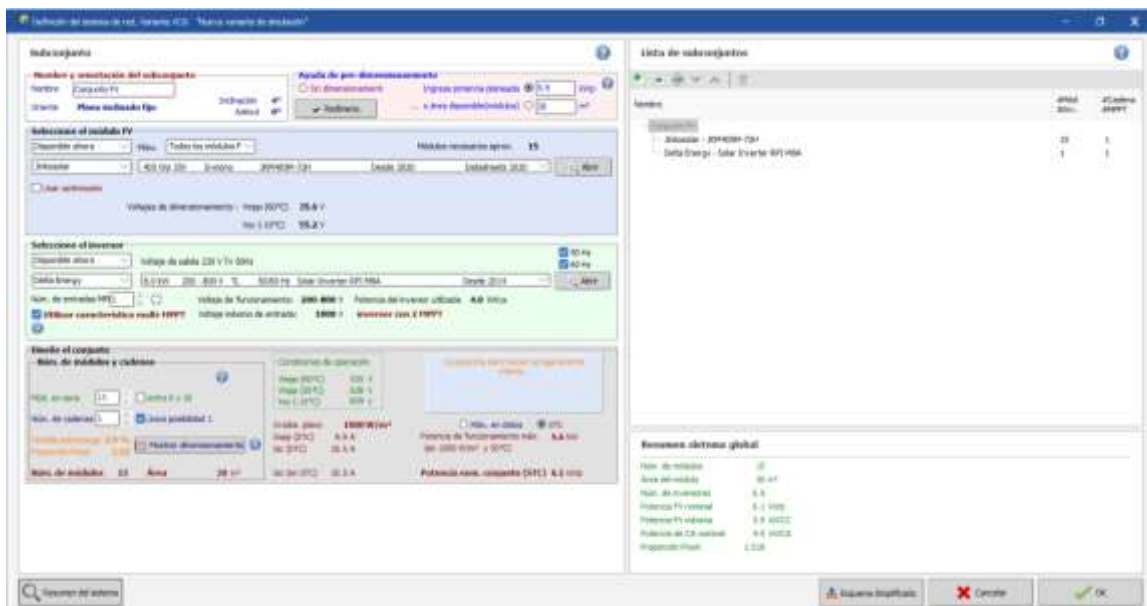


Figura 30. Culminación del conjunto fotovoltaico

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Una vez culminado el ingreso de datos Figura 31; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, podemos verificar la ventana inferior de notificaciones, en la cual corroborar los cálculos obtenidos de manera escrita con los cálculos de la simulación en el programa PVsyst.



Figura 31. Advertencias de la simulación del conjunto fotovoltaico

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

15.4 Parámetros opcionales para nuestro sistema fotovoltaico.

Una vez concluido el ingreso de los parámetros principales de los componentes empleados en nuestra simulación del sistema fotovoltaico, se presenta el recuadro Opcional Figura 32, donde se tendrá la opción de Horizonte, éste se basa en los grados de orientación en el caso de que se pueda tener sombreado (Figura 33) y este influya de una u otra manera en el desempeño de los paneles Fotovoltaicos. De igual manera en la Figura 34, lo podemos realizar mediante la otra ventana llamada “sombreados cercanos”, en donde de la misma manera podemos construir una perspectiva o un escenario, donde intervienen obstáculos que impidan la irradiación directa al panel fotovoltaico.

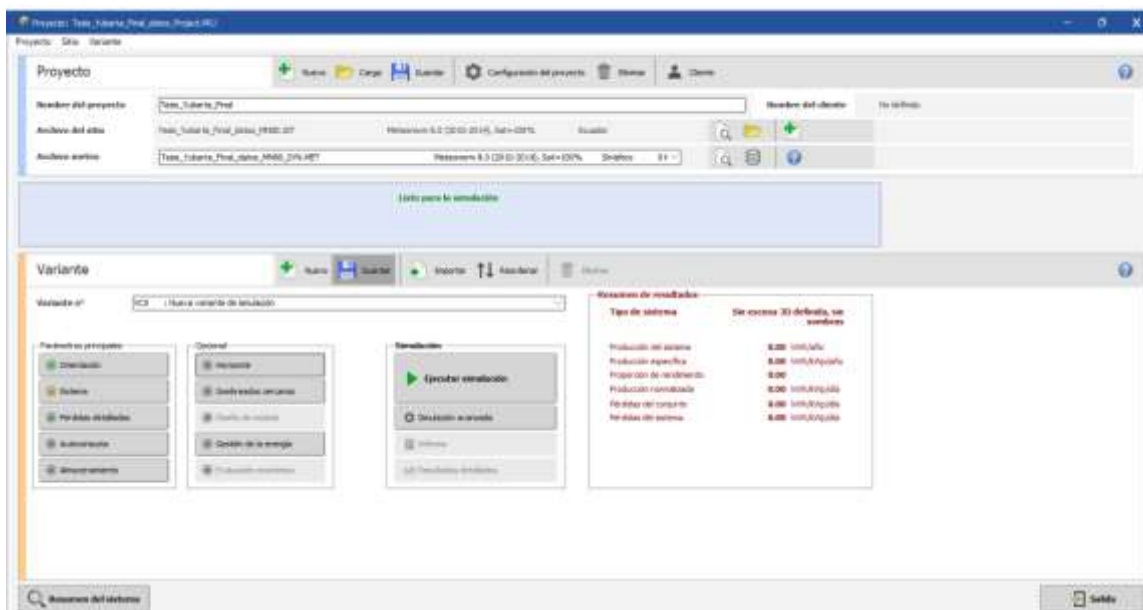


Figura 32. Parámetros opcionales de horizonte del sistema fotovoltaico.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

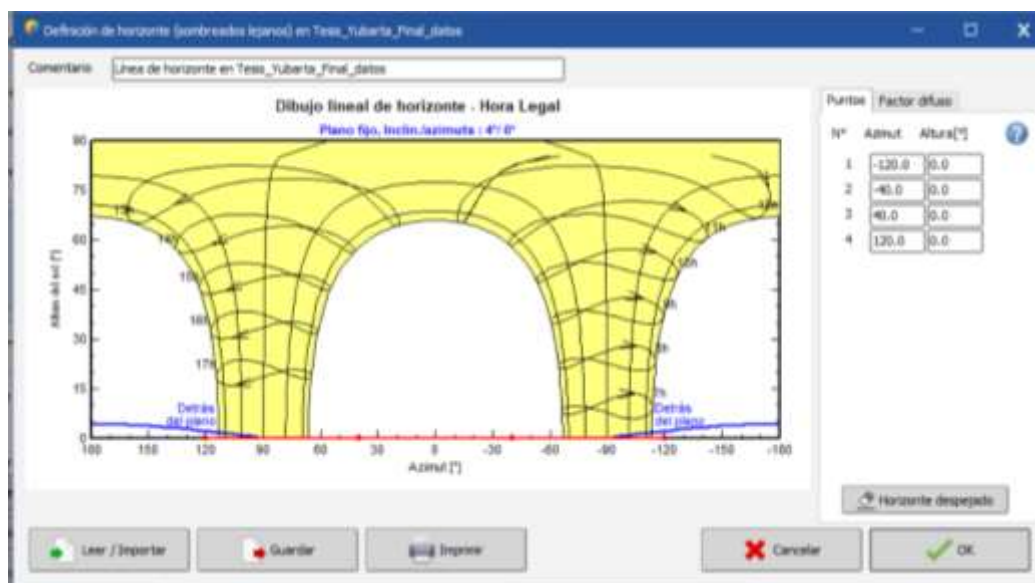


Figura 33. Línea de horizonte en el sistema

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Dentro de la ventana de los resultados y estadísticas de la simulación, justamente del perfil derecho podemos obtener más información detallada ingresando a la sección de tablas (Figura 36), donde podremos visualizar balances y resultados principales, meteorológicos y energía, energía incidente, factores ópticos, perdidas entre otros.

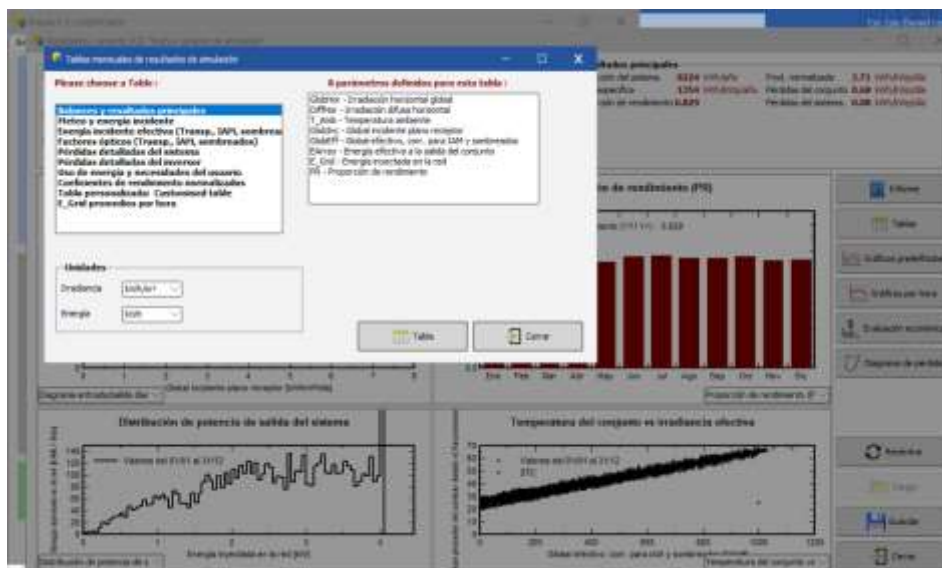


Figura 36. tablas de resultados de la simulación del sistema fotovoltaico.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

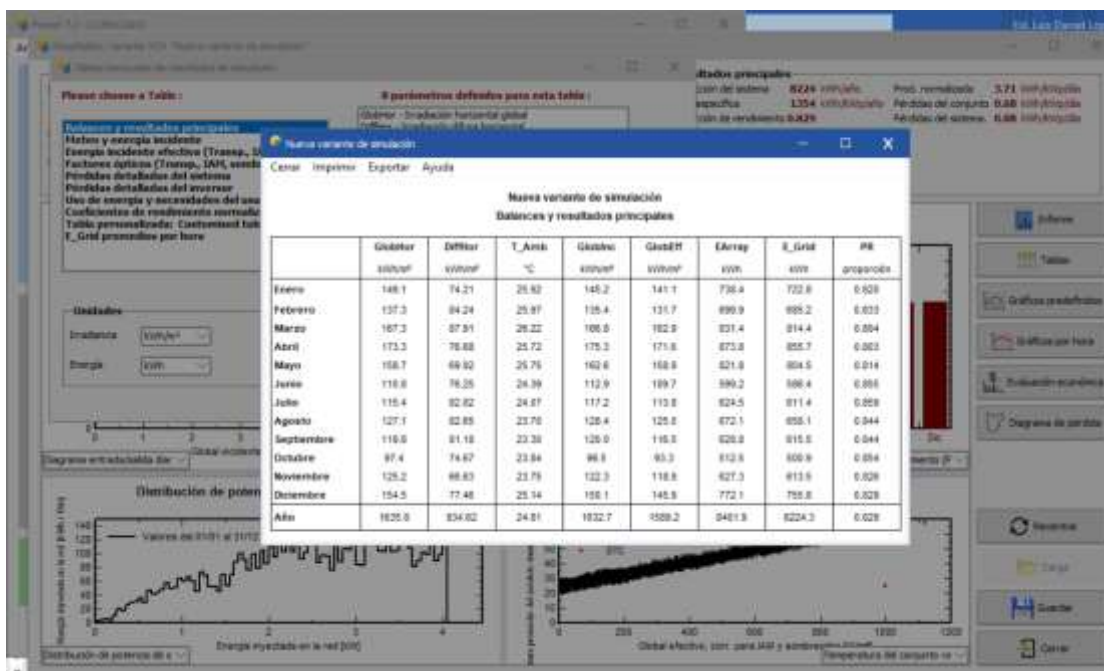


Figura 37. Resultados principales.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

En esta ventana podemos ver la estadística respecto a las horas de producción de energía según las horas del día, durante todo el año (Figura 37).

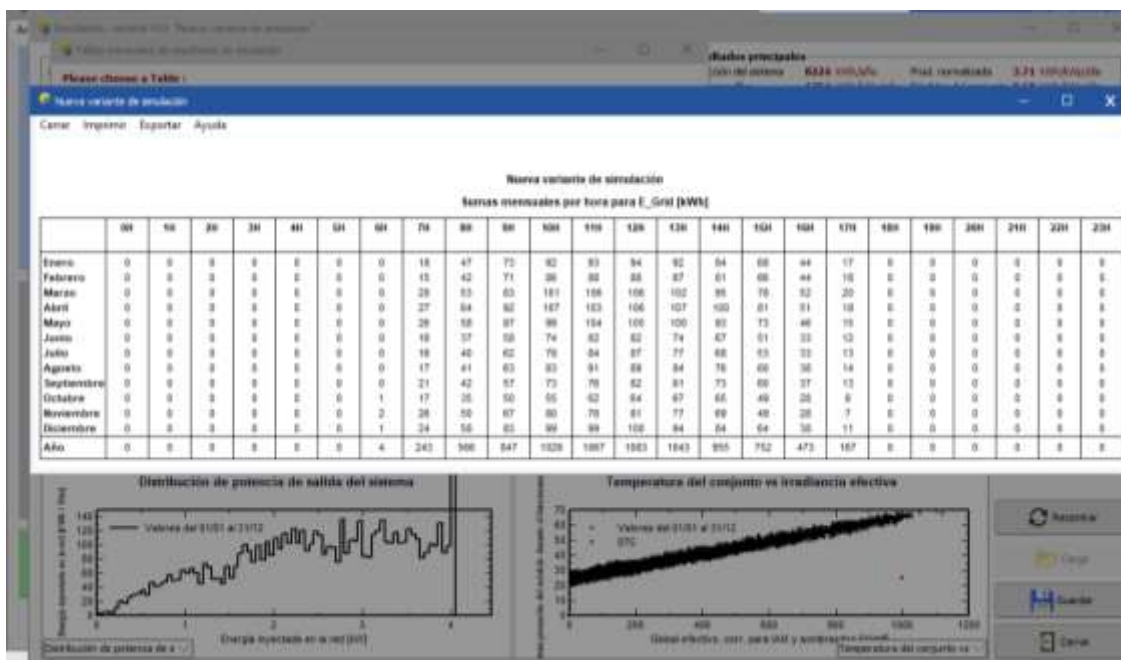


Figura 38. Sumas mensuales por hora para E_Grid [kwh].

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

También la venta de resultados Figura 38, nos permite visualizar los diferentes gráficos predefinidos tales como diagrama de pérdida del sistema, energía incidente, producción normalizada, proporción de rendimiento entre otros.

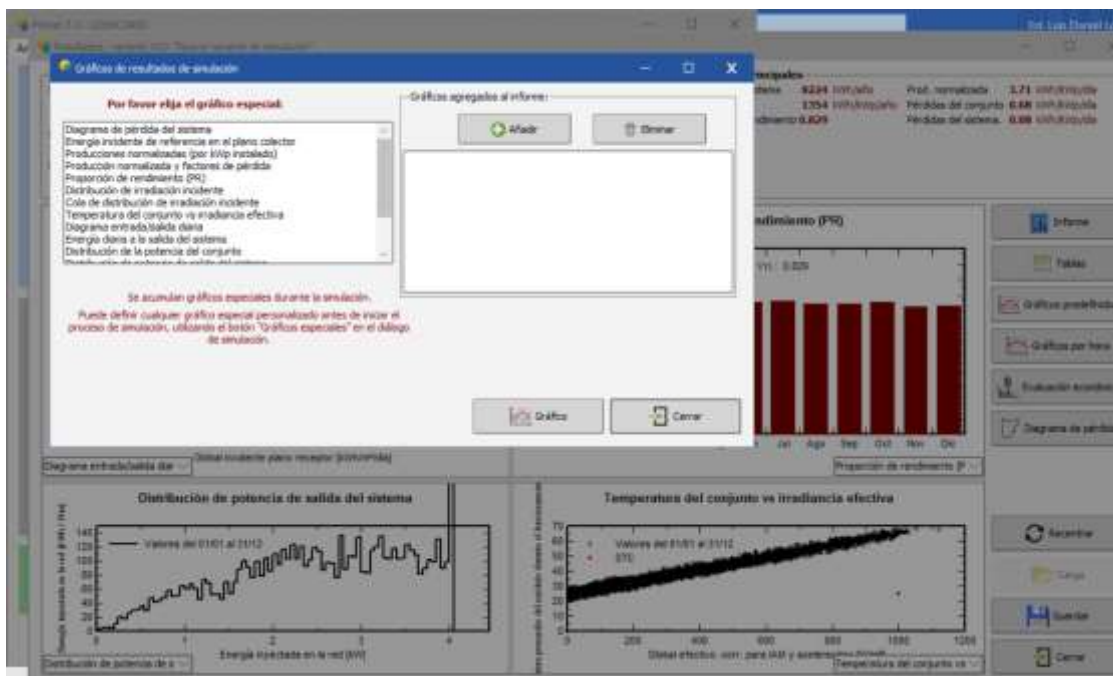


Figura 39. gráficos predeterminados de la simulación del sistema fotovoltaico.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

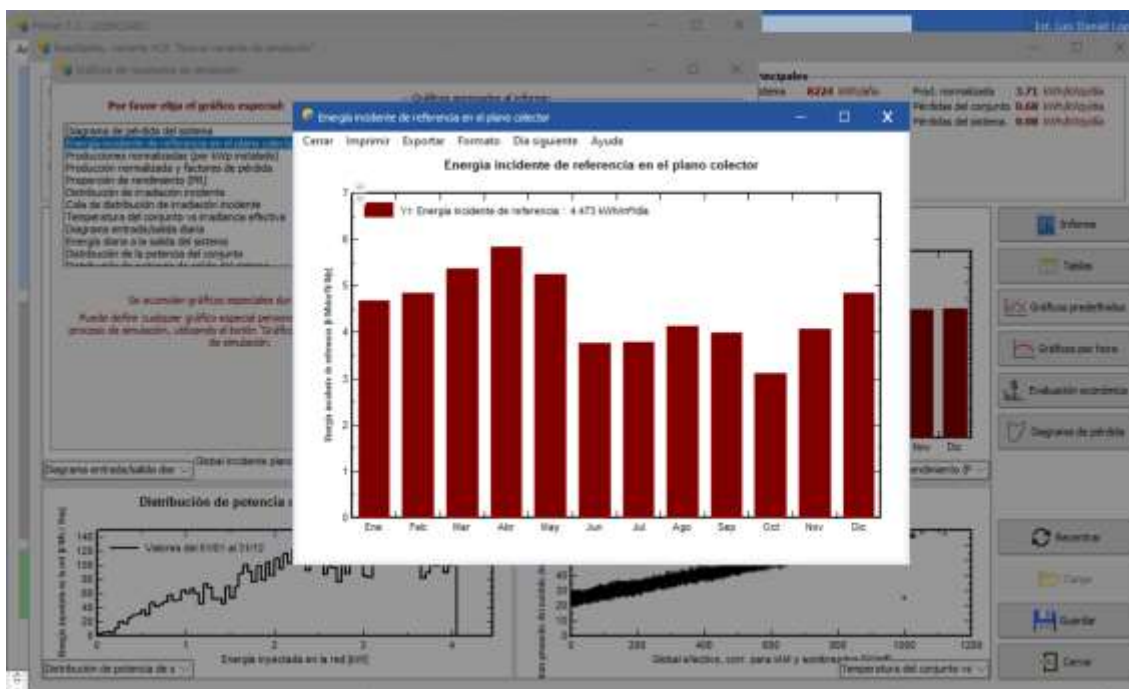


Figura 40. energía incidente de referencia del sistema fotovoltaico.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Esta ventana (Figura 39), también nos da la opción de poder revisar el diagrama de flujo donde se aprecia del porcentaje de pérdidas del sistema(Figura 40), perdidas por cada módulo, perdidas por el nivel de irradiancia, pérdida térmica, pérdida por calidad del módulo, pérdida del inversor durante su operación, ayudándonos a establecer límites y corregir errores antes de la instalación(Figura 41).

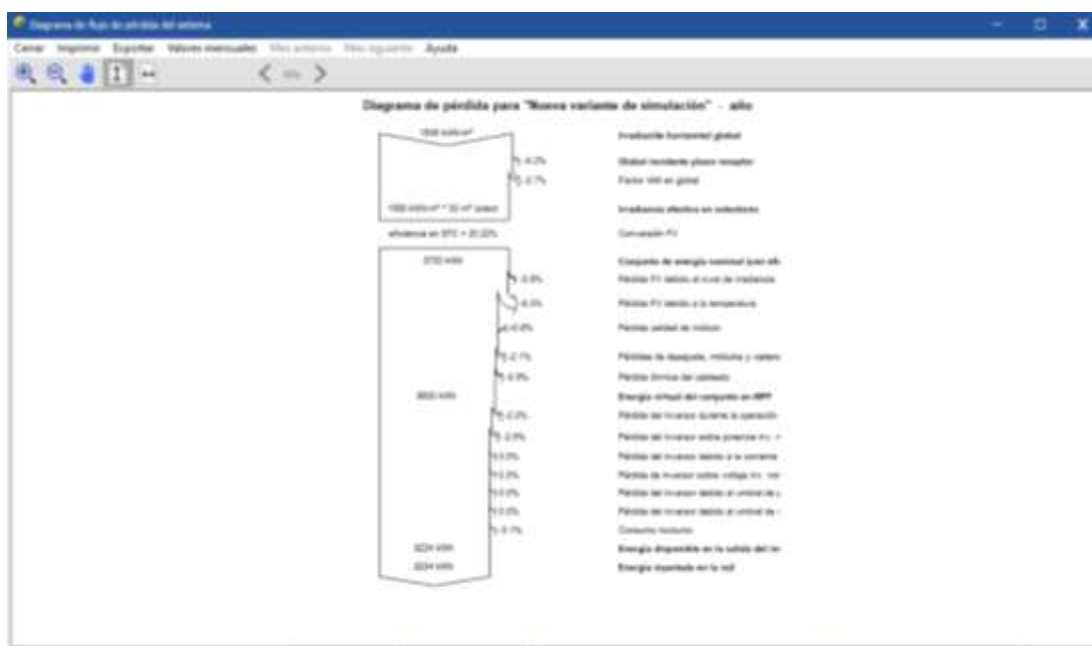


Figura 41. diagrama de flujo de pérdidas del sistema fotovoltaico

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

Finalmente, el programa de simulación PVsyst 7.2, nos genera un informe en formato pdf. (Figura 42), con todos los detalles del sistema fotovoltaico, para obtener una memoria técnica así analizarlo a detalle según las exigencias del usuario.



Figura 42. informe final del sistema fotovoltaico generado en PDF.

Fuente: Autores & PVsyst 7.2

16. Resultados de la evaluación económica.

Para los resultados de la evaluación económica partimos de la demanda de iluminación como indica en la Tabla 10, obtenemos el valor de 203657 Wh/día y procedemos a calcular el consumo por mes y luego por año hasta completar

$$\text{consumo mensual} = 20365.7 \text{ Wh} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{consumo mensual} = 610971 \text{ Wh/dia}$$

$$\text{consumo anual} = 610.971 \text{ Wh/dia} * 12 \text{ Meses}$$

$$\text{consumo anual} = 7.331.652 \text{ Wh/año}$$

$$\text{Costo de consumo anual} = \text{consumo anual Wh} * \text{tarifa de consumo en KWh}$$

$$\text{Costo de consumo anual} = \frac{7.331.652 \text{ Wh/año}}{1000} * \$0.10$$

$$\text{Costo de consumo anual} = \$733,16$$

Al no existir una tasa de descuento, tomamos una tasa referencial de interés para inversiones de carácter público como se muestra en la Figura 10, el cual usaremos una tasa de 8.28% como valor referencial para inversiones en el sector público. El fabricante Jinkosolar, provee una garantía de 12 años y una garantía de potencia lineal de 25 años, en la que celda fotovoltaica tendrá una eficiencia del 80% de su capacidad, como se indica en el Anexo 10, por lo tanto, para realizar los cálculos económicos usamos el tiempo de garantía que provee la marca, ya que representa los años de inversión.

16.1 Cálculo de evaluación económica

Finalmente, luego de realizar los cálculos, podemos indicar que, a partir de la metodología del valor actual neto, la tasa de interna de retorno y el Payback, los resultados finales indican que el proyecto es rentable para el inversionista, dado que obtenemos una tasa de retorno del 19% y un tiempo de Recuperación de la inversión de 5 años, considerando el proyecto viable para un escenario de inversión futura y obteniendo un ahorro a corto plazo.

Tabla 11. Cálculo de evaluación Económica

Periodo de Garantía	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujos Netos	-\$3 402.54	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16
Saldo actualizado con tasa 8.28%	-\$3 402.54	\$677.10	\$625.32	\$577.50	\$533.34	\$492.56	\$454.89	\$420.11	\$387.98	\$358.31	\$330.91	\$305.61	\$282.24
Saldo actualizado acumulado	-\$3 402.54	-\$2 725.44	-\$2 100.12	-\$1 522.62	-\$989.28	-\$496.72	-\$41.83	\$378.28	\$766.26	\$1 124.58	\$1 455.49	\$1 761.10	\$2 043.34

Tasa de descuento o Tasa de Rentabilidad	8.28%
VNA	\$ 5 445.88

VAN	\$2 043	
TIR	19%	
NPER	4.76	
	Años	Tiempo a partir del cual comienzo a tener saldos actualizados positivos

TIR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujos Netos	-\$3 402.54	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16	\$733.16
Saldo actualizado con tasa 8.28%	-\$3 402.54	\$616.99	\$519.22	\$436.95	\$367.71	\$309.45	\$260.41	\$219.15	\$184.43	\$155.20	\$130.61	\$109.91	\$92.50
Saldo actualizado acumulado	-\$3 402.54	-\$2 785.55	-\$2 266.33	-\$1 829.38	-\$1 461.66	-\$1 152.22	-\$891.80	-\$672.65	-\$488.23	-\$333.02	-\$202.41	-\$92.50	\$0.00

17. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

17.1 Conclusiones

- Se identificó las áreas del complejo para los circuitos unifilares y la esquematización del diseño eléctrico, estimando una demanda aproximada basada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- El dimensionamiento de la demanda estimada permitió establecer una potencia aproximada de 63060W para el proyecto, considerando los sistemas básicos como iluminación (3960W), tomacorrientes generales (16600W) y cargas especiales (42500W).
- Tomando como referencia la normativa IEC 60617 vigente en el Código Eléctrico Nacional para planos eléctricos, arquitectónicos y a través de la implementación de un software de diseño como AutoCAD eléctrico se logró elaborar los diagramas unifilares del sistema eléctrico y fotovoltaico, considerando que el sistema fotovoltaico compensara la demanda de los circuitos de iluminación del proyecto.
- Por medio de la implementación del software de diseño PVsyst, considerando que el sistema fotovoltaico compensará la demanda de los circuitos de iluminación del proyecto, se logró determinar que el número de paneles fotovoltaicos monocristalinos óptimos fue de 15 unidades de 405W de potencia. De igual manera, se seleccionó el tipo de inversor de 8kW acorde a la potencia pico generada por los módulos fotovoltaicos. Finalmente, a través de cálculos manuales en base al mismo consumo, se pudo comprobar que la información generada fue acorde a los valores de la simulación.
- La evaluación económica del sistema fotovoltaico nos permitió determinar, que este proyecto es viable dado que el retorno de la inversión es de 5 años y la tasa de retorno es del 19%.

17.2 Recomendaciones

- Desarrollar estudios a futuro en base a las demandas reales de los ambientes del proyecto.
- Contar con los requisitos mínimos para la implementación de un sistema fotovoltaico de acuerdo con lo descrito por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL).
- Desarrollar proyectos de energía renovable en donde se promueva el uso de sistemas

fotovoltaicos para minimizar el impacto ambiental generado por el dióxido de carbono de la industria eléctrica no renovable, aportando el crecimiento de energías limpias en nuestro país.

- Diseñar charlas de capacitación dirigida a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil con la finalidad de impartir conocimiento teórico-práctico de sistemas de generación fotovoltaicas conectadas a la red tomando como referencia este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

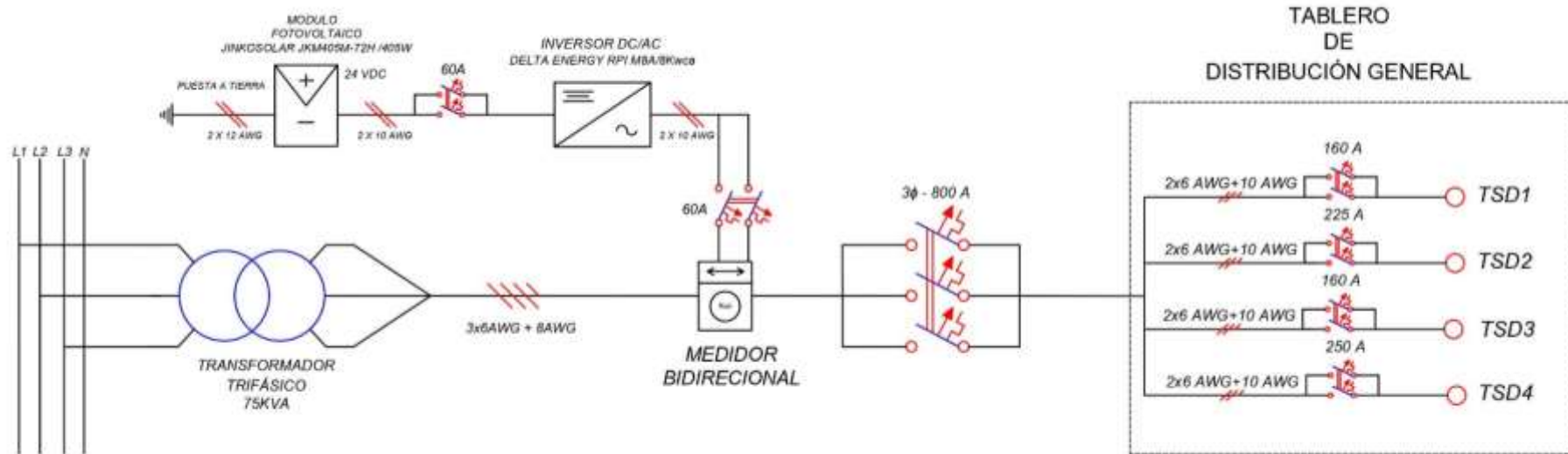
- Acciona. (2018). *Energía solar fotovoltaica* . Obtenido de https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/?_adin=02021864894
- Acuña, A. (2019). *Paneles fotovoltaicos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/433430350/paneles-fotovoltaicos>
- Ahmed, E. M. (2014). *Cálculo de diseño de una instalación fotovoltaica, situada en el polígono Riu de Tarragona*. Obtenido de <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2253pub.pdf>
- Alonso, Silva, Pérez, & Chenlo. (2013). A comparative analysis of PV modules efficiency from five different cell-technology arrays: Experimental results within the CALENER project. 3275-3279.
- APPA. (2017). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* Obtenido de <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- ARCONEL. (2019). *Resolución Nro. ARCONEL-042/18*. Obtenido de <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/042-18.pdf>
- Arencibia, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *Redalyc*.
- Bocachica, F., & Hernández, M. (2009). *diseño e implementación de un inversor d/c a/c para implantar en un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a una finca*. Obtenido de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/65879.pdf>
- Cadena, Á. I. (2008). Fuentes energéticas alternativas. *Revista de ingeniería*(28), 60-63.
- Cerrón, A. (2019). *Dimensionamiento del potencial fotovoltaico para el funcionamiento de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la gramita, Casma – Ancash*. Obtenido de <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3235/CERRON%20CONTRERAS%20AMANDA%20-%20MAESTRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Conceptode. (2018). *Energías renovables*. Obtenido de <https://concepto.de/energias-renovables/>
- CONELEC. (2020). *Atlas solar del Ecuador*. Obtenido de <https://potentialsolar-rse.com/wp-content/uploads/2020/01/AtlasSolar.pdf>

- Consuegra, E., & Villao, H. (2021). *Dimensionamiento óptimo de un sistema fotovoltaico a través de herramientas computacionales en zonas aisladas*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21324>
- Cruceira, E. (2019). *Sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica en el edificio de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10103/2/04%20MEL%20076%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Dávila, M. A. (2020). *Estudio de técnicas invasivas y no invasivas para evaluar el deterioro de paneles solares fotovoltaicos*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34418>
- El Universo. (2021). *Con paneles solares empresas buscan reducir sus emisiones, generar su propia energía y ahorrar en el camino*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/con-paneles-solares-empresas-buscan-reducir-sus-emisiones-generar-su-propia-energia-y-ahorrar-en-el-camino-nota/>
- Escobedo, R. (2018). *Implementación de un sistema fotovoltaico para un laboratorio de cómputo en el colegio nacional "Coloso Y Emblemático Jaén De Bracamoros – Jaén - Cajamarca"*. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/2980>
- Fundación de energía comunitaria. (2017). *GÚIA DE DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID*. Obtenido de <http://plataformasolar.die.udec.cl/files/guia%20dise%C3%B1o%20on-grid.pdf>
- Future green batter. (2019). *La diferencia entre On-Grid y Off-Grid Solar*. Obtenido de https://es.futuregreenbattery.com/on-grid-vs-off-grid-solar_n38
- Giraldo, M., Vacca, R., & Urrego, A. (2016). Las energías alternativas ¿Una oportunidad para Colombia? *Dialnet*, 2(13).
- González. (2013). *Centrales de Energías Renovables*. Madrid: Pearson Educación.
- Grijalva, C., & Vélez, F. (2020). *Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a luminarias: Caso de estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>
- La Hora. (2021). *La inversión en energía fotovoltaica se cuadruplicará en Ecuador hasta 2023*. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/pais/solar-fotovoltaica-inversion-ecuador/>
- Llano, W. M. (2016). *Sistema fotovoltaico para la energización de un sistema de oxigenación de agua para la crianza y reproducción de truchas*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3668/1/T-UTC-000023.pdf>
- Lopez, J. (2016). ¿Cómo funcionan las celdas fotovoltaicas? *ILUMINET*.
- Lulo, J. (2017). *Implementación del sistema de energía solar fotovoltaico y facturación por consumo de energía en la Municipalidad Distrital de Morochocha, Yauli-Junín*. Obtenido de

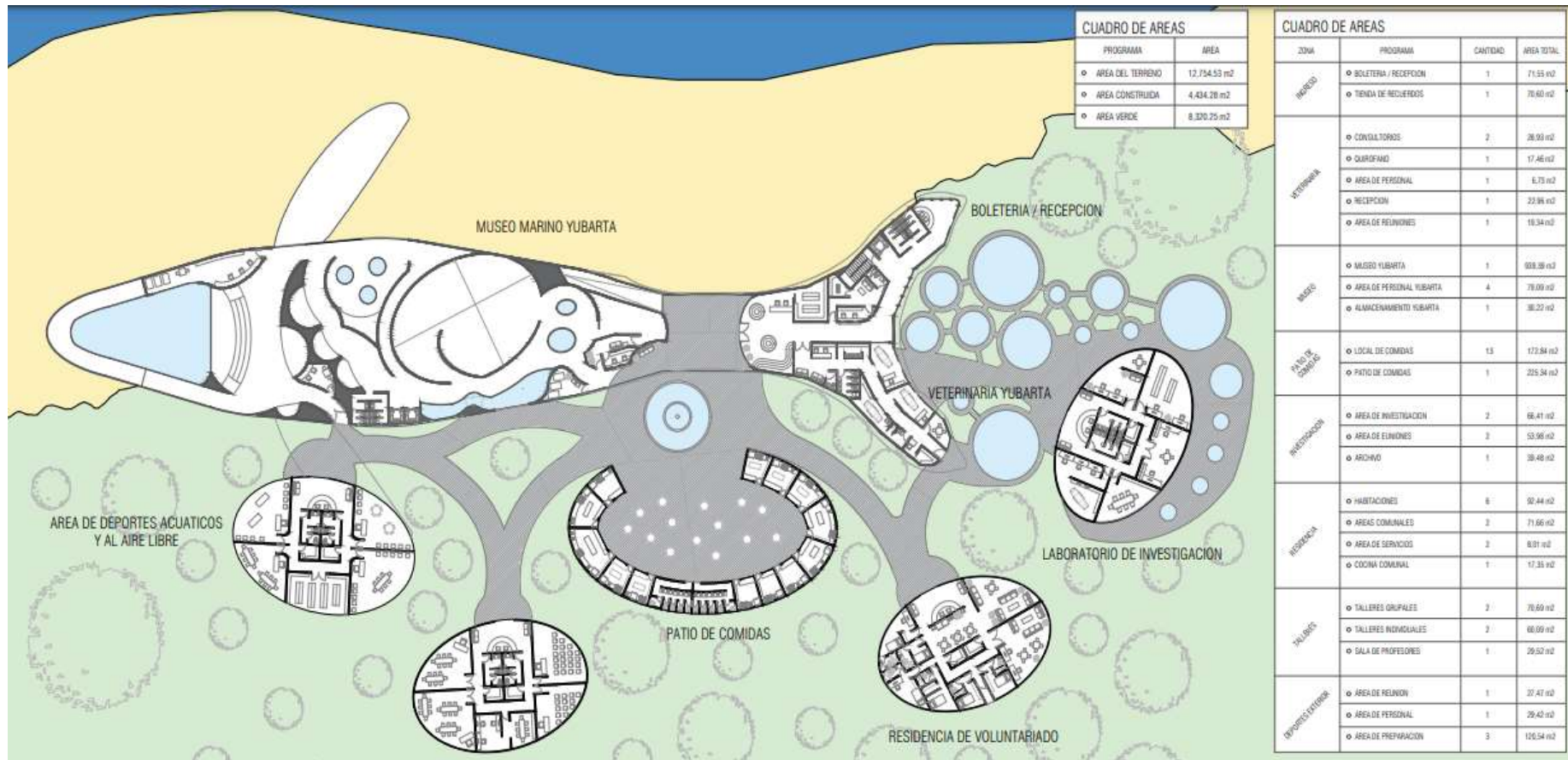
- https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3841/1/INV_FIN_109_TE_Lulo_Nino_2017.pdf
- Medina, L. (2016). INVERSOR DE FRECUENCIA VARIABLE CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA. *Posgrado tesis* , 27.
- NEC. (2018). *Instalaciones eléctricas*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>
- Perales. (2010). *Guía del Intalador de Energías Renovables*. México: LIMUSA.
- Quadri. (2010). *Energía solar*. Buenos Aires: Argentina.
- Ramos, H., & Luna, R. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca*. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/521/1/Tesis%20Rafael%20Luna%20Puente%2C%20Humberto%20Ramos%20L%C3%B3pez.pdf>
- Rivera. (2014). *ProyectLATIn*. Obtenido de <http://www.proyectolaitn.org/>
- Robalino, D. (2017). *Sistema fotovoltaico para la empresa SOLINFRA de la ciudad de Quito, con el fin de obtener una certificación LEED en la categoría de energía y atmósfera*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26546>
- Rodriguez Murcia, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Scielo*.
- Romero, J., & Flores, J. (2019). *Estudio e implementación de un sistema de micro generación solar fotovoltaico para autoconsumo (caso de estudio considerando la regulación Nro. ARCONEL003/18)*". Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33564/1/Trabajo%20de%20Titulaci%203%b3n.pdf>
- Sánchez. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. México: LIMUSA.
- Spiegeler, C., & Cifuentes, J. (2017). *DEFINICION E INFORMACION DE ENERGIAS RENOVABLES*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4455/1/DEFINICION%20E%20INFORMACION%20DE%20ENERGIAS%20RENOVABLES.pdf>
- Villao, O., & Consuegra, E. (2021). *Dimensionamiento óptimo de un sistema fotovoltaico a través de herramientas computacionales en zonas aisladas*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21324/1/UPS-GT003492.pdf>

ANEXOS

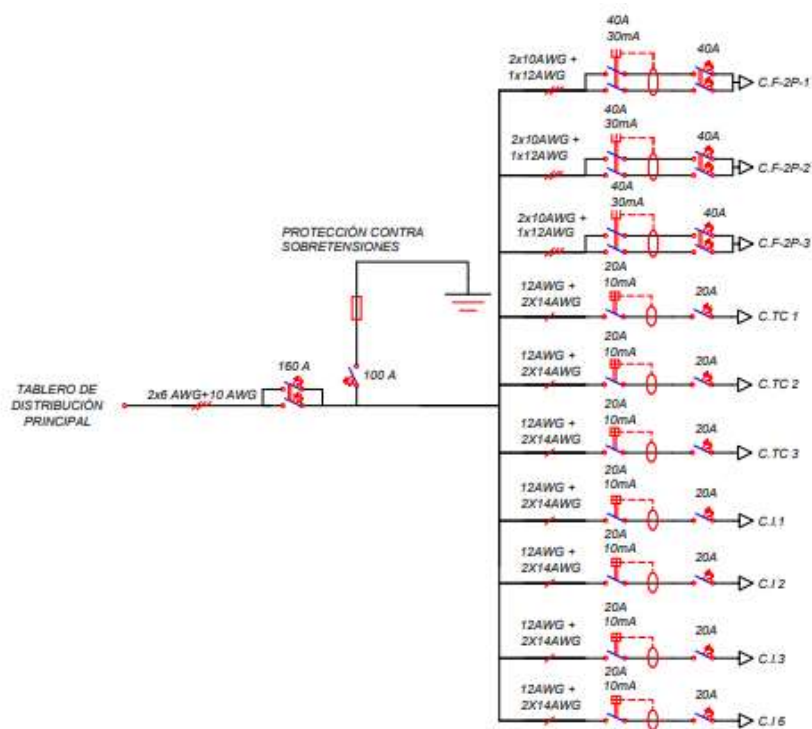
Anexo 1. Esquema Unifilar principal



Anexo 2: Plano arquitectónico de la edificación

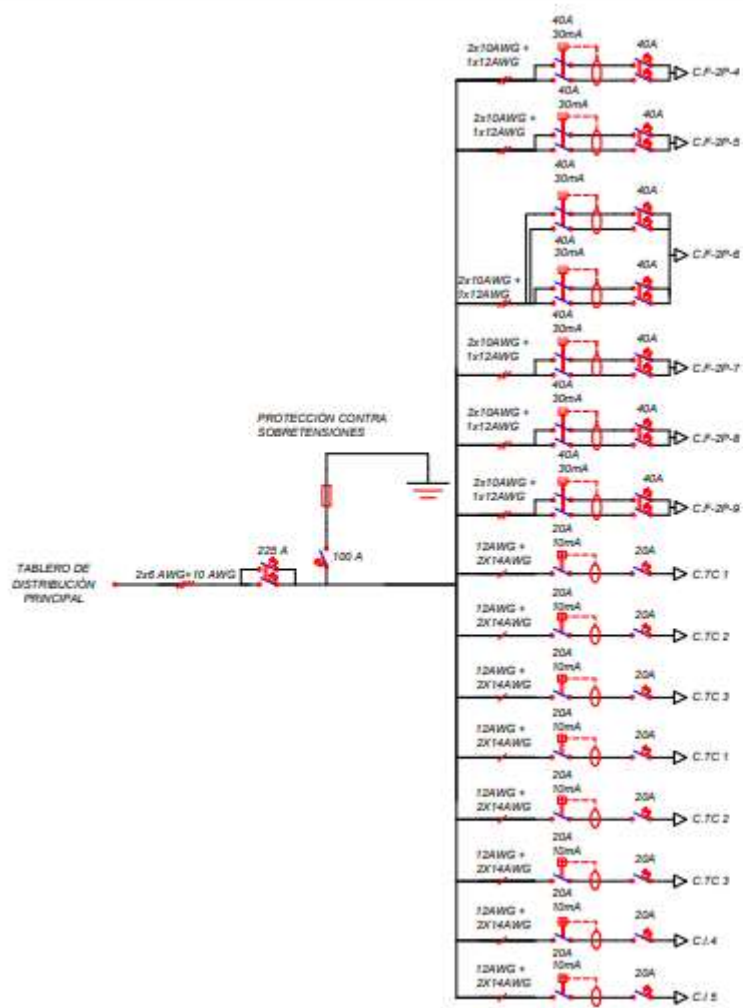


Anexo 3. Tablero de sub-distribución 1



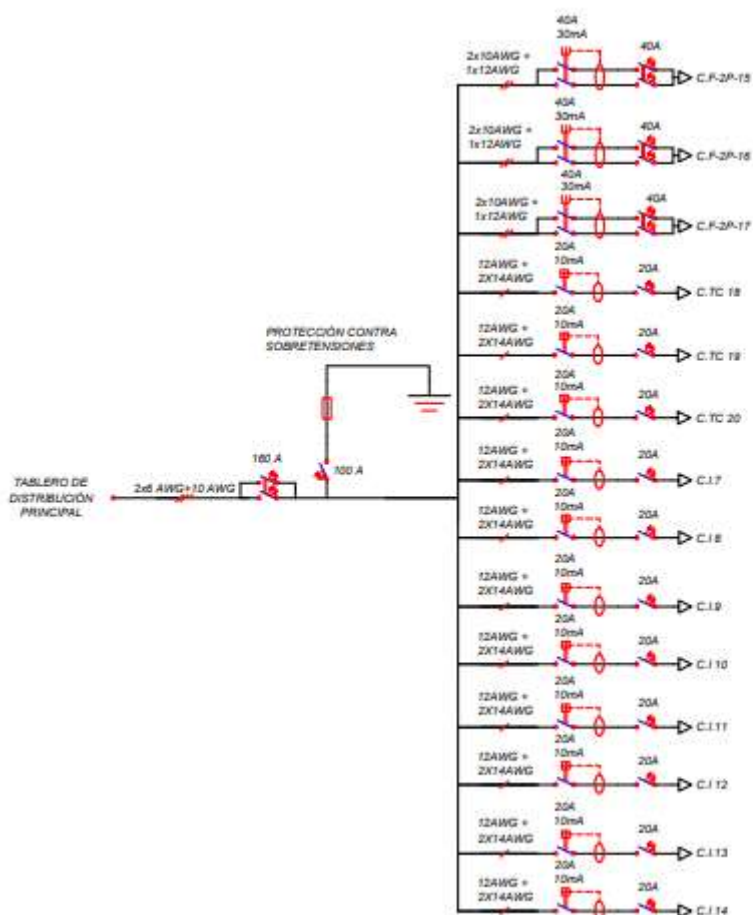
TABLERO
DE
SUBDISTRIBUCIÓN 1

Anexo 4. Tablero de sub-distribución 2



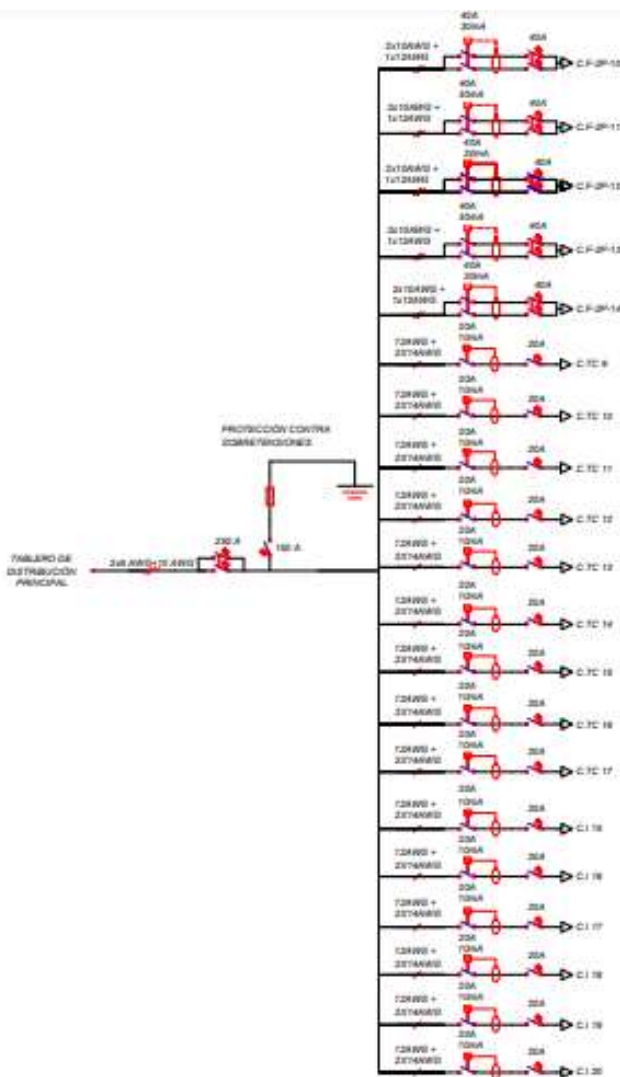
TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN 2

Anexo 5. Tablero de sub-distribución 3



TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN 3

Anexo 6. Tablero de sub-distribución 4



TABLERO DE SUBDISTRIBUCIÓN 4

Anexo 9. Presupuesto para Sistema Fotovoltaico Ongrid.

Equipos	Código y Modelo	Unidades	Precio unitario (incluido IVA)	Precio final
Módulos	Módulo Jinkosolar JKM405M-72H/405W	15	\$170.00	\$2 550.00
Inversor	Delta Energy/ Solar Inverter RPI M8A/8KWCA	1	\$650.00	\$650.00
Disyuntor	Breaker Sobrepuesto 1X60 QOU160 S.D.	2	\$9.37	\$18.74
Cable	Cable Flexible 10 TW/THHN R100M Azul INCABLE	1	\$91.90	\$91.90
	Cable Flexible 10 TW/THHN R100M Rojo INCABLE	1	\$91.90	\$91.90
TOTAL				\$3 402.54

Anexo 10. Modulo Cheetah HC 72M 390-410 Watt

www.jinkosolar.com



Cheetah HC 72M 390-410 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell

PERC



KEY FEATURES

- 5 Busbar Solar Cell**
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Efficiency**
 Higher module conversion efficiency (up to 20.38%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).
- PID Resistance**
 Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.
- Low-light Performance**
 Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.
- Severe Weather Resilience**
 Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- Durability Against Extreme Environmental Conditions**
 High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

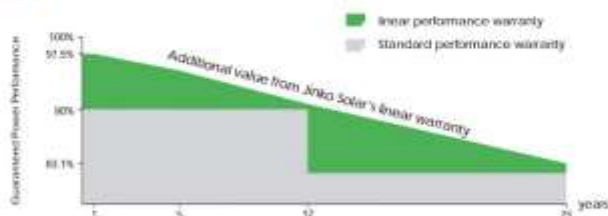


- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product

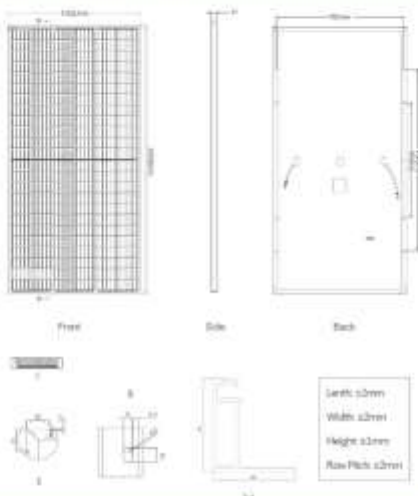
Nomenclature:

JKMxxxM-60/72H-V

Code	Cell	Code	Certification
Full	Full	Full	1000V
Half	Half	V	1500V



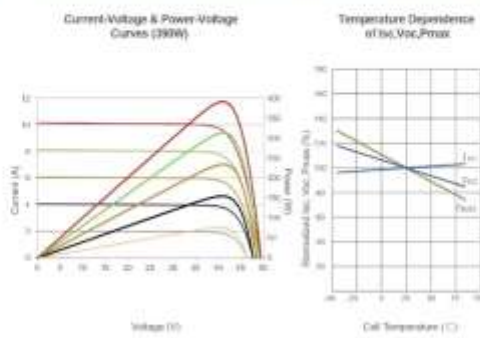
Engineering Drawings



Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)
 27pcs/pallet ; 54pcs/stack, 54pcs/40 HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75x158.75mm
No. of Half-cells	144 (6x24)
Dimensions	2008x1002x40mm (79.06x39.45x1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	10V, 1x40mm ² , (+) 1200mm, (-) 1200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H		JKM405M-72H		JKM410M-72H	
	JKM390M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp	405Wp	306Wp	410Wp	310Wp
Maximum Power Voltage (Vmpt)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.5V	42.0V	39.8V	42.3V	40.0V
Maximum Power Current (Imp)	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A	9.65A	7.72A	9.69A	7.76A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V	50.1V	48.7V	50.4V	48.9V
Short-circuit Current (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A	10.48A	8.22A	10.60A	8.29A
Module Efficiency STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%		20.13%		20.38%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀️ Irradiance 1000W/m² 📏 Cell Temperature 25°C 🌤️ AM=1.5

NOCT: ☀️ Irradiance 800W/m² 📏 Ambient Temperature 20°C 🌤️ AM=1.5 🌬️ Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM390-410M-72H-(V)-A3-1-EN

Anexo 11: Modulo Delta Energy RPI M8A



RPI M8A

High efficiency 3-phase transformerless inverters for the European market -
Perfect choice for residential or small commercial PV systems

Versatile applications

- Aluminium housing ensures long lasting protection against moisture and corrosion
- Wide input voltage range
- Suitable for indoor and outdoor applications (IP65)
- Compact design for simplified installation – exceptional power density-to-size ratio

Maximum profitability

- Peak efficiency of 96.3 %
- Fanless design for reduced maintenance costs
- 2 MPP trackers for system design flexibility and maximum yield

www.solar-inverter.com



5/3/22, 06:31

8.0 kVA transformerless solar inverters

Technical data RPI M8A

INPUT (DC)	RPI M8A
Max. recommended PV power	10 kW ¹⁾
Maximum power	8.8 kW ²⁾
Voltage range	200 ... 1000 V
Start-up voltage	290 V
Full power MPP range	415 ... 800 V, with symmetrical load (50/50 %) 500 ... 800 V, with asymmetrical load (40/60 %)
Max. current	20 A (10 A per MPP tracker)
Max. number of MPP trackers	Parallel inputs: 1 MPP tracker Separate inputs: 2 MPP trackers
Input load	Symmetrical and asymmetrical (40/60 %)

OUTPUT (AC)	RPI M8A
Nominal apparent power	8.0 kVA ³⁾
Voltage range	230 ± 20% / 400 V ± 20% ⁴⁾ 3 phase + PE or 3 phase + N + PE
Nominal current	11.9 A
Nominal frequency	50 / 60 Hz
Frequency range	50 / 60 Hz ± 5 Hz ⁴⁾
Power factor adjustable	0.8 cap ... 0.8 ind
Total harmonic distortion (THD)	< 3 % @ nominal apparent power

GENERAL SPECIFICATION

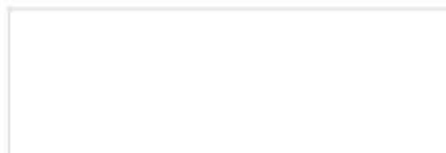
Model name	RPI M8A
Part number Delta	RP180FA0E1000
Max. efficiency	98.3 %
Efficiency EU	97.9 %
Operating temperature	-25 ... +60 °C
Full power without derating	-25 ... +40 °C
Storage temperature	-25 ... +60 °C
Humidity	0 ... 100 % non-condensing
Max. operating altitude	2000 m (above sea level)
Standard guarantee	5 years (guarantee extension available upon request)

MECHANICAL DESIGN

Size (W x H x D)	310 x 445 x 117 mm
Weight	25 kg
Cooling	Convection cooling
AC connector	Amphenol C16-3
DC connector	2 pairs of Multi-Contact MC4
Communication interfaces	2 x RS485, 1 x dry contact, 1 x emergency power-off (EPO), 6 x digital inputs
AC / DC disconnect	Integrated
Display	2 LEDs, 4-line LCD

SAFETY / STANDARDS	RPI M8A
Protection degree	IP65
Safety class	I
Configurable trip parameters	Yes
Insulation monitoring	Yes
Overload behavior	Current limitation, power limitation
Anti-islanding protection / Grid regulation	VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4100, EN 50438:2007, Syntergrid C10/C11 06/2012, ONORM E8001-4-712 • A1 04/2014, IEC 615-712-1 VDE 0126-1-0A1 VFR 2014, French Islands 50 Hz
EMC	EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-3-2, EN61000-3-3
Safety	IEC62109-1 / -2, CE compliance

- 1) When operated with balanced DC input (50/50 %)
- 2) Maximum 5.05 kW per DC input with asymmetrical load (40/60 %)
- 3) Cos Phi = 1 (VA = W)
- 4) AC voltage and frequency range will be programmed according to the individual country requirements.



United Kingdom

Email: sales.uk@solar-inverter.com
Tel: 0800 051 4280 (Free Call)

International

Email: sales.europe@solar-inverter.com
Tel: +49 7641 455 547

www.solar-inverter.com

January 12, 2015 - All information and specifications are subject to change without notice.



Anexo 12. Informe de simulación PVsyst

Resumen del proyecto		
Sitio geográfico	Situación	Configuración del proyecto
Tesis_Yubarta_Final_datos	Latitud -0.67 °S	Albedo 0.20
Ecuador	Longitud -80.48 °W	
	Altitud 21 m	
	Zona horaria UTC-5	
Datos meteo		
Tesis_Yubarta_Final_datos		
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema		
Sistema conectado a la red	Sin escena 3D definida, sin sombras	
Orientación campo FV	Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Plano fijo	Sin sombreados	Carga ilimitada (red)
Inclinación/Azimut 4 / 0 °		
Información del sistema		
Conjunto FV	Inversores	
Núm. de módulos 15 unidades	Núm. de unidades 0.5 Unidad	
Pnom total 6.08 kWp	Pnom total 4000 W	
	Proporción Pnom 1.519	

Resumen de resultados					
Energía producida	8.22 MWh/año	Producción específica	1354 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	82.92 %

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	Sin escena 3D definida, sin sombras	
Orientación campo FV	Configuración de cobertizos	Modelos usados
Orientación	Sin escena 3D definida	Transposición Perez
Piano fijo		Difuso Perez, Meteorom
Inclinación/Azimut 4 / 0 °		Circunsolar separado
Horizonte	Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Horizonte libre	Sin sombreados	Carga ilimitada (red)

Características del conjunto FV

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Jinkosolar	Fabricante	Delta Energy
Modelo	JKM405M-72H	Modelo	Solar Inverter RPI MBA
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	405 Wp	Unidad Nom. Potencia	8.00 kWca
Número de módulos FV	15 unidades	Número de inversores	1 * MPPT 50% 0.5 unidades
Nominal (STC)	6.08 kWp	Potencia total	4.0 kWca
Módulos	1 Cadena x 15 En series	Voltaje de funcionamiento	200-800 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC-CA)	1.52
Pmpp	5.55 kWp		
U mpp	559 V		
I mpp	9.9 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	6 kWp	Potencia total	4 kWca
Total	15 módulos	Núm. de inversores	1 Unidad
Área del módulo	30.2 m ²		0.5 No utilizado
Área celular	26.8 m ²	Proporción Pnom	1.52

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC		Pérdida de calidad módulo				
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	935 mΩ	Frac. de pérdida	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC					
Uv (viento)	0.0 W/m ² K/m/s							
Pérdidas de desajuste de módulo		Pérdidas de desajuste de cadenas						
Frac. de pérdida	2.0 % en MPP	Frac. de pérdida	0.1 %					
Factor de pérdida IAM								
Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Resultados principales

Producción del sistema

Energía producida

8.22 MWh/año

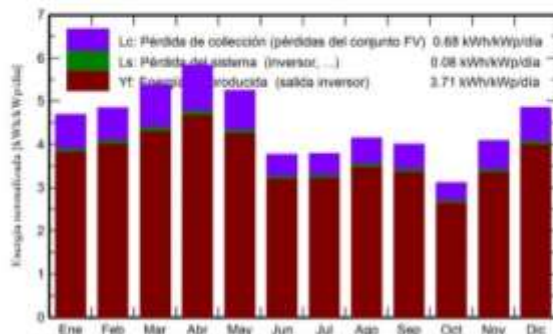
Producción específica

1354 kWh/kWp/año

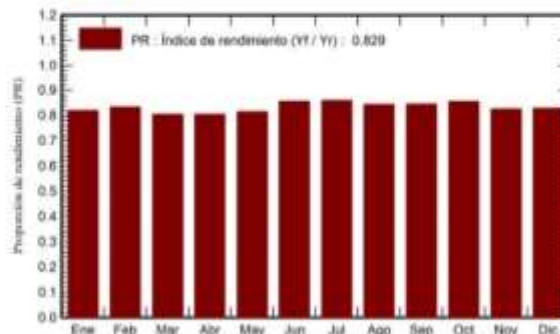
Proporción de rendimiento (PR)

82.92 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



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	149.1	74.21	25.92	145.2	141.1	0.738	0.723	0.820
Febrero	137.3	84.24	25.97	135.4	131.7	0.700	0.685	0.833
Marzo	167.3	87.91	26.22	166.8	162.9	0.831	0.814	0.804
Abril	173.3	76.68	25.72	175.3	171.6	0.874	0.856	0.803
Mayo	158.7	69.92	25.75	162.6	158.9	0.822	0.804	0.814
Junio	110.8	76.25	24.39	112.9	109.7	0.599	0.586	0.855
Julio	115.4	82.82	24.07	117.2	113.8	0.625	0.611	0.859
Agosto	127.1	82.65	23.70	128.4	125.0	0.672	0.658	0.844
Septiembre	119.8	81.18	23.30	120.0	116.5	0.629	0.615	0.844
Octubre	97.4	74.67	23.84	96.5	93.3	0.513	0.501	0.854
Noviembre	125.2	66.63	23.75	122.3	118.9	0.627	0.614	0.826
Diciembre	154.5	77.46	25.14	150.1	145.9	0.772	0.756	0.829
Año	1635.8	934.62	24.81	1632.7	1589.2	8.402	8.224	0.829

Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global

DiffHor Irradiación difusa horizontal

T_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Global incidente plano receptor

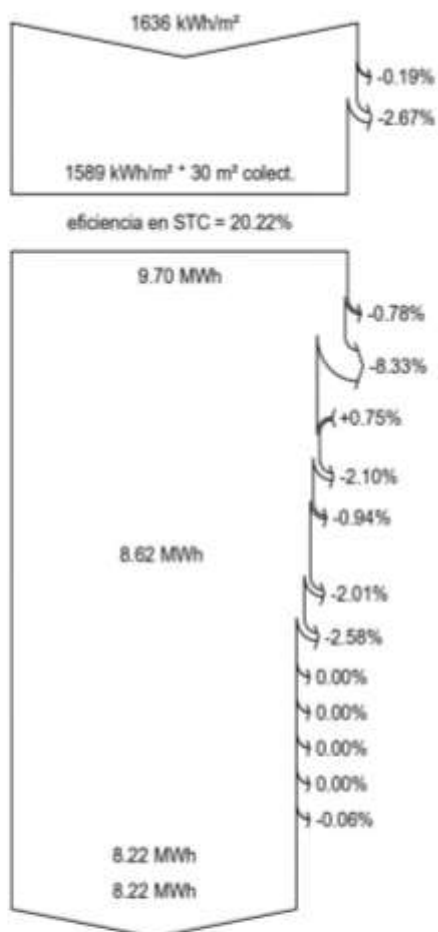
GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados

EArray Energía efectiva a la salida del conjunto

E_Grid Energía inyectada en la red

PR Proporción de rendimiento

Diagrama de pérdida



Irradiación horizontal global

Global incidente plano receptor

Factor IAM en global

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV

Conjunto de energía nominal (con efic. 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

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

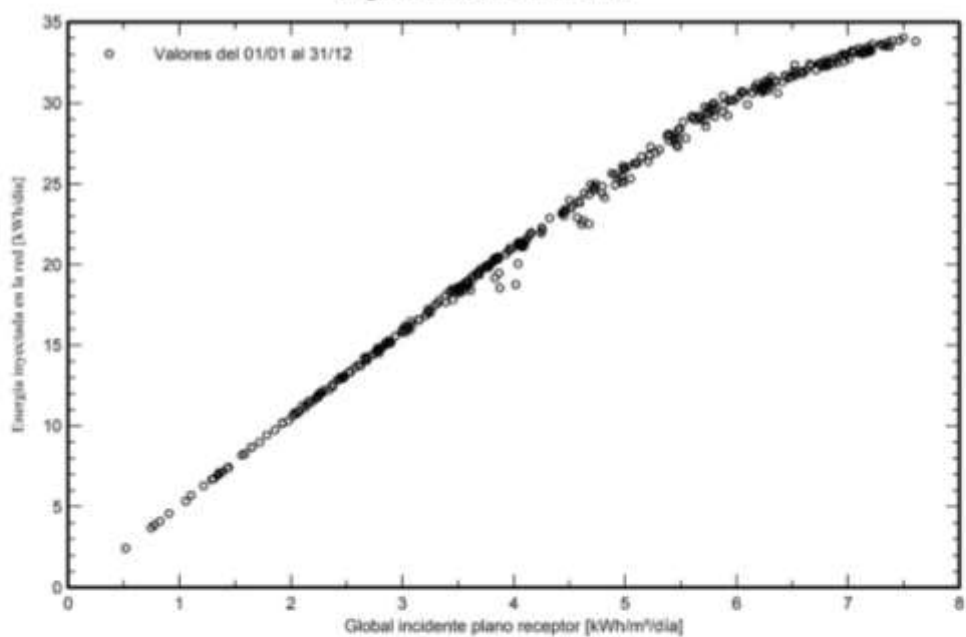
Consumo nocturno

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

