



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA.

MODELADO Y SIMULACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE SISTEMAS SOLARES A
MONUMENTOS. CASO DE ESTUDIO PUNTAHACIENDA, QUINGEO

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: JHONATHAN ALEXANDER APRAEZ CANDO

CRISTIAN PAUL ARMIJOS YALAMA

DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ÁLVAREZ MSc.

CUENCA - ECUADOR

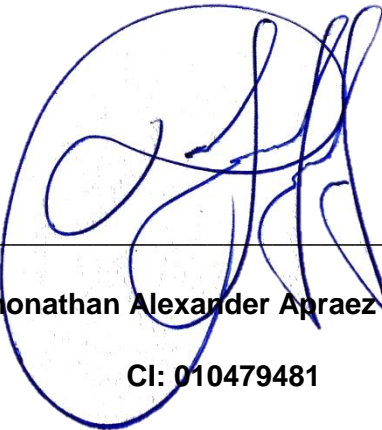
2020

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

DECLARACIÓN

Yo, Jhonathan Alexander Apraez Cando con cedula de identidad N° 0104799481, declaro que el trabajo "MODELADO Y SIMULACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE SISTEMAS SOLARES A MONUMENTOS. CASO DE ESTUDIO PUNTAHACIENDA, QUINGEO" es de mi responsabilidad y autoría, eximo a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes de posibles acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca queda facultada para ejercer sus derechos correspondientes a este trabajo según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual por su reglamento y norma institucional vigente.




Jhonathan Alexander Apraez Cando
CI: 010479481

DECLARACIÓN

Yo, Cristian Paul Armijos Yalamá con cedula de identidad N°1726925728, declaro que el trabajo “MODELADO Y SIMULACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELECTRICA MEDIANTE SISTEMAS SOLARES A MONUMENTOS. CASO DE ESTUDIO PUNTAHACIENDA, QUINGEO” es de mi responsabilidad y autoría, eximo a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes de posibles acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca queda facultada para ejercer sus derechos correspondientes a este trabajo según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual por su reglamento y norma institucional vigente.



Cristian Paul Armijos Yalamá

CI: 1726925728

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de titulación fue desarrollado por Jhonathan Alexander Apraez Cando y Cristian Paul Armijos Yalamá bajo mi supervisión.



Ing. Daniel Icaza Álvarez MSc.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Con mucha estima y consideración soy digno de plasmar mis agradecimientos en este documento que representa mi esfuerzo y sacrificio a lo largo de mi ciclo académico y preparación profesional, gracias a Dios por otorgarme a una madre tan especial como lo es la Sra. Raisa Cando que sobre todas las cosas ha velado siempre por mí y con la finalidad de entregar a la sociedad un ser humano honesto y preparado profesionalmente, a pesar de las situaciones que hemos pasado, y como ella siempre dice “El tiempo de Dios es perfecto, Dios proveerá” gracias madre por ser mi soporte cuando más lo necesitaba, hemos logrado la meta de ser profesionales y lo digo de nosotros porque es un logro compartido. Dentro de este apartado quiero involucrar también al Sr. Roy Urgiles que me brindó la oportunidad de una nueva vida, que me acogió en su hogar como un hijo más, y que conjuntamente con mi madre han sido apoyo constante inculcándome desde niño esta linda profesión, de igual manera quedo eternamente agradecido con mis abuelos Sr. Antonio Cando y Sra. Corina Guananga, gracias por enseñarme e inculcarme los valores de un ser humano transparente, hacerme conocer la vida de una pareja casada y como sobrellevarla, sobre todo a ser un hombre bondadoso con las personas que más lo necesitan.

Mi hermana Raisa Apráez (+) gracias por permitirme conocerte y vivir muchos años a tu lado fuiste ese pequeño motor que necesitaba de joven para llevar una vida correcta sin desviarme de mi propósito. Mi hermano Martin Apráez quiero agradecerte también por estar conmigo siempre y al ser menor a mi has sabido darme pequeños consejos que han sido una ayuda enorme para mí,

A mi Tío Antonio Cando (Toño), Ud. siempre ha estado ahí dándome consejos y sabiéndome llegar con sus palabras para guiarme y no dejarme caer, ha sido tan preciso con sus llamadas a consultar sobre mí y mis preocupaciones, gracias tío ha sido un ejemplo para mí, un hombre humilde, bondadoso, trabajador, espero llegar a ser de alguna manera como Ud. Mis tíos/as, quienes de distintas maneras me supieron brindar su ayuda desinteresada y con el firme propósito de verme triunfar en la vida.

DEDICATORIA

Mi esposa Nataly Roldán, agradecido estoy con Dios de haberla puesto en mi vida, siendo mi apoyo inquebrantable y ayudándome constantemente a cumplir uno de nuestros mayores sueños y anhelaciones, ser unas personas profesionales y lo hemos logrado conjuntamente, gracias también por ser una madre ejemplar y darme unos hijos maravillosos; Joaquín e Isabella, que son las tres personas a las que dedico este documento y todo lo que soy como persona, ya que por ustedes he llegado tan lejos como lo estoy haciendo ahora, serán siempre mi fuente de inspiración y energía para el diario vivir, ya que me enseñaron a ser esposo y padre desde muy joven, a pesar de los numerosos obstáculos que la vida nos ha puesto, hemos sabido sobrellevarlos y sobrellevarlos, no existe palabras para hacerles comprender lo muy agradecido que estoy con Dios y la vida por permitirme disfrutar de estos momentos conjuntamente con Uds. esperando siempre la bendición del todopoderoso de un mejor porvenir. Este título es de Uds. mis hijos tienen unos padres que son profesionales y que velaran siempre por su bienestar y salud.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento de mi vida, porque me ha regalado salud, me ha levantado y protegido después de cada caída; sobre todo me ha bendecido con el cariño y el apoyo de mi familia.

A mis abuelitos Jorge Yalamá (+) y Marina Recalde, nunca terminaré de darle las gracias por haberme enseñado tanto de Dios y de su palabra, estoy seguro de que compartirán mi alegría al obtener mi título profesional.

DEDICATORIA

Este documento está dedicado principalmente a mi madre, la señora Jenny Yalamá, ya que a pesar de la distancia nunca ha dejado de apoyarme, a Diego Correa, porque al igual que ella nunca me ha dado la espalda.

A mi padre Máximo Armijos, mis hermanos, tíos/as, primos/as, especialmente a mi hermano Alexander por ser mi ejemplo a seguir, y a mis tíos Fernando Yalamá y Ana María Chumbi que me supieron acoger en su hogar con los brazos abiertos haciéndome parte de su familia y con la frase; “siempre mira hacia adelante y apunta a lo más lejos” nunca permitieron que me rinda; a sus hijos (mis primos) Fernanda, Jorge, Paúl y Antonella que son hermanos para mí y siempre apoyándome a pesar de las dificultades.

RESUMEN

Dada la situación sobre el uso de fuentes de energía renovables y con la finalidad de aportar conocimientos profundizados, se plasma en el presente documento un análisis teórico-práctico sobre la utilidad de la energía solar en monumentos. Para este propósito se ha diseñado un modelo matemático el mismo que nos permite realizar las simulaciones en diferentes condiciones para finalmente contrastar con las mediciones efectuadas en campo. Las pruebas concernientes al monumento se efectuaron en la Comunidad Rural de Puntahacienda de Quingeo, donde se dispone de un área despejada, completamente libre de sombras y que permite apreciar en horas nocturnas el majestuoso monumento donde entre sus particularidades se aprecia el globo terráqueo con sus continentes. La finalidad de esta implementación es dar valor a estos sectores pobres donde en un futuro cercano es posible que tengan como principal aliado el turismo ya que sus campos cada vez van en deterioro por la creciente erosión de sus suelos y que el calentamiento global empieza a generar efectos adversos en estas áreas rurales.

El modelo matemático construido en MATLAB/SIMULINK predijo bastante bien en relación a las pruebas realizadas por lo que es posible tener como una herramienta importante de diseño para este tipo de proyectos donde se ven involucrados proyectos de índole cultural y paisajística. Adicionalmente se complementa bien con el estudio de iluminación con el apoyo de software especializado como es el DIALUX, podemos identificar los niveles de iluminación al ser seleccionada dos lámparas tipo led de 50 W cada una las mismas que se activará automáticamente con un sistema de temporización. Las pruebas respectivas garantizan que la batería suministrará la energía suficiente para estas horas nocturnas.

El proyecto genera expectativa para nuevos desarrollos en la parte artística y cultural, sobre todo da pautas sobre la disponibilidad y confiabilidad constructiva de sus elementos, los mismos que pueden llegar a ser implementados en áreas rurales como también urbanas, consideradas totalmente autónomas de las redes eléctricas de distribución. El impacto final que sobrelleva este proyecto es darle la iniciativa a las nuevas generaciones de que amplíen su campo de acción y que aprovechen los recursos renovables disponibles, en este caso con el uso de fuentes de energía solar que se aborda en el presente documento.

PALABRAS CLAVE: FOTVOLTAICO, IRRADIACIÓN, CONTROLADOR, SIMULACIÓN.

ABSTRACT

Given the situation regarding the use of renewable energy sources and to provide in-depth knowledge, this document portrays a theoretical-practical analysis of the usefulness of solar energy upon monuments. To this end, a mathematical model that allows us to perform the simulations under different conditions to finally contrast them with the measurements made in the field has been designed. The tests concerning the monument were conducted in the rural community of "Puntahacienda de Quingeo", where a clear area is made available, completely free of shadows, and that allows to appreciate the majestic monument at night where, amongst its peculiarities, the globe with its continents can be regarded. The purpose of this implementation is to give value to these poor sectors wherein the near future they may have tourism as their main ally since their fields are increasingly deteriorating due to the rising erosion of their soils, and global warming is beginning to generate adverse effects upon these rural areas.

The mathematical model built in MATLAB / SIMULINK predicted considerably well in relation to the tests performed, so it is possible to have as an important design tool for this type of projects where projects of a cultural and landscape nature are involved. Additionally, it is well-complemented with the lighting study with the support of specialized software such as DIALUX, we can identify the lighting levels by selecting two 50 W led lamps each, which will be automatically activated with a timing system. The respective tests guarantee that the battery will supply enough power for these night hours.

The project generates expectations for new developments in the artistic and cultural part; above all, it provides guidelines on the availability and constructive reliability of its elements, which can be implemented in both rural and urban areas, considered fully independent from electrical distribution networks. The final impact of this project is to give the initiative to new generations to expand their field of action, and take advantage of available renewable resources, in this case, with the use of solar energy sources addressed in this document.

KEYWORDS: PHOTOVOLTAIC, IRRADIATION, DRIVER, SIMULATION.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1.....	2
1. TEORÍA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	2
1.1 Sistema fotovoltaico	2
1.1.2 Paneles solares.....	2
1.1.3 Inversor o regulador de carga.....	3
1.1.4 Baterías.....	4
1.2 Radiación solar	6
1.3 Energías renovables y sus conceptos.....	6
1.4 Energía Solar	7
1.4.1 Energía solar pasiva	7
1.4.2 Energía solar Activa.....	7
1.4.3 Energía solar fotovoltaica.....	7
1.4.3.1 Célula solar.....	7
1.4.3.2 Tipos de células Fotovoltaicas.....	8

1.4.3.3 Células de silicio mono cristalino	8
1.5 Antecedentes	9
CAPITULO 2.....	10
2. ANÁLISIS, RECEPCIÓN ENERGÍA SOLAR, ALMACENAMIENTO Y CONVERSIÓN ENERGÍA.....	10
2.1 Recolección de datos climáticos (radiación solar).....	10
2.2 Desarrollo de datos obtenidos	16
2.3 Modelados matemáticos.....	20
2.4 Análisis de características del panel solar, baterías, convertidor.....	23
2.5 Consideraciones importantes para el modelado en Matlab-Simulink.....	25
2.6 Subsistemas simulink, celda fotovoltaica.....	26
2.7 Obtención de resultados de simulación del sistema fotovoltaico.....	29
2.8 Diagrama de bloques simulink, carga de batería.....	32
2.9 Simulaciones en plataformas digitales, arquitectónicas y lumínicas del monumento.....	33
CAPITULO 3.....	37
3. IMPLEMENTACIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO CASO DE ESTUDIO PUNTAHACIENDA, QUINGEO.....	37
3.1 Cálculos y diseño de potencia de carga.....	37
3.2 Implementación y puesta en funcionamiento del sistema fotovoltaico ...	39
3.3 Sistema automatizado de encendido de la carga y pruebas de funcionamiento.....	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema básico del Sistema de generación fotovoltaico.	2
Figura 2. Panel fotovoltaico.	3
Figura 3. Controlador de carga.....	4
Figura 4. Batería de Pb-acido.....	5
Figura 5. Insolación global del Ecuador.....	6
Figura 6. Célula Solar.....	8
Figura 7. Células de silicio mono cristalino.....	9
Figura 8. Localización.	9
Figura 9. Mapa solar.	10
Figura 10. Mapa solar.	11
Figura 11. Dispositivos de la estación meteorología profesional inalámbrica WS2902. ...	12
Figura 12. Pantalla de visualización en tiempo real desde un teléfono celular.....	12
Figura 13. Radiación solar promedio: julio a diciembre 2018, enero hasta junio 2019. ...	13
Figura 14. Radiación solar promedio: julio a diciembre 2018, enero hasta junio 2019....	14
Figura 15. Curva promedio anual de radiación solar.	15
Figura 16. Promedio de Radiación solar mensual existente.	15
Figura 17. Circuito panel fotovoltaico.....	16
Figura 18. Curva de producción de voltaje, irradiación 1000W/m ²	17
Figura 19. Curva de producción de corriente, irradiación 1000W/m ²	17
Figura 20. Curva de producción de corriente.....	18
Figura 21. Curva de producción de potencia con 1000w/m ²	19
Figura 22. Curva de producción de potencia con 350 W/m ²	19
Figura 23. Figura Circuito Celda Fotovoltaica.....	21
Figura 24. Datos Panel Solar.	23
Figura 25. Datos Panel Solar.	24
Figura 26. Datos Panel Solar.	24
Figura 27. Curvas Generales Panel Solar.	25
Figura 28. Circuito simulink panel fotovoltaico.....	26
Figura 29. Circuito simulink panel fotovoltaico (Matlab2017B).....	26
Figura 30. Circuito subsistemas simulink panel fotovoltaico.	27
Figura 31. Circuito subsistemas simulink panel fotovoltaico.	27
Figura 32. Corriente de saturación (Subsystem3).	28
Figura 33. Constante (NSKAT) (Subsystem4).....	28
Figura 34. Corriente de saturación inversa (Subsystem5).	28
Figura 35. Corriente del módulo fotovoltaico (Subsystem6).	29

Figura 36. Señal física de Voltaje y Corriente.....	29
Figura 37. Curva de Voltaje Vs Corriente (MATLAB2017B).....	30
Figura 38. Curva de Potencia Vs Corriente (MATLAB2017B).....	31
Figura 39. Curva de Potencia Vs Voltaje (MATLAB2017B).	31
Figura 40. Diagrama de bloques Simulink S.F.V y batería.....	32
Figura 41. Curvas de carga batería, distintas irradiaciones.	33
Figura 42. Base monumento.	34
Figura 43. Armado Monumento.	34
Figura 44. Proyección final constructiva.	34
Figura 45. Simulación final.	35
Figura 46. Diseño constructivo final.....	36
Figura 47. Diseño constructivo final en el día.	36
Figura 48. Especificaciones reflector LED 12V.....	38
Figura 49. Resultados lúmenes en el área de la esfera.....	38
Figura 50. Diseño de cálculo de las superficies.....	39
Figura 51. Lugar de construcción.	40
Figura 52. Monumento fase constructiva.....	40
Figura 53. Construcción esfera.....	41
Figura 54. Comparativa Diseño-Constructivo.	42
Figura 55. Mediciones corrientes Panel, voltaje Panel, corriente Led.....	42
Figura 56. Curva comparativa entre corriente y voltaje, modelada y experimental.	43
Figura 57. Comparativa curva modelada y experimental, Potencia y Voltaje.....	44
Figura 58. Medición Lux.	45
Figura 59. Fotografía estado final de la construcción.	45
Figura 60. PLC LOGO SIEMENS 12VDC.....	46
Figura 61. Código Programable LOGO PLC COMFORT.....	47
Figura 62. Comparativa modelado e implementación del monumento.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Radiación solar promedio: julio a diciembre 2018, enero hasta junio 2019	13
Tabla 2. Promedio mensual de Radiación solar	14
Tabla 3. Datos promedio de radiación solar	15
Tabla 4. Parámetros módulos fotovoltaicos	20
Tabla 5 Horario de encendido y apagado de luminarias	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Diseño Estructural monumento Puntahacienda.....	59
Anexo B. Diseño CAD Esfera y monumento Puntahacienda.	67
Anexo C. Curvas de Corriente, Voltaje, Potencia, diagrama de bloques Simulink.	73
Anexo D. Código bloques Simulink Sistema F.V, Batería y Curvas.	81
Anexo E. Datos Panel Fotovoltaico.	86
Anexo F. Datos controladores de carga.	87
Anexo G. Datos Batería.	89
Anexo H. Especificaciones Reflector (luminaria).	90
Anexo I. Construcción Esfera.	95
Anexo J. Construcción Monumento.....	99
Anexo K. Registro Fotográfico Construcción Concluida.	103
Anexo L. Pruebas Experimentales.	111
Anexo M. Carta Dialux iluminación 100w, haz de luz invertida.	144
Anexo N. Código LOGO Soft Comfort.	145

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología se encuentre en constante avance, por lo que, es necesario y primordial hacer uso de fuentes de energías limpias y renovables la misma llega a nuestras vidas como recurso natural, siendo una de ellas y que actualmente se encuentra en constante estudio y aplicación en la sociedad; el uso de la radiación solar como fuente de energía renovable a través del uso de sistemas fotovoltaicos. Como es de considerar este proyecto tiene como principal objetivo realizar un análisis a profundidad sobre el comportamiento de la fuente energética en mención y llegar a determinar la viabilidad y confiabilidad del uso de la energía solar para el abastecimiento de energía eléctrica mediante la aplicación de los sistemas fotovoltaicos, siendo en este caso el consumo eléctrico para iluminar un monumento en una zona rural.

Dentro de las acciones que se tomará para la ejecución del proyecto serán; modelados y estudios matemáticos sobre el comportamiento de la generación de energía solar a energía eléctrica, diseños eléctricos, simulaciones en relación al comportamiento de la radiación solar.

En caso de obtener resultados favorables dentro del estudio sobre la disponibilidad de la fuente energética natural se considerará la implementación del sistema fotovoltaico para ejecutar los análisis técnicos-prácticos, siendo la intención final del proyecto dar a conocer e incentivar a las comunidades para el uso de estos equipos en el desarrollo y bienestar de la población rural, ya que en sus alrededores o sectores aledaños a la comunidad es complejo contar con el servicio del abastecimiento de energía eléctrica por medio de las redes de distribución, siendo unas de las mejores opciones el uso de sistemas fotovoltaicos, es por tal motivo que este es uno de los objetivos principales de este proyecto, el abastecimiento de energía eléctrica requiere de apoyo gubernamental para así ejecutar un plan de autoconsumo de los miles de monumentos existentes en el País.

CAPITULO 1

1. TEORÍA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

1.1 Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico cumple la principal función de transformar la energía solar en energía eléctrica, para ello se necesita de paneles fotovoltaicos formados de células, las mismas que absorben la radiación solar convirtiéndola en energía eléctrica DC, además, cuenta con un sistema completo para la conversión, almacenamiento y distribución de la energía eléctrica a la carga final, tal como se muestra en la Figura 1. Esquema básico del Sistema de generación fotovoltaico

- Panel solar
- Regulador de carga
- Baterías
- Inversor

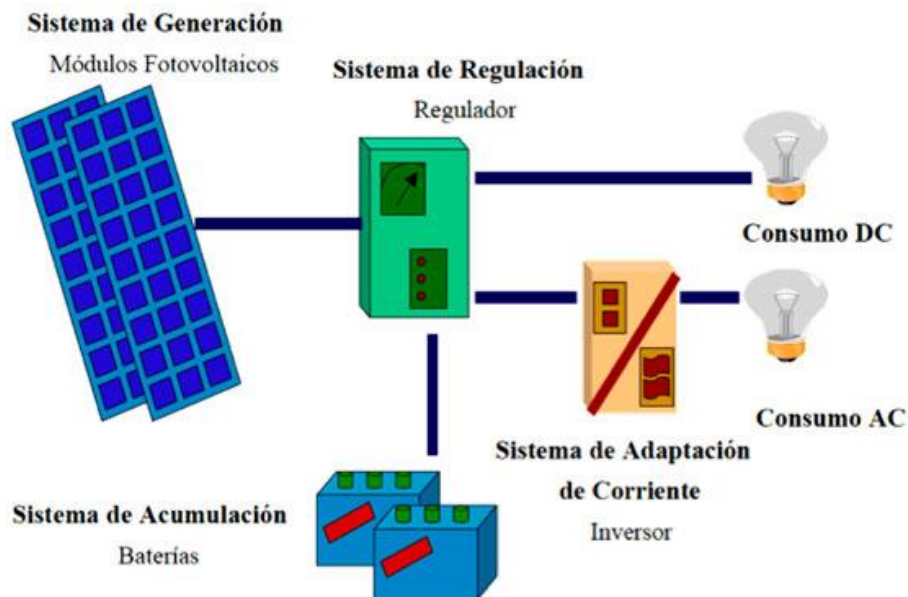


Figura 1. Esquema básico del Sistema de generación fotovoltaico
(Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015)

1.1.2 Paneles solares

Un panel solar está conformado por células fotovoltaicas de silicio, dependiendo de la economía del usuario, estos paneles fotovoltaicos se clasifican en mono cristalinos y poli cristalinos. La principal función de los equipos fotovoltaicos al momento de la absorción y generación de energía eléctrica es producirla en corriente continua con una tensión de nominal de entre 7V hasta 12V, esto dependerá del tipo de conexión ya sea serie, paralelo y mixto,

dependiendo de la carga final, con estas configuraciones podemos aumentar la tensión y la corriente.

Algo que se debe tener muy en cuenta es la radiación solar que se tendrá en el área en donde se desea implementar estos sistemas fotovoltaicos ya que de estos datos (irradiación) dependerá las características del panel fotovoltaico (FV) a utilizar así como también las cantidades del mismo; el dimensionamiento del inversor y banco de baterías, otro tema fundamental es el direccionamiento y ángulo de instalación de los paneles, todo ello dependerá de la irradiación que se tenga previa a un análisis. (Enriquez Harper, 2013).

Para la protección de los paneles solares a causa de agentes externos tales como; polvo, granizo, lluvia, existen componentes de protección como:

- Cubierta exterior de vidrio que permite al máximo el paso de la radiación solar.
- Encapsula
- Lámina de protección posterior
- Marco metálico
- Cableado y bordes de conexión
- Diodo de protección

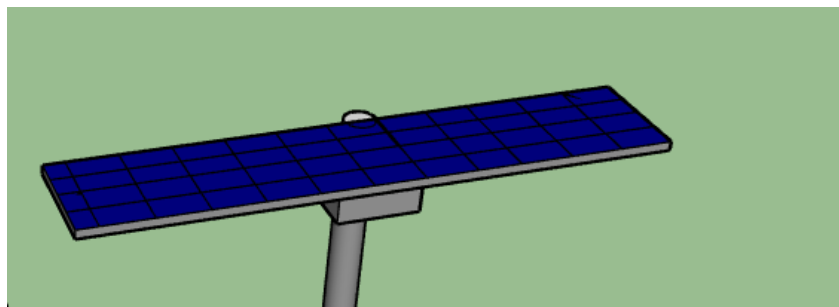


Figura 2. Panel fotovoltaico
(Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015)

1.1.3 Inversor o regulador de carga

Dependiendo de la carga que se tenga en el proyecto este equipo tendrá la función principal de convertir la energía eléctrica DC en AC, o a su vez permitir el paso de la corriente DC a la carga en valores idóneos, evitando la sobrecarga y descargas profundas del banco de baterías si existiere, ya que puede llegar a ocurrir que la potencia no sea proporcional a la energía acumulada o a su vez la radiación solar dada sobre los paneles fotovoltaicos sea insuficiente, con esto evitamos el daño de los bancos de baterías que llegan a ser parte vital del sistema fotovoltaico.

En tiempos de baja irradiación o en días nublados los módulos no pueden cargar el sistema de almacenamiento eléctrico, en estos casos es cuando el regulador de carga cumple un rol pasivo, desconectando el banco de baterías de los consumos de esta manera evitando las sobrecargas.

En otro caso cuando la radiación solar aumenta y los módulos superan el voltaje del banco de baterías el regulador de carga actúa con un rol activo, de manera que desconecta el módulo de batería evitando una gasificación excesiva de electrolito por sobrecarga. (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).

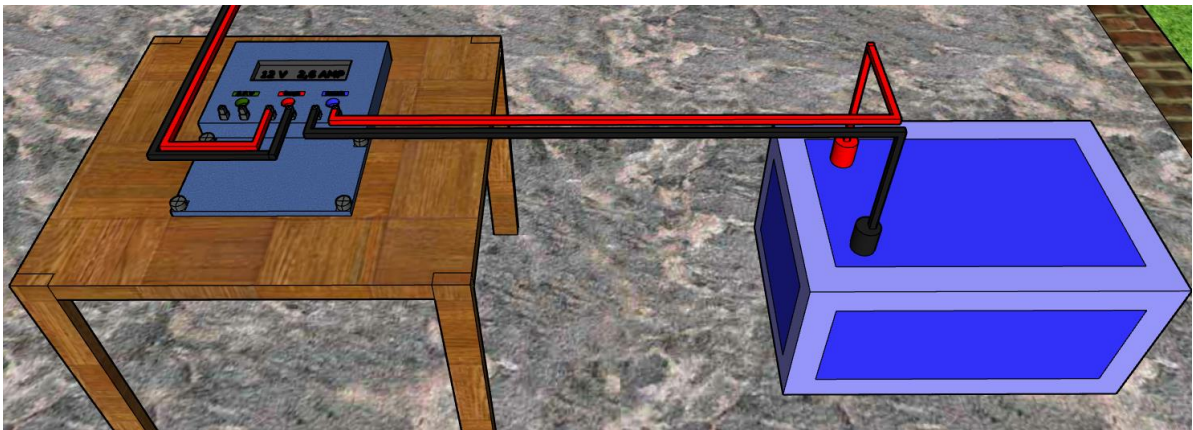


Figura 3. Controlador de carga
(Fuente: Autores)

1.1.4 Baterías

Dependiendo de la configuración del sistema fotovoltaico (consumo directo/consumo almacenado), en este caso con uso nocturno, es necesario que el sistema F.V disponga de un banco de baterías las mismas que suelen ser de plomo-acido, la función de estas es de almacenar suficiente energía la misma que es generada durante la radiación solar durante el día, para de este modo prever la utilización de la misma en horario nocturno cuando la radiación es muy baja o nula.



Figura 4. Batería de Pb-acido
(Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015)

1.1.4.1 Tipos de baterías

Se debe tener muy en cuenta que existen varios tipos de baterías, y todas no pueden ser consideradas en un sistema solar fotovoltaico convencional, hoy en día se tiene varios tipos de baterías como son:

Baterías Pb-acido convencional

Son baterías de bajo costo por ende son más comercializadas, pero una de las desventajas más considerables es su tiempo de vida útil (menor tiempo de utilización), requiriendo un alto mantenimiento preventivo. (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).

Baterías Pb-acido libres de mantenimiento (SLI)

A comparación de las baterías de plomo-ácido convencionales no necesitan que se les agregue agua destilada, al igual que su vida útil es más larga sin ningún inconveniente en su funcionamiento. Siendo estas de libre mantenimiento ya que emplean aleaciones de plomo y calcio en las rejillas. Este tipo de baterías son muy vulnerables a los daños en caso de las conocidas descargas profundas. (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).

Baterías tubulares

Son de mejor uso para sistemas fotovoltaicos, con un mantenimiento de una a dos veces al año, una de las desventajas de este tipo de baterías es el no soportar fácilmente niveles de carga muy bajos y su precio es elevado, son más recomendadas para sistemas de electrificación rural a gran escala ya que requieren un mayor tiempo de carga. (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).

Baterías con electrolito tipo GEL (VRLA)

Son más resistentes a descarga profundas ya que son de plomo-ácido y pueden ser parcial o totalmente recombinado, permitiéndole que la caja de batería sea hermética, el grado de combinación depende de la actividad química en el electrolito. Poseen una válvula que funciona como cortocircuito externo en caso de emergencia. El precio de esta es muy elevado en un 25% mayor que las de plomo-acido. (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).

1.2 Radiación solar

En Ecuador tenemos una gran ventaja a diferencia de otros países donde es aprovechada la energía solar, por ello se puede aprovechar la radiación solar de nuestro país ya que tiene un nivel promedio de 4.574,99 Wh/m² /día, de radiación, dato sacado según el atlas solar del Ecuador- CONELEC, como se muestra en la Figura 5. Insolación global del Ecuador (CONELEC, Atlas solar del Ecuador, 2008).

Según el atlas solar del ecuador las zonas en las cuales llega mayor radiación sobre los 5.000Wh/m² /día, es en la ciudad de Loja, la parte sur del Azuay, el centro del País y de Pichincha. (CONELEC, Atlas solar del Ecuador, 2008).

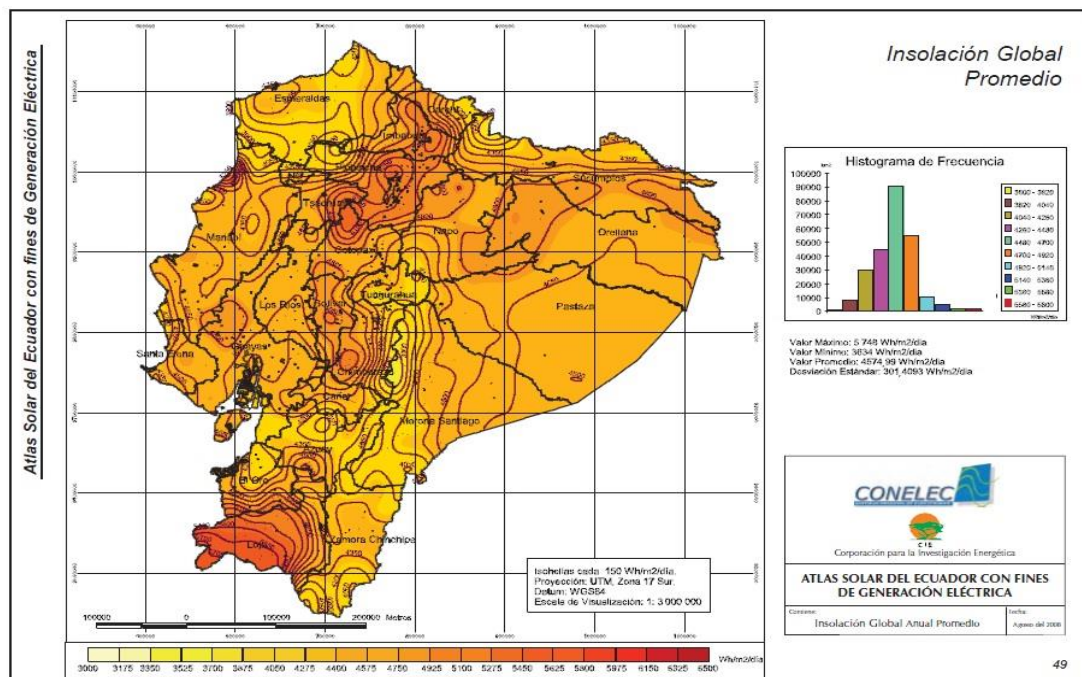


Figura 5. Insolación global del Ecuador (CONELEC, Atlas solar del Ecuador, 2008)

1.3 Energías renovables y sus conceptos

Se la llama energías renovables por que se obtiene de fuentes naturales que son inagotables. En cuanto las fuentes de energía en el país aumentan, de igual manera la población, es por ello que el consumo de energía eléctrica crece de igual manera, teniendo así que optar por energías renovables y limpias, este caso la radiación solar.

1.4 Energía Solar

Esta es una energía limpia renovable inagotable para generar electricidad por medio de la energía solar, la energía fotovoltaica transforma de forma directa la radiación solar en electricidad para ello se necesita paneles formados por células fotovoltaicas, o colectores térmicos. Se tiene dos tipos de tecnologías donde se puede obtener esta energía y son:

- Energía solar pasiva.
- Energía solar Activa.

1.4.1 Energía solar pasiva

Este tipo de energía se caracteriza por ser directamente aprovechada sin ningún tipo de sistema mecánico y sin ayuda de alguna energía externa creando de esta manera ductos arquitectónicos de esta manera se aprovecha el calor, esta puede ser cubierta o subterránea (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).

1.4.2 Energía solar Activa

La energía solar activa el calor se transmite por convección forzada es decir mediante un sistema mecánico o externo, de esta manera en una bomba se hace fluir agua a través de un circuito incrementando su energía térmica debido a la radiación solar en el tubo receptor, esta se utiliza para aplicaciones comerciales o industriales esto dependiendo de la cantidad de concentradores. (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).

La captación se realiza mediante los concentradores según su clasificación es:

De baja temperatura: menores a 100°C, se utiliza para calefacción y calentamiento de piscinas, agua caliente sanitaria, ciertos procesos industriales, etc.

De media temperatura: entre 100° a 250°C sirven para procesos industriales, generación de flujos térmicos, extracción de sal del agua de mar y refrigeración mediante energía solar.

De alta temperatura: superiores a 500°C sirven para la generación de energía eléctrica con el uso de plato parabólico, de canal parabólico y sistema de torre central.

1.4.3 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es la encargada de la transformación de la energía solar en energía eléctrica por medio de paneles solares, estos paneles están conformados por varios módulos fotovoltaicos constituidos por células fotovoltaicas o células solares.

1.4.3.1 Célula solar

La célula solar es la encargada de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica sin haber la necesidad de ciclos térmicos, cambios químicos o mecánicos que impliquen partes móviles.

Cuando un fotón alcanza una célula solar se puede absorber, reflejarse o transmitirse pasando su energía a un electrón del material, causando el movimiento del electrón hasta que llegue a un punto de contacto, obteniendo como resultado la generación por la luz de una corriente eléctrica. (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).

Flujo de electrones y corriente en una célula solar

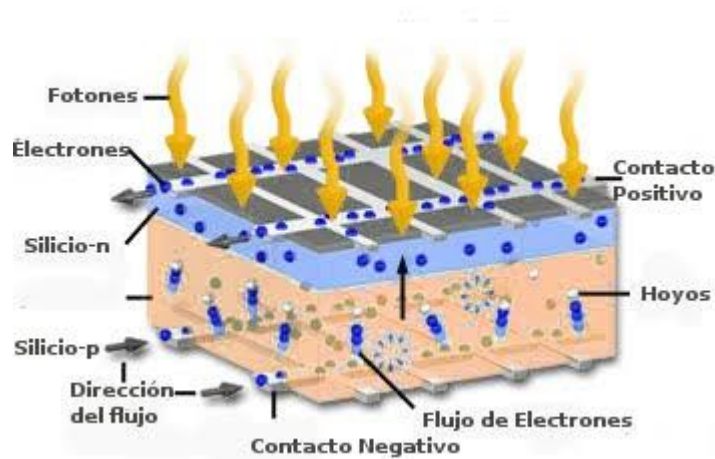


Figura 6. Célula Solar
(Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015)

1.4.3.2 Tipos de células Fotovoltaicas

Existen varios tipos de células fotovoltaicas dependiendo de su composición y fabricación, la que dispondrá mayormente como modelo a utilizar será el monocristalino:

1.4.3.3 Células de silicio mono cristalino

Es de estructura cristalina uniforme, se fabrica en lingotes de gran pureza, en su construcción se gasta mucha energía y muy costoso para su transformación ya que este se encuentra en estado puro es uno de los materiales primeros utilizados industrialmente. El silicio es el segundo material que existe en abundancia en el planeta.

Es un diodo de unión P-N que es muy sensible a la iluminación generando corriente eléctrica, tiene una eficiencia de 15% a 18% aproximadamente. (Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015).



Figura 7. Células de silicio mono cristalino
(Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad, 2015)

1.5 Antecedentes

Para darle el uso práctico al sistema fotovoltaico y haciendo relación al estudio y análisis teórico con resultados favorables verá la necesidad de ejecutar la construcción e implementación de un monumento en la parroquia Quingeo sector Puntahacienda con el abastecimiento de energía eléctrica mediante energía solar con la aplicar de un sistema fotovoltaico, la zona de construcción se detalla a continuación:

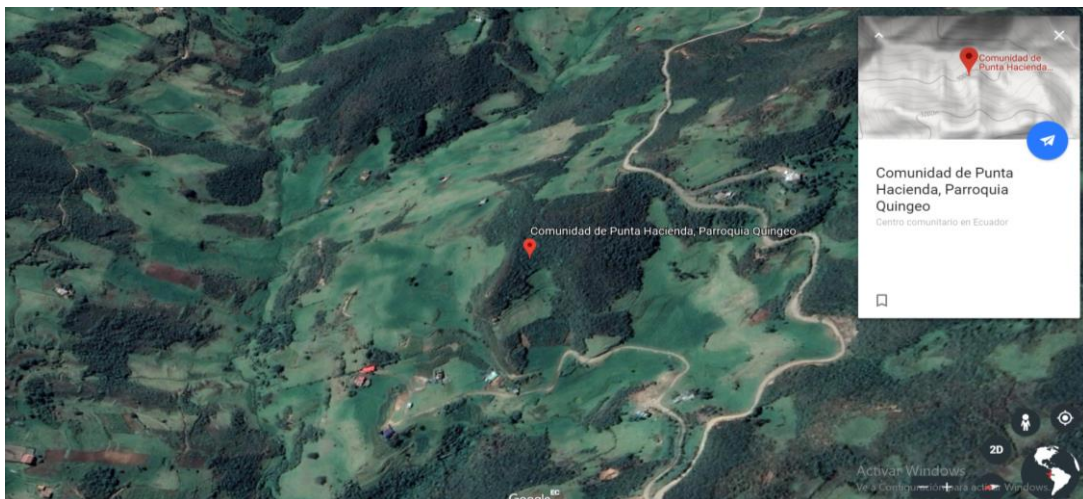


Figura 8. Localización
(Maps, 2019)

Como se puede apreciar en la imagen, el sector es una zona completamente rural delimitada por la parroquia Quingeo, comunidad Puntahacienda, en la cual se realizará el análisis de la disponibilidad para el uso de fuentes de energías renovables en este caso el sistema fotovoltaico, se estudiará el comportamiento del clima como también la radiación solar, para recopilar esta información existen estaciones meteorológicas que aportaron con datos importantes los mismos que se encuentran plasmados en diferentes estudios, es por ello que se acogerá al estudio de dos casos.

CAPITULO 2

2. ANÁLISIS, RECEPCIÓN ENERGÍA SOLAR, ALMACENAMIENTO Y CONVERSIÓN ENERGÍA

2.1 Recolección de datos climáticos (radiación solar)

Siendo necesario y relevante para el estudio de diseño, modelado e implementación de un sistema fotovoltaico; es de suma importancia conocer sobre los datos de irradiación existente en el área donde se pretende implementar el sistema de foto generación, por lo que los datos mínimos de irradiación según tablas revisadas para la generación de potencia mediante paneles solares es de mínimo un rango de entre los 250 W/m² y 1000 W/m² independientemente de la capacidad máxima a generar de cada panel solar.

Como es de gran conocimiento el país del Ecuador es privilegiado en contar con una de las más altas irradiación que lo hacen ser uno de los países en donde se da e, gran impacto de comenzar con la implementación de sistemas solares totalmente aislados de la red o caso contrario con trabajo conjunto a las redes de distribución o transmisión, es por tal motivo que tenemos varios sistemas de recolección de datos para estudios fotovoltaicos, en este caso nos guiaremos por 3 proveedores 2 de los cuales son fuentes propias de la facultad de Ingeniería de la universidad católica de cuenca y una será de plataformas virtuales.

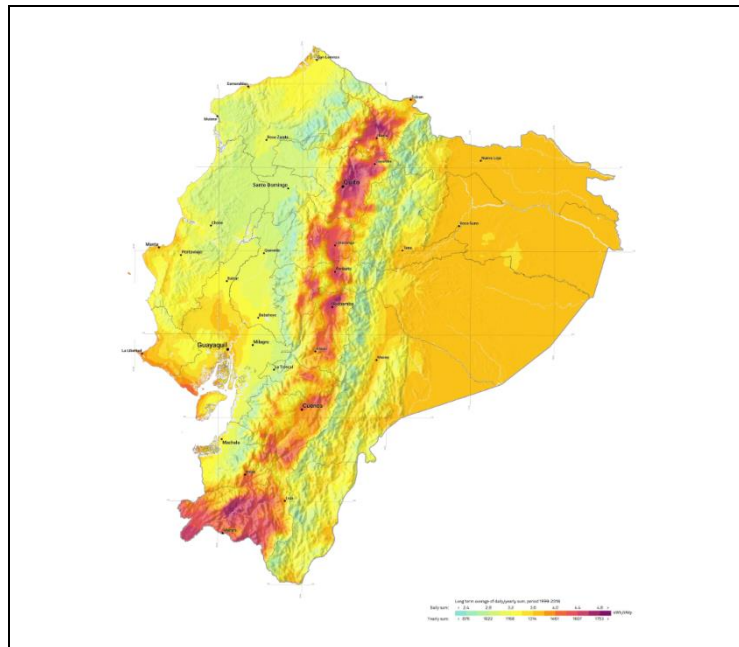


Figura 9. Mapa solar
(World Bank Group, 2007)

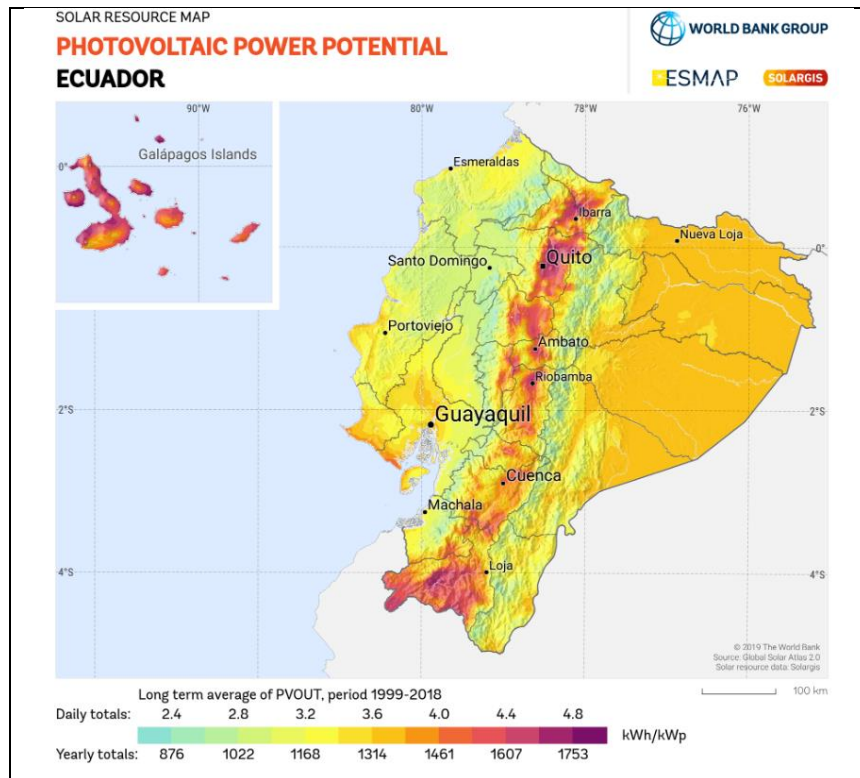


Figura 10. Mapa solar
(World Bank Group, 2007)

En la actualidad se disponen de varias plataformas digitales las mismas que se pueden encontrar en internet, siendo confiables para ejercer cálculos sobre el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, en este caso se realizara una comparativa de todos los datos para lograr un resultado mucho más confiable y exacto es por ello que se tomaran los datos de la estación meteorológica instalada ya hace aproximadamente 6 meses por parte de estudiantes de la universidad católica de Cuenca, siendo necesario recolectar la mayor cantidad de datos con respecto a la irradiación solar existente en el área de implementación del sistema fotovoltaico, es por ello que se realizará una comparativa entre datos meteorológicos.

En primer lugar, tenemos una estación meteorológica Ambient Weather La misma que fue instalada con el propósito de recolectar datos de irradiación durante un año calendario. Esta estación meteorológica consta de las siguientes características.



Figura 11. Dispositivos de la estación meteorología profesional inalámbrica WS2902 (Urgiles E., 2018)



Figura 12. Pantalla de visualización en tiempo real desde un teléfono celular (Urgiles E., 2018)

De acuerdo a los datos recolectados por la estación se da a conocer que la irradiación existente la podemos apreciar por promedios los cuales son los siguientes:

- Radiación Solar Máxima 1.149,86 W/m².
- Radiación Solar Mínima 1,46 W/m².
- Radiación Solar Promedio 408,94 W/m².

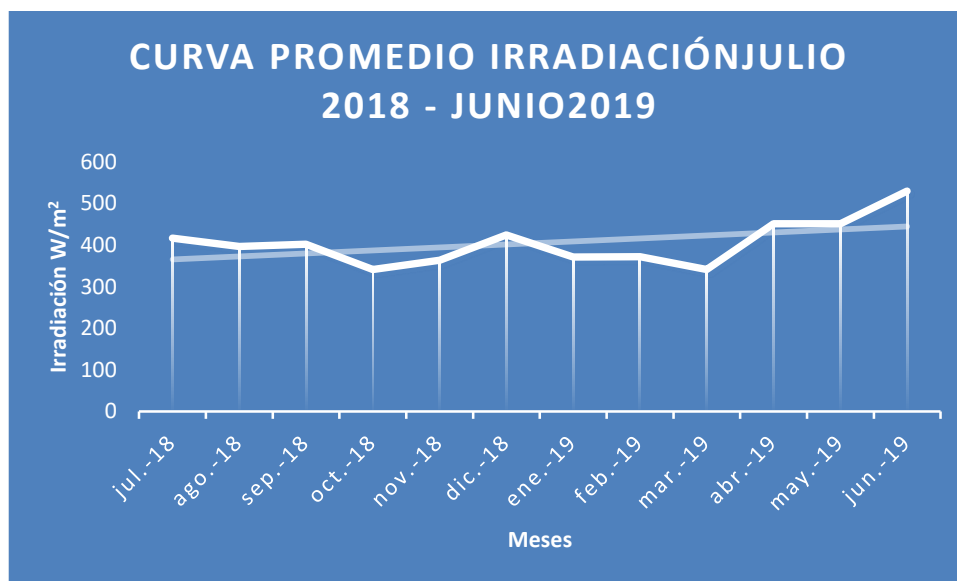


Figura 13. Radiación solar promedio: julio a diciembre 2018, enero hasta junio 2019 (Urgiles E., 2018)

Tabla 1. Radiación solar promedio: julio a diciembre 2018, enero hasta junio 2019 (Urgiles E., 2018)

Periodo	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19
Prom	416,99	396,54	401,87	341,62	363,61	424,57	371,17	372,34	341,34	451,56	451,56	529,88
Max	946,71	914	1104,1	890,55	987,37	1012,77	1014,4	1021,82	1017,71	1029,65	1149,9	1068
Min	12,86	12,34	11,15	10,67	13,02	13,06	1,46	14,2	13	12	13,5	15,1

Con estos resultados podemos corroborar que se tiene la suficiente irradiación como para lograr la producción de energía fotovoltaica suficiente para la colocación de un panel solar de 250W, el mismo que necesita una irradiación de entre 350W/m² y 1000W/m² para la generación mínima y máxima total respectivamente, para ejecutar la simulación de la productividad energética con los datos de las tablas anteriores la misma que nos comprobara el comportamiento de generación según las curvas de producción de energía eléctrica.

Contando con otra fuente y que tiene como estación meteorológica WS-1001-WIFI se verificara los datos que estos ofrezcan los cuales se dará un límite de error de entre más menos 10% con la finalidad de no tener mayores diferencias en los resultados finales y que puedan llegar a afectar el diseño del sistema fotovoltaico.

Equipo recolector de datos



Figura 14. Radiación solar promedio: julio a diciembre 2018, enero hasta junio 2019 (PORTOVIEJO, Juan, 2017)

Según la tabla siguiente se verificará si los datos anteriores se comparan a los que en este caso se detallan y son los siguientes:

Tabla 2. Promedio mensual de Radiación solar (PORTOVIEJO, Juan, 2017)

Hora	Abril	Mayo	Junio
6:00	17,46	17,61	17,86
7:00	98,56	80,16	91,51
8:00	155,16	141,79	125,21
9:00	295,68	287,71	191,83
10:00	284,15	298,6	243,31
11:00	345,46	392,18	309,21
12:00	409,73	338,1	365,34
13:00	387,16	389,22	366,5
14:00	279,32	336,54	302,76
15:00	225,14	229,09	253,63
16:00	177	182,04	198,38
17:00	130,36	136,51	32,46

Se puede verificar que no existe mayor cambio con los datos anteriormente revisados por lo que se puede decir que los datos de irradiación son correctos y se encuentran dentro de los parámetros de generación, cabe indicar que, la mayor producción de generación de potencia se puede dar en 9 meses al año, por otra parte, se tiene una pequeña reducción de producción en los meses restantes los mismos

que no llegan a ser una afectación grave ya que se encuentran en los rangos de tolerancia.

Tabla 3. Datos promedio de radiación solar
(PORTOVIEJO, Juan, 2017)

Insolación mensual promedio												
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio Anual	2,87	2,4	2,58	2,7	3,08	3,3	3,1	3,12	3,04	3,18	3,31	3,03

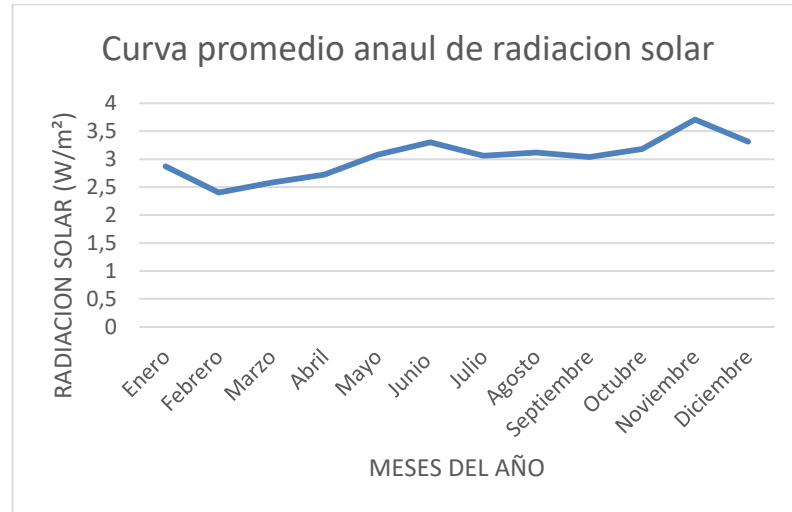


Figura 15. Curva promedio anual de radiación solar
(PORTOVIEJO, Juan, 2017)

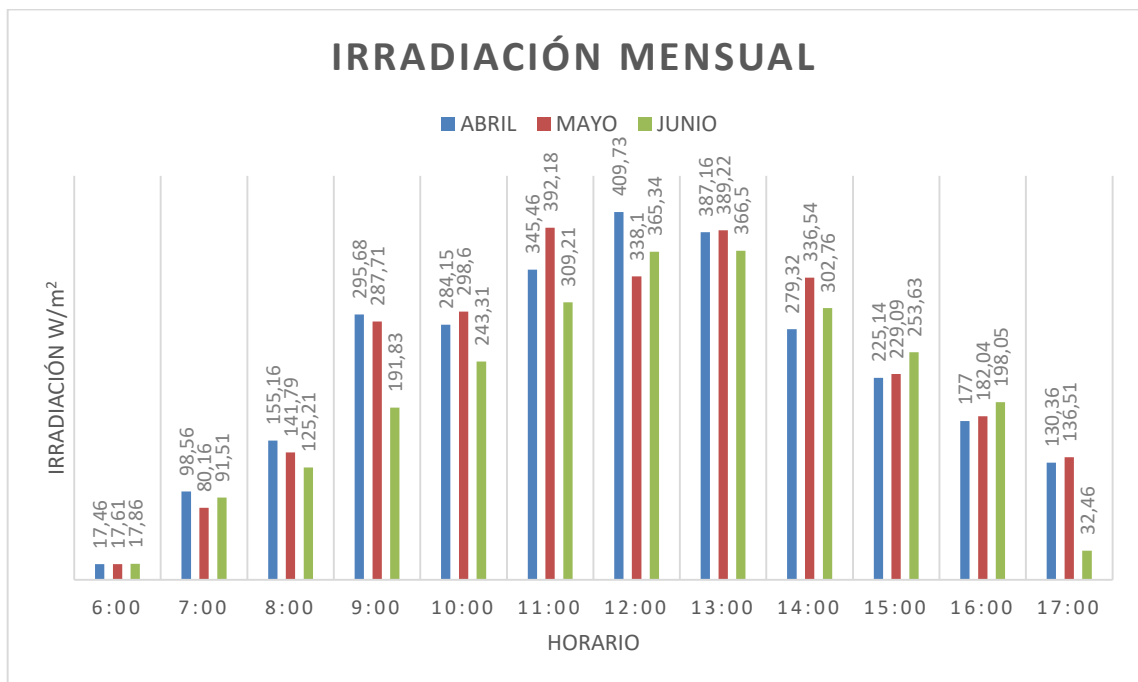


Figura 16. Promedio de Radiación solar mensual existente
(PORTOVIEJO, Juan, 2017)

2.2 Desarrollo de datos obtenidos

En este caso se realizará la simulación de la producción de voltaje, corriente, potencia, en relación de los datos obtenidos, en los cuales nos dice las irradiaciones que se tiene durante las 11 horas diarias que se puede llegar a tomar como productivas, los datos que se tendrán a continuación serán curvas las mismas que representaran el comportamiento del panel solar que pretende implementar es d allí en donde se pondrá énfasis en obtener los mejores resultados de producción, cabe mencionar que; la simulación se la realizará en periodos cortos tiempo, en esta caso por 50 segundos, la primera simulación será con valores de 800w/m^2 .

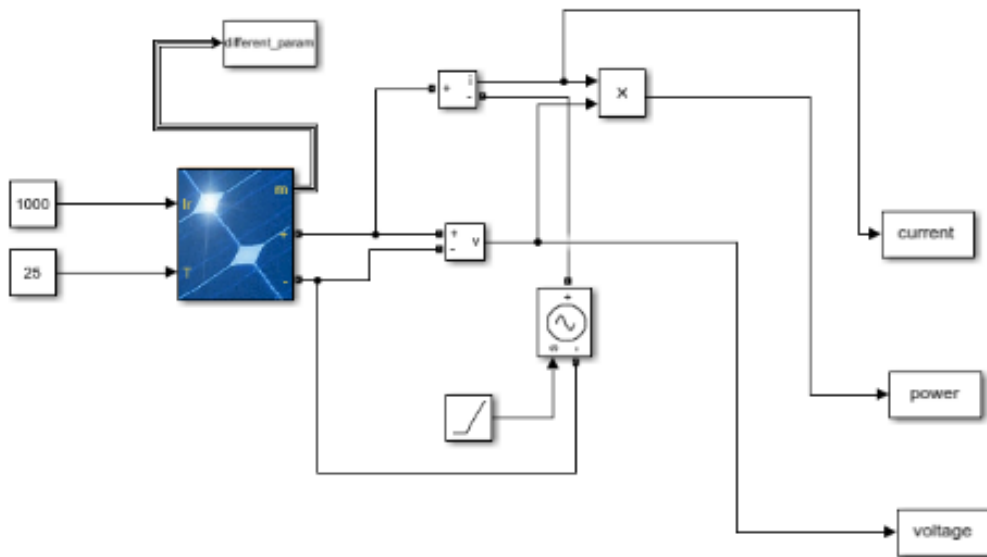


Figura 17. Circuito panel fotovoltaico
(Fuente: Autores)

En el circuito descrito se puede apreciar que; los datos indispensables para la simulación, son los valores de irradiación y temperatura los cuales son los encargados de la foto generación, de acuerdo a estos valores el comportamiento del sistema fotovoltaico comenzará a variar según los valores de ingreso.

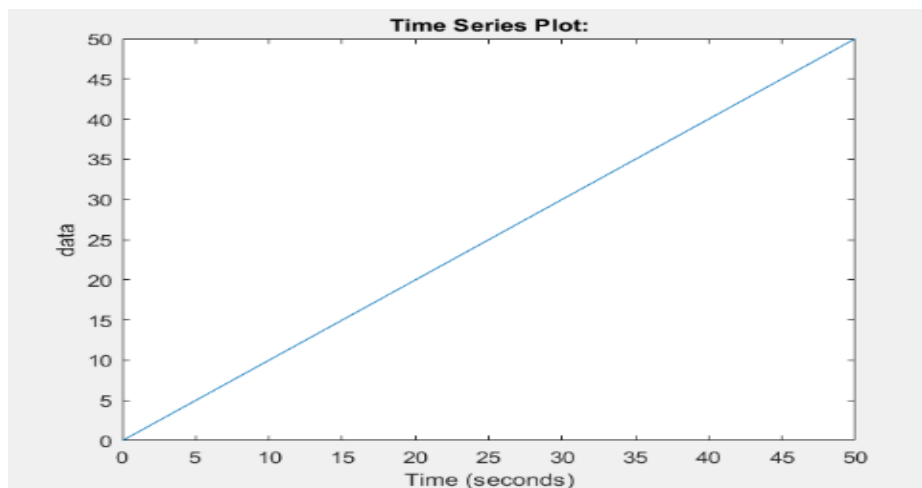


Figura 18. Curva de producción de voltaje, irradiación 1000W/m²
(Fuente: Autores)

El comportamiento de la curva del voltaje se puede mencionar que se encuentra en constante crecimiento ya que se relaciona a un tiempo más prolongado para lograr comprender la curva total, es por tal motivo que la curva del voltaje está en forma de rampa como constante crecimiento hasta que se regularice ya que su voltaje máximo es de 55 v, este voltaje variara según la entrada de irradiación que se tenga en determinados lapsos de tiempo.

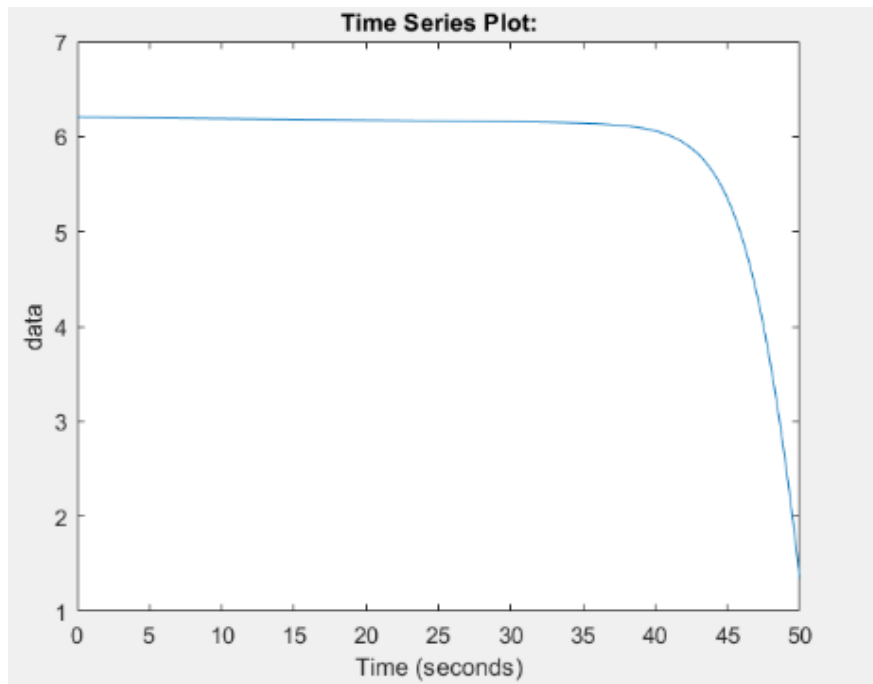


Figura 19. Curva de producción de corriente, irradiación 1000W/m²
(Fuente: Autores)

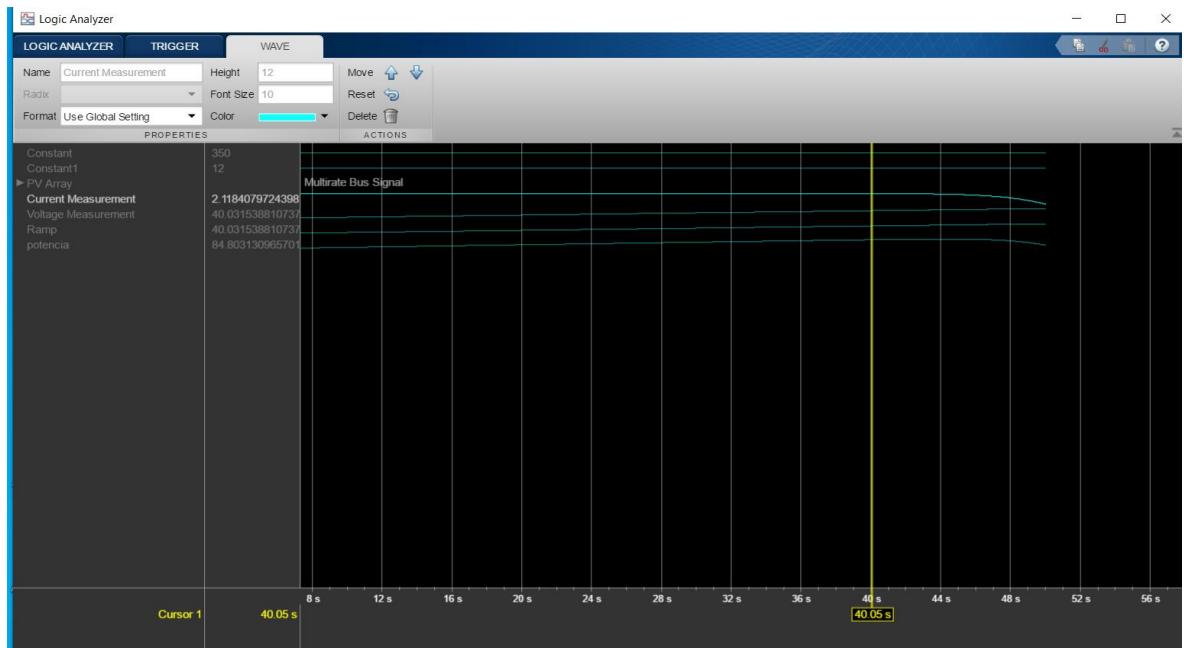


Figura 20. Curva de producción de corriente
(Fuente: Autores)

En tanto la curva de producción de corriente del panel fotovoltaico se puede apreciar una constante en la inicialización de la captación de irradiación de 6,3 amperios aproximadamente con una irradiación de 1000W/m^2 , esto siendo el mejor de los casos, pero se debe tener en cuenta que los datos obtenidos para el lugar en donde se presume implementar el sistema fotovoltaico se tiene rangos promedios de producción de irradiación de 200 hasta 450W/m^2 , es por tal motivo que se realizó la simulación de dos datos en específico; 350 y 450W/m^2 en estos caso se tiene que la corriente se encuentra en un rango de 2,1 hasta los 2,8 amperios de generación así mismo su tiempo de producción se ve afectado ya que durante las 1 horas de captación de irradiación varia constantemente y culmina justamente cuando el tiempo de simulación se corta, pero se puede constatar que la corriente se encuentra constante y su decrecimiento por otro parte es brusco al momento de la perdida de captación solar por lo cual nos indica que el sistema de banco de baterías lograra obtener un mínimo de 2,2 amperios/hora, ya que el sistema fotovoltaico dejará de generar y se verá afectado el abastecimiento eléctrico.

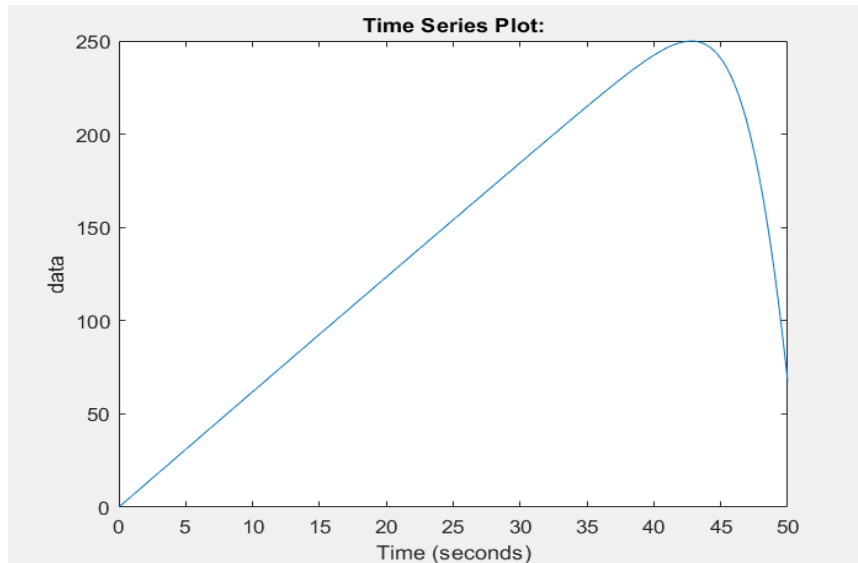


Figura 21. Curva de producción de potencia con 1000w/m²
(Fuente: Autores)

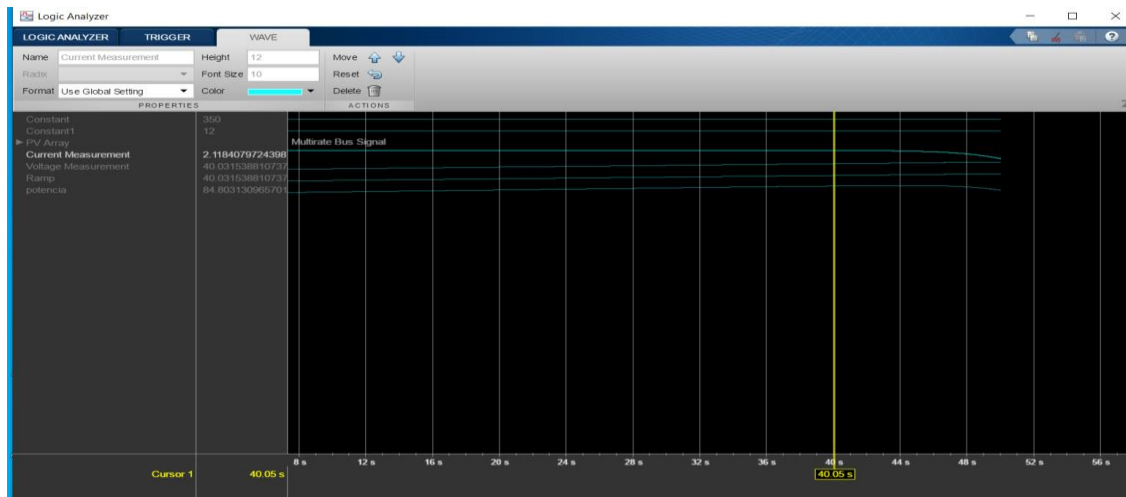


Figura 22. Curva de producción de potencia con 350 W/m²
(Fuente: Autores)

De igual manera que la producción de corriente se tiene la curva de producción de potencia, siendo el panel solar de 250W se tiene una generación total en irradiación máxima, esta curva nos indica que la producción de esta potencia tendrá un lapso de tiempo el mismo que se puede interpretar como captación de irradiación, si podemos apreciar en el tiempo de 50 segundos de simulación, la producción de la potencia comienza ser significativa a partir de los 20 segundos aproximadamente en donde se tiene una potencia de 130W, en cambio para la simulación con datos más reales acordes a las características del lugar se tiene que la generación de potencia se ve significativamente afectada por lo que para una irradiación de 350 y 450 W/m² se tiene potencias generadas de 90W y 120W respectivamente.

Ahora bien, teniendo estos datos de la simulación con los valores promedios de irradiación y generación simulada se realizará los cálculos necesarios para analizar la disponibilidad, factibilidad y confiabilidad del sistema fotovoltaico.

Cabe indicar que este sistema es un modelado de un sistema básico de foto generación inducida lo que nos quiere decir que es un aplicativo para los distintos modelos de paneles fotovoltaicos, ahora bien, para la aplicación de la teoría anteriormente vista nos proyectaremos en el sistema que podría implementar siendo los paneles fotovoltaicos de marca SOLAR WORLD, se detalla los cálculos y diseños de simulink en el siguiente capítulo.

2.3 Modelados matemáticos

Los parámetros de un módulo fotovoltaico y que determinan el funcionamiento del mismo son las radiaciones solares, la temperatura de la célula y la tensión de salida del módulo FV (Borthakur, R. y Narkhede, S., 2010) Para obtener los datos y simulación de la potencia del panel se realiza un modelado matemático donde intervienen los parámetros mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Parámetros módulos fotovoltaicos
(Gradella M., mayo 2009)

Parámetro	Explicación	
I_{SCR}	Es la corriente de cortocircuito a 25°C y 1000 [W/m ²].	[A]
V_{FV}	Tensión de salida del módulo FV	[V]
I_{FV}	Corriente de salida del módulo FV	[A]
T_r	Temperatura de referencia	[K°]
T	Temperatura de operación del modulo	[K°]
I_o	Es la corriente de saturación del módulo FV	[A]
I_{ph}	Es la corriente de la fuente (luz) en el módulo FV photocurrent	[A]
$A = B = u$	Factor de idealidad	[K°]
k	Constante de Boltzam = 1.3805x10 ⁻²³	[J/K°]
q	Carga del electrón= 1.6x10 ⁻¹⁹	[C]
R_s	Resistencia serie del módulo FV	[Ω]
K_i	Coefficiente de I y temperatura =0.0017	[A/°C]
$\lambda=I$	Irradiancia solar =1000 [W/m ²]	[W/m ²]
E_{go}	Energía del Gap =1.1eV	[eV]
N_s	Numero de celdas en serie	
N_p	Numero de celdas en paralelo	

El modelado matemático de la celda solar se interpreta de la siguiente manera:

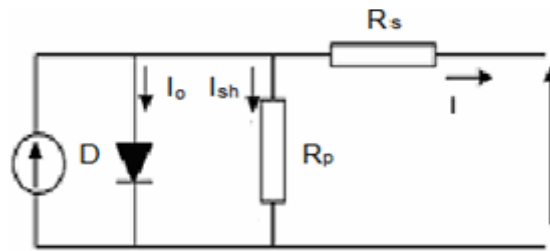


Figura 23. Figura Circuito Celda Fotovoltaica
(Gradella M., mayo 2009)

El circuito en general se realizará por medio de las leyes de kirchoff en donde se obtiene:

Donde la corriente del panel es igual a:

$$I_p - I_d - I_{sh} = I_{cel} \quad (1)$$

Despejando tenemos:

$$I_p = I_d + I_{sh} + I_{cel} \quad (2)$$

Para ello debemos obtener la ecuación del diodo que viene dada por:

Ecuación de Sharckley

$$I_d = I_o \left(e^{\frac{V_o}{aV_T}} - 1 \right) \quad (3)$$

$$V_f = \frac{KT}{q} \quad \text{por lo tanto:} \quad (4)$$

$$I_d = I_o \left[e^{\left(\frac{qV_o}{aKT} \right)} - 1 \right] \quad (5)$$

Para sacar la corriente total de una celda reemplazamos:

$$I_{cel} = I_p - I_o \left[e^{\left(\frac{qV_o}{aKT} \right)} - 1 \right] - I_{sh} \quad (6)$$

Siendo el caso de varias celdas solares se tiene la siguiente expresión:

$$I_{cel} = I_p - I_o \left[e^{\left(\frac{q(V_{cel} + R_s \cdot I_{cel})}{aKT} \right)} - 1 \right] - \frac{V_{cel} + R_s \cdot I_{cel}}{R_{sh}} \quad (7)$$

$$I_{cel} = I_p - I_o \left[e^{\left(\frac{q(V_{cel} + R_s \cdot I_{cel})}{aKT} \right)} - 1 \right] \quad (8)$$

Donde:

I_o = corriente de saturación.

a = factor idealidad del diodo.

V_t = voltaje térmico.

K = constante de Boltzman $1,3806503 \cdot 10^{-23}$ J/K.

q = Carga del electrón $1,6017646 \cdot 10^{-19}$ C.

Se desprecia $\frac{V_{cel} + R_s \cdot I_{cel}}{R_{sh}}$ valor de R_{sh} se considera elevado frente al infinito. $\frac{K}{\infty} = 0$

Valor de R_s es muy pequeño puede despreciarse en circuito ideal.

Tomando en cuenta que los paneles fotovoltaicos son conectados en serie el voltaje aumentara en la salida y los paneles conectados en paralelo aumentan la corriente, por lo que la fórmula de I_{cel} se representaría de la siguiente manera.

$$I_{cel} = I_p - I_o \left[e^{\left(\frac{q \left(\frac{V_{cel}}{N_s} + \frac{R_s I_{cel}}{N_p} \right)}{aKT} \right)} - 1 \right] \quad (9)$$

$$I_{cel} = N_p I_p - N_p I_o \left[e^{\left(\frac{q \left(\frac{V_{cel}}{N_s} + \frac{I_{cel} R_s}{N_p} \right)}{aKT} \right)} - 1 \right] \quad (10)$$

$$I_{cel} = N_p I_p - N_p I_o \left[e^{\left(\frac{q(V_{cel} + I_{cel} R_s)}{N_s aKT} \right)} - 1 \right] \quad (11)$$

La corriente foto generada se expresa de la siguiente formula:

$$I_p = \frac{\hat{\quad}}{100q} [I_{cc} + k_i (+T a / -tr)] \quad (12)$$

Para el caso de la corriente de saturación inversa del módulo:

$$I_{Inv} = \frac{I_{cc}}{\left[e^{\left(\frac{q V_{oc}}{aKT N_s} \right)} \right]} - 1 \quad (13)$$

Corriente de saturación del módulo, siendo afectada directamente por la temperatura a la cual va a ser sometida.

$$I_o = I_{Inv} \left(\frac{T_a}{T_r}\right)^3 \left[\exp\left(\frac{E_g \cdot q}{aK}\right) \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_a}\right) \right] \quad (14)$$

Donde:

N_s = número de paneles en serie.

N_p = número de paneles en paralelo.

T_r = 298 (K).

I_{cc} = corriente de cortocircuito de la celda a 25°C X 1000w/m².

K_i = coeficiente de temperatura de CC 0.0017¹/°C.

α = irradiación W/m²: 1.000W/m² estándar.

T_A = temperatura ambiente.

V_{oc} = voltaje circuito abierto.

E_g = energía en la banda prohibida del diodo usado en la celda solar.

2.4 Análisis de características del panel solar, baterías, convertidor

ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	175 W
Power tolerance	0~+5 %
Module efficiency	17.65 %
Maximum power voltage (Vmp)	19.13 V
Maximum power current (Imp)	9.15 A
Open circuit voltage (Voc)	23.49 V
Short circuit current (Isc)	9.45 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m²
Cell temperature: 25 °C • AM: 1.5

Figura 24. Datos Panel Solar

ELECTRICAL DATA AT NOCT*

Power output (Pmax)	130.48 W
Maximum power voltage (Vmp)	17.93 V
Maximum power current (Imp)	7.27 A
Open circuit voltage (Voc)	21.78 V
Short circuit current (Isc)	7.68 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m²
Ambiant temperature: 20 °C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

Figura 25. Datos Panel Solar

Según datos de la ficha técnica del panel solar a ser utilizado para el modelado, simulación e implementación, podemos mencionar brevemente que la mejor opción para nuestro diseño es utilizar un panel de características monocristalino el mismo que ofrece una eficiencia del módulo de 17,65%, contando con una potencia pico de 175Wp con un voltaje máximo de 19,13 VDC. En los datos plasmados se tiene la consideración de una irradiación de 1000 W/m² y 800W/m² los mismos que serían los datos de STC y NOCT respectivamente, datos que serán comprobados al momento de ejecutar la simulación en el software simulink.

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (156x156 mm)
Number of cells	36
Dimensions	1480x670x30 mm
Weight	11.0 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP65 or IP67
Cable	0.9 m
Connector	MC4 or MC4 compatible

Figura 26. Datos Panel Solar

El panel solar y sus características de producción energética dependen de la cantidad de células por módulo que se dispongan según datos técnicos, en este caso se tiene 36 celdas por módulo, el cual está dentro del rango de paneles solares eficientes por sus características de fabricación.

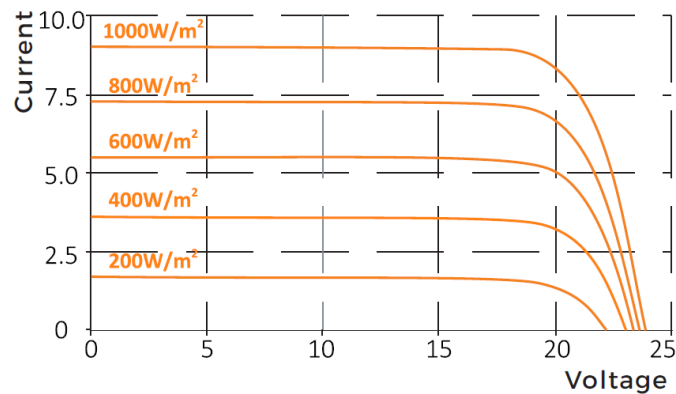


Figura 27. Curvas Generales Panel Solar

Las curvas características, de acuerdo al estudio de laboratorio STC realizado por la empresa constructora de estos equipos nos dice que; dependiendo de la irradiación a la que será sometido el panel fotovoltaico se tendrán las curvas de producción de energía eléctrica, como se puede observar la relación que se identifica previamente son las curvas de producción de corriente-voltaje, con 6 tipos de irradiaciones, a los que podríamos mencionar que se tiene un mínimo de producción con $200W/m^2$ hasta los $1000W/m^2$, estos datos obviamente serán comparados con los datos que nos brinde nuestra simulación.

2.5 Consideraciones importantes para el modelado en Matlab-Simulink

Con la finalidad de verificar la producción energética de los paneles fotovoltaicos de acuerdo a los datos de irradiación que se tienen de la recopilación de datos se realizó en el software Simulink el diseño eléctrico y matemático para conocer a detalle la producción final que se tendrá en nuestro sistema de producción eléctrica, es por tal motivo que se desarrolló este código/circuito con los cálculos y modelado matemático visto anteriormente, el cual nos brinda mejor percepción para la interpretación de los valores finales, siendo necesario conocer sobre la confiabilidad del sistema antes de su implementación. En la gráfica siguiente se puede apreciar el circuito-código del sistema fotovoltaico así mismo su entrada dependerá de dos valores los cuales son completamente variantes en el día, en este caso la irradiación y temperatura (se colocará un rango de entre $150W/m^2$ hasta $300W/m^2$ con una temperatura de $11^{\circ}C/15^{\circ}C$ de acuerdo al promedio de producción según tablas analizadas), con estos valores previamente ingresados al sistema podemos visualizar en el recuadro de color azul que en el circuito se tiene compilado por subsistemas cada una de las variables y constantes necesarias para gestionar los cálculos internos finales que nos brindará datos con valores numéricos, es

por tal motivo que es necesario contemplar el uso de un convertor de señal numérica a señal lineal-curva, este proceso se lo ejecuta en el recuadro de color verde que es la parte de conversión de señal física del voltaje y corriente, a continuación se detalla completamente el sistema utilizado:

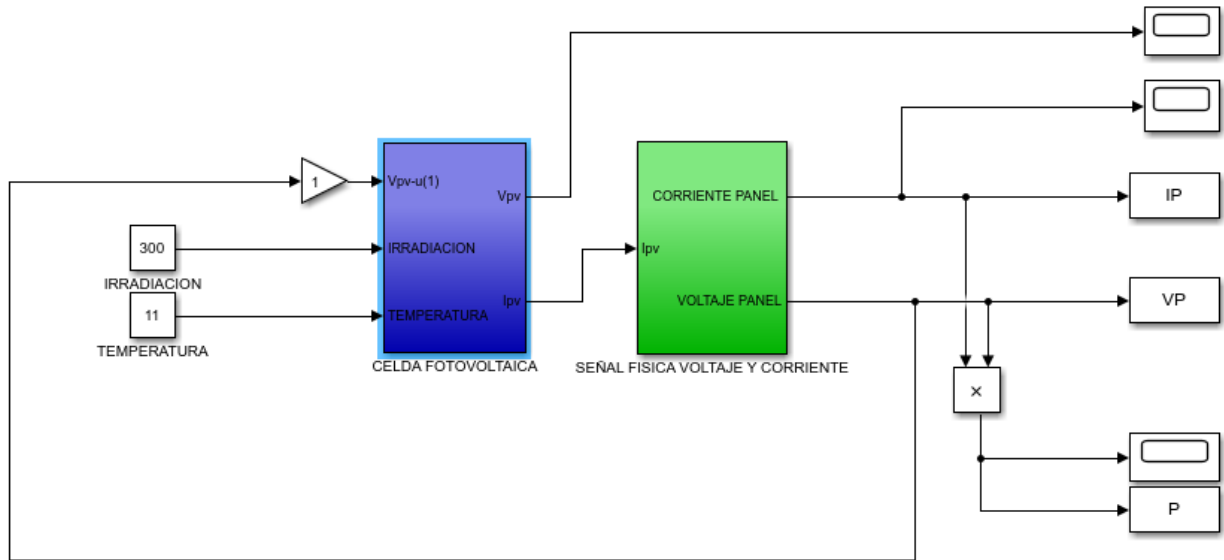


Figura 28. Circuito simulink panel fotovoltaico (Fuente: Autores)

2.6 Subsistemas simulink, celda fotovoltaica

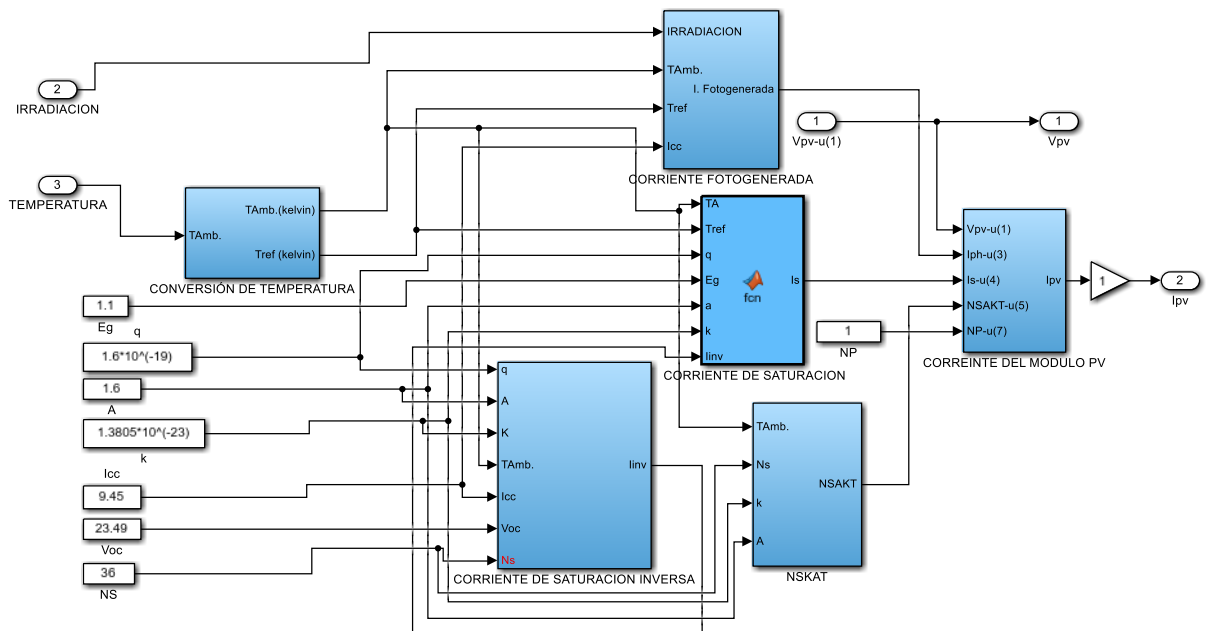


Figura 29. Circuito simulink panel fotovoltaico (Matlab2017B). (Fuente: Autores)

En el siguiente bloque tenemos la conversión de grados centígrados a grados kelvin, con las constantes de radiación y temperatura. Tenemos que recordar que dentro de las

pruebas de laboratorio ejecutas por las fábricas de equipos fotovoltaicos nos dice que; teniendo temperatura con rangos menores a 25°C obtendremos una reducción de voltaje y a mayor radiación mayor voltaje, este dato va a ser determinante en el estudio que estamos aplicando ya que los datos obtenidos tenemos un valor de irradiación de 300 W/m², por lo que los resultados de generación eléctrica se verán afectados y se obtendrá en las siguientes gráficas.

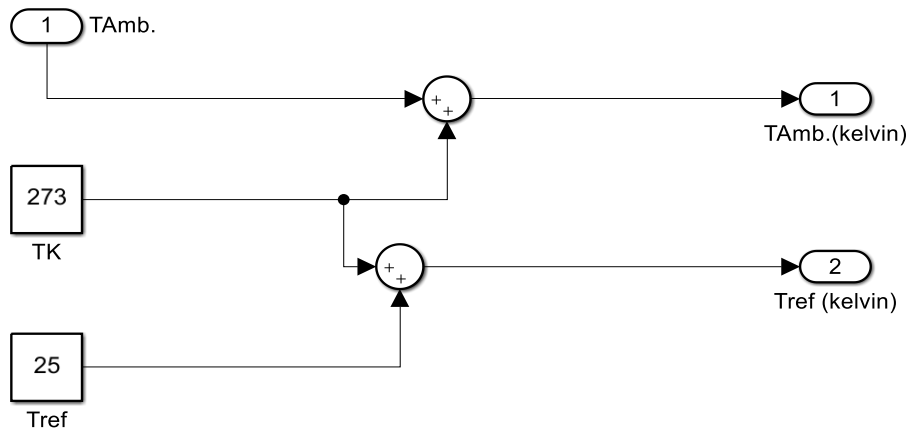


Figura 30. Circuito subsistemas simulink panel fotovoltaico
(Fuente: Autores)

Una vez que se tenga la conversión a grados kelvin ya que es el valor de lectura de los paneles fotovoltaicos, se puede ingresar a cada una de las ecuaciones, teniendo en el siguiente bloque la corriente foto generada de acuerdo a las ecuaciones obtenidas anteriormente con cada una de sus constantes.

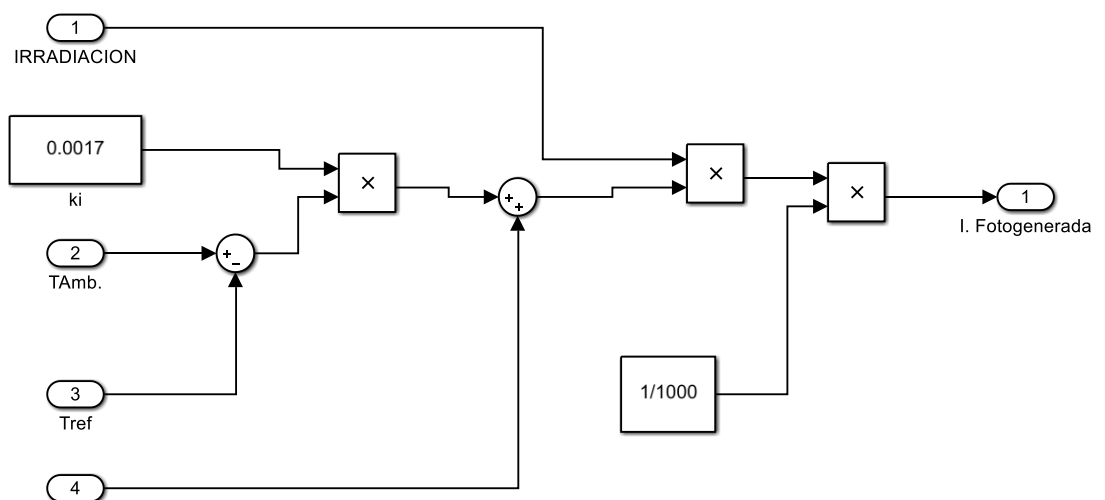


Figura 31. Circuito subsistemas simulink panel fotovoltaico
(Fuente: Autores)

Para obtener la corriente de saturación se crea un código de programación declarando las variables con la fórmula del modelo matemático.

```

CELDA FOTOVOLTAICA/ CORRIENTE DE SATURACION  x +
function Is = fcn(TA,Tref,q,Eg,a,k,Iinv)
Is=Iinv*((TA/Tref)^3)*exp(((q*Eg)*((1/Tref)-(1/TA)))/(a*k));
end
    
```

Figura 32. Corriente de saturación (Subsystem3)
(Fuente: Autores)

La siguiente constante (NSKAT) interviene en dos ecuaciones por esta razón se crea un bloque aparte donde se tiene: factor (A), temperatura ambiente, (K) y número de paneles en serie.

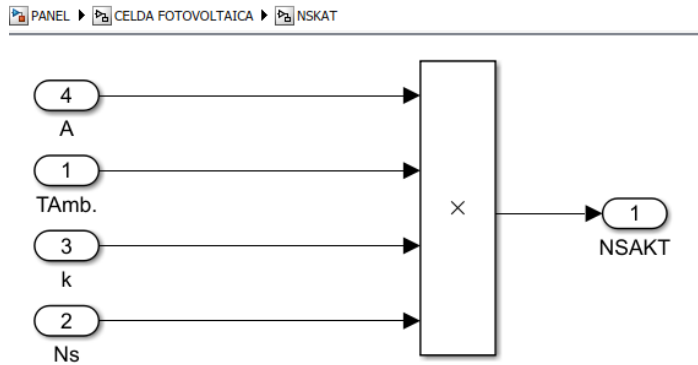


Figura 33. Constante (NSKAT) (Subsystem4)
(Fuente: Autores)

Para obtener la corriente de saturación inversa del módulo creamos un bloque de multiplicaciones y divisiones ingresando los valores en base a la ecuación, donde la corriente de corto circuito divide a todo el valor como se muestra en el siguiente bloque:

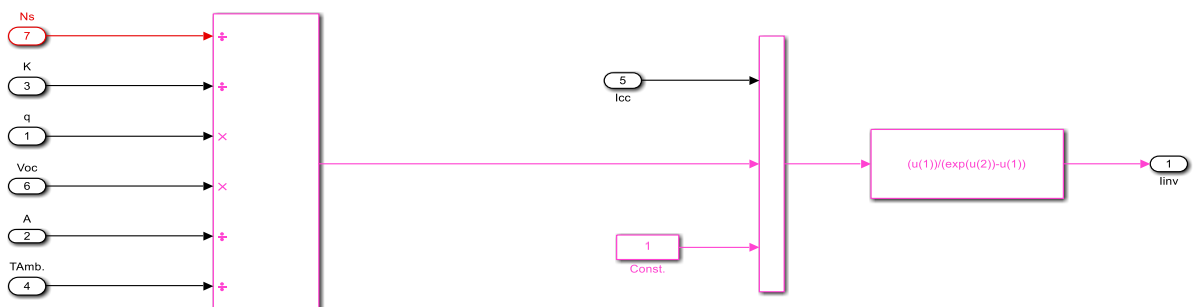


Figura 34. Corriente de saturación inversa (Subsystem5)
(Fuente: Autores)

En la imagen a continuación tenemos la fórmula de (corriente del módulo fotovoltaico) q se llega al final con todas las características del panel en un solo bloque donde tenemos: número de paneles en paralelo, cantidad de módulos (celdas) y constantes obtenidas en los bloques anteriores.

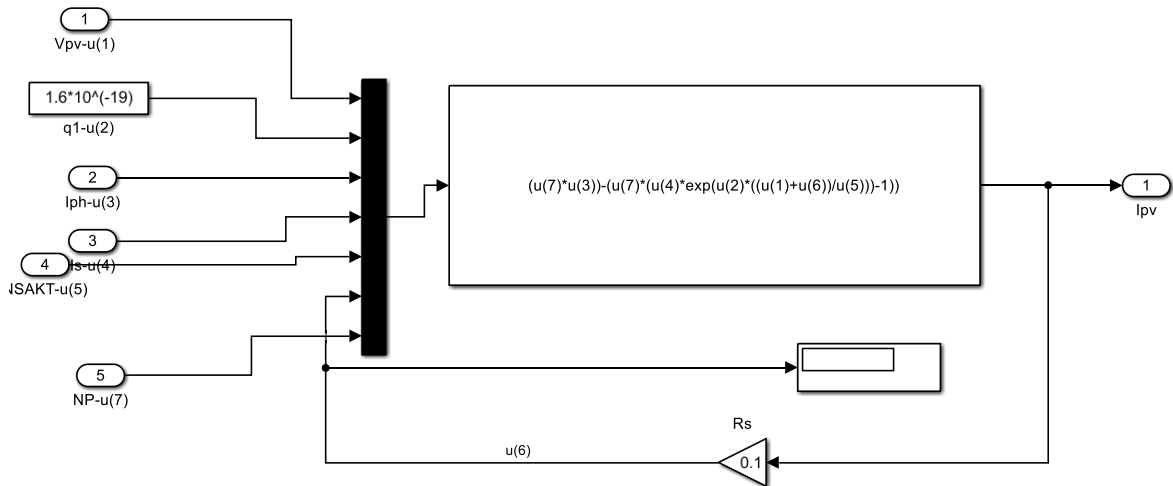


Figura 35. Corriente del módulo fotovoltaico (Subsystem6)
(Fuente: Autores)

Para obtener una señal física de corriente y de voltaje ya que en el programa de Matlab nos da solo una cantidad numérica, y en la realidad tenemos corriente, voltaje con su respectiva magnitud, fase, sentido es por ello que se crea una fuente controlada por corriente, obteniendo así valores físicos.

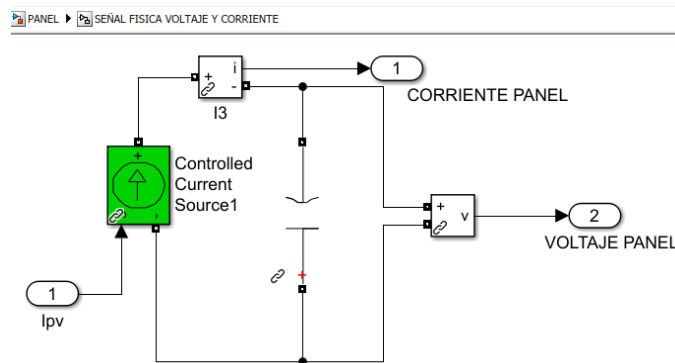


Figura 36. Señal física de Voltaje y Corriente
(Fuente: Autores)

2.7 Obtención de resultados de simulación del sistema fotovoltaico

En base a la simulación del sistema fotovoltaico obtenemos curvas de Voltaje (V) Corriente (A), Potencia (W) – Corriente (A) y Potencia (W) – Voltaje (V) con diferentes valores de Irradiación y temperatura: Irradiación (300W/m², 600W/m², 900W/m²) y temperatura (11°C, 13°C, 15°C).

En la siguiente grafica tenemos la simulación de Voltaje Vs Corriente.

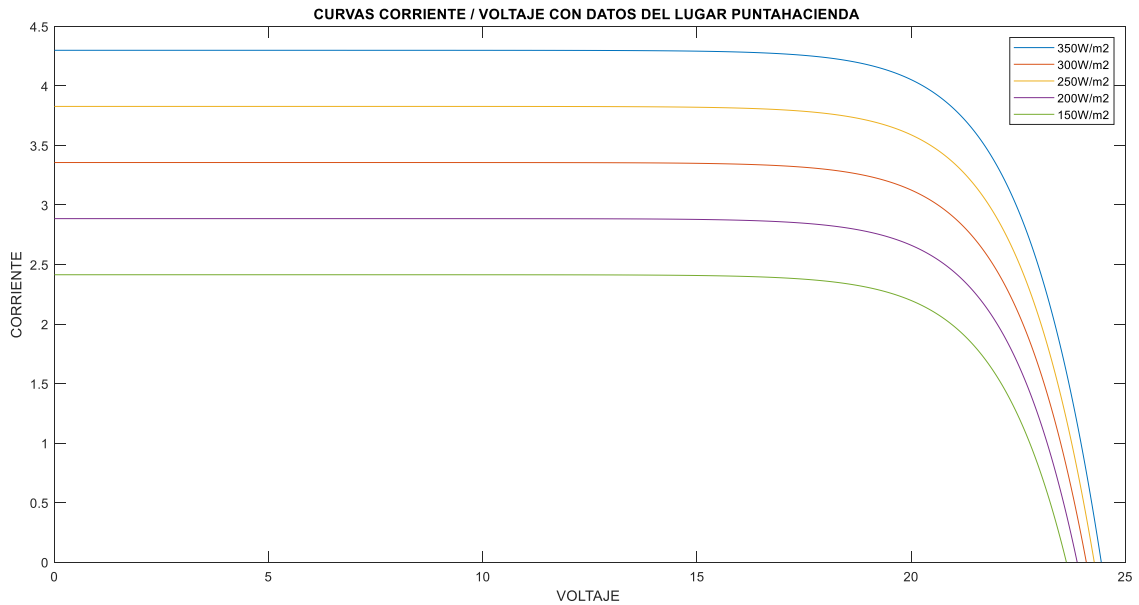


Figura 37. Curva de Voltaje Vs Corriente (MATLAB2017B)
(Fuente: Autores)

En el caso de la simulación por medio de simulink se precisó el uso de las medias de irradiaciones que se dispone en el sector Puntahacienda los cuales son; 150W/m^2 como irradiación mínima, 250W/m^2 irradiación promedio y 350W/m^2 la irradiación máxima, es por tal motivo que en la gráfica se tienen 5 curvas para mayor interpretación de la generación de energía, de las cuales vamos a poner mayor énfasis a la curva de color azul claro, en la gráfica logramos apreciar que, si contamos con la irradiación de los 350W/m^2 tendremos una producción de voltaje de 24,5 VDC aproximadamente con una corriente de generación de 4,25 Amperios.

De igual manera estos valores cambian de expresión, siendo el caso de la siguiente grafica que nos indica la potencia generada de aproximadamente de 85W con la misma corriente de 4,25 Amperios. Se debe contemplar que la curva promedio será la que nos brinde un análisis más realista de la zona la misma que se comprobará con la implementación del sistema fotovoltaicos para ejercer la toma de medias y corroborar los datos obtenidos por simulink y prácticos.

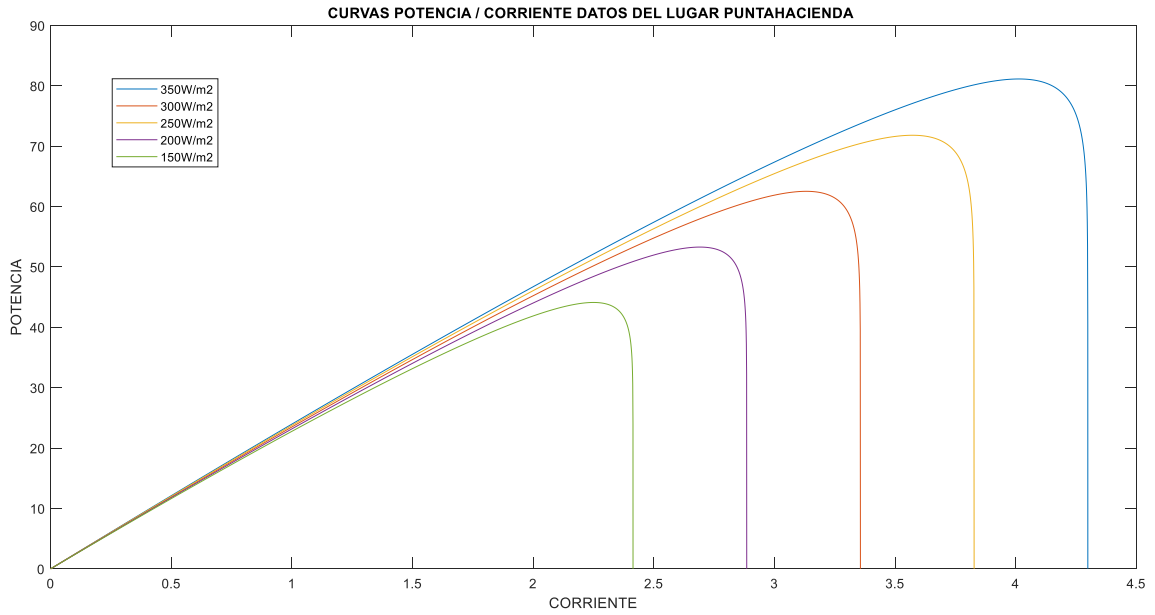


Figura 38. Curva de Potencia Vs Corriente (MATLAB2017B)
(Fuente: Autores)

En la tercera curva en nuestro diseño representa la generación de potencia y voltaje lo que nos quiere decir que tenemos datos constantes de producción energética de acuerdo a las irradiaciones que se presentan en el sector, dato adicional cabe mencionar que la temperatura de la zona es variable de entre 11°C y 15°C lo que llegamos a concluir que, entre menor sea la temperatura mayor voltaje o tensión obtendremos, para mayor apreciación del análisis que se ha realizado diríjase al Anexo C. Curvas de Corriente, Voltaje, Potencia, diagrama de bloques Simulink.

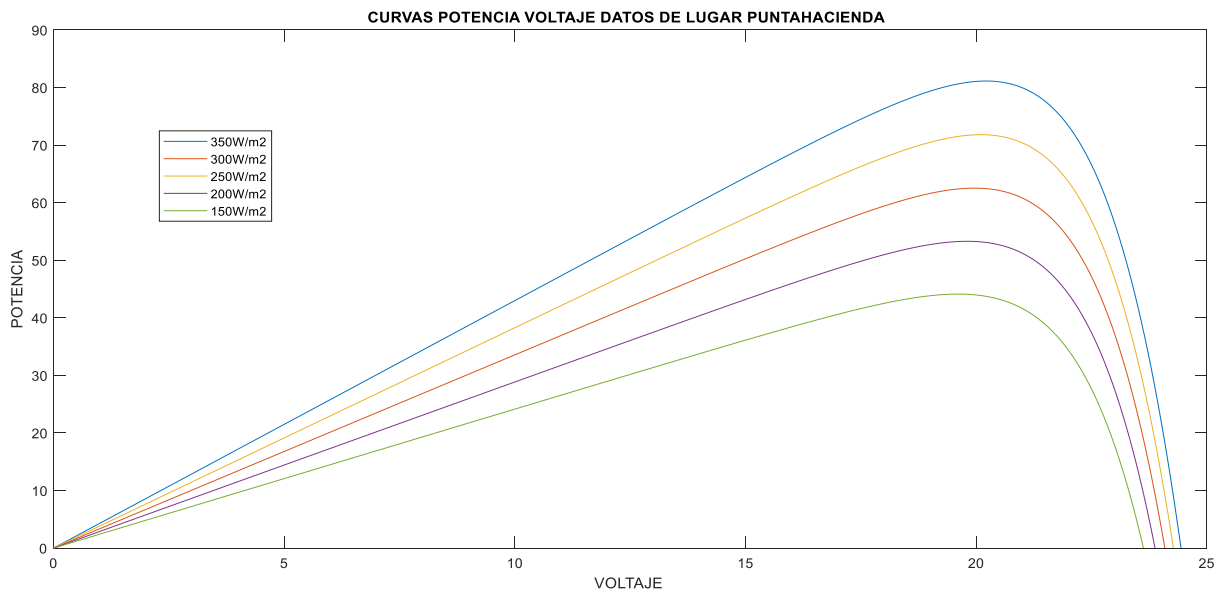


Figura 39. Curva de Potencia Vs Voltaje (MATLAB2017B)
(Fuente: Autores)

2.8 Diagrama de bloques simulink, carga de batería

Para ejecutar el análisis de la necesidad de implementación de un acumulador de la energía producida durante el día por el panel fotovoltaico, es necesario confirmar el tiempo de autonomía necesario para el abastecimiento de energía eléctrica a las luminarias del monumento, para lo cual se ejercen las siguientes formulas:

$$Cap\ Bat = \frac{energía\ necesaria * días\ de\ autonomía}{voltaje * profundidad\ de\ descarga\ batería} \quad (15)$$

$$Cap\ Bat = \frac{500 * 1}{12 * 0,7} \quad (17)$$

$$Cap\ Bat = 59,523\ AH. \quad (16)$$

Conociendo estos datos, logramos determinar que se puede llegar a utilizar una batería tipo GEL de 100AH de las mejores características en el mercado y nos satisface normalmente una autonomía de 7 horas de descarga nocturna, cabe indicar que este consumo de AH se verá afectado debido a los niveles de irradiación existente en el sector, es por tal motivo que se vio la necesidad de interpretar según código simulink el comportamiento de generación y acumulación de energía eléctrica, para lo cual tenemos los datos de entre 100W/m² y 450W/m² como irradiación mínima y promedio respectivamente, ejercemos la modificación de nuestro código contemplado previamente:

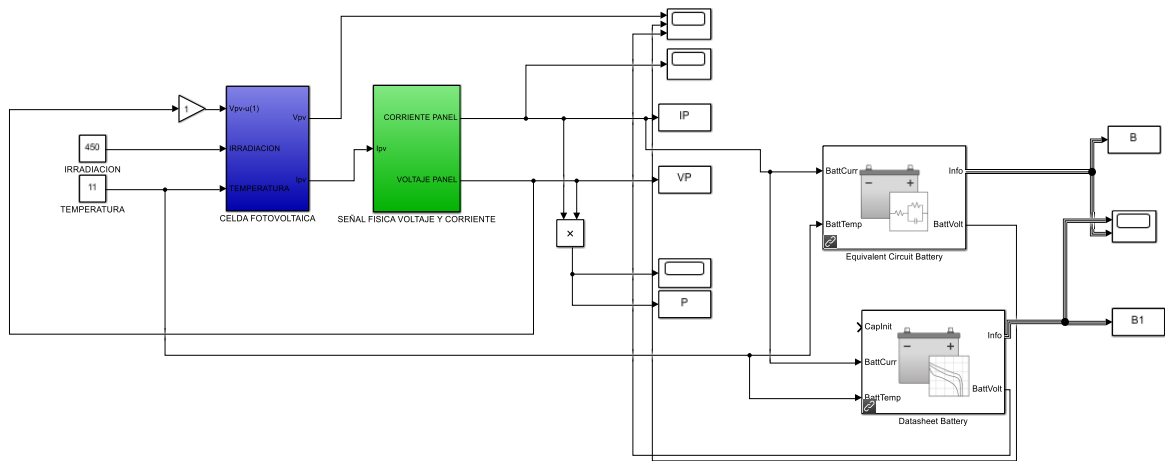


Figura 40. Diagrama de bloques Simulink S.F.V y batería
(Fuente: Autores)

Los datos ingresados en el sistema de acumulación, van de acuerdo a las características técnicas de la batería que se implementara en el sistema, ejerciendo la simulación de las curvas de carga de acuerdo a nuestros datos tenemos lo siguiente:

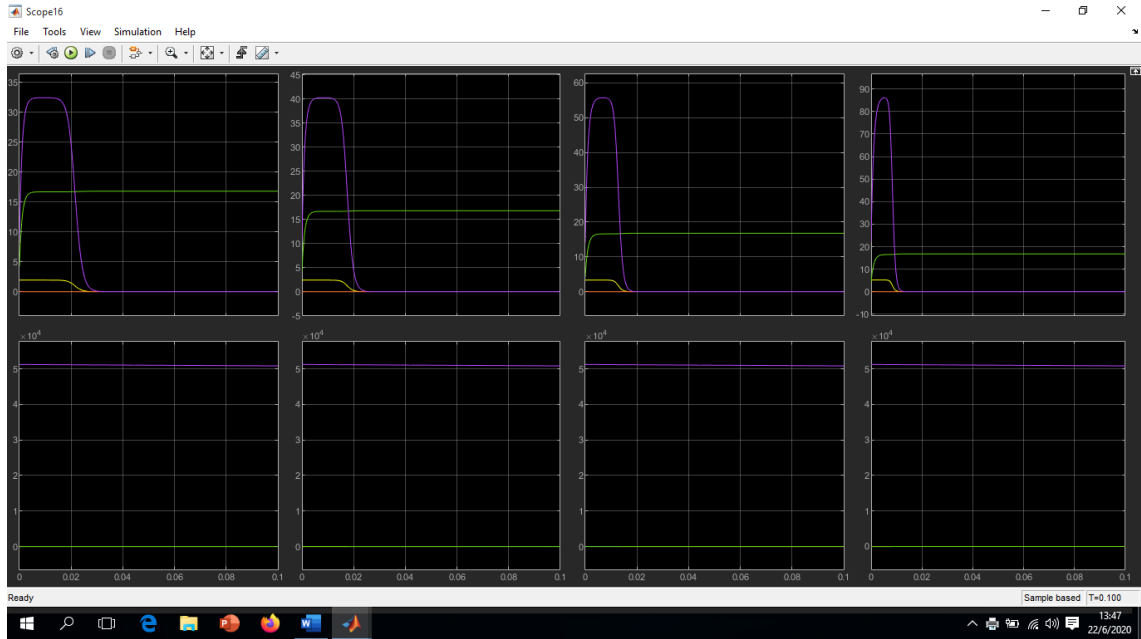


Figura 41. Curvas de carga batería, distintas irradiaciones
(Fuente: Autores)

En las gráficas tenemos de izquierda a derecha; 100W/m^2 , 150W/m^2 , 250W/m^2 , 100W/m^2 , 450W/m^2 , es notorio el tiempo de carga que se tiene en cada una de ellas, de igual manera podemos apreciar que mientras la irradiación sea menor como por ejemplo en un día nublado la carga de la batería se verá afectada directamente por la producción de energía del panel fotovoltaico llegando a una curvatura máxima de 32 amperios acumulados al día como máximo, en el otro extremo con irradiación promedio de 450W/m^2 logramos la captación de 86 amperios lo que representa un óptimo funcionamiento de descarga durante su autonomía nocturna llegando a abastecer un promedio de 6 horas diarias. Los valores de estabilidad de carga de la batería se representan a partir de los 5 voltios con una corriente aproximada de entre 10 y 15 amperios.

2.9 Simulaciones en plataformas digitales, arquitectónicas y lumínicas del monumento

Dentro de las plataformas utilizadas para el diseño del monumento, en base al plano arquitectónico, se ha utilizado el programa de diseño Scketchup en el cual se dimensionará el monumento que se pretende construir, según el diseño planteado las dimensiones de la estructura quedaría de la siguiente manera; una base de cemento de 1 metro cuadrado para el asentamiento de paredes y soportes de la estructura, luego de el secado respectivo de la base se dispondrá la construcción de las paredes, las mismas que bordearan las medidas de; 2metros de alto por 1 metro de ancho, según la base construida. Dentro de la estructura se dejará implementados los equipos del sistema fotovoltaico como son; Batería, controlador de

carga, reflector, dicroicos. Para ello en la construcción del monumento se dimitirá una puerta de 0.8 m de ancho por 1.20 m, con la finalidad de permitir el ingreso para ejecutar las conexiones eléctricas respectivas y posteriores mantenimientos correctivos o preventivos del sistema eléctrico y mecánico.

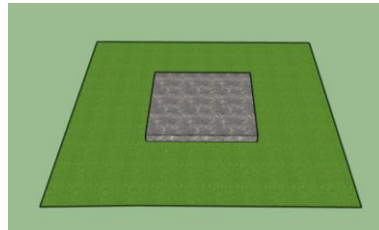


Figura 42. Base monumento
(Fuente: Autores)

La etapa constructiva se dispuso mediante la edificación de una cimentación la cual servirá de soporte para las paredes del monumento, así como también de la pequeña losa que colocará para el aseguramiento de la esfera.

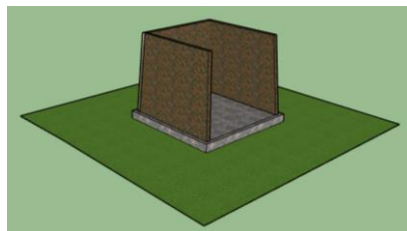


Figura 43. Armado Monumento
(Fuente: Autores)

Las paredes son diseñadas por medio de un estilo rustico siendo el ladrillo el mejor material que podamos llegar a implementar ya que ofrece excelente tiempo de vida útil es de fácil implementación, además se brindara un acabado distintivo el cual consta de alinear debidamente la mezcla la misma que servirá para el pegado de los ladrillos, al final se optara por incluir pintura la cual aportara aún más el acabado tipo rustico.

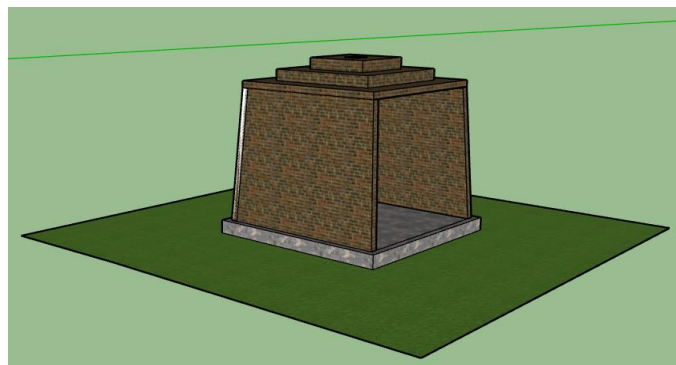


Figura 44. Proyección final constructiva
(Fuente: Autores)

La siguiente fase de la construcción del monumento es la implementación de la esfera en forma de mundo con un significado de atendida de la comunidad de Quingeo debido a que este lugar fue considerado patrimonio cultural de la humanidad, la esfera se colocara en la parte superior del monumento resaltando así su escultura gracias a la iluminación que se le implementará, la idea es colocar un reflector que disperse su luminosidad en forma cónica con la salida del haz de luz desde la parte baja hacia arriba, tal cual se puede interpretar en las fotografías que se adjunta.

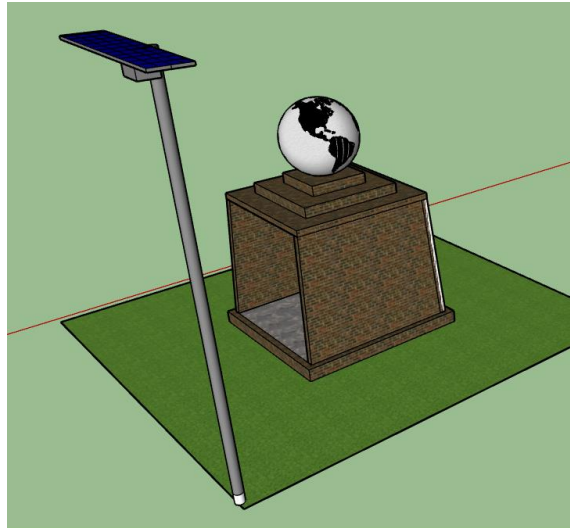


Figura 45. Simulación final
(Fuente: Autores)

Con el diseño constructivo se opta por realizar una personalización del modelo, en este caso se plasmará la simulación de implementación del monumento en un lugar inhóspito en este caso será una montaña, en donde se visualiza teóricamente la forma final el proyecto tanto en el lapso del día como en la noche, este diseño se lo puede apreciar de mejor manera en el Anexo A. Diseño Estructural monumento Puntahacienda.



Figura 46. Diseño constructivo final
(Fuente: Autores)

Como podemos observar en la figura, en la punta del monumento se pretende instalar un globo terráqueo el mismo que cuenta con la característica de construcción tipo metálico el mismo que será construido por maquinas roladoras para ejercer presión y dar forma de curvatura a los tubos que conformaran la esfera, para ello se realizó los planos de la esfera del modelo a ser construido este dato se lo encuentra en el apartado de Anexo B. Diseño CAD Esfera y monumento Puntahacienda.



Figura 47. Diseño constructivo final en el día
(Fuente: Autores)

CAPITULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO CASO DE ESTUDIO PUNTAHACIENDA, QUINGEO

3.1 Cálculos y diseño de potencia de carga

Al momento de concluir con la construcción del monumento se dispuso la implementación de una carga total de 100 W con una tensión de 12VDC, con la finalidad de corroborar los datos teóricos ejercidos.

Para el cálculo de la cantidad de paneles solares que se necesitan implementar es necesario conocer que potencia se consumirá al día por tal motivo se formula la siguiente ecuación:

$$P = 100W * 5H \quad (18)$$

$$P = 500 WH/día. \quad (19)$$

Conociendo la potencia calcularemos la cantidad de paneles necesarios para la carga final:

$$Nmp = \frac{\text{energía necesaria}}{HSP * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del modulo}} \quad (20)$$

$$mp = \frac{500}{3,65 * 0,8 * 175} \quad (21)$$

$$Nmp = 0,978 \approx 1 \text{ panel}. \quad (22)$$

De acuerdo al cálculo realizado, se debe implementar 1 panel fotovoltaico para abastecer una carga de 100W durante un consumo de 5 horas aproximadamente, de igual manera se realizará el cálculo del dimensionamiento de la batería que soporte esta descarga según el consumo de 500WH, de acuerdo a las siguientes formulas:

$$Cap Bat = \frac{\text{energía necesaria} * \text{días de autonomía}}{\text{voltaje} * \text{profundidad de descarga batería}} \quad (23)$$

$$Cap Bat = \frac{500 * 1}{12 * 0,7} \quad (24)$$

$$Cap Bat = 59,523 AH \quad (25)$$

Conociendo las características técnicas necesarias para el funcionamiento eléctrico del sistema, es necesario también contar con datos relevantes como lo es la proyección de la iluminación, por ello es necesario aplicar el diseño en la plataforma Dialux la misma que nos

brindará resultados del comportamiento del haz de luz en donde conoceremos a profundidad la cantidad de lúmenes simulados que llegaremos a obtener.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. 4/6/2020
 Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.
 Terreno 1 / Uniel UL-00000391 ULF-F11-50W/DW IP65 180-240B WHITE Проектор светодиодный 1xULF-F10-50W/DW / Uniel - ULF-F11-50W/DW IP65 180-240B WHITE Проектор светодиодный (1xULF-F10-50W/DW)

DIALux

Uniel UL-00000391 ULF-F11-50W/DW IP65 180-240B WHITE Проектор светодиодный 1xULF-F10-50W/DW



Светодиодные прожекторы являются современной и экономичной заменой устаревших прожекторов с галогенными и металлогалогенными лампами. Это оптимальное решение для освещения зданий, разнообразных архитектурных конструкций, прилегающих территорий. Светодиодные прожекторы дают яркий свет, максимально экономят энергию и имеют долгий срок службы. У них высокая степень защиты от механических повреждений и воздействия окружающей среды, и они не требуют дополнительных затрат на обслуживание. Кроме того, прожекторы устойчивы к вибрации и легко очищаются от внешних загрязнений, что особенно важно при эксплуатации на открытом пространстве.

Эксплуатационные преимущества:

- обтекаемый корпус;
- наклон корпуса во все стороны;
- устойчивость к вибрациям.

Figura 48. Especificaciones reflector LED 12V (Fuente: Autores)

Al momento de realizar el análisis se prevé el uso de una luminaria cuyas características son similares a los equipos a utilizar ya que nuestro sistema implica el uso del voltaje directo de 12V tipo LED con una potencia de 50W, para lo cual se utilizarán 2 equipos para completar la carga planificada en el documento de 100W, la altura a la que serán sometidas estas luminarias será de 2,9 metros cuya difusión lumínica será de la parte baja hacia arriba llegando a iluminar la estructura metálica que representará el globo terráqueo.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. 4/6/2020
 Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.
 Terreno 1 / Superficie de cálculo 2 / Iluminancia perpendicular

Sistema de valores [lx]

+1275	+1593	+1693	+1564	+1186
+2037	+2715	+2949	+2630	+1876
+2593	+3618	+4002	+3480	+2383
+2432	+3376	+3734	+3279	+2270
+1705	+2245	+2440	+2227	+1633

Figura 49. Resultados lúmenes en el área de la esfera (Fuente: Autores)

En el análisis lumínico podemos observar que tenemos una producción de 4.002 Lúmenes en la parte central hasta los 2.383 lúmenes en el costado que concluye el monumento, podemos mencionar que satisface enormemente las expectativas de alumbrado público, en donde manifiesta que los rangos de proyección lumínica deben considerarse a partir de 3.500 lm como flujo luminoso.

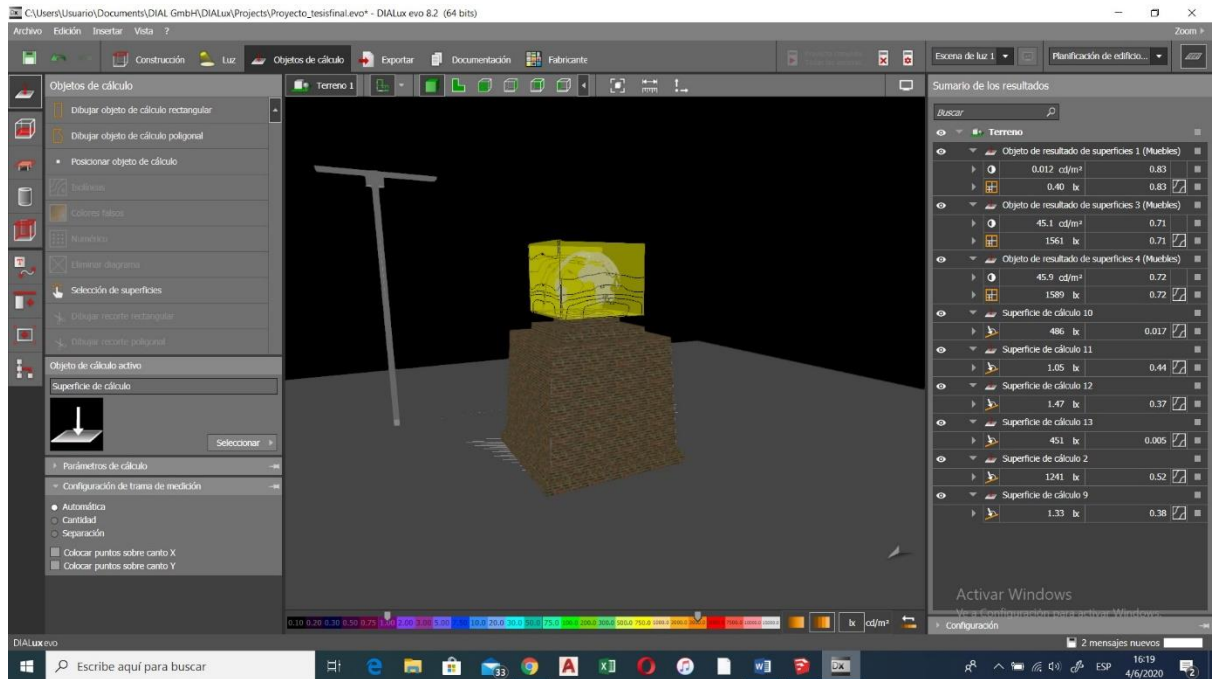


Figura 50. Diseño de cálculo de las superficies (Fuente: Autores)

Al momento de ejecutar la simulación de proporción de lúmenes por medio de los reflectores, fue necesario contemplar la utilización de 5 caras alrededor del área donde será colocada la esfera metálica, este diseño se lo conoce como las superficies de estudio dentro del software de Dialux, teniendo en cuenta que nuestro diseño se trata de colocar los reflectores con el haz de luz invertido, con respecto a lo normal de las instalaciones cotidianas, los datos de cálculos e interpretaciones y carta completa de los resultados de Dialux se encuentra en el apartado Anexo M. Carta Dialux iluminación 100w, haz de luz invertida.

3.2 Implementación y puesta en funcionamiento del sistema fotovoltaico

Obteniendo los análisis previos del sistema completamente modelado fue necesario y satisfactorio plasmar los cálculos ejercidos en el documento mediante la construcción del monumento, el lugar determinado previamente, es en Quingeo exactamente Puntahacienda en una pequeña colina con una vista libre y amplia hacia las montañas que engloban a esta pequeña comunidad, se tuvo las facilidades de las personas que viven alrededor del lugar de

la construcción ya que mencionaron que es algo llamativo y novedoso que se realicen estos proyectos ya que incentivan a la parte turística del lugar.



Figura 51. Lugar de construcción
(Fuente: Autores)

La parte constructiva se basa específicamente en un diseño rectangular con mediadas de 1 metro de ancho por 2 metros de alto, considerando que la estructura tendrá tres paredes las mismas características que a su vez formaran una bóveda, con la intención de colocar una pequeña puerta de dimensiones; 0.9m alto por 0.60m de ancho para asegurar los equipos del sistema fotovoltaico en la parte interna de la construcción y con la seguridad de disponer un candado el cual servirá como seguridad para evitar la incursión o actos que pongan en riesgo la integridad de los equipos y también brindar acceso a posteriores revisiones y mantenimientos preventivos de los equipos de acuerdo al transcurso del tiempo.



Figura 52. Monumento fase constructiva
(Fuente: Autores)

Obteniendo resultados favorables en la parte constructiva del monumento se realizó conjuntamente el armado de la esfera la misma que tomó un poco más de tiempo de lo considerado, debido a lo complejo que se tornó la rolada de los tubos, ya que estos deben estar debidamente alineados entre sí, el material a utilizar fue tubo metálico de $\frac{3}{4}$ "", en cambio la forma de los continentes fue elaborada con una plancha metálica de 1.1mm de espesor y cortado a plasma, cabe mencionar que se utilizaron estos materiales con la intención de reducir el peso final que tendrá la esfera y lograr el montaje en la parte superior del monumento.



Figura 53. Construcción esfera
(Fuente: Autores)

Teniendo listas cada una de las partes que integrarán el esquema final constructivo, continuamos con la edificación e instalaciones, la esfera será colocada en la parte superior del monumento, para ello se realizó agujero en la base de los ladrillos con la intención de que las 4 patas de soporte se incrusten en los mismos para evitar colocar planchas metálicas que afectarían el diseño final, adicional a esto se colocó una plancha de vidrio de 6 líneas de espesor para cubrir el interior de la bóveda con respecto al ingreso de agua y a su vez permita la proyección de la iluminación de los reflectores, a los costados se rellenó con silicón transparente para impermeabilizar toda el área, debajo del mismo y sujetado a la pared por medio de brazos metálicos se colocó los dos reflectores mismo que iluminaran la esfera metálica, en la parte estética se realizó lijado, pintado y barnizado de todo el ladrillo con la intención que pueda apreciarse lo más rustico posible, a continuación se coloca dos figuras que se comparan con lo diseñado y lo final de la construcción.

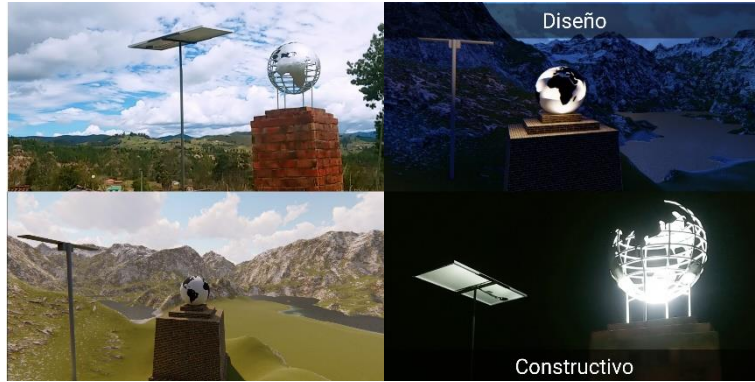


Figura 54. Comparativa Diseño-Constructivo
(Fuente: Autores)

Las pruebas experimentales realizadas con la finalidad de constatar lo realizado dentro de las simulaciones del documento, constan básicamente de las siguientes mediciones:

- **Medición y curvas de Corriente, Voltaje, Potencia:** Con la finalidad de corroborar los datos obtenidos en el transcurso de la realización del proyecto es necesario comprobar estos valores mediante mediciones en sitio, las mismas que nos arrojan medidas considerablemente semejantes a las que se indica en el modelo matemático.



Figura 55. Mediciones corrientes Panel, voltaje Panel, corriente Led
(Fuente: Autores)

Las tomas de mediciones se las realizó de acuerdo a las necesidades de comprobación tales como; evidencia de corriente obtenido del panel fotovoltaico hasta el controlador de carga obteniendo aproximadamente 4,53 Amperios los mismos que son variables de acuerdo a la irradiación que se tenga en el transcurso de tiempo y clima, además a esto se tomó las medidas de voltaje que proporciona el panel F.V considerando el valor de 14.10VDC el mismo que de igual manera que la corriente del panel varia por lo descrito anteriormente. En los datos de la

corriente de consumo que es directamente medida en las líneas de los reflectores se tiene un consumo de 8,23 Amperios por el uso de los dos reflectores de 50 W a 12VDC, recopilando estos datos y obteniendo una gran cantidad de mediciones, las mismas que nos facilitará la generación de las curvas experimentales tanto de corriente, potencia y voltaje las mismas que llegaremos a comparar con las curvas modeladas del sistema, por lo cual tenemos las siguientes gráficas:

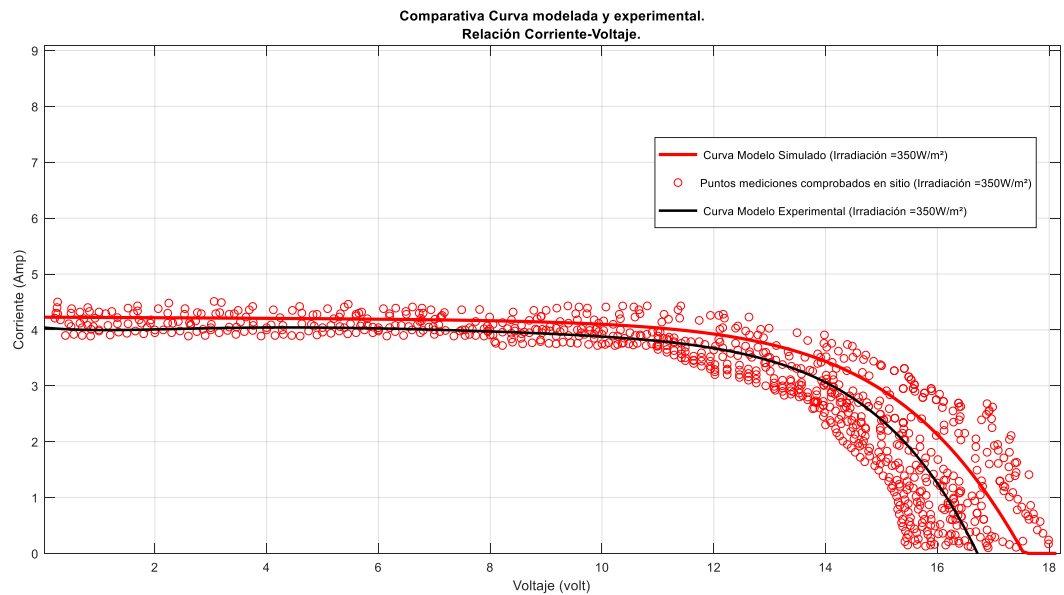


Figura 56. Curva comparativa entre corriente y voltaje, modelada y experimental
(Fuente: Autores)

Como se logra apreciar en la figura previa, tenemos una similitud de la corriente modelada de acuerdo al análisis realizado en el programa simulink como la curva medida en sitio la cual se le denomina experimental, la misma que cuenta con varios datos obtenidos en determinado lapso de tiempo por lo que se genera una curva final la cual se obtiene del promedio de todas las muestras obtenidas, la corriente que se genera es de aproximadamente 4 amperios variando hasta los 4.8 amperios medidos, este valor dependerá exclusivamente del estado climático en el lugar.

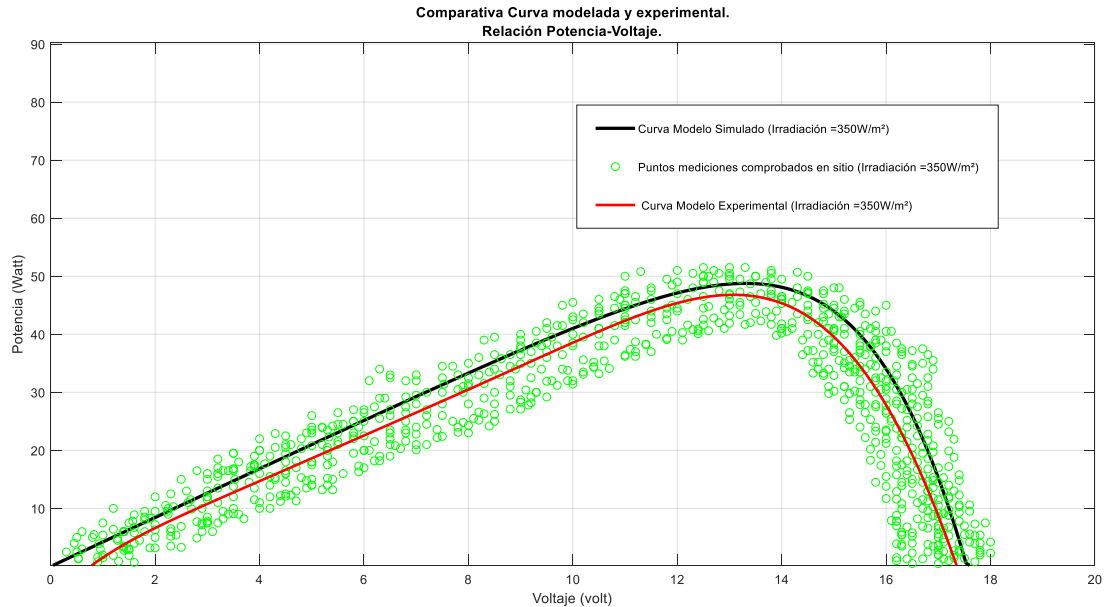


Figura 57. Comparativa curva modelada y experimental, Potencia y Voltaje
(Fuente: Autores)

En el momento de obtener los datos de la potencia se ejecutó una ecuación la misma que determina el valor final de la potencia generada a partir de los datos recopilados de la corriente respecto al voltaje, en donde se logra manifestar la producción obtenida para el almacenamiento de la misma, la cual es de aproximadamente 50 Wh, los cuales pueden ser mucho mayor debido al incremento de la irradiación en el sitio, estas mediciones se logra obtener para realizar una comparativa en el análisis realizado con lo implementado lo cual hemos comprobado que los datos de producción energética llegan a satisfacer fácilmente el consumo de un circuito de lumínico como es en este caso el uso de sistemas fotovoltaicos para iluminación de monumentos.

- Medición Lúmenes:** De acuerdo al análisis previo por medio de la plataforma digital DiaLux se ha determinado que la proporción de lúmenes dentro de las superficies de análisis es de 3.195 lux en el eje central de emisión de la iluminación, así también se tomó el registro de medida en la parte superior de la estructura metálica, dando un valor de 362 lux. Con los resultados de estos datos podemos mencionar que; la iluminación producida consta dentro de los criterios analizados, teniendo muy en cuenta que el destello luminoso de haz de luz se encuentra totalmente invertido dándole un enfoque de iluminación decorativa y generando rayos de luz alrededor de todo el monumento para lograr alumbrar la mayor parte posible, esto se logra tan solo con dos reflectores tipo Led de 12VDC a 50W cada uno.



Figura 58. Medición Lux
(Fuente: Autores)

Obteniendo los resultados y realizando la comparativa respectiva de acuerdo a lo modelado con lo experimental, tan solo queda mencionar que la construcción queda totalmente concluida para darle el uso que considere la comunidad.



Figura 59. Fotografía estado final de la construcción
(Fuente: Autores)

3.3 Sistema automatizado de encendido de la carga y pruebas de funcionamiento

Siendo un sistema totalmente aislado necesariamente el encendido y apagado del circuito de iluminación del monumento prevé contar con un equipo de automatización el mismo que dispondrá internamente de un horario preestablecido netamente nocturno para la alimentación eléctrica del sistema, dentro de los equipos a utilizar tenemos un TIMER/Reloj o PLC, que permita ejecutar las órdenes dadas según el horario que se encuentra a continuación:

Tabla 5 Horario de encendido y apagado de luminarias

Horario encendido luminaria monumento						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
18:30	18:30	18:30	18:30	18:30	18:30	18:30
19:30	19:30	19:30	19:30	19:30	19:30	19:30
20:30	20:30	20:30	20:30	20:30	20:30	20:30
21:30	21:30	21:30	21:30	21:30	21:30	21:30
22:30	22:30	22:30	22:30	22:30	22:30	22:30

Por tal motivo se consideró el uso de un equipo PLC (Controlador Lógico Programable), con la finalidad de cargar estos datos fue necesario ejecutar la descarga del software libre que controla estos equipos como es el LOGO!Soft Comfort, programa que hemos visto con anterioridad en la unidad académica, el equipo cuenta con la adaptación a nuestro sistema de 12 VDC con 4 salidas programables en donde utilizaremos 2 de estas (Q1 y Q2) con el fin de equilibrar las cargas y evitar desperfectos en el relé interno de las salidas que se pueden llegar a producir por aplicación de corriente fuera de los rangos establecidos, conociendo previamente que la corriente de nuestros equipos se determina de acuerdo al voltaje y potencia por ende consideramos 4 amperios por cada reflector, la programación será la misma para el Q1 y Q2 sin afectar los tiempos de desequilibrio de encendido y apagado que puedan llegar a ocurrir, este equipo brinda las facilidades del caso para ser implementados en estos sistemas autónomos, a continuación se detalla el equipo y código de programación:



Figura 60. PLC LOGO SIEMENS 12VDC (SIEMENS, 2016)

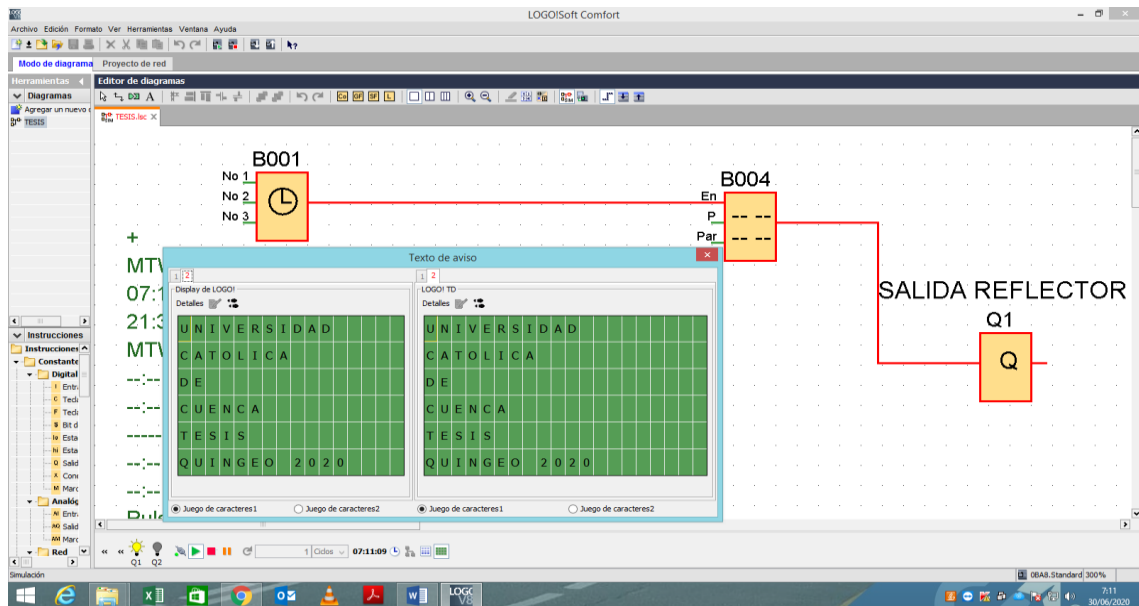


Figura 61. Código Programable LOGO PLC COMFORT
(Fuente: Autores)

Dentro del software, se configuró el horario que se cargara al PLC, adicional a esto se le denota una leyenda la cual indica el nombre de la Unidad Académica como también del lugar en donde es implementado el sistema, contando también con un bloqueo de manejo del sistema para no verse afectado por terceros.

CONCLUSIONES

El lugar de Puntahacienda de Quingeo, tiene como principal fuente de desarrollo social y económico la agricultura, sin embargo, después de nuestra investigación y de conocer más la comunidad, concluimos que las tierras ya no producen igual que antes; es por este motivo que como estudiantes de la Universidad Católica de Cuenca y como un aporte en beneficio de la sociedad, hemos considerado implementar estructuras eléctricas y arquitectónicas que llamen la atención de los turistas, para que las personas acudan a este lugar que es considerado muy armonioso y paisajístico. Cabe recalcar que a este lugar se le reconoce como Patrimonio Cultural de la Nación, decreto emitido el 13 de septiembre del año 2009.

Dentro de este proyecto hemos optado por la utilización de fuentes de energía renovable, siendo éste el punto principal de nuestra monografía como un aporte al desarrollo tecnológico. El propósito del proyecto es recrear un globo terráqueo hecho de metal, el mismo que se instaló en la punta del monumento que tiene como estructura base, una construcción de ladrillo, lo que brinda un acabado arquitectónico completamente rústico, el cual consideramos que está acorde al lugar.

Con la finalidad de aportar al desarrollo social, es muy necesario contemplar la aplicación de estos proyectos, ya que, de manera tanto directa como indirecta, apoyamos al sector turístico de la comunidad, misma que cuenta con innegables recursos naturales que nos ayudan a obtener soluciones sustentables como la autogeneración de energía por medio de un recurso inagotable como lo es el sol.

Consideramos también que, el lugar puede llegar a considerarse como una fuente de energía eléctrica a partir de recursos naturales renovables y amigables con el medio ambiente con el firme propósito de reducir la afectación climática que está cambiando y afectando a muchos lugares de los cuales algunos han modificado su estilo de subsistencia, lo mismo que puede llegar a suceder aquí.

El proyecto que hemos realizado, se basa principalmente en la generación de energía a partir de fuentes renovables, razón por la que engloba muchos criterios para su aplicación; en este sentido, se optó por diseñar, analizar, e implementar un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica al sistema de iluminación de un monumento, el mismo que se considera dentro del documento Regulatorio de la CONELEC-005_14 como iluminación ornamental; conociendo esta regulación se ejecutó los estudios previos para considerar la implementación del sistema fotovoltaico.

De acuerdo a los análisis perpetrados y conociendo que el lugar de Puntahacienda de Quingeo es completamente una zona rural, que nos proporcionó un área libre de obstáculos

artificiales y naturales, haciéndolo muy accesible para aplicar este tipo de sistemas en el lugar, por tal motivo se realizó el estudio aplicativo, conociendo previamente datos de productividad, de irradiación, en donde hemos obtenido resultados favorables ya que se tiene un promedio diario de $350\text{W}/\text{m}^2$ lo que puede llegar a producir una cierta cantidad de energía eléctrica con el uso de paneles fotovoltaicos más aun con la implementación del tipo monocristalino, el cual dispone de mayor eficiencia que los policristalinos.

Se analizó además los resultados modelados para el abastecimiento eléctrico de la parte lumínica del monumento y se considera el uso de 1 panel solar tipo Monocristalino de 175Wp con una potencia de $12\text{-}19\text{VDC}$, la producción de potencia de este panel es de alrededor los 55Wh , pudiendo llegar a ser mayor dependiendo de la irradiación que se disponga en el transcurso del día.

Observando resultados favorables en los modelados, se optó por la construcción e implementación del monumento, para lo cual se realizó la adquisición de varios equipos que conforman el sistema fotovoltaico, considerando a nuestro sistema con la siguiente configuración; producción (panel solar), almacenamiento (batería) y descarga de la energía en horario nocturno con dos reflectores de 50W cada uno; cabe mencionar que, optamos por el uso de un controlador de carga en vez de un inversor, suponiendo con esta opción, un ahorro económico y optando por el uso de sistemas lumínicos tipo LED que aporta de manera directa en el propósito del monumento, el cual es, producir y consumir energía a partir de fuentes renovables y amigables con el medio ambiente respectivamente.

En la parte constructiva no hubo mayor complicación, ya que todo estaba previamente diseñado; al final se realiza la comparativa de los datos modelados con los experimentales obteniendo similitud en todos los sentidos, la parte arquitectónica fue diseñada bajo nuestras consideraciones, llegando así a optar por el uso de ladrillo visto. Para el análisis de las curvas de producción energética aplicamos el uso de Matlab/Simulink, en donde se realizó el circuito del sistema fotovoltaico a partir de bloques y subsistemas que conforman el funcionamiento productivo de energía eléctrica a partir de los datos de ingreso que en este caso son; irradiación, temperatura, constantes del panel solar a utilizar.

La producción energética brinda varios resultados conforme al comportamiento climático en diferentes lapsos de tiempo, los datos promedios que se manejaron en la simulación son de $350\text{W}/\text{m}^2$, mismos que se ingresaron en nuestro sistema de modelado matemático con una temperatura de 11°C , lo cual indica que la producción de energía es considerablemente aceptable de 80W con una corriente de 4.5Amp suficiente para abastecer a un sistema lumínico, ya que, en el transcurso del día esta energía se ira acumulando en una batería de 100AH de descarga; de igual manera las curvas de carga de la batería se realizaron en el

programa de Simulink mediante diagrama de bloques, en el cual indica que la batería comienza su carga a partir de los 5 VDC; la medición de lúmenes producido por nuestros reflectores está en el rango de 4500 lúmenes los cuales indican total aceptación de acuerdo a las tablas de la CONELEC, en donde se aprecia que los valores para iluminación pública de considerarse a partir de los 3.500 lm como flujo luminoso.



Figura 62. Comparativa modelado e implementación del monumento
(Fuente: Autores)

Como pudimos observar en el desarrollo de este proyecto, es fundamental aplicar varias plataformas digitales o software, con la finalidad de diseñar y modelar la implementación de un sistema fotovoltaico, para ello contamos con la aplicación de diferentes programas, tales como; Autocad, Matlab, Simulink, Scketchup, Lumion, PLC LOGOSoft comfort, y las herramientas de Microsoft, Word y Excel, con los resultados obtenidos de cada una de estas plataformas, se realizó un análisis en donde contemplamos varios aspectos, los cuales fueron modificaciones según la necesidad del lugar; uno de los desafíos se derivó en modelar en 3D la parte constructiva (esfera y monumento); sin embargo, la programación del diagrama de bloques del código del panel fotovoltaico varió contantemente hasta equilibrar las curvas de salidas de producción de corriente, voltaje y potencia.

RECOMENDACIONES

El proyecto opera con tensión directa (C.D) consumiendo hasta 8 amperios, por lo que su utilización de corriente es mayor que el de C.A que llegaría a ser de 4 amperios, en donde el dimensionamiento del conductor debe considerarse número 14 AWG Flexible, soportando corrientes de 15 amperios para evitar el recalentamiento de cable, lo que conseguimos con la aplicación de C.D es; optar por una reducción de costos monetarios de implementación de los equipos electrónicos del sistema fotovoltaico, ya que solamente el inversor tiene un costo monetario elevado.

Optimizar el tiempo de vida útil de los equipos electrónicos es fundamental en estos proyectos, es por tal motivo que; consideramos el uso de equipos con tecnología LED (iluminación) los cuales ofrecen aproximadamente 50.000 horas de uso, estos aparatos, disminuyen la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos que se podría llegar a ejecutar, siendo totalmente lo contrario de los sistemas incandescentes o químicos. Los equipos LED también minimizan el uso de repuestos electrónicos, por lo que este sistema se le considera confiable y fiable.

Los sistemas fotovoltaicos son completamente aislados de la RED eléctrica convencional reduciendo de esta manera la demanda y costos monetarios en el sector lumínico público, sin embargo, debemos considerar varios puntos, para que el sistema se mantenga autónomo, entre ellos constan los siguientes; análisis previos del lugar dependiendo exhaustivamente de la temperatura ambiente, así como también la cantidad de W/m^2 disponible en el sector, mientras la temperatura sea menor se obtendrá mayor producción de voltaje, de acuerdo a las tablas que indica el fabricante, los datos más favorables para la producción de energía eléctrica son de $1000W/m^2$ con una temperatura de $25^{\circ}C$, pruebas que son realizadas en laboratorio y se las conoce como valores STC, de estos valores partimos en el diseño y modelado de las curvas de producción de corriente, voltaje y potencia. Es recomendable también el uso de paneles fotovoltaicos de tipo Monocristalino ya que su principal funcionalidad es; captar la mayor cantidad de radiación solar por limitada que esta sea, siendo su eficacia mucho mayor que un panel fotovoltaico policristalino, cabe indicar también que este equipo (monocristalino) dispone de un costo monetario mayor que los tipos convencionales.

Este proyecto queda implementado con la convicción de que aportará conocimiento a futuras generaciones en relación a la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables, considerando la reducción de la afectación ambiental. La idea de implementar sistemas completamente aislados y automatizados puede llegar a favorecer tanto al área Urbana como Rural ya que estos sistemas disminuyen la obra constructiva como también la

parte eléctrica, considerando este proyecto como algo novedoso y siendo base fundamental, siendo uno de los primeros prototipos que se construyen, consideramos oportuno realizar trabajos o investigaciones que se vean relacionados a este proyecto, por lo que, las comunidades y zonas urbanas podrían adoptar esta investigación como un prospecto, con la finalidad de aportar soluciones al desarrollo socioeconómico, con el simple hecho de generar fuentes de trabajo, incidiendo directa e indirectamente en el desarrollo de la sociedad en relación al ámbito turístico y tecnológico.

Como futuros profesionales de la rama de Ingeniería Eléctrica y velando por el bienestar de nuestro medio ambiente siempre consideremos el uso de fuentes de energía renovables con la finalidad de mantener un mundo mejor.

BIBLIOGRAFÍA

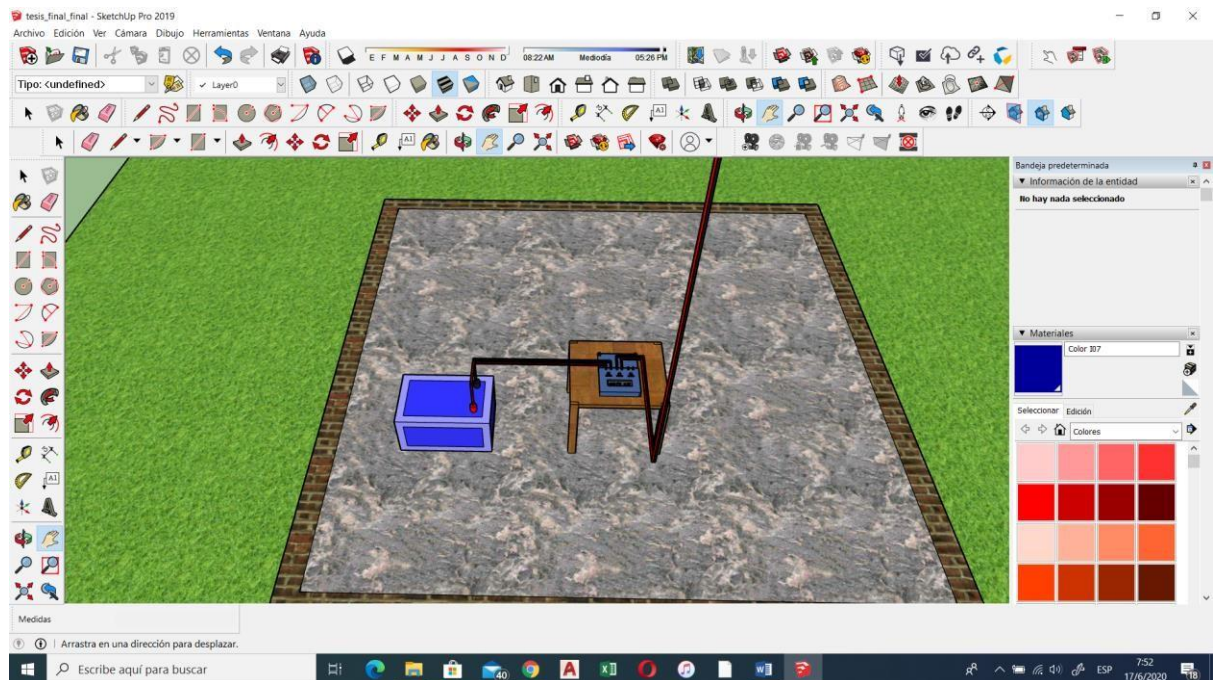
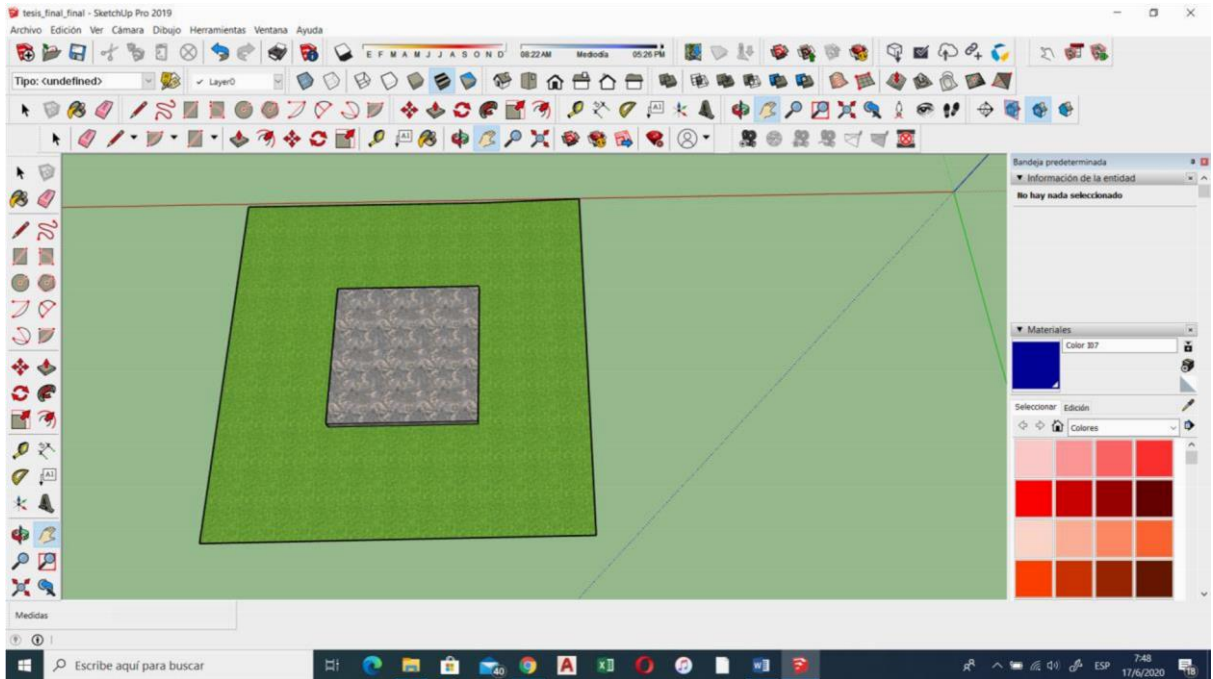
1. N. B. (2010). *Modelado de matriz fotovoltaica*.
2. Alvarado Guanín, C. R. (2015). *Diseño y construcción de un sistema de iluminación autosustentable fotovoltaico para una parada de buses y su valla informativa del sistema integrado de transporte de Cuenca (Bachelor's thesis)*. Cuenca.
3. Borrell, A. M. (2017). *Diseño de un lazo de seguimiento de fase (PLL)*. Barcelona.
4. Borthakur, R. y Narkhede, S. (2010). *Modelado de matriz fotovoltaica*.
5. Castillo Cadena, C. P. ((2020)). *Dispositivo solar escultórico para el campus de la Universidad Central del Ecuador*. (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
6. CERTSI. (2017). *Guía de seguridad en protocolos industriales Smart Grid. Cert de seguridad e industria, 24*.
7. CHRISTIAN FABIÁN PARRA PACHECO, C. X. (2016). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SCADA Y LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE UNA MICROGRID PROPUESTA PARA CIUDAD CELESTE LA MARINA*. Guayaquil.
8. CONELEC. (2001). *Calidad del servicio eléctrico de distribución*. Quito.
9. CONELEC. (2008). *Atlas solar del Ecuador*.
10. CONELEC. (11 de MAYO de 2008). *Atlas solar del Ecuador* . Recuperado el 11 de MAYO de 2018, de GIS-GEOPORTAL: <http://www.geoportal.centrosur.com.ec/>
11. CONELEC, Guerrero, X. S., & Rodriguez, S. D. (2018). *PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACION*. QUITO: Advantlogic Ecuador S.A.
12. Contreras, C. J. (2015). *SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIALES CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA*. Cuenca-Ecuador .
13. Coras Vallejo, E. L. (2011). *Cálculo e instalación de paneles solares fotovoltaicos*. Paquichari-La Mar-Ayacucho.
14. Dazne, A. (8 de 06 de 2012). *ARQuitectura*. Obtenido de <http://blog.is-arquitectura.es/2012/07/08/paneles-fotovoltaicos-con-doble-cara-de-bsolar/>

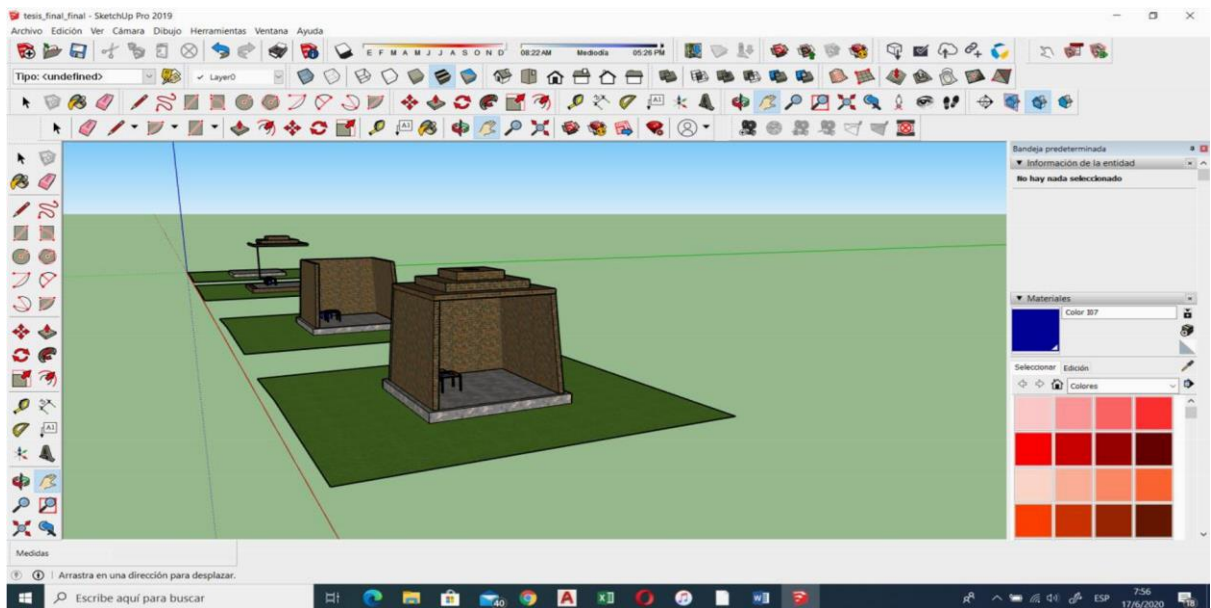
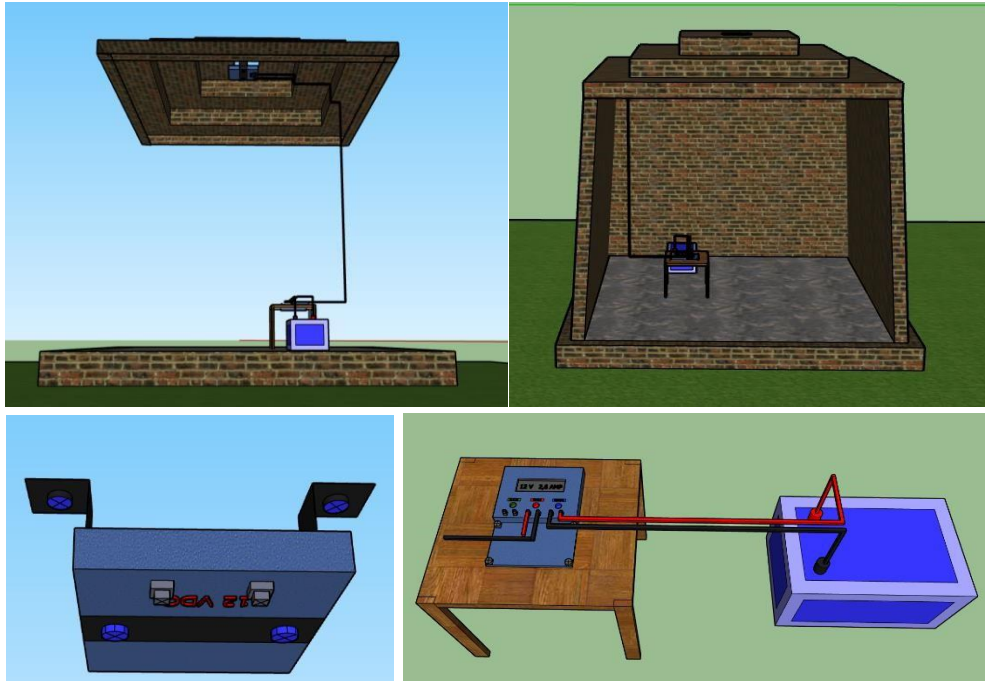
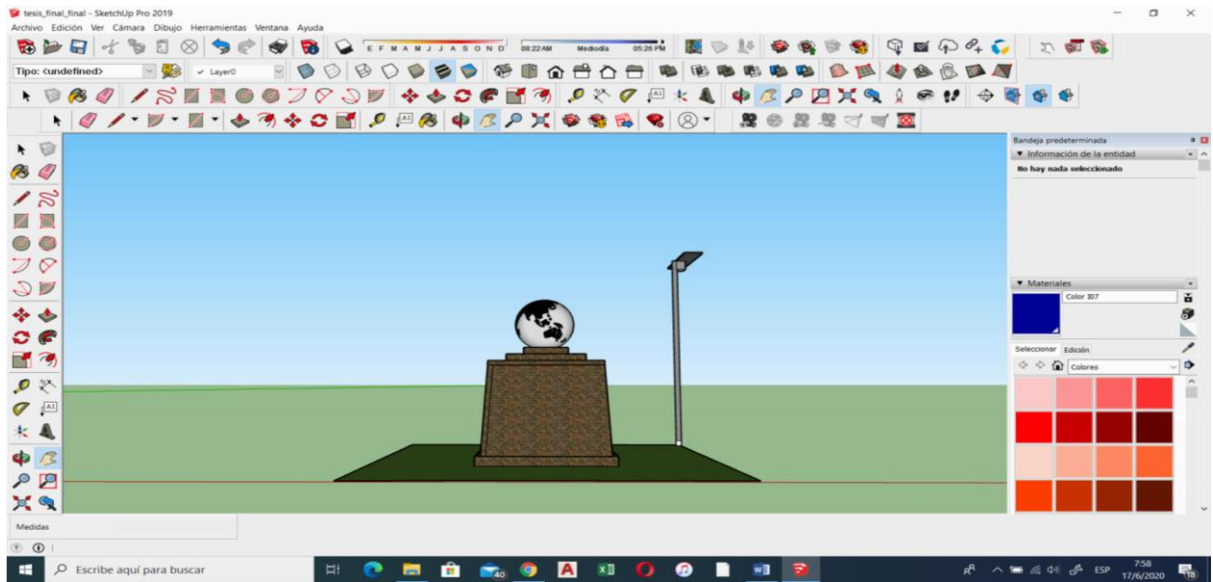
15. Edison Urgiles . (2018). *DISEÑO, MODELADO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD MACAS ALTO DE LA PARROQUIA QUINGEO DEL CANTÓN CUENCA*. CUENCA-ECUADOR.
16. *Energías Renovables*. (2016). Obtenido de <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
17. Enriquez Harper, G. (2006). *La calidad de la energía en los sistemas eléctricos*. Mexico: LImunosa.
18. Enriquez Harper, G. (2013). *El ABC DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS* . Mexico : Luminosa .
19. Enriquez Harper, G. (2013). *El ABC de las energías renovables en los sistemas eléctricos*. Mexico: Luminosa.
20. Fuente: Pelaez Samaniego, Espinosa Abad. (2015). *Energías renovables en el Ecuador*. Cuenca: Graficas hernandez.
21. Garrido, D. ((2009)). *Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*. . Universidad Austral de Chile, Chile.
22. Garzón., J. (2018). *Simulación De Un Sistema Experimental Fotovoltaico Conectado A La Red Mediante El Uso De Opal-Rt*. CUENCA.
23. Gradella M. (mayo 2009). *Enfoque integral de modelado y simulación de matrices fotovoltaicas*.
24. Habbati Bellia, R. M. (2014). *A detailed modeling of photovoltaic module using MATLAB*.
25. I. H. Altas, a. A. (2007). *A Photovoltaic Array Simulation Model for Matlab-Simulink GUI Environment* . Canada .
26. Inguil Lema, Á. M. ((2014)). *Análisis, modelado y validación de un sistema fotovoltaico para el alumbrado vial de la avenida de las Américas* .
27. J. Bélanger, P. V.-N. (2015). *The What, Where and Why of Real-Time Simulation*.
28. JALCA CASTRO, A. V. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO AUTOSUSTENTABLE MEDIANTE PANELES SOLARES Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE LA DEFICIENCIA DE ENERGÍA* . RECINTO SANTA ROSA DEL CANTÓN JIPIJAPA.

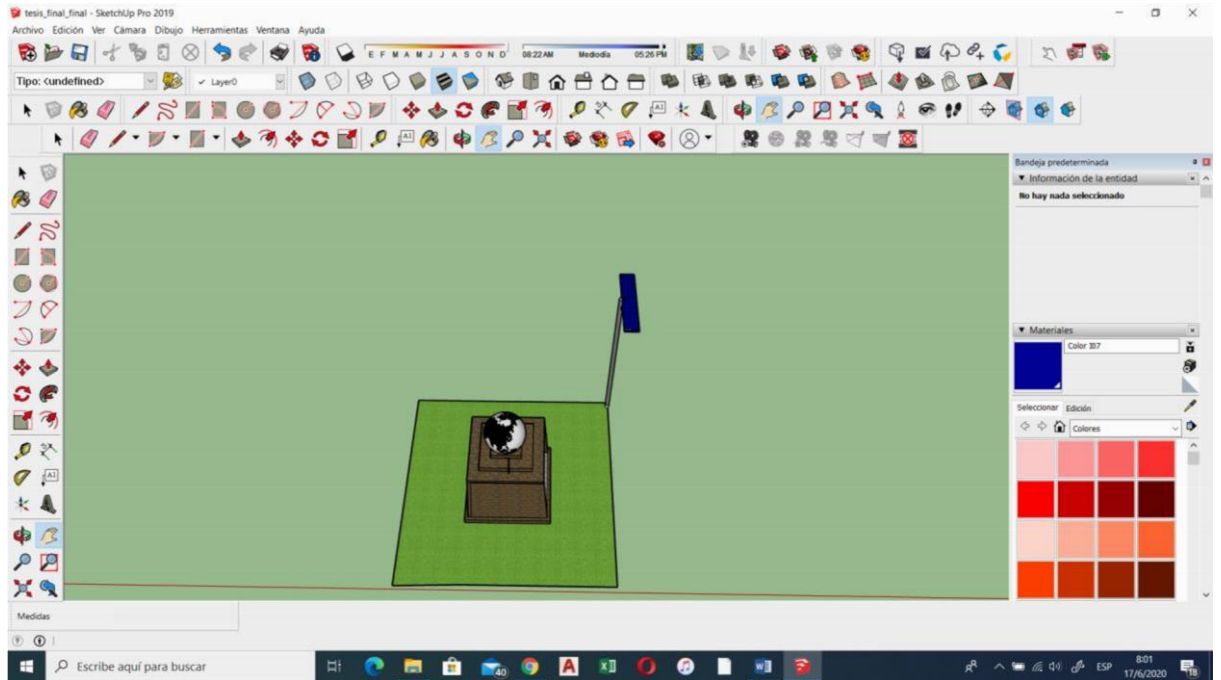
29. Lange, J. (s.f.). New Automation Concept with OPC Unified Architecture. *Softinn Industrial Automation*.
30. Llumiquinga, F. (2013). *Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa Banchisfood S.A.* Quito.
31. López Mariblanca, D. ((2018)). *Estudio de viabilidad tecnológica y económica del uso de energía fotovoltaica para la iluminación de todo el Circuito de Castellolí* . (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
32. Maps, G. (2019). *Ubicación*.
33. Millaray, M. E. (2016). *Diseño de sistema de generación Fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución, en el contexto de la ley N° 20.571*. Santiago de Chile.
34. Muthu, N. P. (2011). *Mathematical Modeling of Photovoltaic Module with Simulink* . TamilNadu, India .
35. Ñauta, L. (2018). *Análisis de calidad de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos de 460W conectados a la red en una casa tipo*. Cuenca: UCACUE.
36. OPAL RT. (2015). OPAL RT, RT-LAB HELP, 2015. *OPAL RT*.
37. Ortega, V. G. (2014). *Simulador Convertidores DC-DC*.
38. Oscar Núñez Mata, D. O.-B. (2013). *MICRORREDES EN LA RED ELÉCTRICA DEL FUTURO - CASO HUATACONDO*. Chile.
39. PORTOVIEJO, Juan. (2017). *ENERGIAS RENOVABLES*. CUENCA.
40. Roca, J. L. (2014). *Introducción a la Electrónica de Potencia*. España - Valencia.
41. S.Chowdhury, M. I. (2008). *Mathematical Modelling and Performance Evaluation of a Stand-Alone Polycrystalline PV Plant with MPPT Facility* .
42. Samer Said, A. M. (2012). *A Matlab/Simulink-Based Photovoltaic Array Model Employing SimPowerSystems Toolbox* . Texas.
43. SIEMENS. (27 de 08 de 2016). *LOGO!12/24RCE, LOGIC MOD., DISPL. PU//O: 12/24V DC/RELAY*,. Obtenido de <https://cdn.plc-trade.com/pub/76608/6ed1052-1md00-0ba8.pdf>
44. Urgiles E. (2018). *DISEÑO, MODELADO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD MACAS ALTO DE LA PARROQUIA QUINGEO DEL CANTÓN CUENCA*. Cuenca.

45. Varas, D. R. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATICO CON REDE PETRI PARA EL CONTROL DEL FACTOR DE POTENCIA*. QUITO.
46. Vásquez Chigne, L. C. ((2015)). *Proyecto de Prefactibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica en el Campamento Minero Comihuasa*.
47. Wildi, T. (s.f.). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*.
48. World Bank Group. (2007). *Solar Map*.

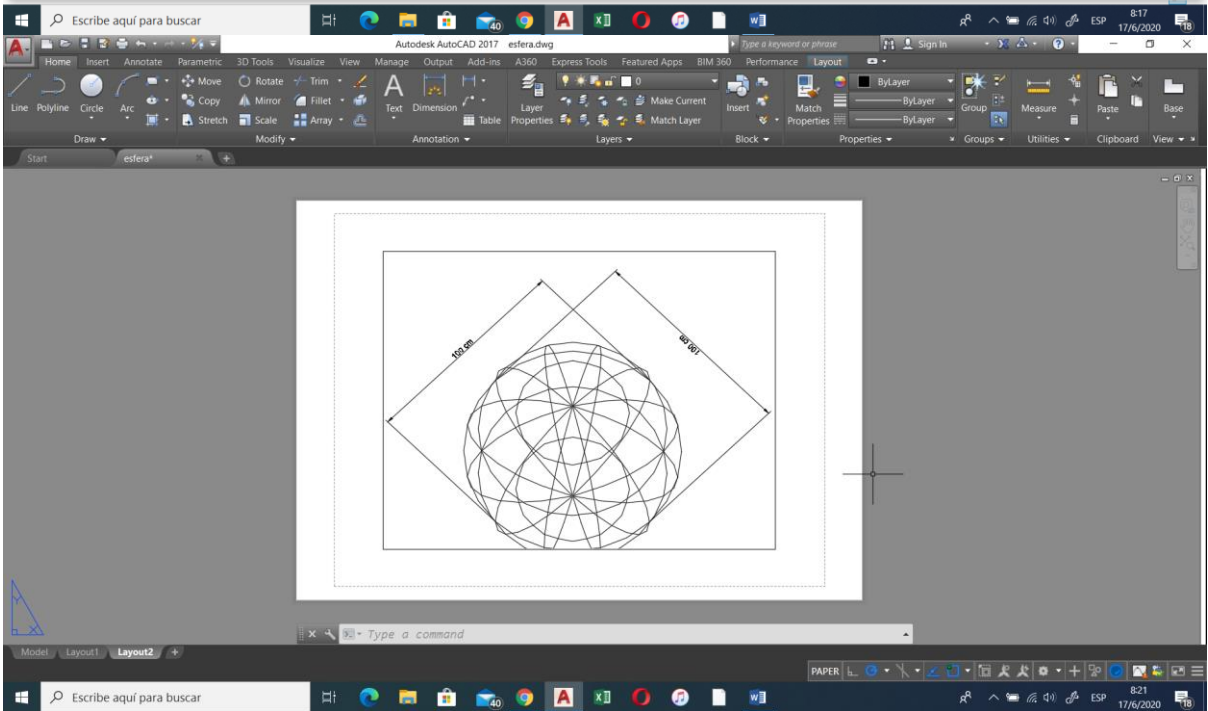
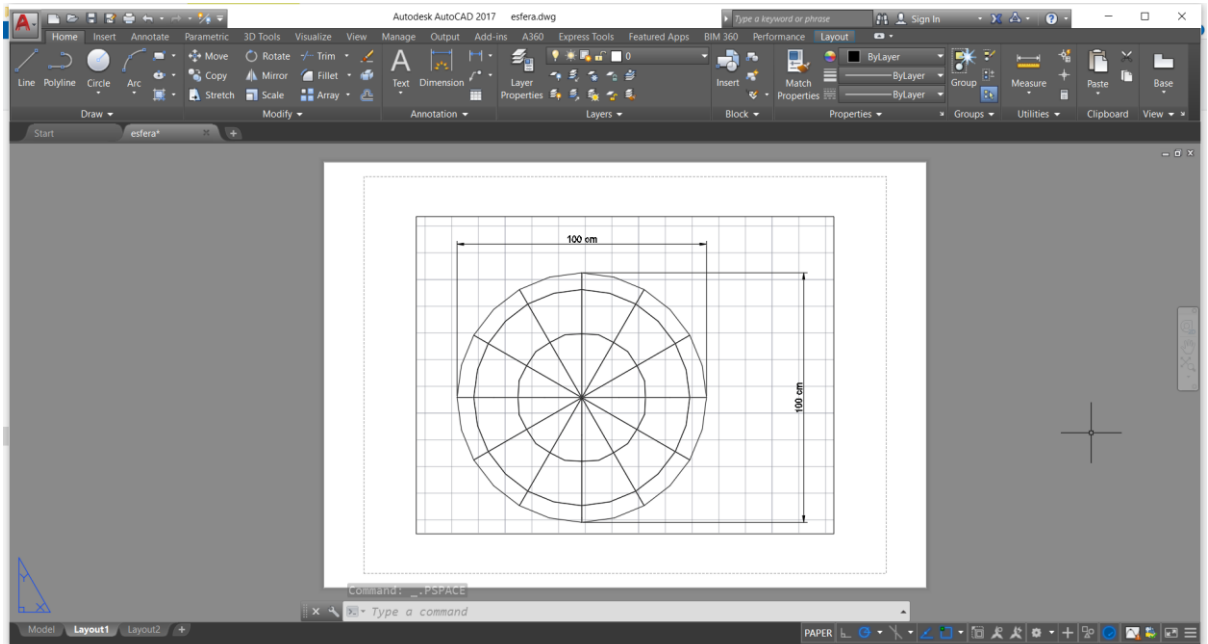
ANEXOS

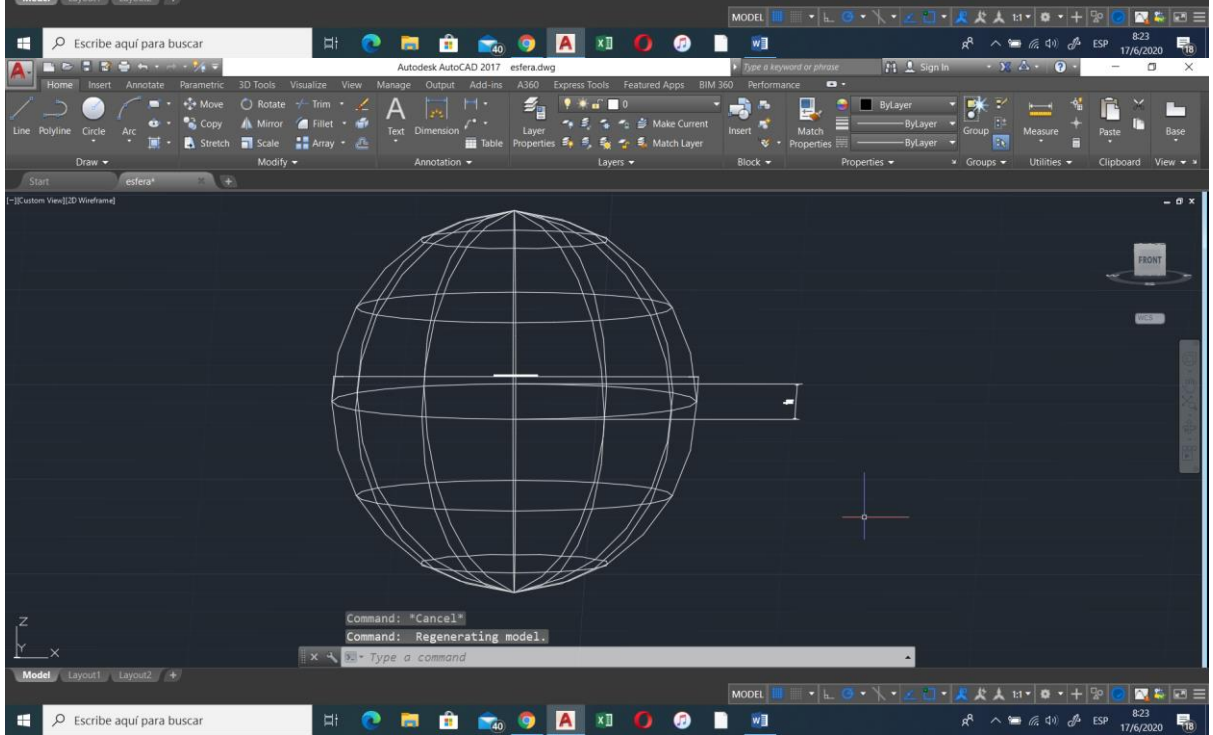
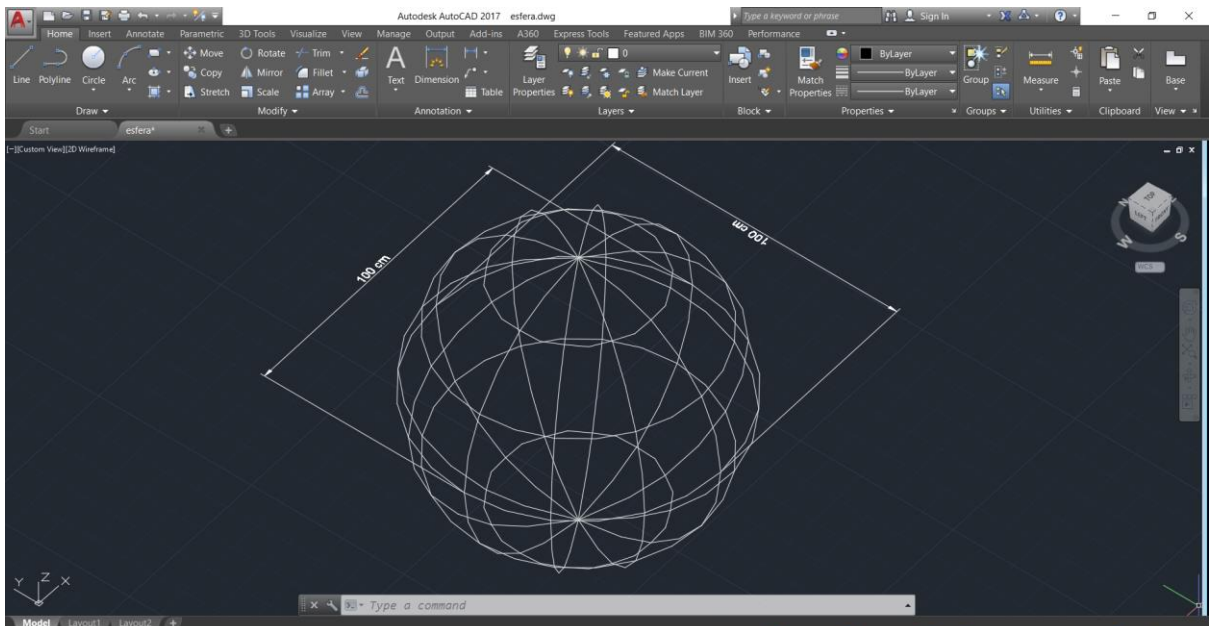


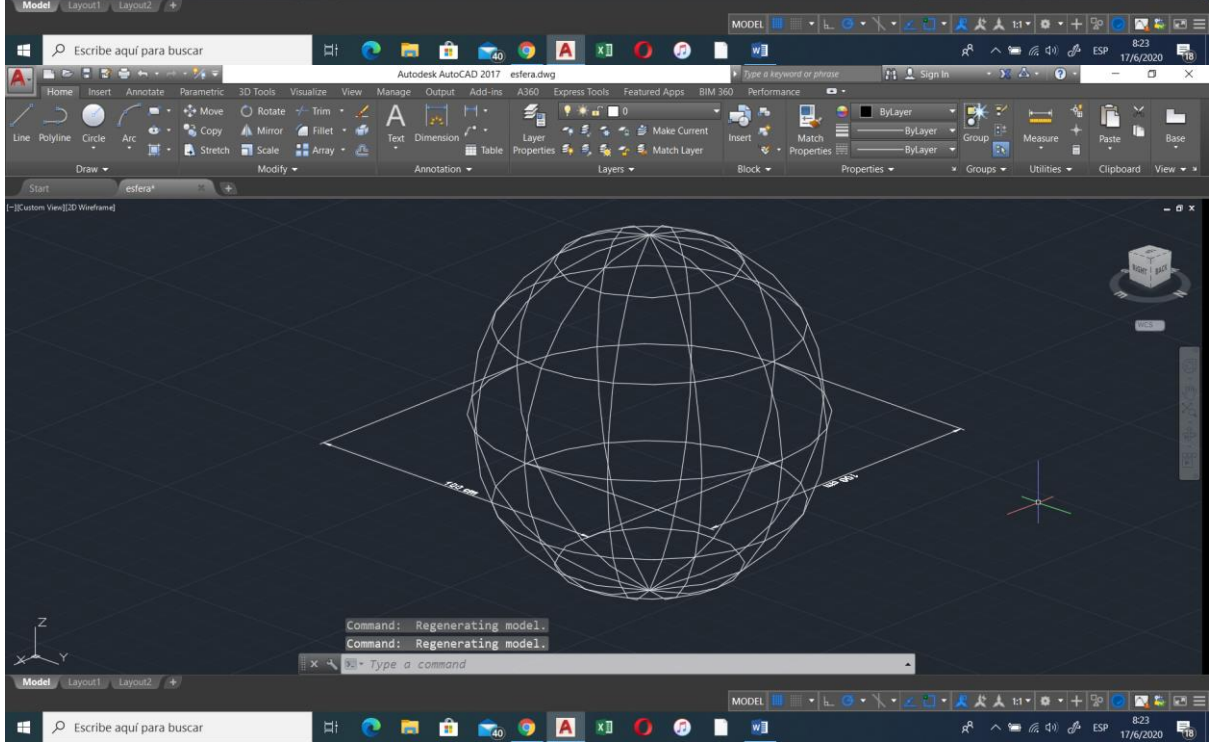
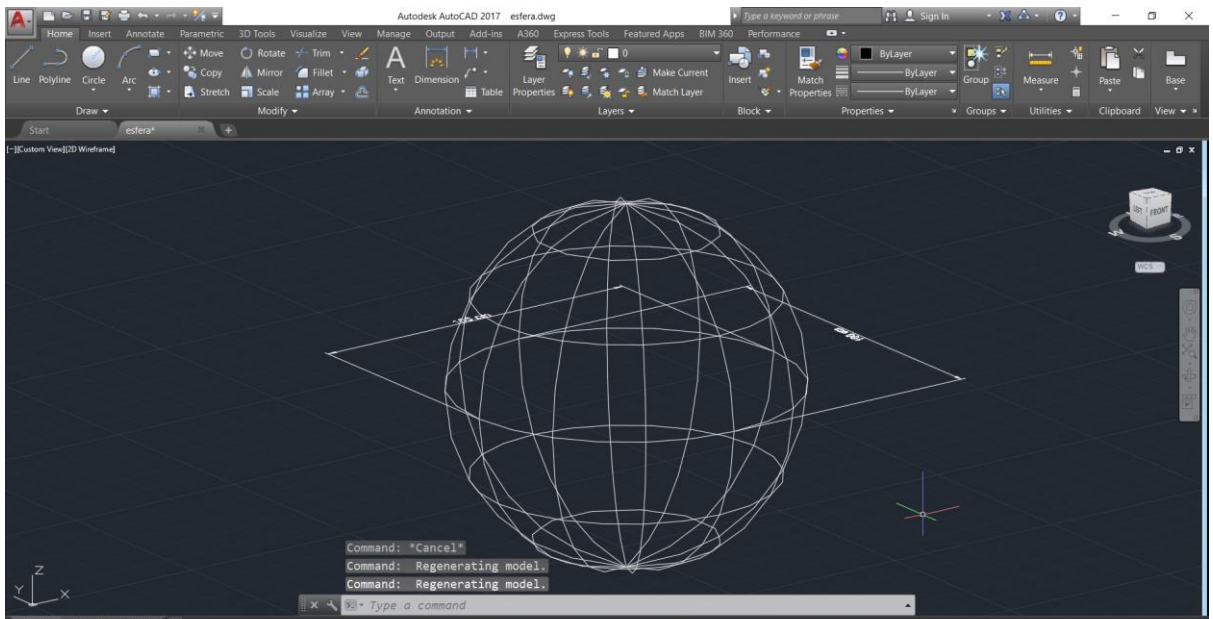


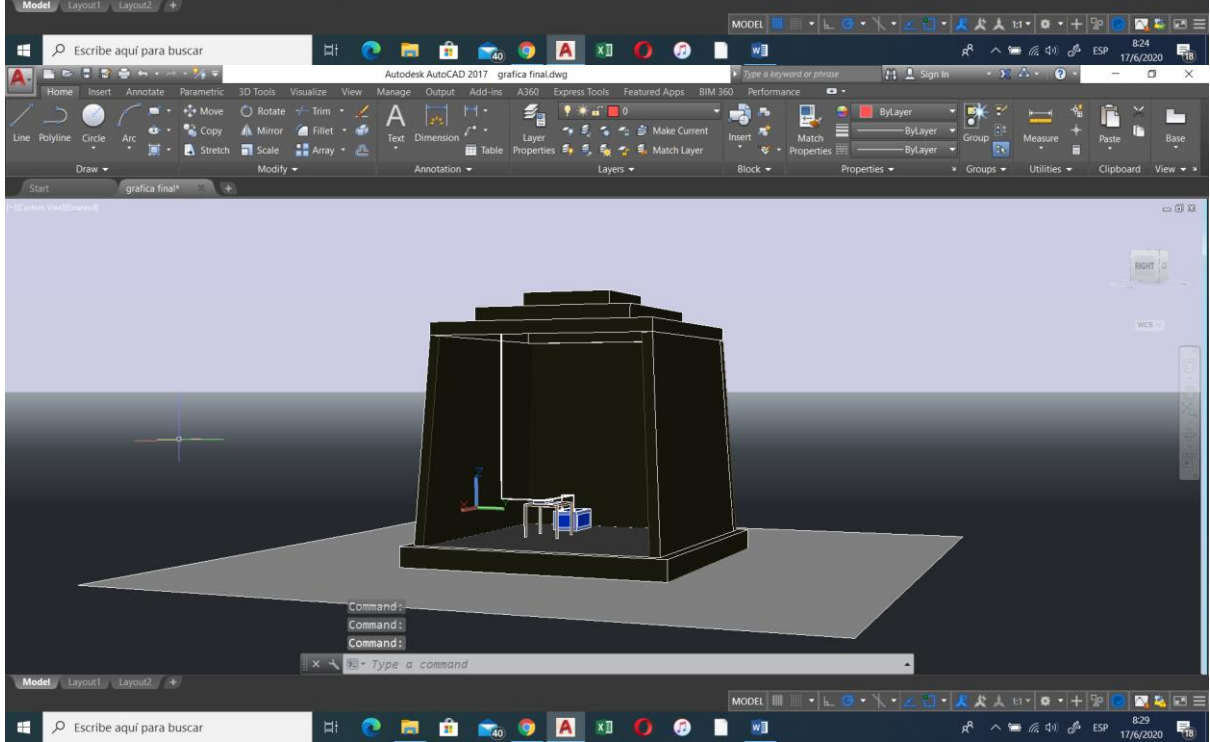
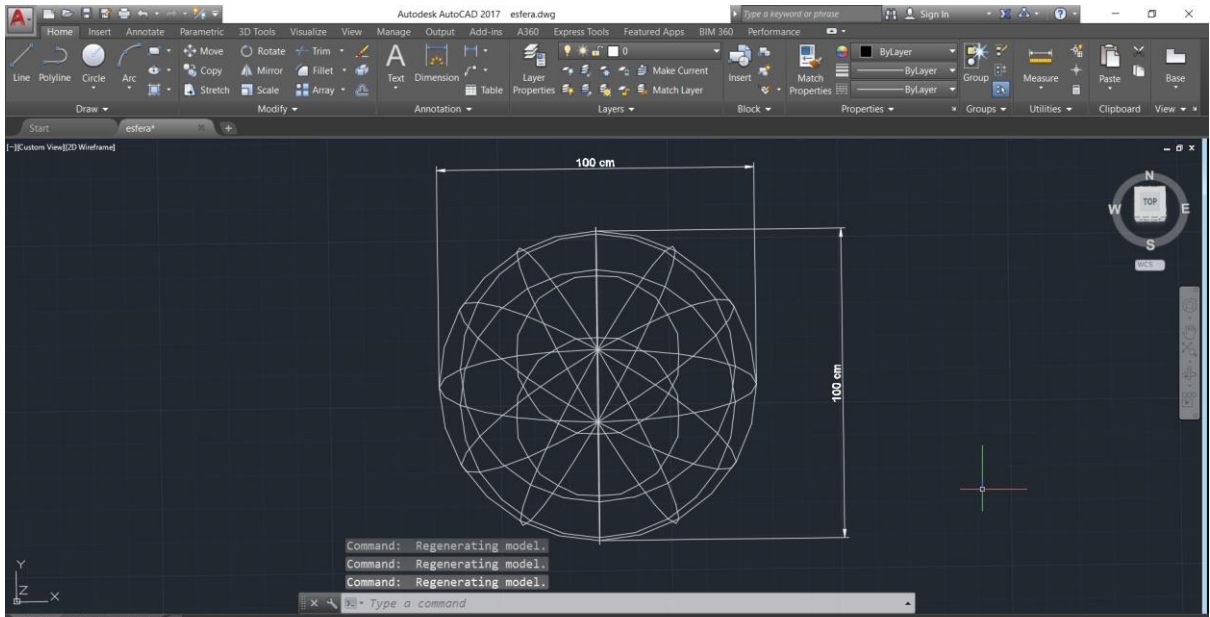


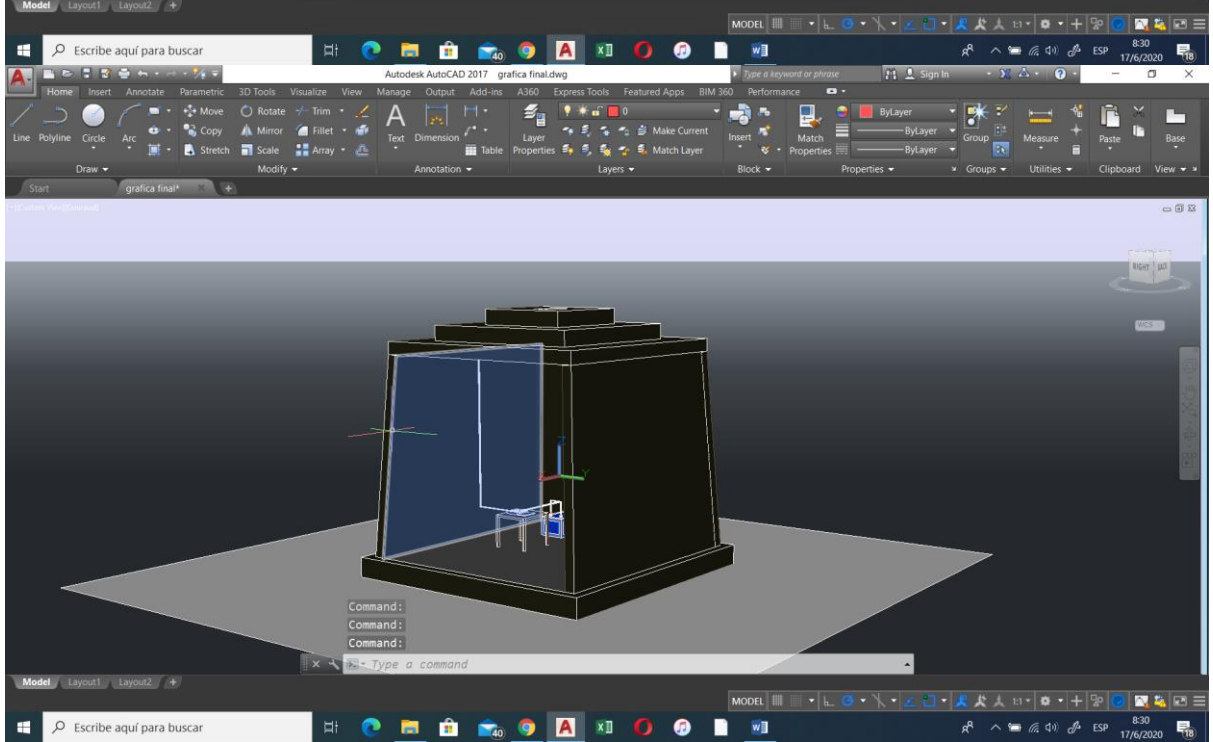
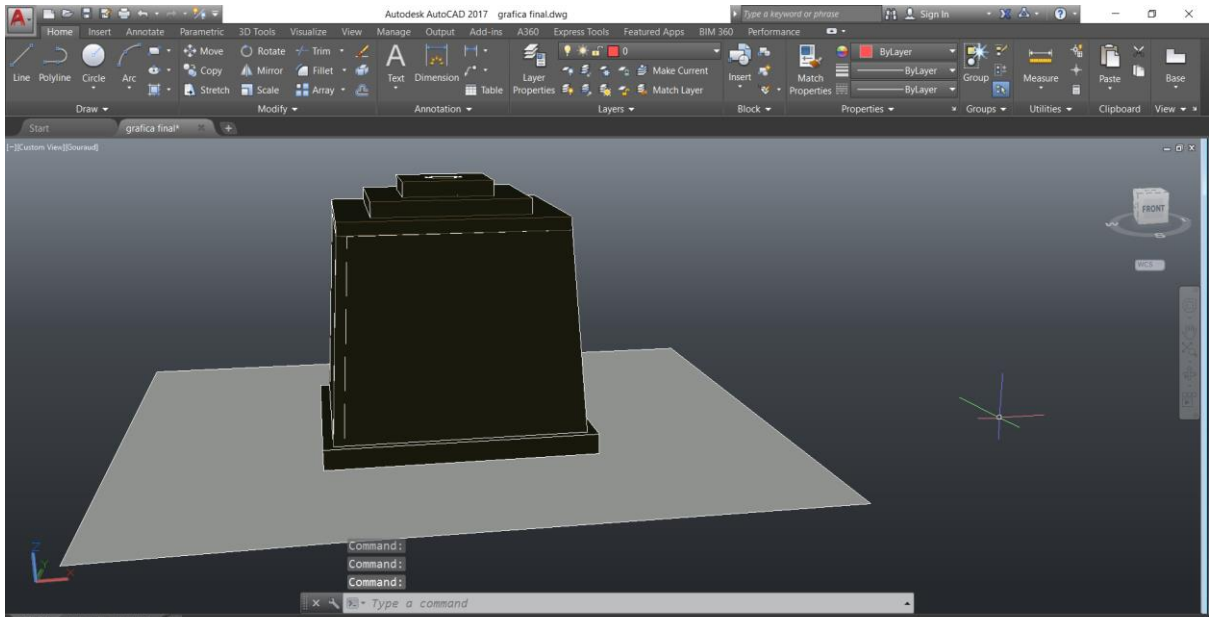
Anexo A. Diseño Estructural monumento Puntahacienda.

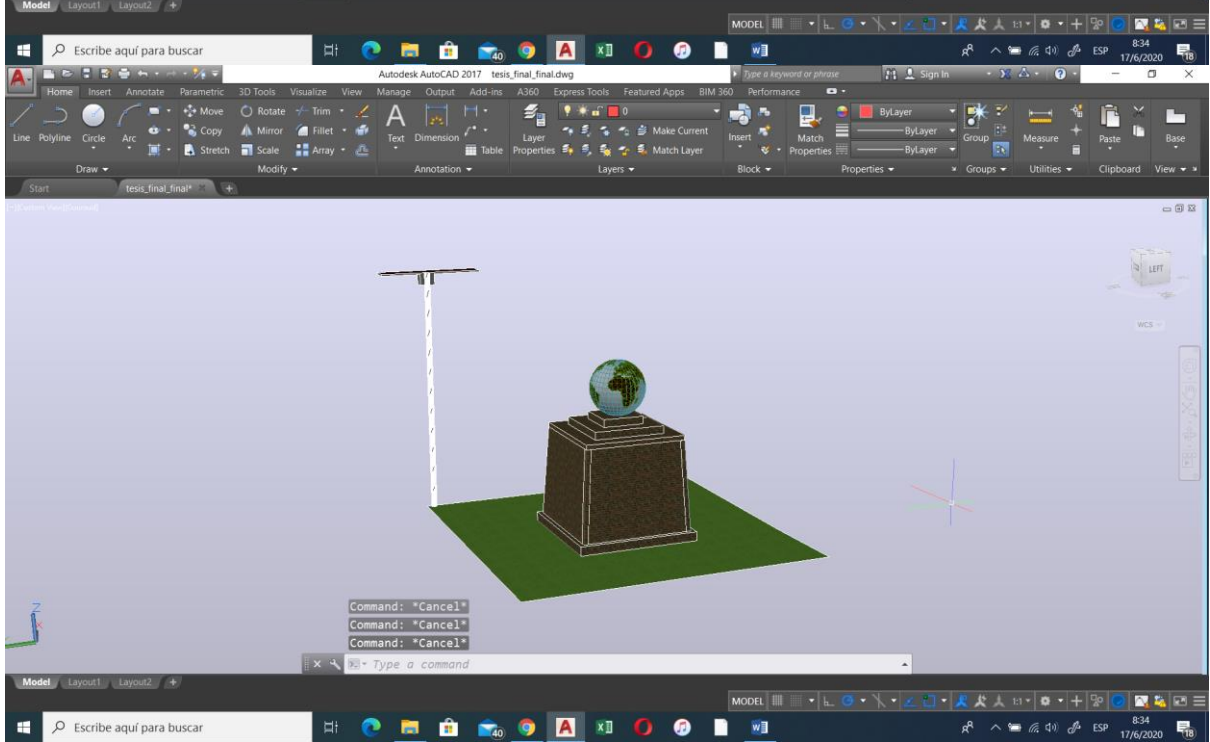
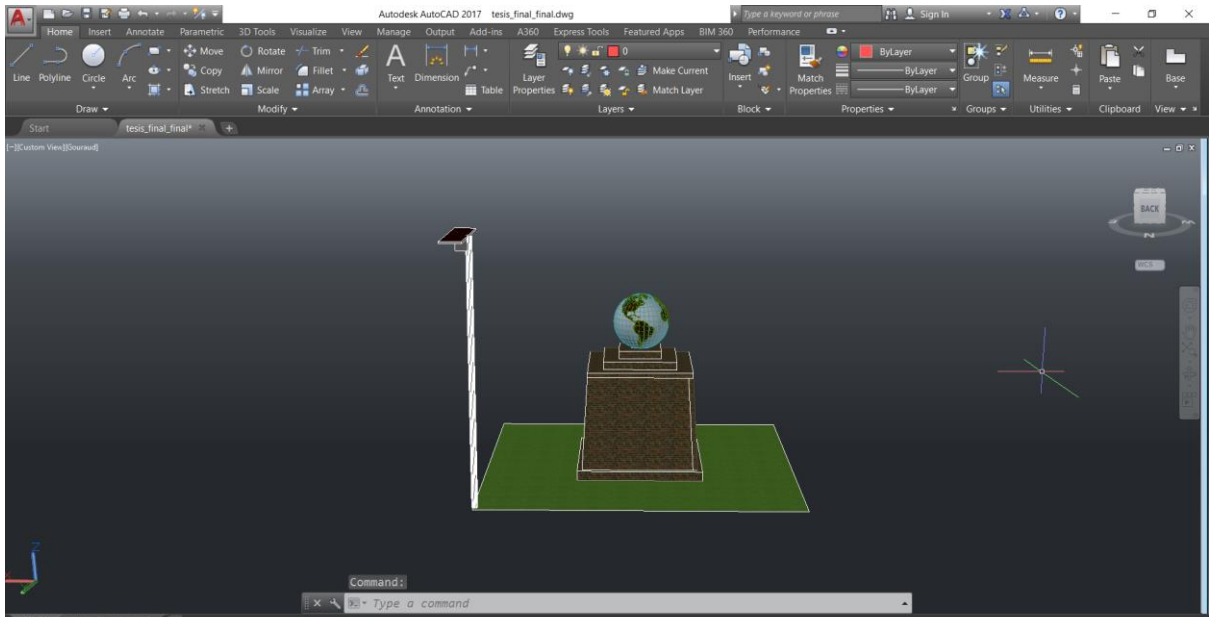


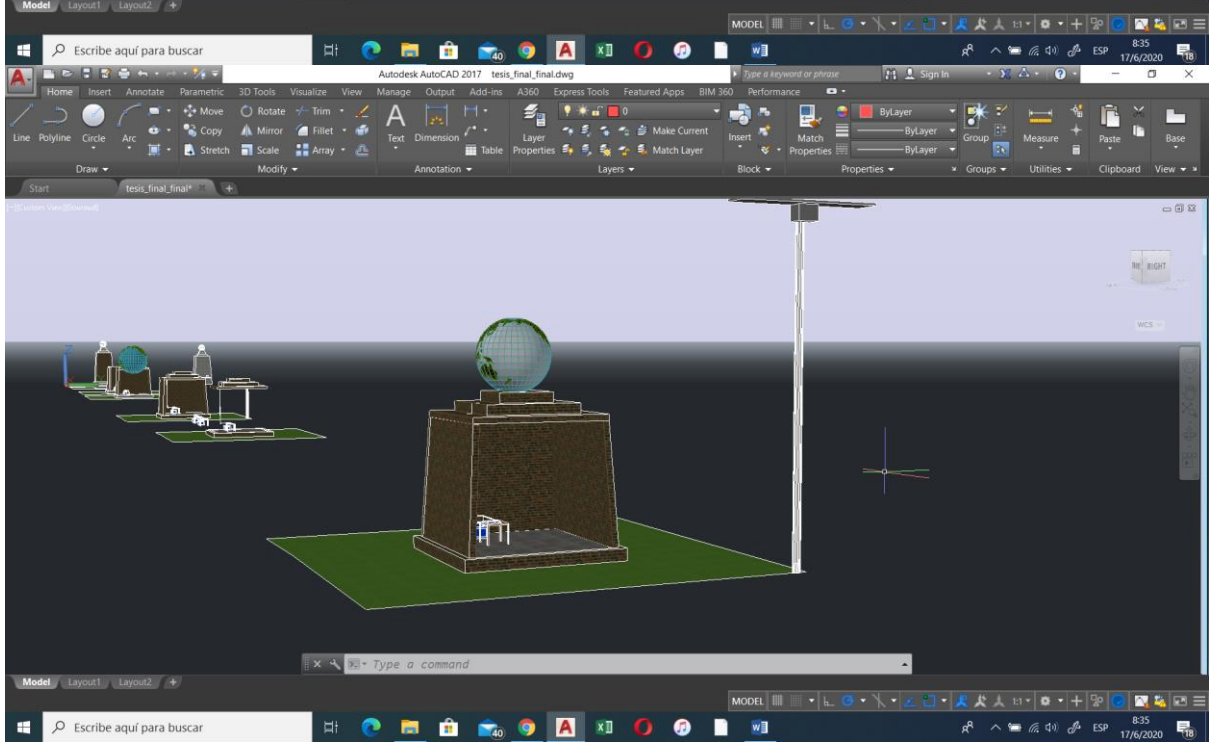
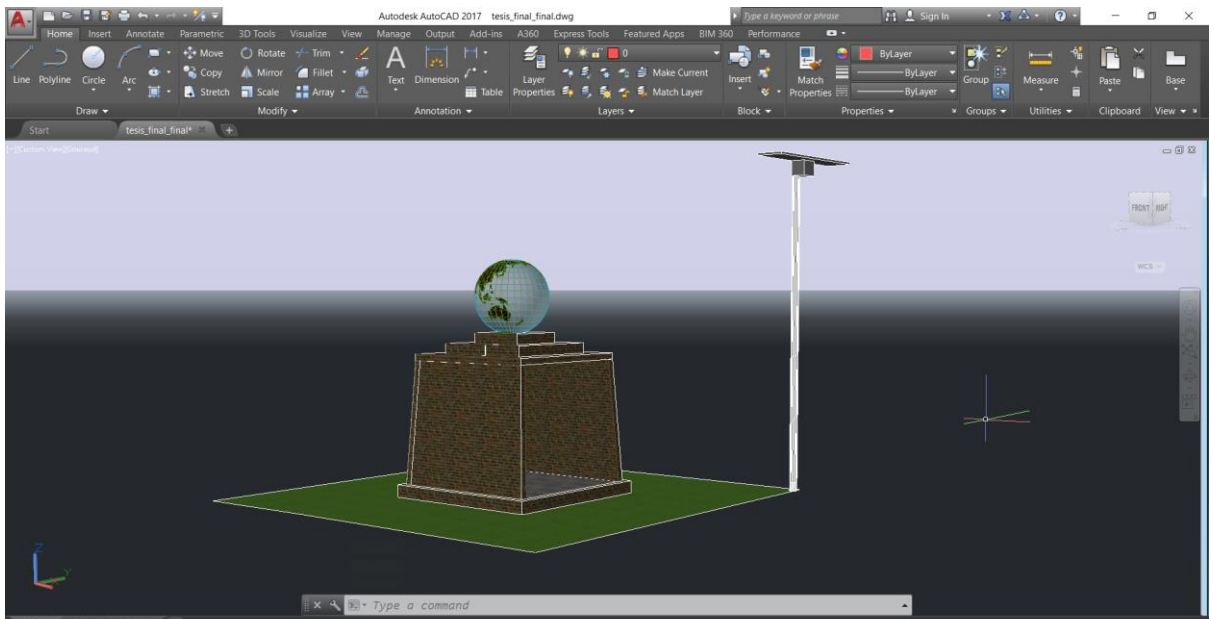


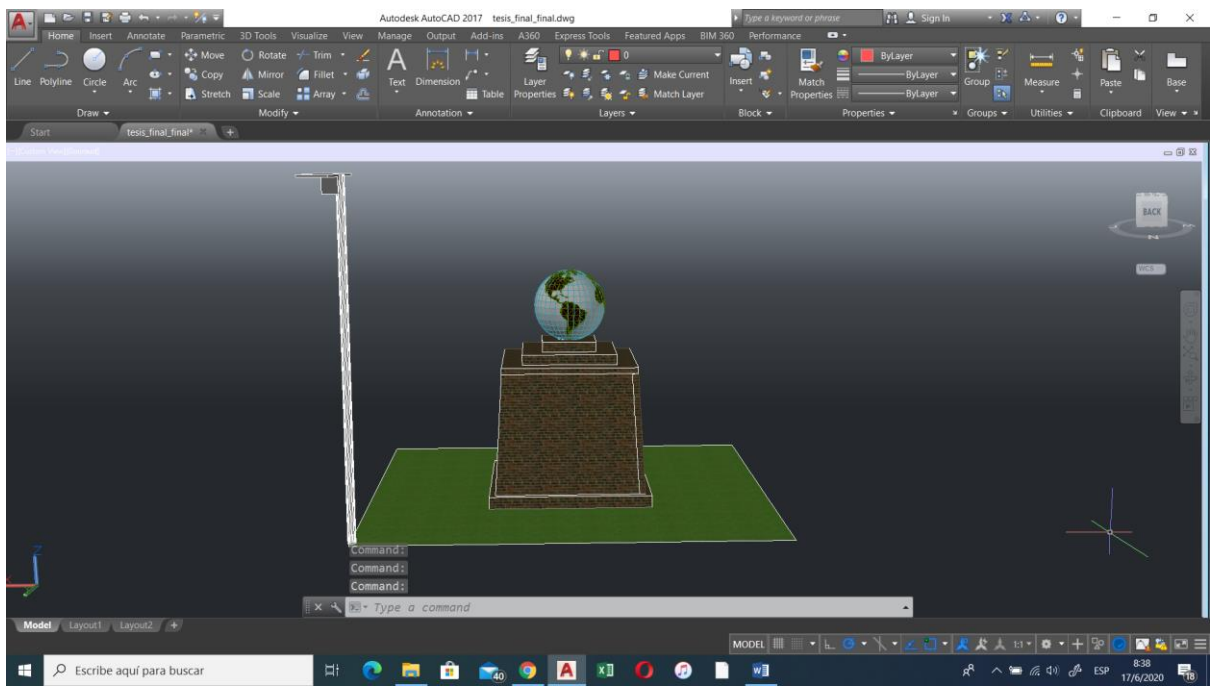




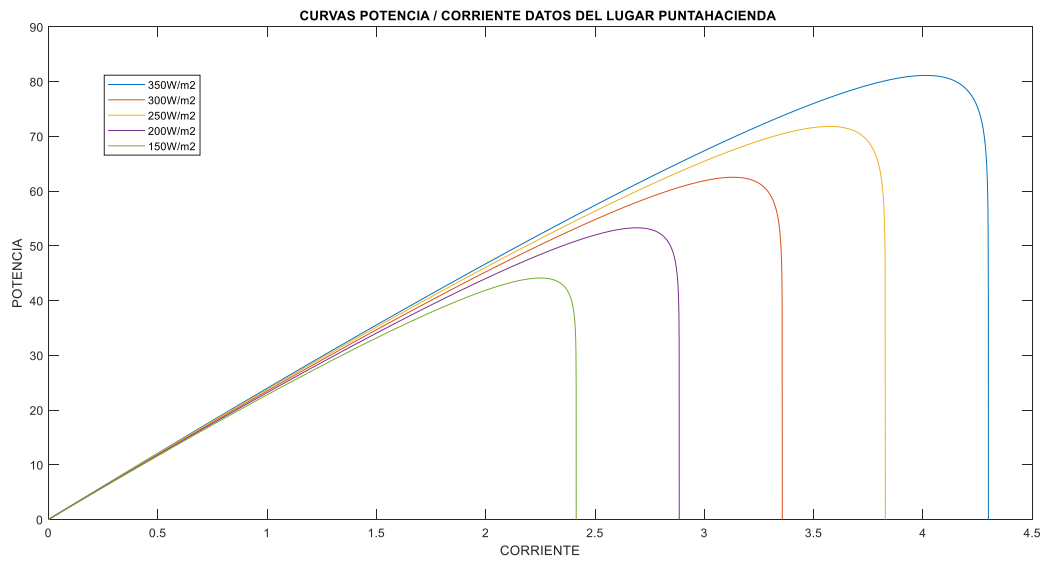
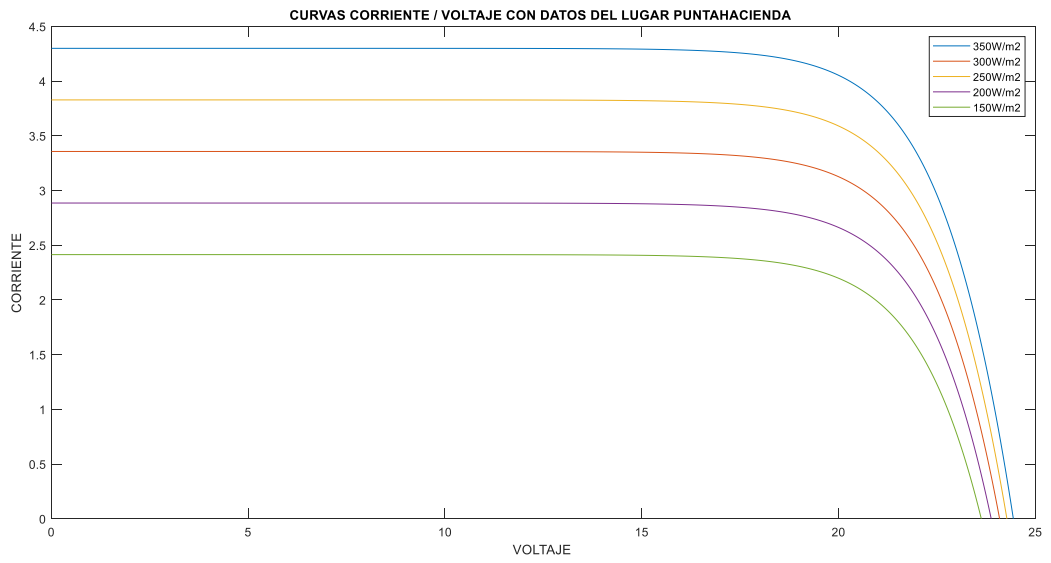


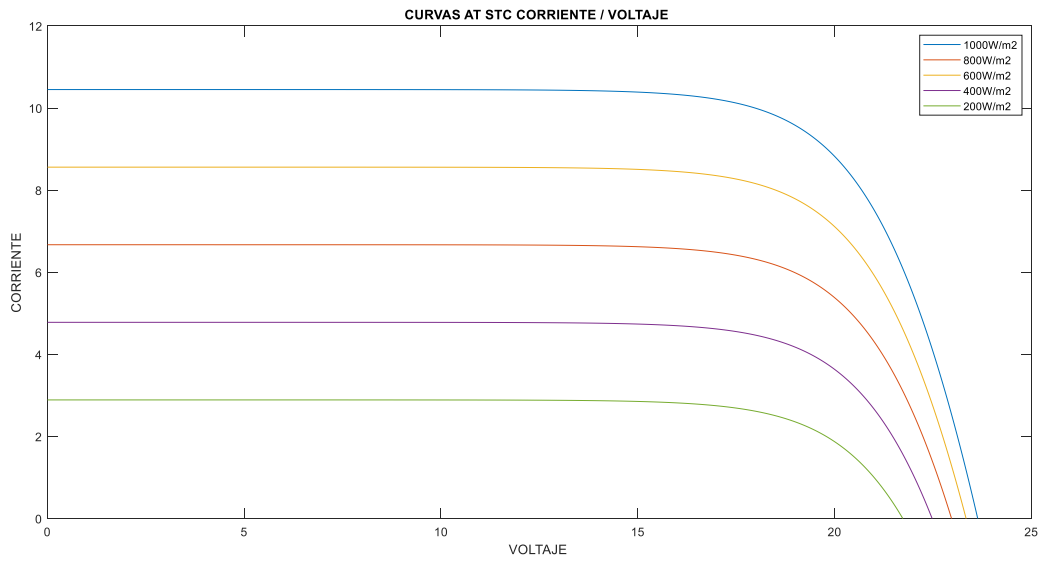
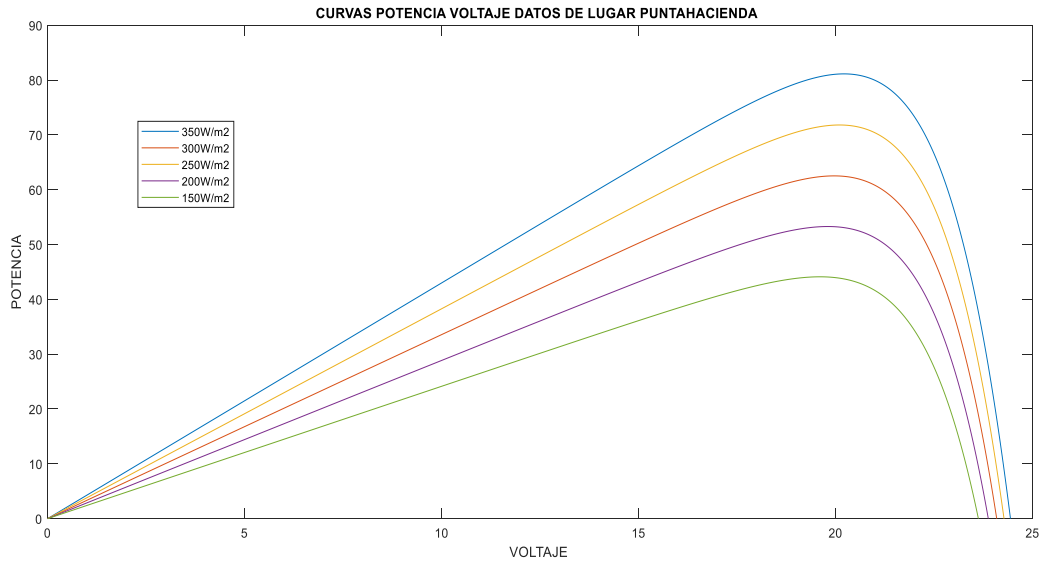


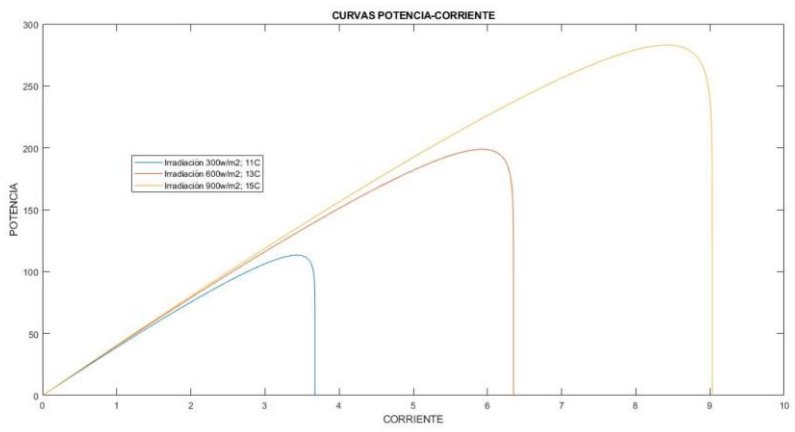
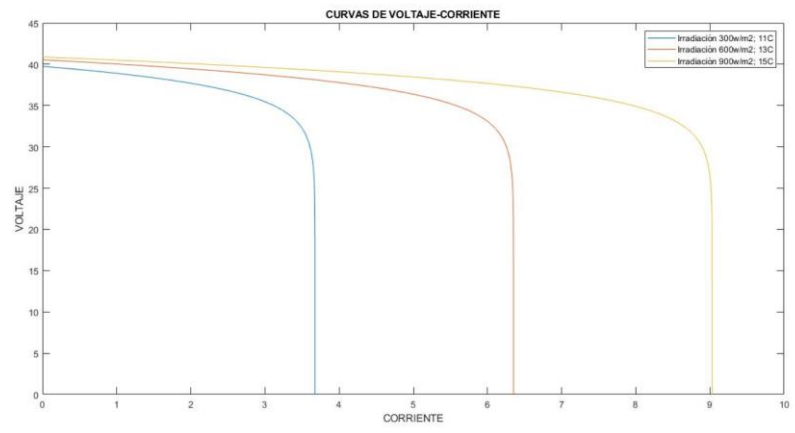


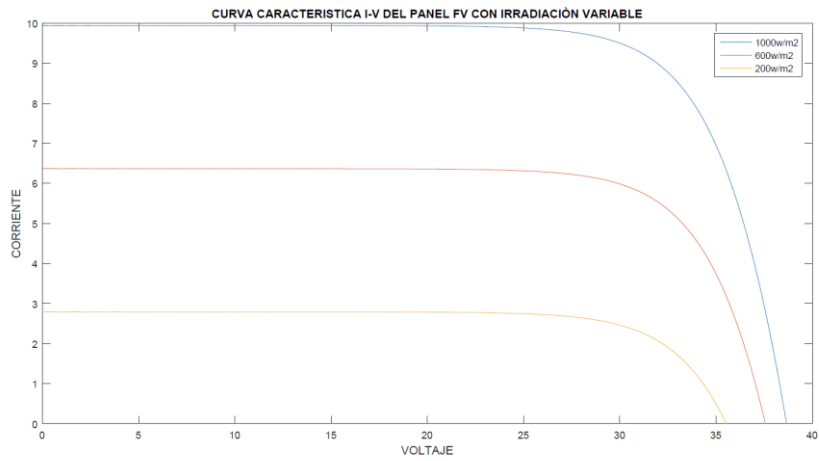
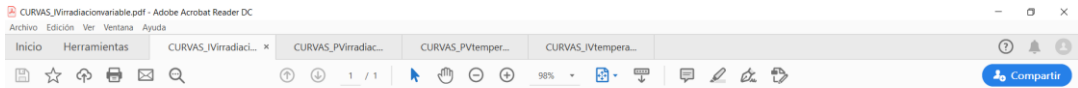
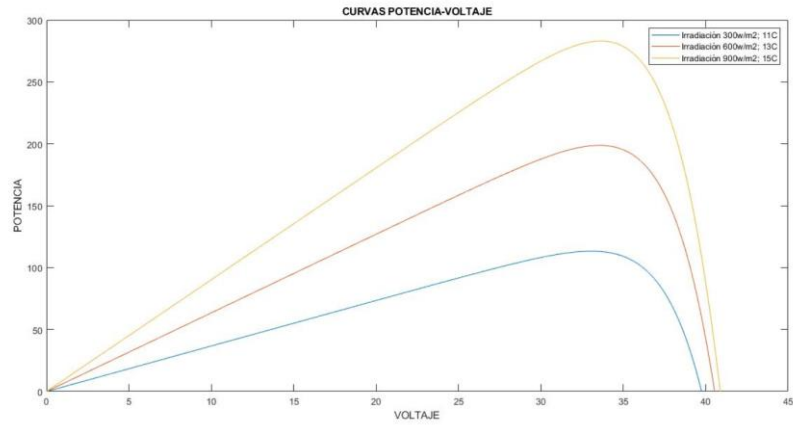
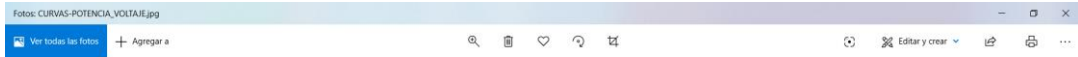


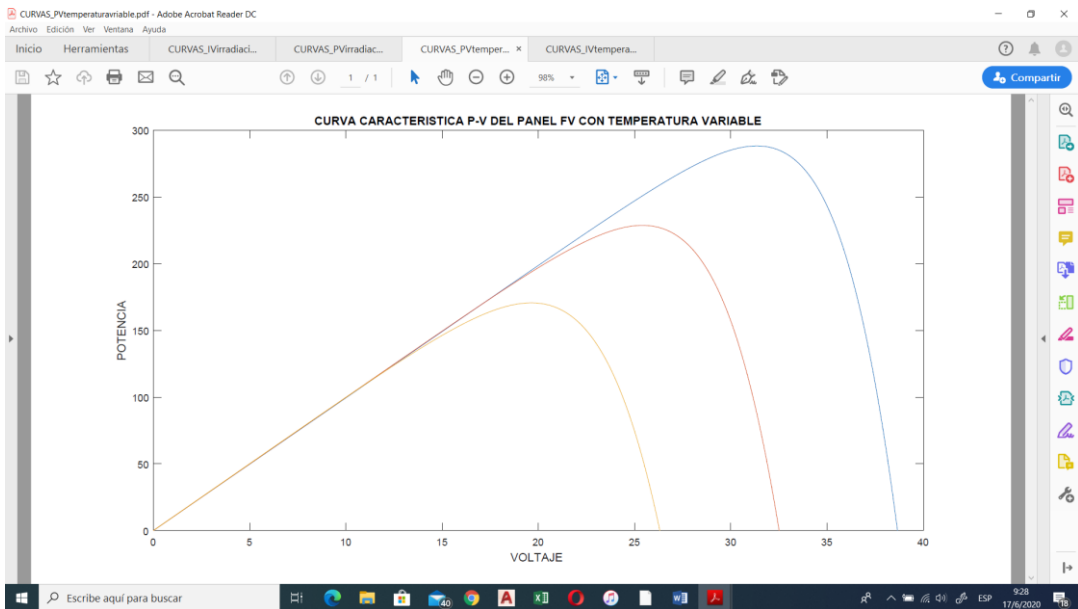
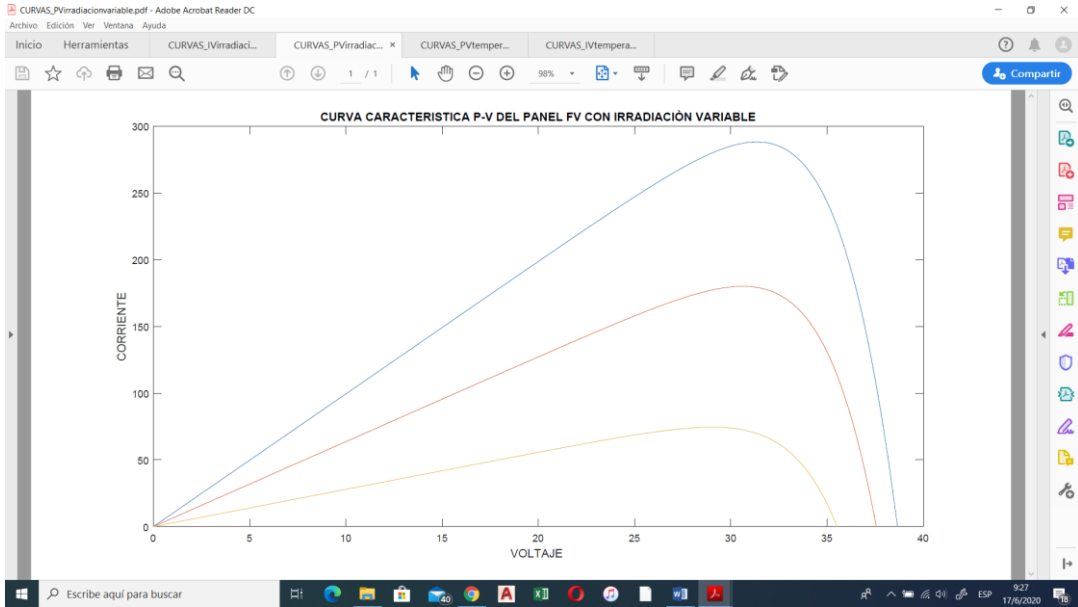
Anexo B. Diseño CAD Esfera y monumento Puntahacienda.

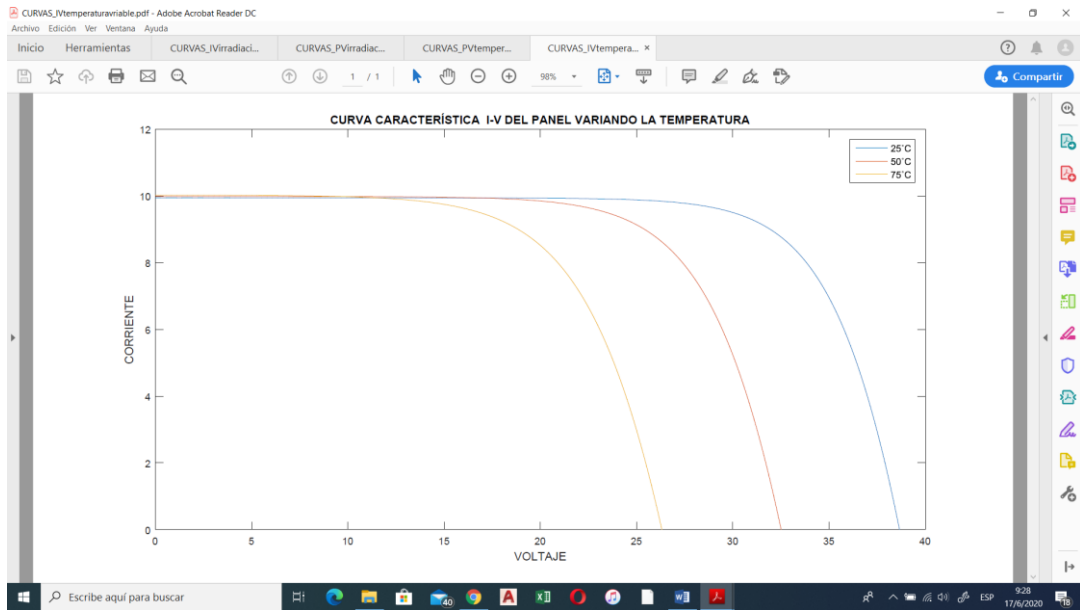




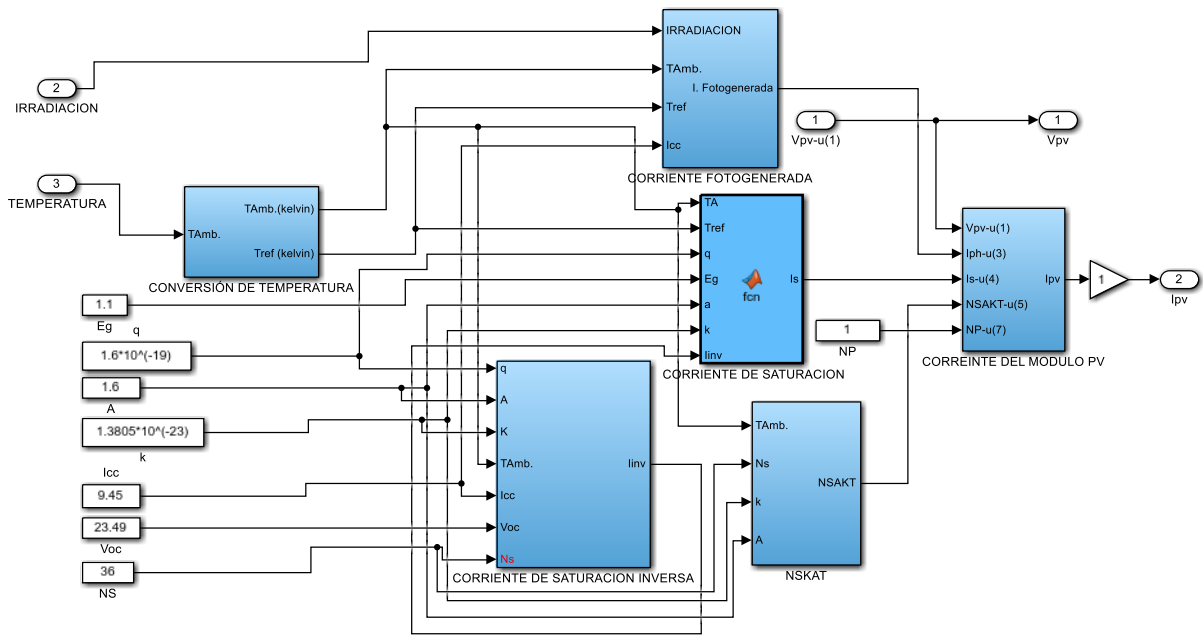
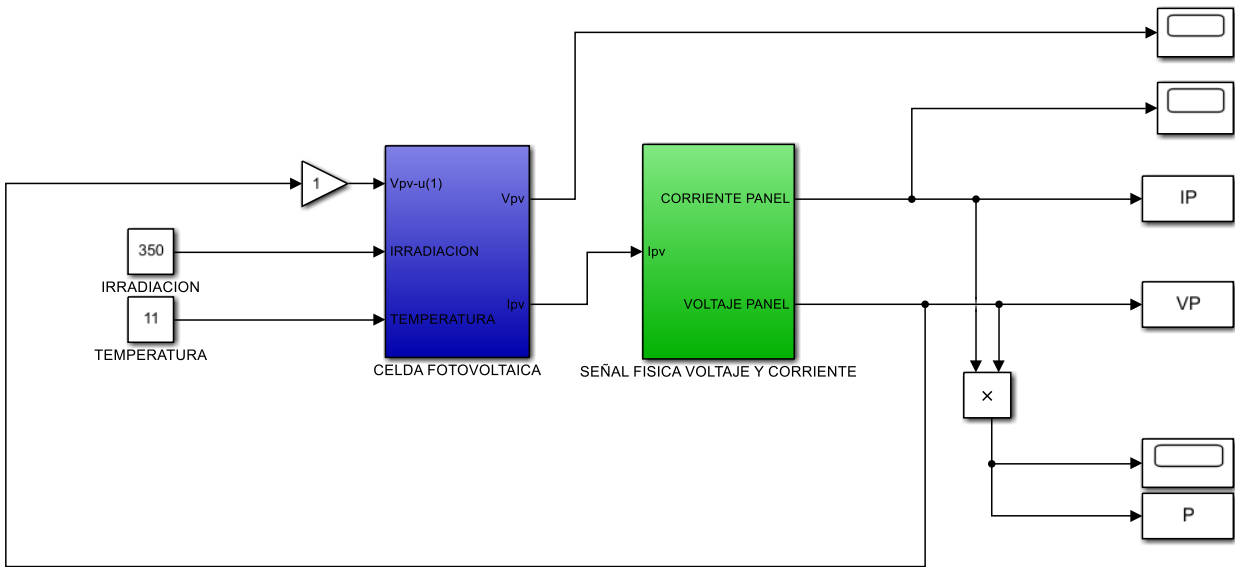


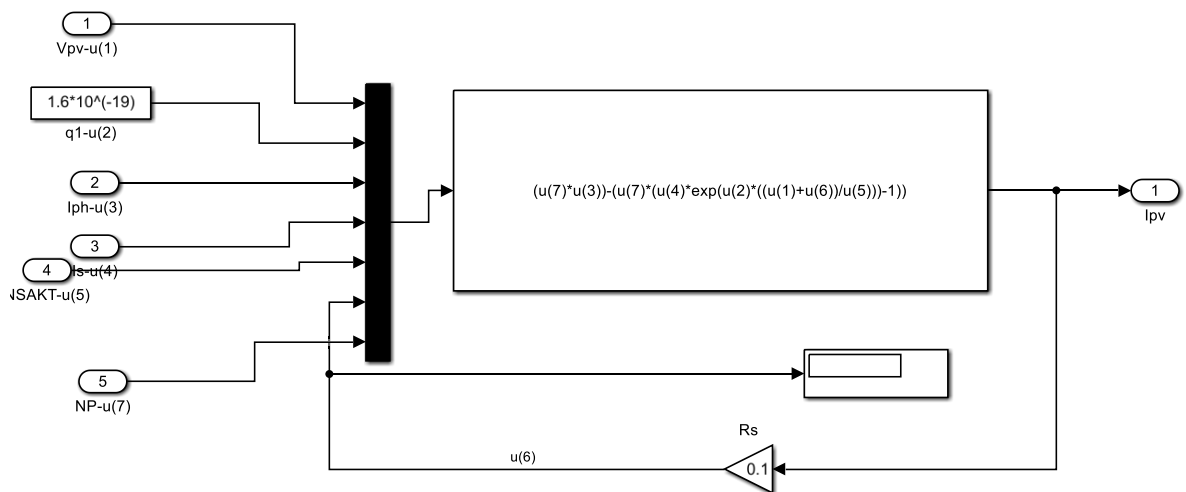
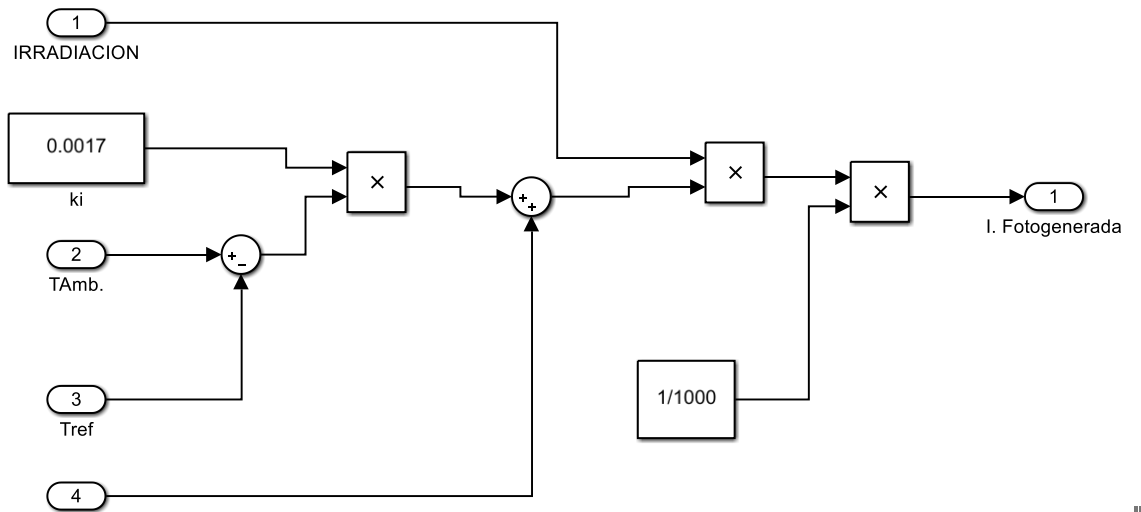
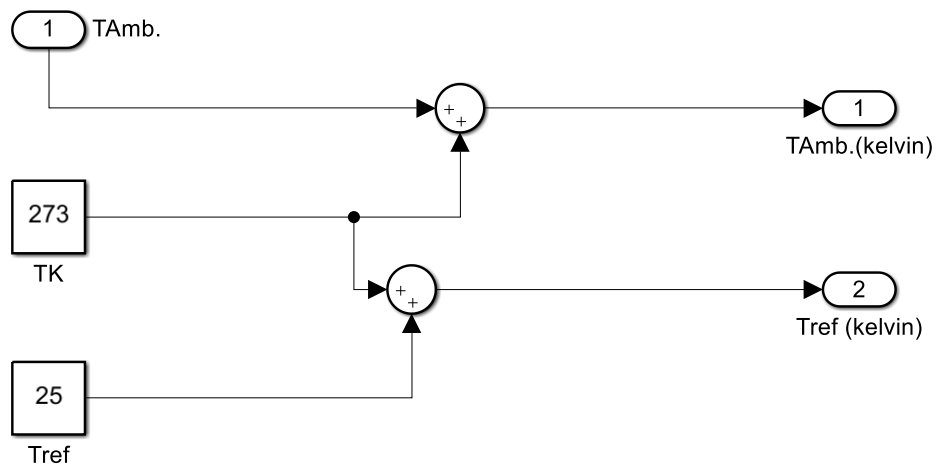


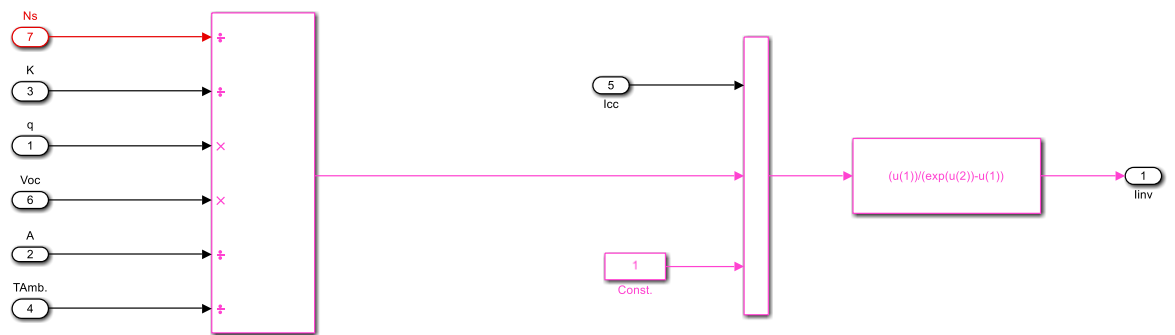
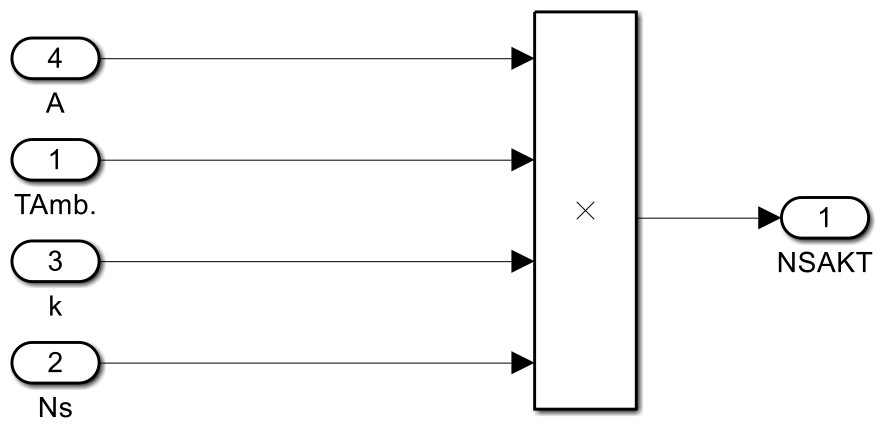


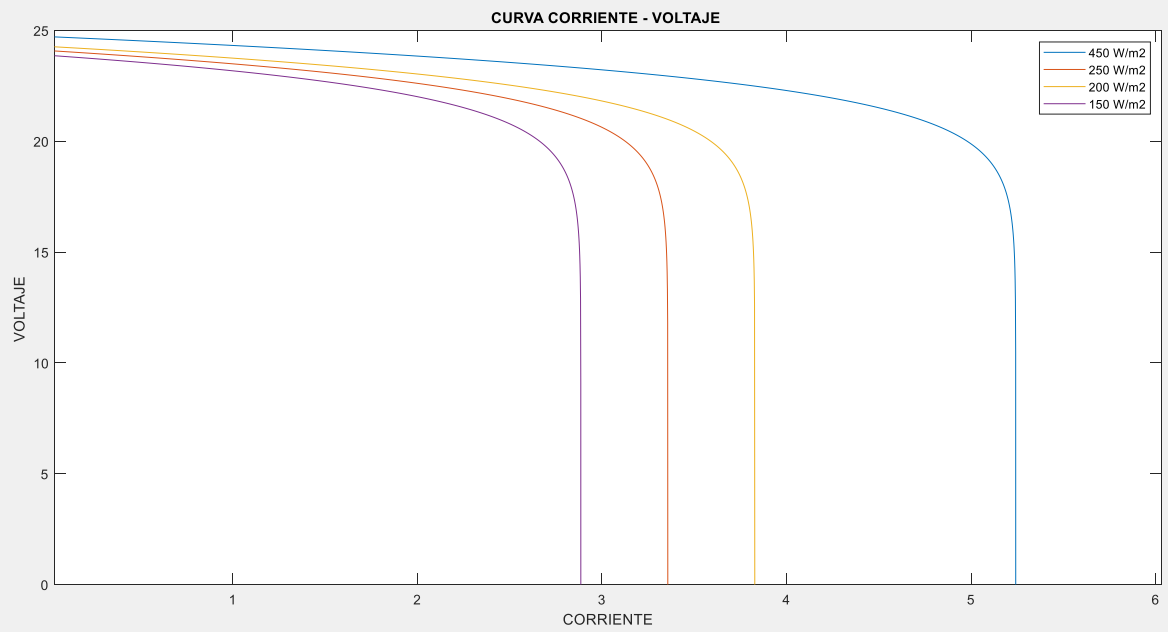
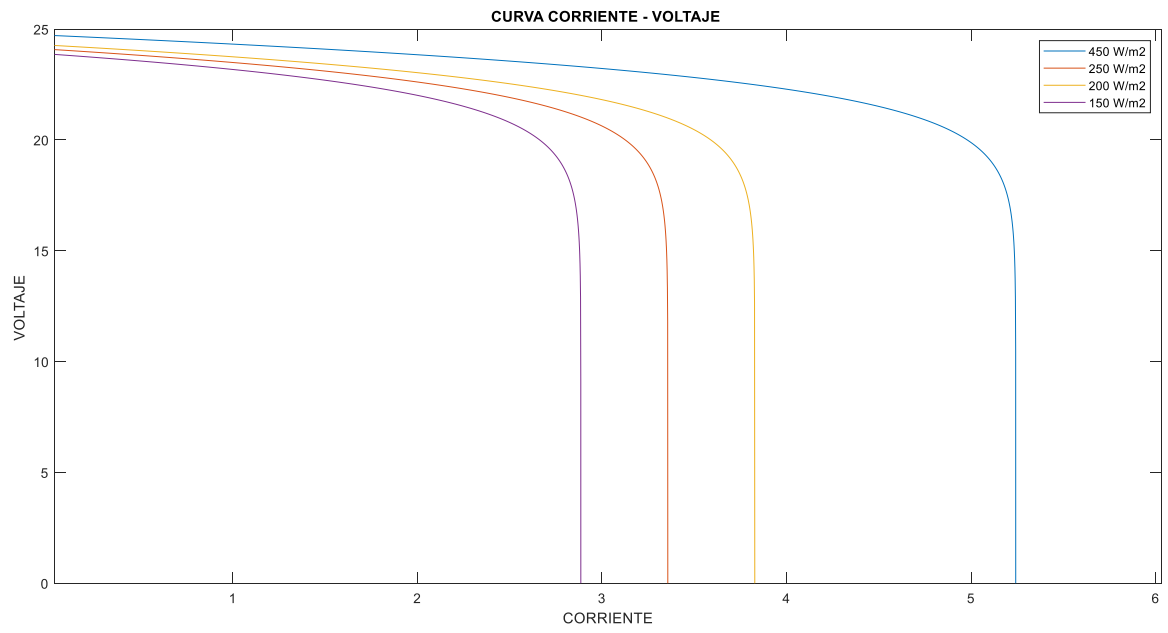


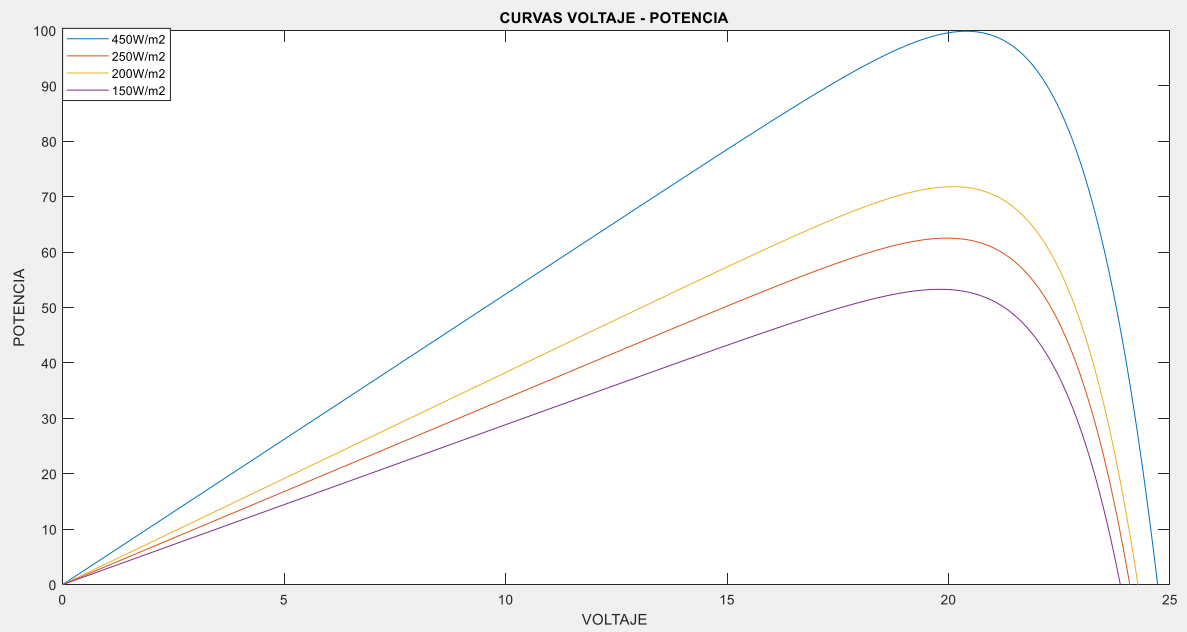
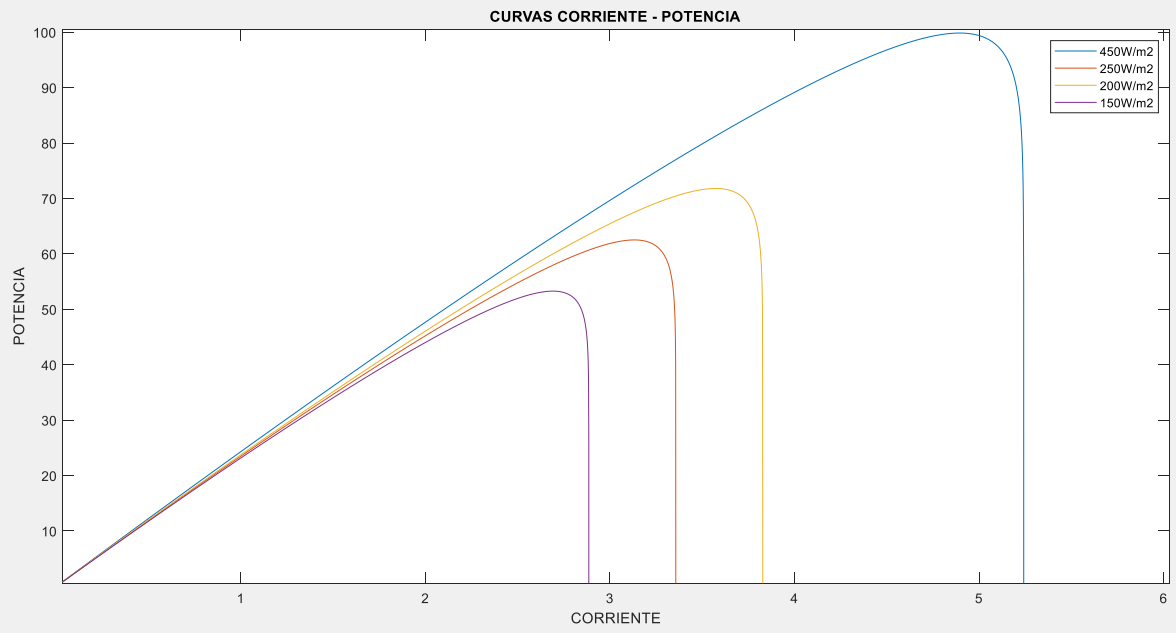
Anexo C. Curvas de Corriente, Voltaje, Potencia, diagrama de bloques Simulink.

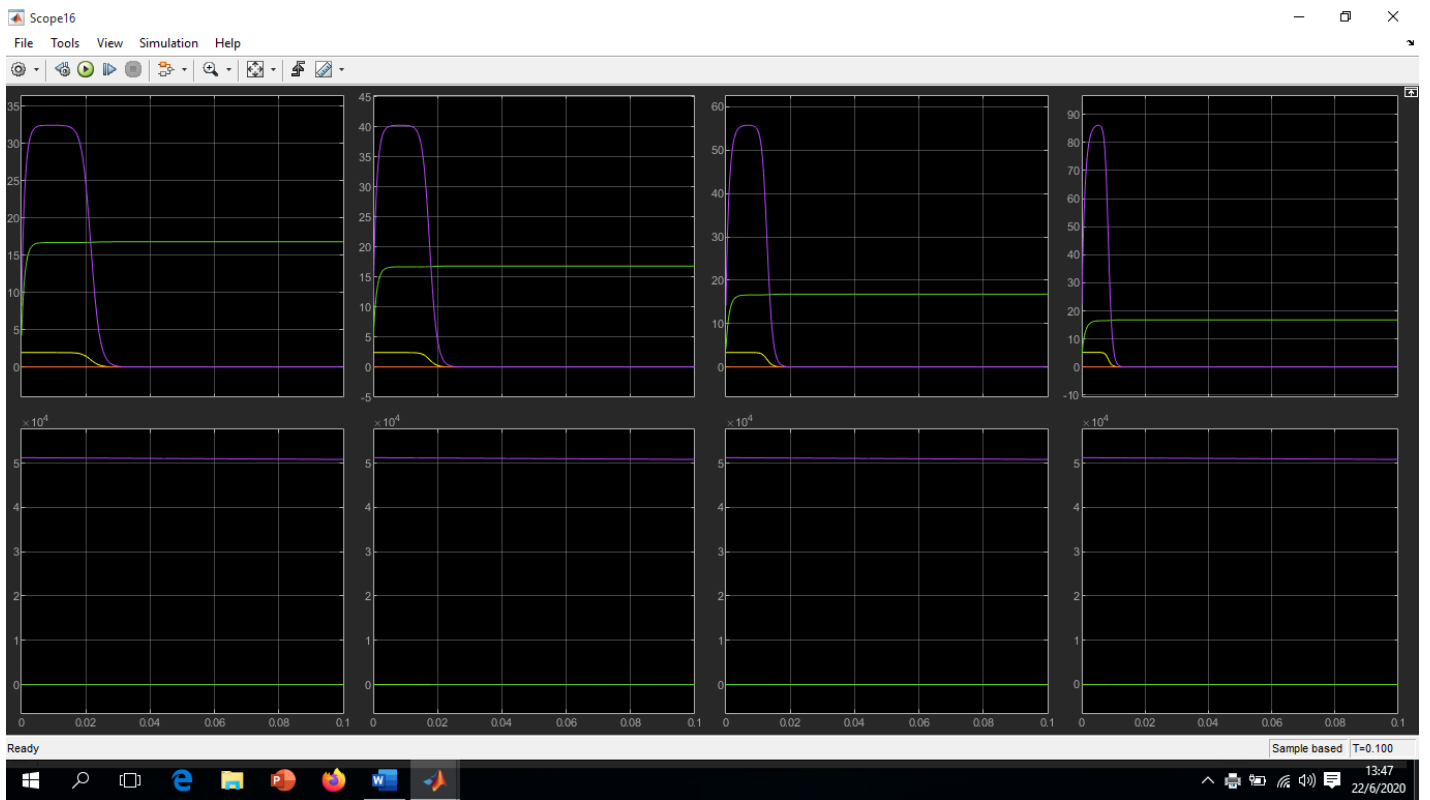
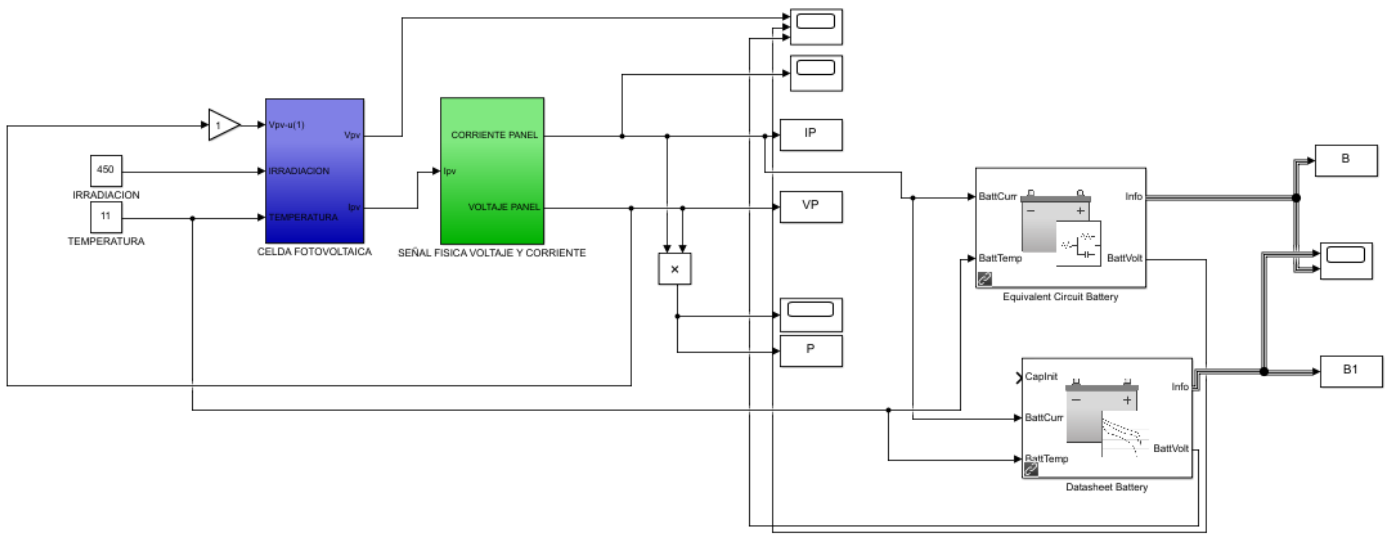


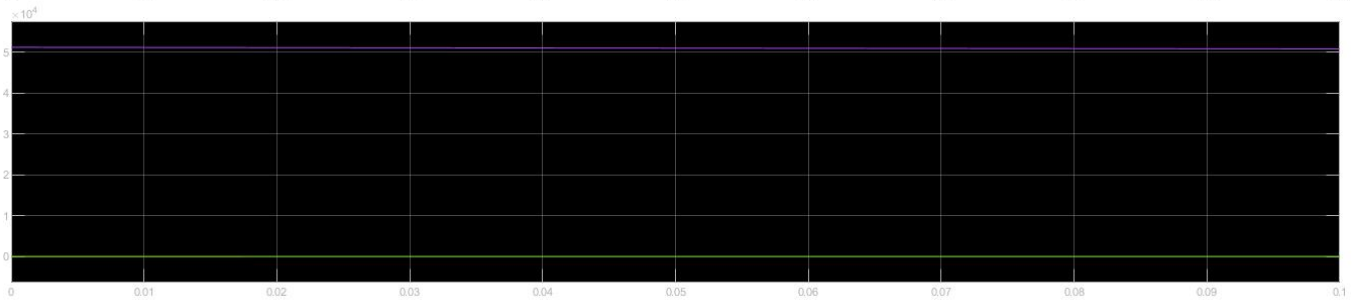
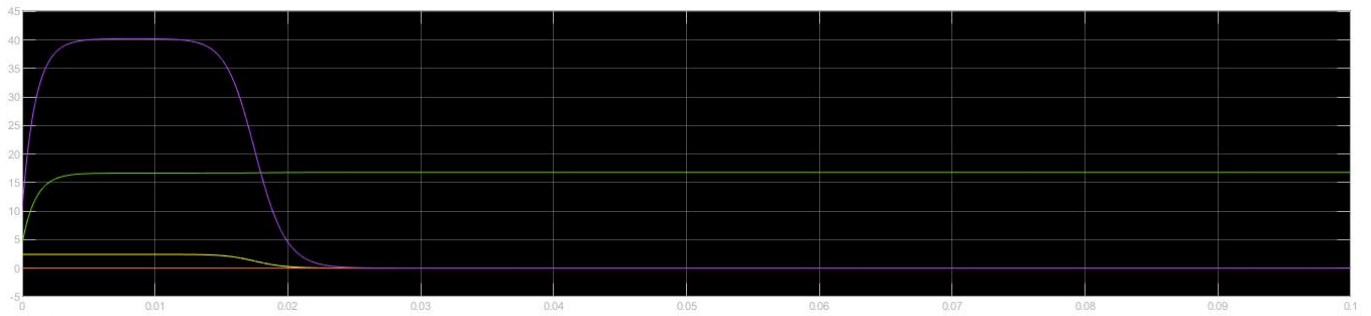
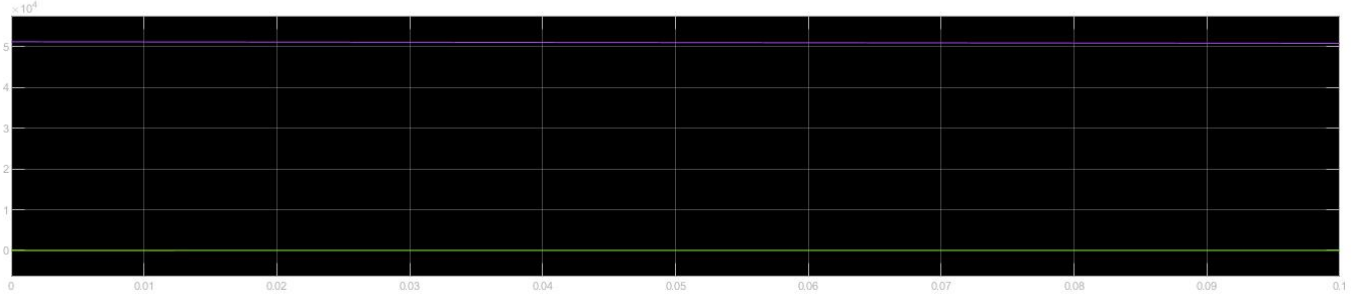
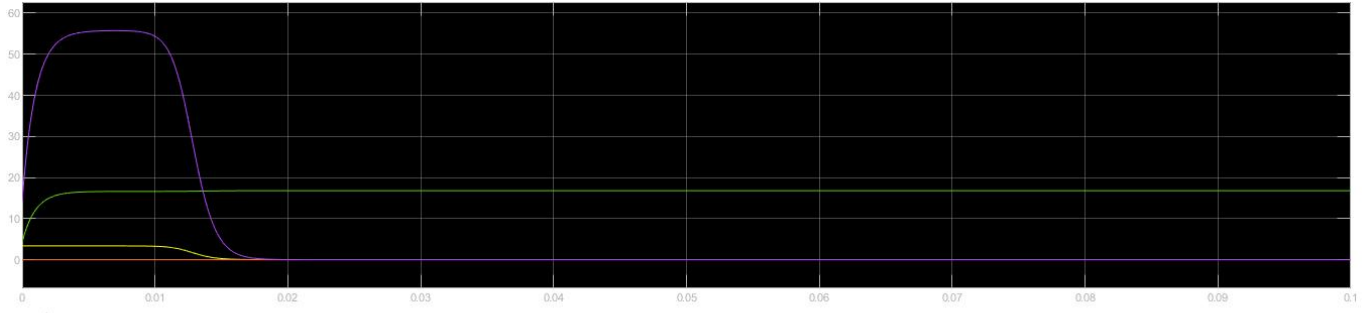


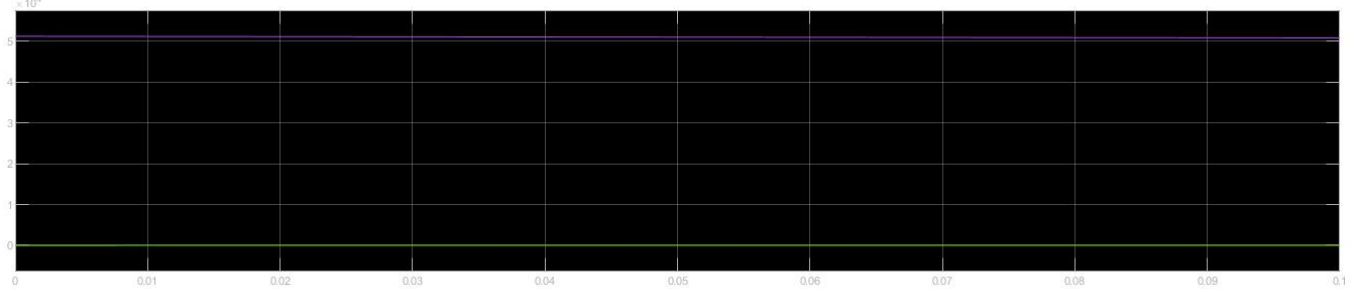
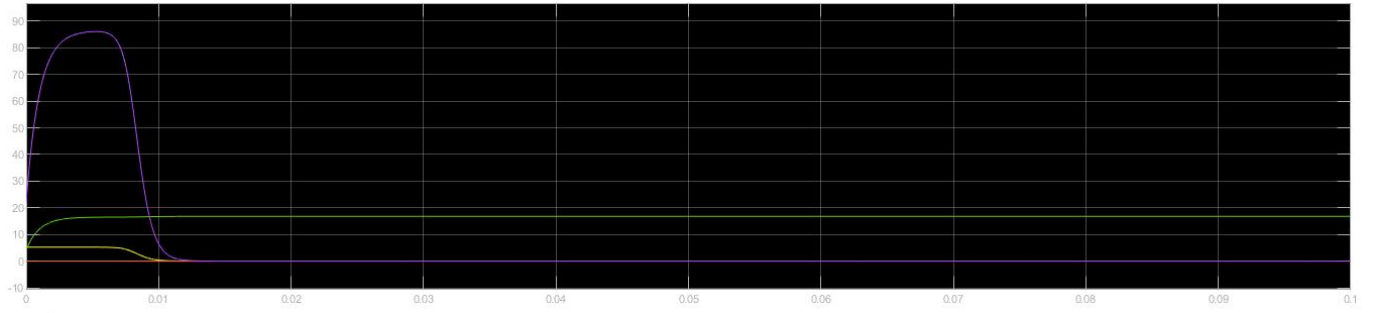
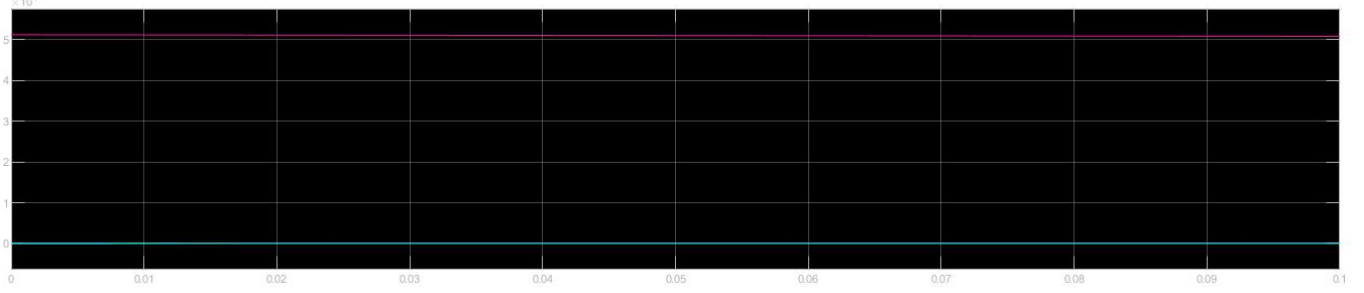
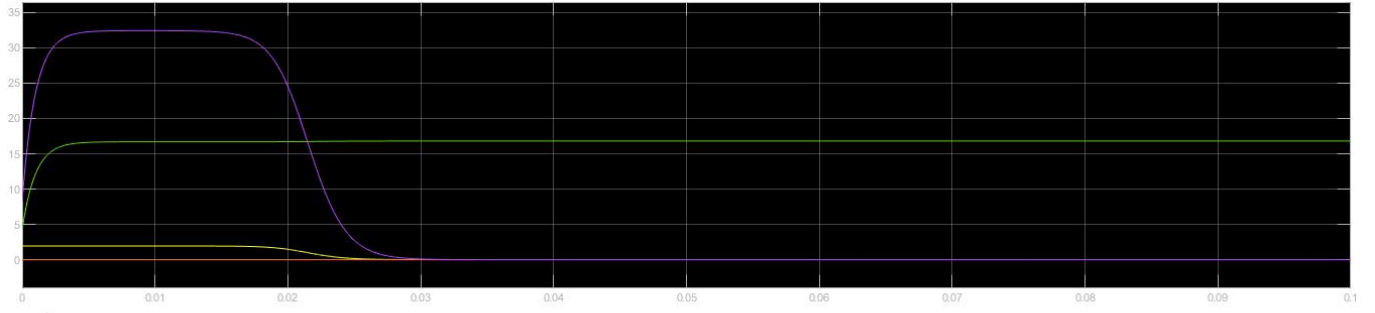












Anexo D. Código bloques Simulink Sistema F.V, Batería y Curvas.

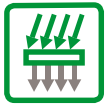
SOLAR MODULE EGE-175M-36

MONOCRYSTALLINE MODULE

175 W / 36 Cells / 5 Bus bars



Eco Green Energy's modules are only made of grade A solar cells with a very high efficiency and ensured more than 25 years lifespan.



KEY FEATURES

5 bus bars cells, with efficiency up to 20.4 %

IP65 or IP67 junction box for long term weather endurance

High quality aluminum frame, resisting load up to 5400 Pa and wind pressure up to 2400 Pa

High transmissivity, low-iron tempered glass

High performance in low-light environment



OUTPUT POWER WARRANTY

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



PRODUCT WARRANTY

CERTIFICATES

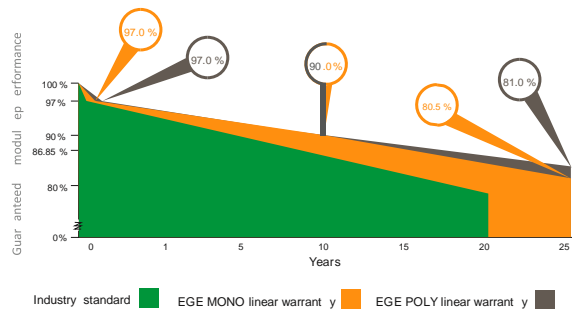
IEC 61215 / IEC 61730 / CE

ISO 9001:2015



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.

10-Year Product Warranty 25-Year Linear Power Warranty



Power output (Pmax)	175 W
Power tolerance	0~+5 %
Module efficiency	17.65 %
Maximum power voltage (Vmp)	19.13 V
Maximum power current (Imp)	9.15 A
Open circuit voltage (Voc)	23.49 V
Short circuit current (Isc)	9.45 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² Cell temperature: 25 °C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NOCT*

Power output (Pmax)	130.48 W
Maximum power voltage (Vmp)	17.93 V
Maximum power current (Imp)	7.27 A
Open circuit voltage (Voc)	21.78 V
Short circuit current (Isc)	7.68 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² Ambient temperature: 20 °C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45 °C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.41 %/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.31 %/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06 %/°C

MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-45 °C ~+85 °C
Maximum system voltage	1000 V
Max series fuse rating	10 A
Max front load (e.g.: snow)	5 400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2 400 Pa

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (156x156 mm)
Number of cells	36
Dimensions	1480x670x30 mm
Weight	11.0 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy

Junction box	IP65 or IP67
Cable	0.9 m
Connector	C4 or MC4 compatible



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved. **ECO**

GREEN ENERGY Add: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan

District, Nantong, Jiangsu, China

Building a Greener World Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice. Refer to our website for further information or contact one of our sales staff.

www.eco-greenenergy.com

Anexo E. Datos Panel Fotovoltaico.

40ft HQ Container	1800 pcs	21.2 t
-------------------	----------	--------



SHS™

PARA SISTEMAS HOGAREÑOS DE ENERGÍA SOLAR DE HASTA 170 VATIOS

La reconocida alta calidad y confiabilidad de los equipos Morningstar ahora están disponibles en un controlador solar de bajo costo. El Controlador SHS es ideal para sistemas de electrificación rural con uno a tres paneles solares. Este controlador cumple con las especificaciones del Banco Mundial y proporciona muchas prestaciones y beneficios.



Beneficios de un Controlador Solar

Es importante incluir un controlador en un sistema de energía solar.

■ Reduce el costo de reemplazo de baterías

La desconexión por bajo voltaje prolongará la vida útil de la batería. Las cargas son desconectadas automáticamente cuando la batería está baja y son reconectadas después de recargada la batería. La carga completa incrementará la vida útil de la batería y la capacidad de almacenamiento. El controlador maximizará la cantidad de energía solar hacia la batería y evitará que la misma se seque.

■ Proporciona información de utilidad

Los LED muestran en pantalla información sobre el estado y el nivel de la batería, lo cual ayuda al usuario a operar mejor el sistema de energía solar.

Ventajas del controlador SHS

El controlador SHS de Morningstar tiene múltiples ventajas en comparación con otros controladores:

■ Bajo Costo

El SHS fue específicamente diseñado para satisfacer las necesidades del mercado de electrificación rural. El bajo costo es resultado del uso de la última tecnología y de un alto volumen de fabricación.

■ Alta confiabilidad

Morningstar es un líder mundial en la provisión de controladores de carga solar. Todos nuestros controladores son diseñados para una alta calidad y una alta confiabilidad. El controlador SHS tiene un bajo régimen de fallas y prestará servicio por mucho tiempo.

■ Protecciones electrónicas

El SHS tiene fusibles electrónicos incluidos que no necesitan reemplazo. Ninguna conexión errónea durante la instalación dañará el controlador.

■ Tropicalización

La electrónica del SHS está protegida con una cubierta a prueba de humedad que minimiza el daño que podrían causar la humedad y los insectos que eventualmente pudieran anidar en el sistema.

■ Facilidad de uso

El controlador SHS es completamente automático y no necesita ajustes ni selecciones por parte del usuario.

Anexo F. Datos controladores de carga.



6-GFM(G)-100Ah Gel Battery Specification

We are an ISO9001 certified organization. And the products are approved by CE & UL. The nominal voltage of this series is 12V. And the capacity ranges from 33Ah to 250Ah. Their typical applications include: emergency lighting systems, electricity power supply systems, communication systems, UPS systems, starting systems, solar systems etc.

Battery Construction		Material	General Features
Component		Lead dioxide	Maintenance free
Positive plate	.....	Lead	Convenient for installation
Negative plate	.....	ABS	Safety and no leakage
Container	.....	Rubber	Excellent recharge and discharge performance
Cover	.....	Copper	Low self-discharge rate, charge each standby 6 months, temperature 25°C
Safety valve	.....	Gelled acid	Adapt to high or low temperature
Terminal	.....		Good deep discharge performance
Electrolyte	.....		Longer cycle life
			UL approval

Performance Characteristics

1. Dimension and weight

Length	.....	330mm
Width	.....	173mm
Height	.....	217mm
Total Height	.....	222mm
Reference Weight	.....	30.8kg

5. Charge Method: constant-voltage charging at 25°C (77° F)

Cyclic use	.....	14.4~14.9V
Maximum charging current	.....	25A
Temperature Compensation	.....	-30mV/°C
Float Use	.....	13.6~13.8V
Temperature Compensation	.....	-20mV/°C

2. Functional Parameter

Rated Voltage	.....	12V
Numbers of cells	.....	6 Cells
Designed Life	.....	10~12 Years

6. Environment Temperature Requirements

Discharge Temperature	.....	-20~60°C
Charge Temperature	.....	0~50°C
Storage Temperature	.....	-20~60°C

3. Rated Capacity at 25°C (77° F)

10 hr rate (0.1C, 10.8V)	.....	100Ah
3 hr rate (0.25C, 10.8V)	.....	74.6Ah
1 hr rate (0.55C, 10.5V)	.....	56.8Ah

7. Inner Resistance & Max. Discharge Current

A fully charged battery at 25°C (77° F)	.....	5mΩ
Max. Discharge Current	.....	1500A (5s)
Short Circuit Current	.....	5000A

4. Capacity affected by Temperature (10hour rate)

40 °C (104° F)	.....	103%
25 °C (77° F)	.....	100%
0 °C (32° F)	.....	85%
-15°C (5° F)	.....	65%

8. Self-discharge

3% Of the capacity per month at 25°C (77° F)	
Capacity after 3 month storage	..... 91%
Capacity after 6 month storage	..... 82%
Capacity after 12 month storage	..... 64%

Dimensions (mm)



3D Model Review

Constant-current discharge parameter Unit: A (25°C)

F.V/Time	20min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	6h	8h	10h	20h
1.80V/cell	109.49	83.84	63.16	52.88	32.88	24.86	17.40	14.58	11.64	10.00	5.42
1.75V/cell	123.05	92.20	68.25	56.61	34.92	26.21	18.08	15.03	11.98	10.17	5.54
1.70V/cell	132.54	98.76	72.43	59.89	36.95	27.34	18.64	15.59	12.32	10.43	5.60
1.65V/cell	137.97	102.60	75.03	62.15	37.97	28.14	18.98	15.82	12.54	10.55	5.66
1.60V/cell	149.49	109.83	80.56	65.99	39.44	29.27	19.66	16.27	12.77	10.77	5.74

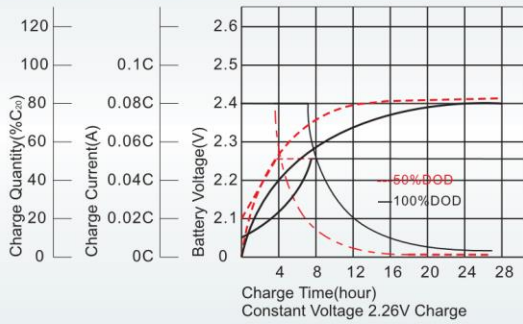
Constant-current discharge parameter Unit: W (25°C)

F.V/Time	20min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	6h	8h	10h	20h
1.80V/cell	206.78	160.00	121.47	102.49	63.95	48.47	34.24	28.70	23.05	19.89	10.81
1.75V/cell	229.83	174.46	130.40	109.04	67.57	51.07	35.48	29.72	23.73	20.23	11.02
1.70V/cell	244.97	185.20	137.51	114.80	71.30	52.99	36.50	30.62	24.41	20.68	11.14
1.65V/cell	252.09	190.40	141.36	118.42	72.77	54.46	37.06	31.07	24.75	20.90	11.24
1.60V/cell	270.17	201.92	150.73	125.08	75.37	56.38	38.19	31.75	25.08	21.36	11.41

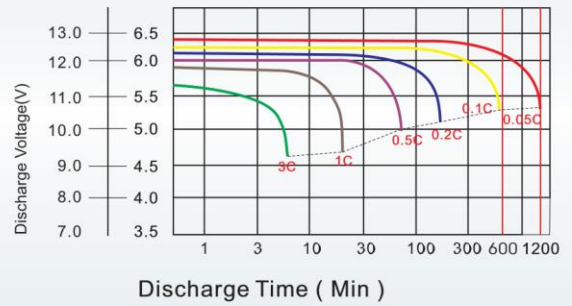


6-GFM(G)-100Ah Gel Battery Specification

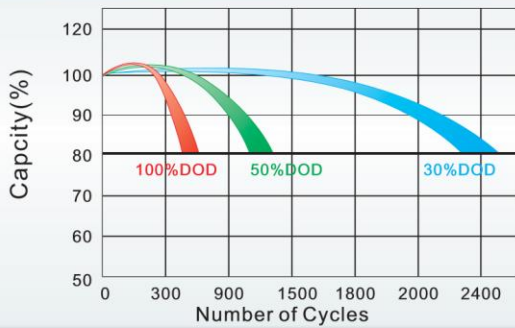
Charge Characteristics for Float Use @ 25°C/77°F



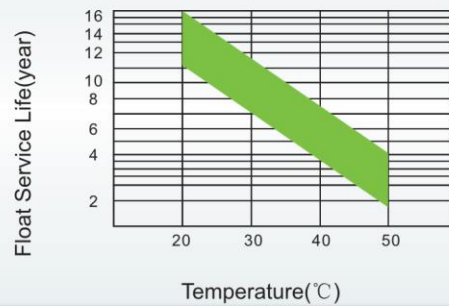
Discharge Characteristics at Various Rates @ 25°C/77°F



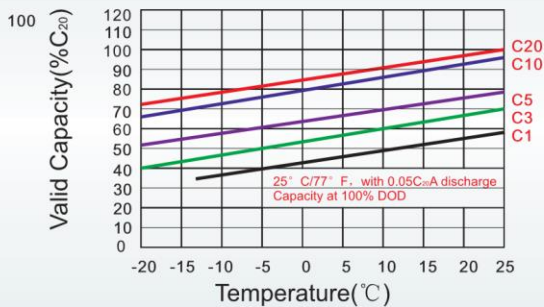
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



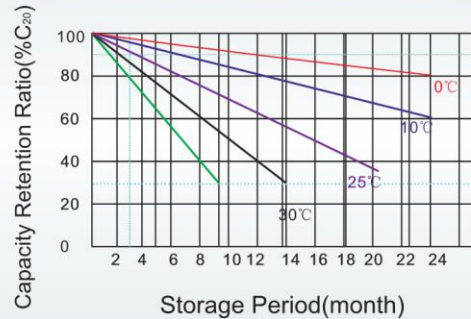
Float Service Life



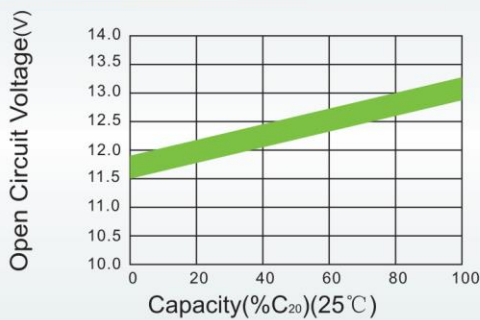
Temperature and Valid Capacity



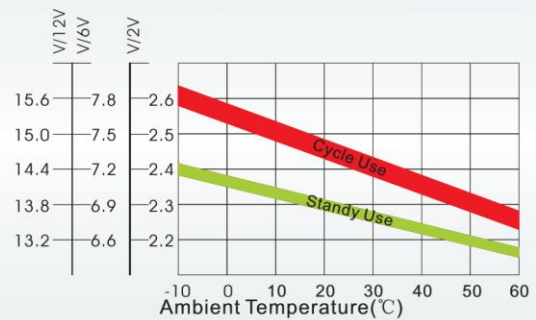
Self Discharge Characteristics



Capacity and Open Circuit Voltage



Relationship between Charging Voltage and Temperature



EDITION 2014

ZONHAN REFLECTOR LED

12VDC / 50W

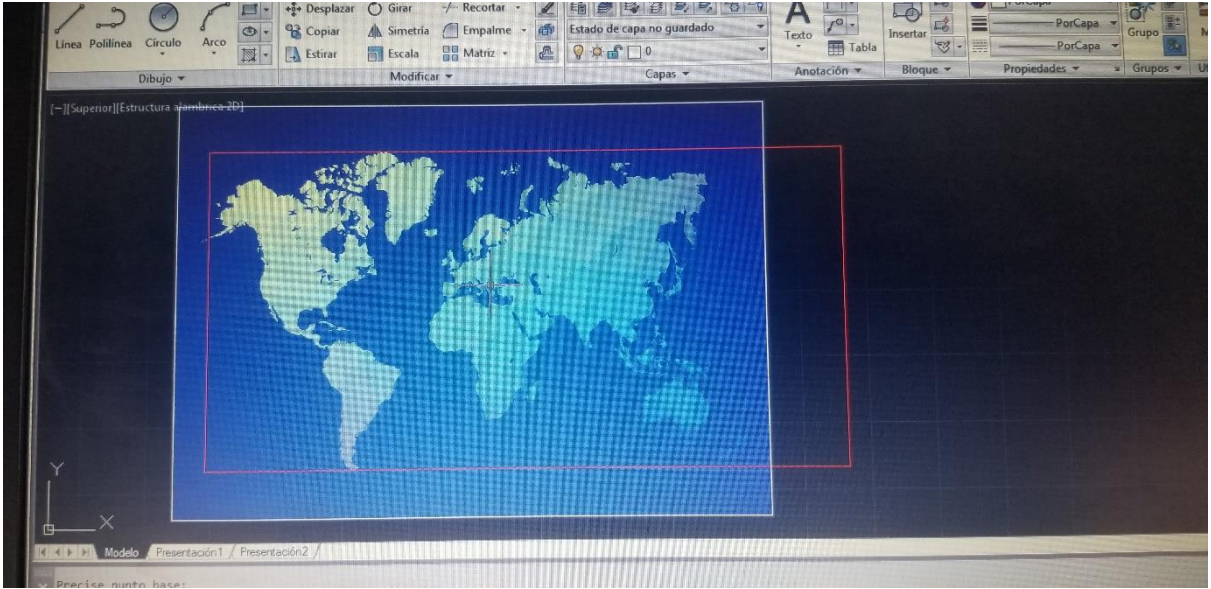


Technical Details

Item Weight	3.8 pounds
Package Dimensions	20 x 20 cm
Style	Modern
Color	50w
Shape	Square
Material	Metal aluminum
Voltage	12 volts
Fixture Features	Flexibility:a yoke-style arm,easy for adjusting the beam angle.
Shade Material	Metal aluminum
Light Direction	Uplight
Power Source	Battery-powered (DC 12V)
Type of Bulb	LED
Wattage	50 watts
Efficiency	3500 lumen
Protection	IP-66

Anexo H. Especificaciones Reflector (luminaria).











Anexo I. Construcción Esfera.









Anexo J. Construcción Monumento.

Diseño



Constructivo









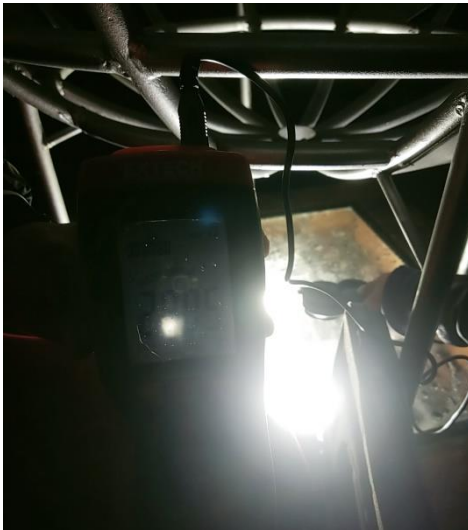
Anexo K. Registro Fotográfico Construcción Concluida.

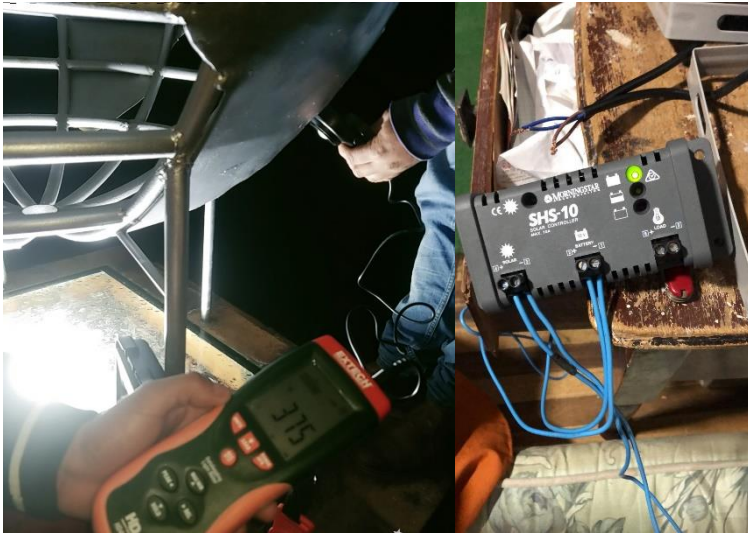










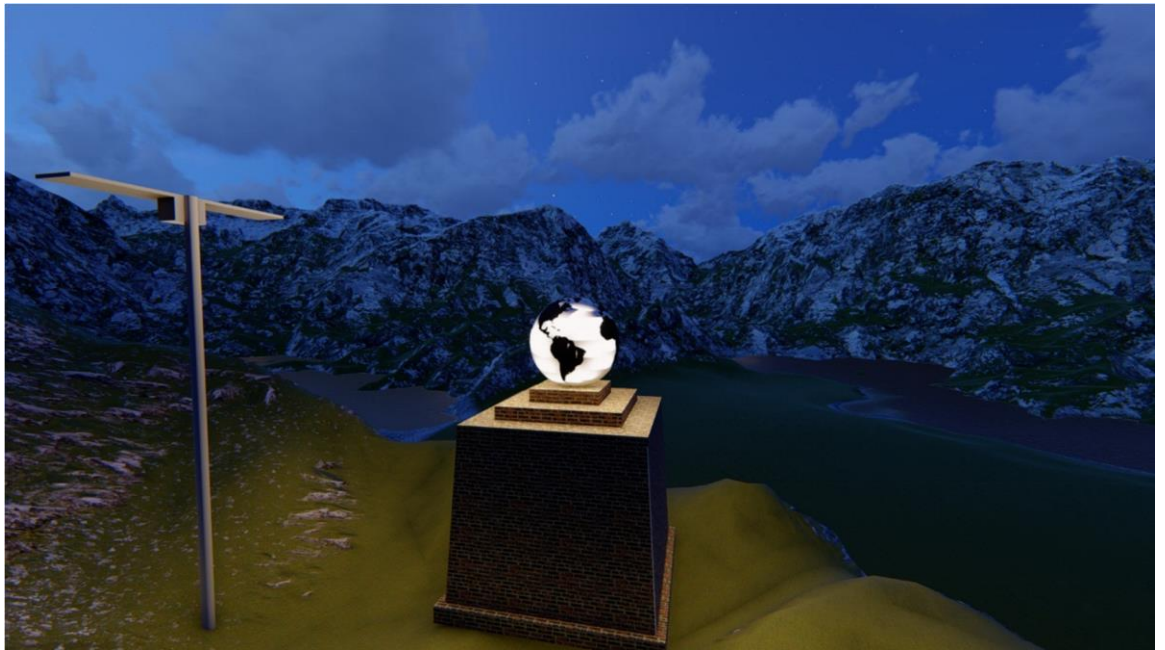




Anexo L. Pruebas Experimentales.

Cliente: 0983921767 AV. Américas y Humbolt
 jaapraezc81@est.ucacue.edu.ec
 UCACUE Proyecto elaborado por: 09959592731 0983921767
 jaapraezc81@est.ucacue.edu.ec Dirección de
 AV. Américas y Humbolt Alexander Apráez., Cristian Armijos proyecto: Fecha:
 UCACUE Tesis, archivo anexo del estudio 4 /
 6/2020 de implementación.

Estudio sobre iluminación decorativa, proyección de haz de luz invertida.



C:\Users\Usuario\Documents\DIAL GmbH\DIALux\Project\Proyecto_tesisfinal.ev* - DIALux evo 8.2 (64 bits)

Archivo Edición Insertar Vista ?

Construcción Luz Objetos de cálculo Exportar Documentación Fabricante Escena de luz 1 Planificación de edificios

Objetos de cálculo

- Dibujar objeto de cálculo rectangular
- Dibujar objeto de cálculo poligonal
- Posicionar objeto de cálculo
- Medidas
- Colores falsos
- Medidas
- Mostrar diagrama
- Selección de superficies
- Dibujar recinto rectangular
- Dibujar recinto poligonal

Objeto de cálculo activo
 Superficie de cálculo

Parámetros de cálculo
 Configuración de trama de medición

- Automática
- Cantidad
- Separación
- Colocar puntos sobre canto X
- Colocar puntos sobre canto Y

Sumario de los resultados

Objeto	Superficie (m²)	Iluminancia (lx)
Objeto de resultado de superficies 1 (Muebles)	0.012	0.83
Objeto de resultado de superficies 3 (Muebles)	45.1	0.71
Objeto de resultado de superficies 4 (Muebles)	45.9	0.72
Superficie de cálculo 10	486	0.017
Superficie de cálculo 11	1.05	0.44
Superficie de cálculo 12	1.47	0.37
Superficie de cálculo 13	451	0.005
Superficie de cálculo 2	1241	0.52
Superficie de cálculo 9	1.33	0.38

Activar Windows

DIALux evo Escribe aquí para buscar 16:19 4/6/2020

Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema
fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda,
Quingeo.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo. /

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Contenido

Contenido

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Descripción.....
.....3

Lista de
luminarias.....
..... 4

Grupos de
control.....
.....5

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Uniel - ULF-F11-50W/DW IP65 180-240B WHITE Прожектор светодиодный (1xULF-F10-
50W/DW).....6

Terreno 1

Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema
fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda,
Quingeo.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo. /

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Plano	de	situación	de
luminarias.....			
9		Lista	de
luminarias.....			
.....10			
Superficie			de
cálculo.....			
.....11			
Superficie	de	cálculo	2 / Iluminancia
perpendicular.....			13
Superficie	de	cálculo	9 / Iluminancia
perpendicular.....			17
Superficie	de	cálculo	10 / Iluminancia
perpendicular.....			20
Superficie	de	cálculo	11 / Iluminancia
perpendicular.....			23
Superficie	de	cálculo	12 / Iluminancia
perpendicular.....			26

Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema
fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda,
Quingeo.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo. /

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Superficie	de	cálculo	13	/	Iluminancia
perpendicular.....					29

Descripción

Estudio sobre iluminación decorativa, proyección de haz de luz invertida.

Cliente: Proyecto elaborado por:

UCACUE Alexander Apráez., Cristian Armijos

AV. Amércias y Humbolt

UCACUE

0983921767 AV. Amércias y Humbolt

jaapraezc81@est.ucacue.edu.ec

09959592731

0983921767 jaapraezc81@est.ucacue.edu.ec Dirección de proyecto:

Tesis, archivo anexo del estudio de implmentación.

Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo. /

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Lista de luminarias Grupos de control

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
2	<p>Uniel - UL-00000391 ULF-F11-50W/DW IP65 1 WHITE Прожектор светодиодный Emisión de luz 1 Lámpara: 1xULF-F10-50W/DW Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 4300 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4300 lm Potencia: 50.0 W Rendimiento lumínico: 86.0 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 1xULF-F10-50W/DW: CCT 6000 K, 9CRI</p>		
<p>Flujo luminoso total de lámparas: 8600 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 8600 lm, Potencia total: 100.0 W, Rendimiento lumínico: 86.0 lm/W</p>			
N°	Grupo de control	Luminaria	

Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo. /

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

4 Grupo de control 7 2 x Uniel - UL-00000391 ULF-F11-50W/DW IP65 180-240V WHITE Прожектор светодиодный

Escena de luz 1

<u>Grupo de control</u>	<u>Valor de atenuación</u>
-------------------------	----------------------------

Grupo de control 7	100 %
--------------------	-------

Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo. /

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Uniel UL-00000391 ULF-F11-50W/DW IP65 180-240V WHITE Прожектор светодиодный 1xULF-F10-50W/DW

Светодиодные прожекторы являются современной и экономичной заменой устаревших прожекторов с галогенными и металлогалогенными лампами. Это оптимальное решение для освещения зданий, разнообразных архитектурных конструкций, прилегающих территорий. Светодиодные прожекторы дают яркий свет, максимально экономят энергию и имеют долгий срок службы. У них высокая степень защиты от механических повреждений и воздействия окружающей среды, и они не требуют дополнительных затрат на обслуживание. Кроме того, прожекторы устойчивы к вибрации и легко очищаются от внешних загрязнений, что особенно важно при эксплуатации на открытом пространстве.

Эксплуатационные преимущества:

Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo. /

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.



облегченный корпус;

наклон корпуса во все стороны; • устойчивость к вибрациям.

Grado de eficacia de funcionamiento: 100%

Flujo luminoso de lámparas: 4300 lm

Flujo luminoso de las luminarias: 4300 lm

Potencia: 50.0 W

Rendimiento lumínico: 86.0 lm/W

Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

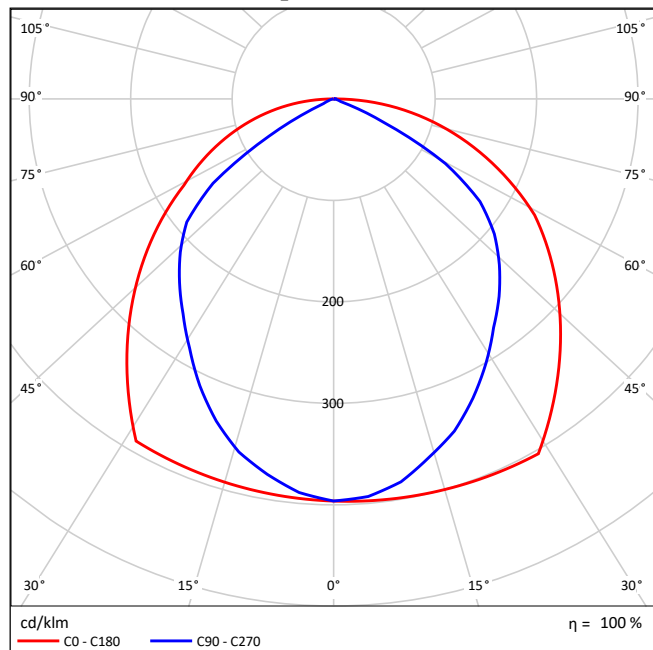
Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo. /

Tesis_simulación e implementación de un sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

Indicaciones colorimétricas

1 xULF-F10-50W/DW: CCT 6000 K, CRI 79

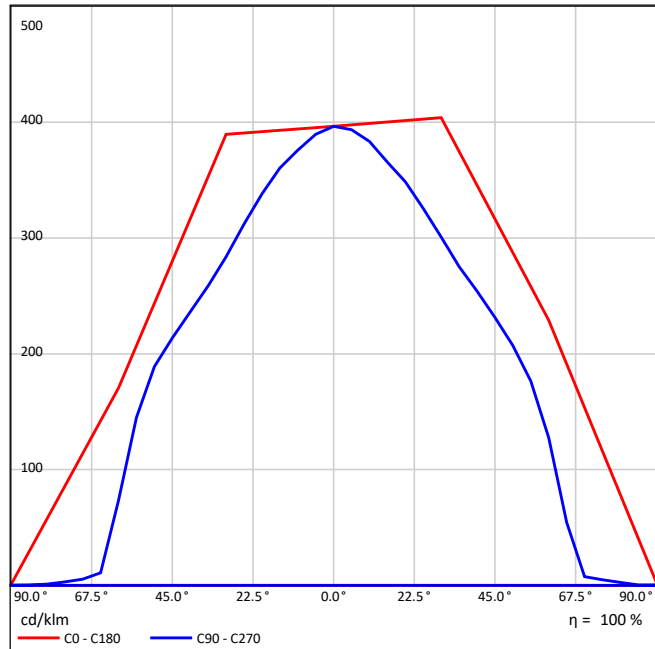
Emisión de luz 1 / CDL polar



Tesis_simulación e implementación de un 4 / 6/2020 sistema fotovoltaico para iluminar monumento. Caso de estudio Puntahacienda, Quingeo.

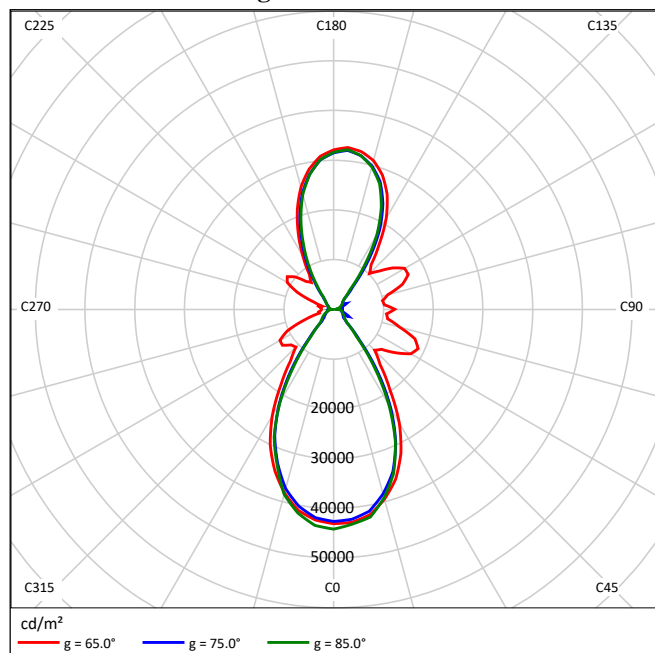
Terreno 1 / Uniel UL-00000391 ULF-F11-50W/DW IP65 180-240V WHITE Прожектор светодиодный 1xULF-F10-50W/DW / Uniel ULF-F11-50W/DW IP65 180-240V WHITE Прожектор светодиодный (1xULF-F10-50W/DW)

Emisión de luz 1 / CDL lineal



No se puede crear un diagrama de cono porque la distribución luminosa es asimétrica.

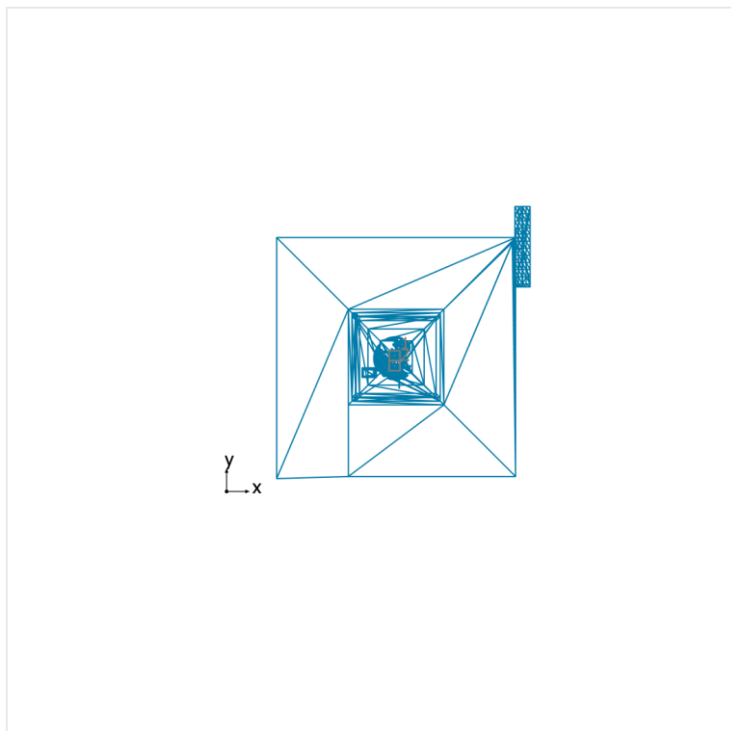
Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



No se puede crear un diagrama UGR porque la distribución luminosa es asimétrica.

Terreno 1 / Plano de situación de luminarias

Terreno 1



Uniel UL-00000391 ULF-F11-50W/DW IP65 180-240B WHITE

Прожектор светодиодный

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	3.610	2.920	2.900	0.80
2	3.610	2.700	2.900	0.80

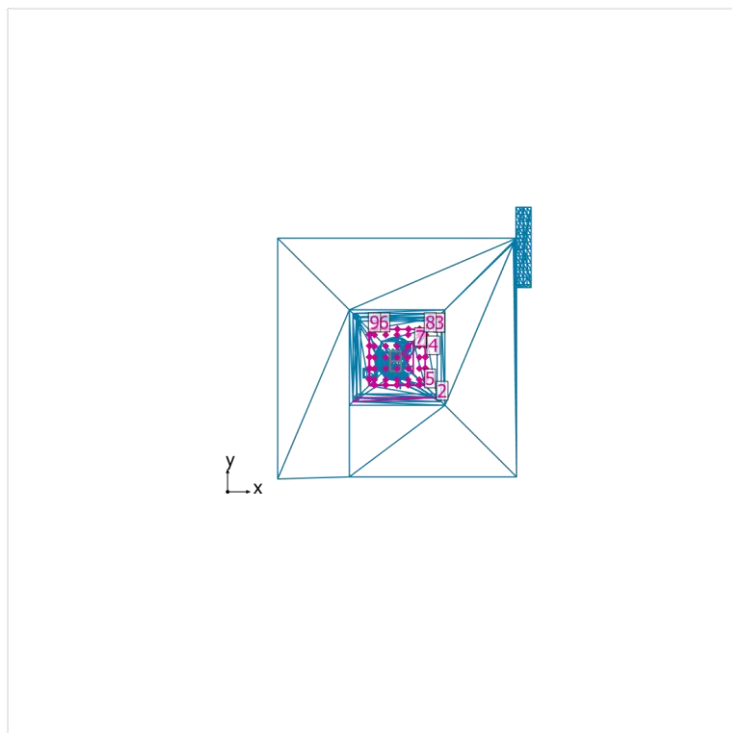
Terreno 1

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
2	Uniel - UL-00000391 ULF-F11-50W/DW IP65 1 WHITE Прожектор светодиодный Emisión de luz 1 Lámpara: 1xULF-F10-50W/DW Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 4300 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4300 lm Potencia: 50.0 W Rendimiento lumínico: 86.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xULF-F10-50W/DW: CCT 6000 K, 9CRI		

Flujo luminoso total de lámparas: 8600 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 8600 lm, Potencia total: 100.0 W, Rendimiento lumínico total: 86.0 lm/W

Terreno 1 / Superficie de cálculo

Terreno 1



Factor de degradación: 0.80

General

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.

1	Superficie de cálculo 2	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 2.057 m	2437	1186	4002	0.49	0.30
5	Superficie de cálculo 9	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 2.531 m	2.93	1.12	6.59	0.38	0.17
8	Superficie de cálculo 10	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 2.531 m	937	16.4	2213	0.018	0.007
3	Superficie de cálculo 11	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 2.550 m	1.96	0.86	4.03	0.44	0.21
9	Superficie de cálculo 12	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 2.531 m	2.96	1.06	6.72	0.36	0.16
6	Superficie de cálculo 13	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 2.531 m	910	5.57	2247	0.006	0.002

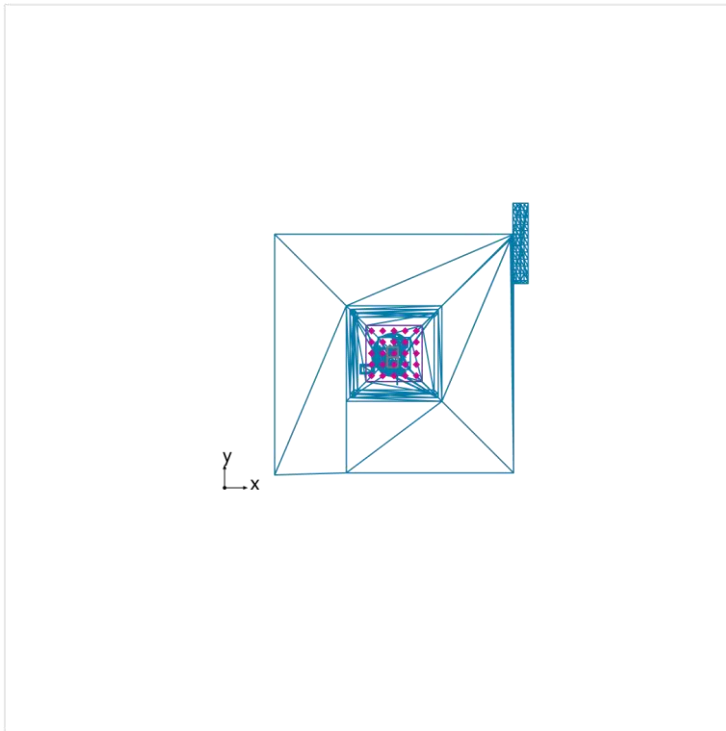
Objetos de resultado de superficies

2	Objeto de resultado de superficies 1 (Muebles) (Adaptativamente) [lx]	Iluminancia perpendicular	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00
	Densidad lumínica [cd/m ²]		0.027	0.027	0.027	1.00	1.00

Terreno 1 / Superficie de cálculo

4	Objeto de resultado de superficies 3 (Muebles)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	2950	2056	3438	0.70	0.60
		Densidad lumínica [cd/m ²]	85.2	59.4	99.3	0.70	0.60
7	Objeto de resultado de superficies 4 (Muebles)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	2964	2387	3324	0.81	0.72
		Densidad lumínica [cd/m ²]	85.6	68.9	96.0	0.80	0.72

Superficie de cálculo 2 / Iluminancia perpendicular



Factor de degradación: 0.80

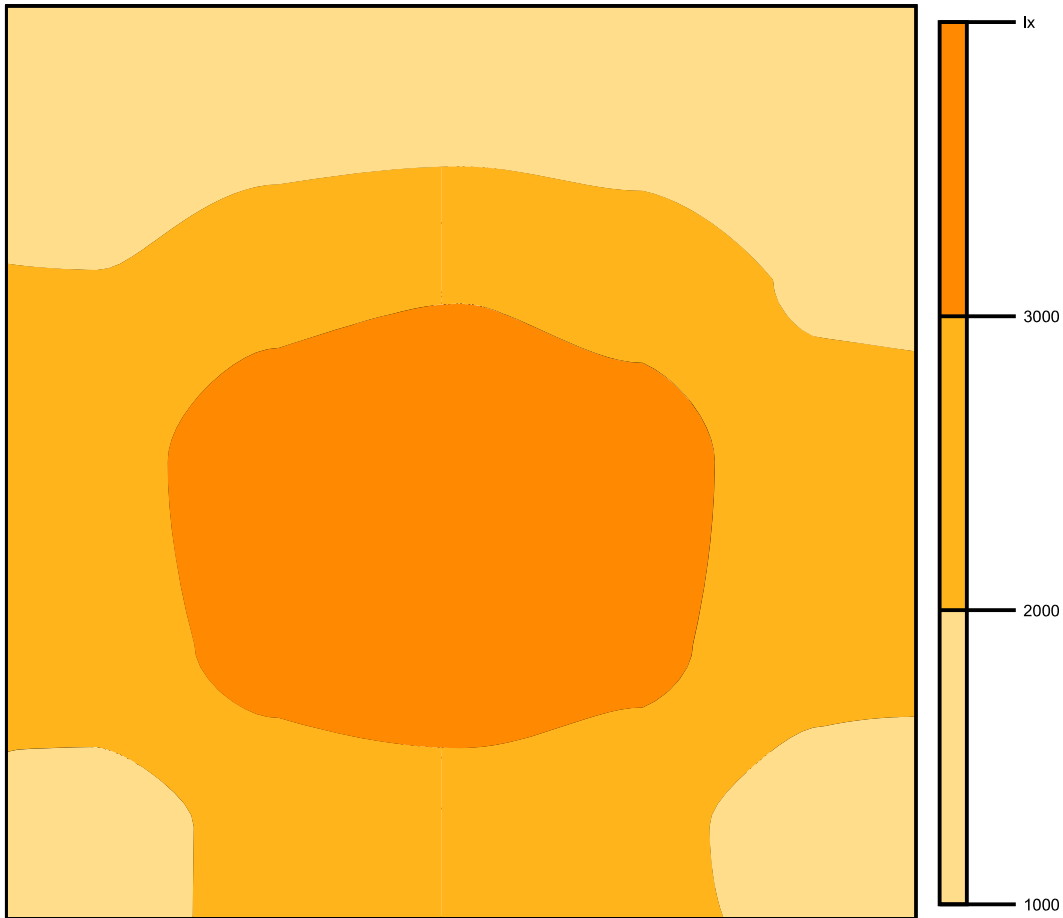
Superficie de cálculo 2: Iluminancia perpendicular (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 2437 lx, Min: 1186 lx, Max: 4002 lx, Mín./medio: 0.49, Mín./máx.: 0.30

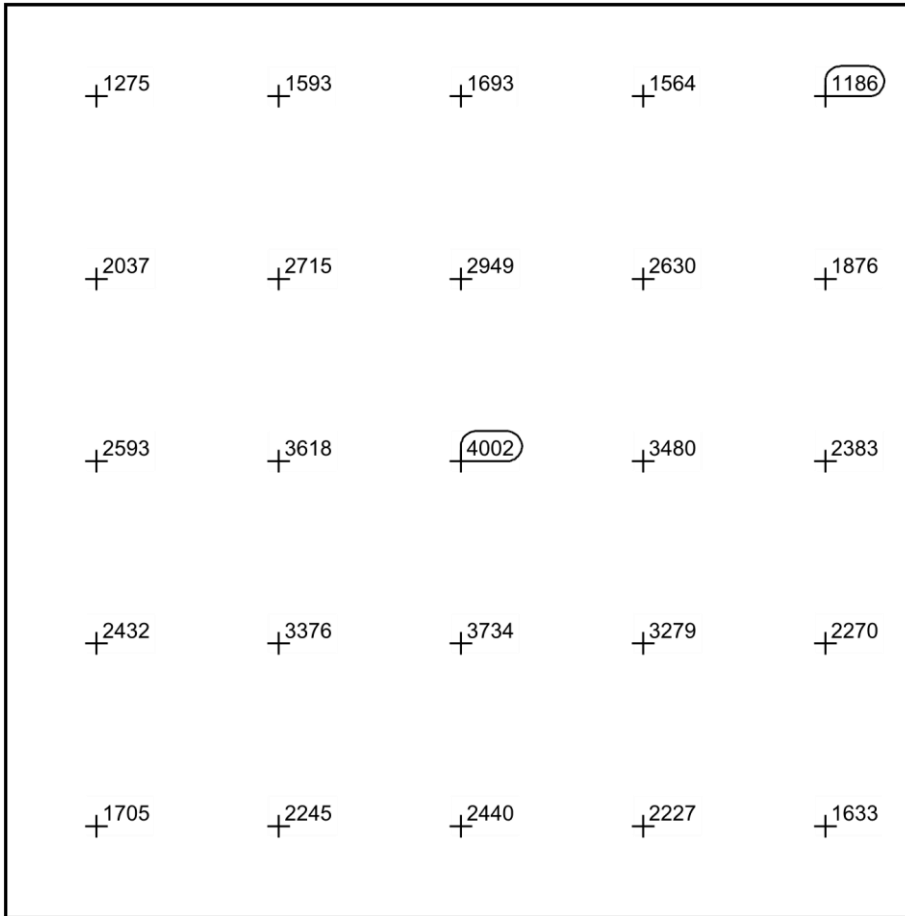
Altura: 2.057 m

Isolíneas [lx] Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 10

Sistema de valores [lx]



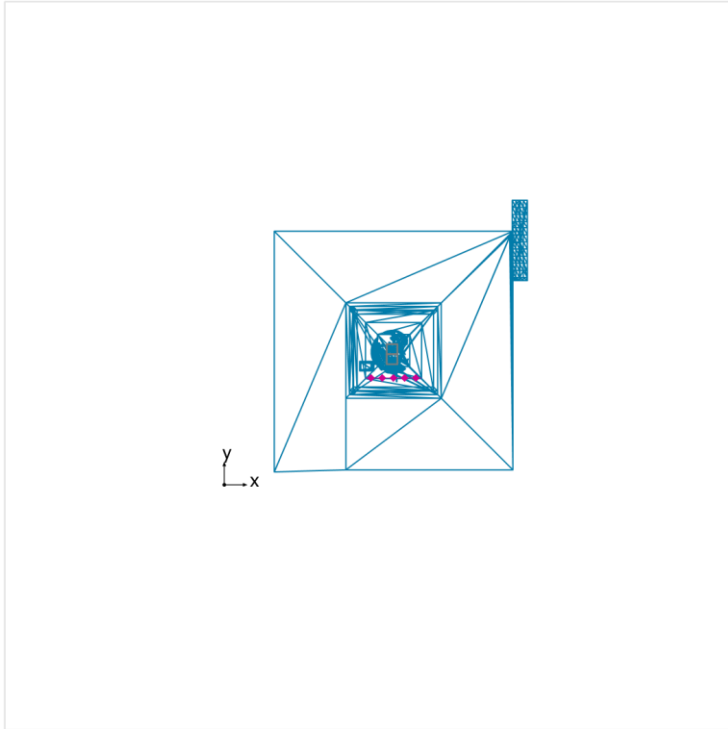
Escala: 1 : 10

Tabla de valores [lx]

m	-	-	0.000	0.241	0.482
0.483	0.482	0.241	1693	1564	1186
0.241	1275	1593	2949	2630	1876
0.000	2037	2715	4002	3480	2383
-	2593	3618	3734	3279	2270
0.241	2432	3376	3734	3279	2270
-	1705	2245	2440	2227	1633
0.483	1705	2245	2440	2227	1633

Superficie de cálculo 9 / Iluminancia perpendicular

Factor de degradación: 0.80



**Superficie de cálculo 9: Iluminancia perpendicular
(Trama)**

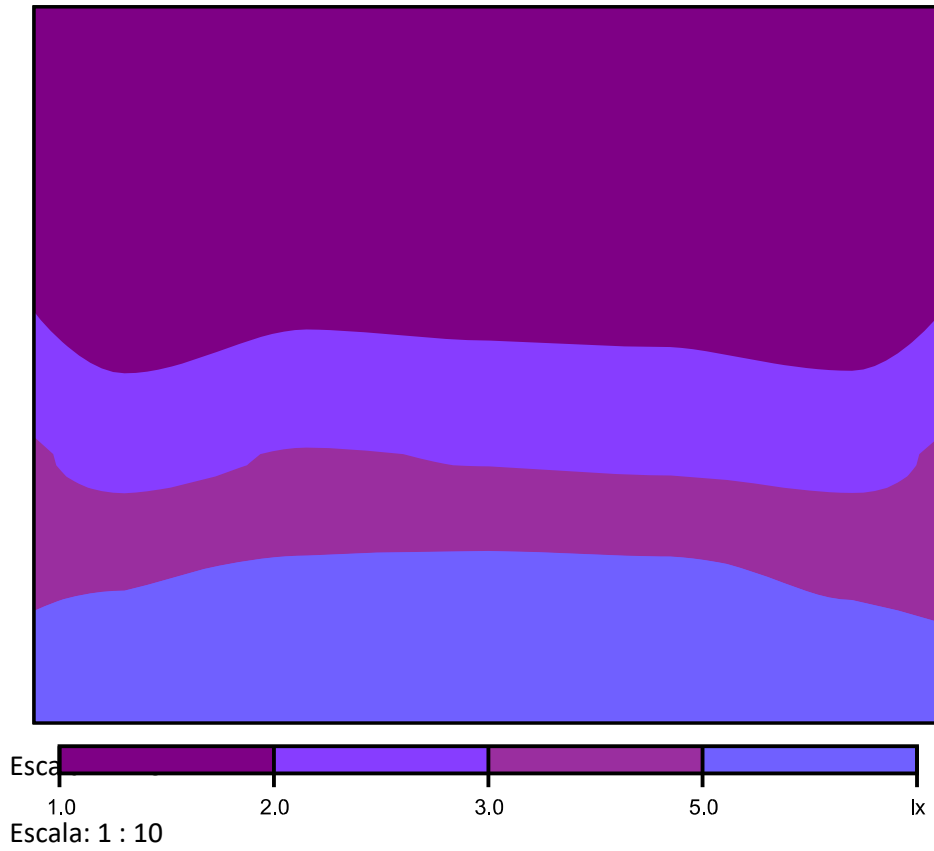
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 2.93 lx, Min: 1.12 lx, Max: 6.59 lx, Mín./medio: 0.38,

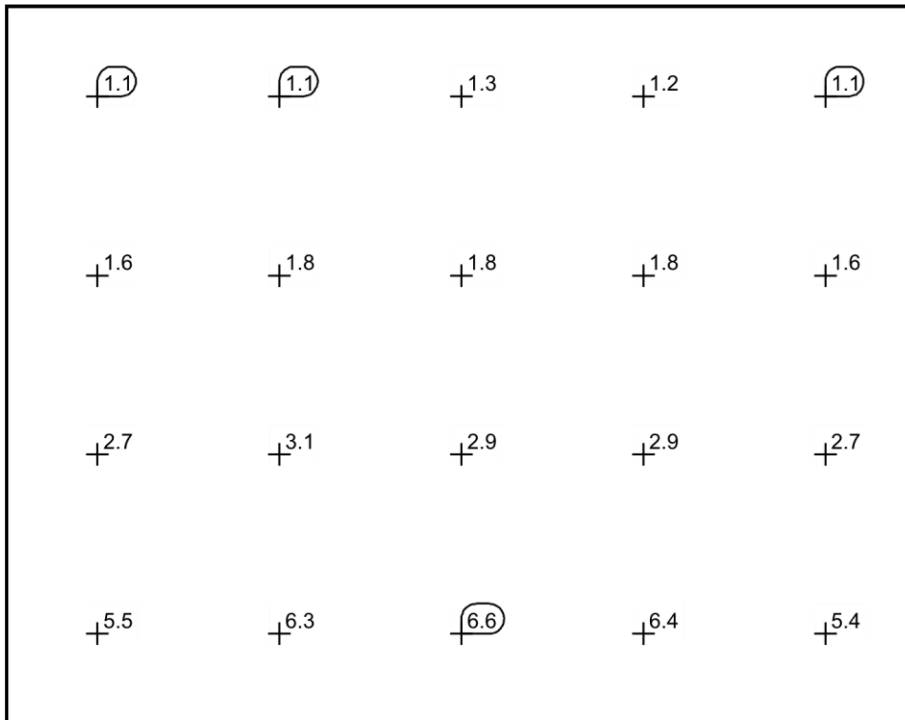
Mín./máx.: 0.17

Altura: 2.531 m

Isolúreas [lx]



Sistema de valores [lx]



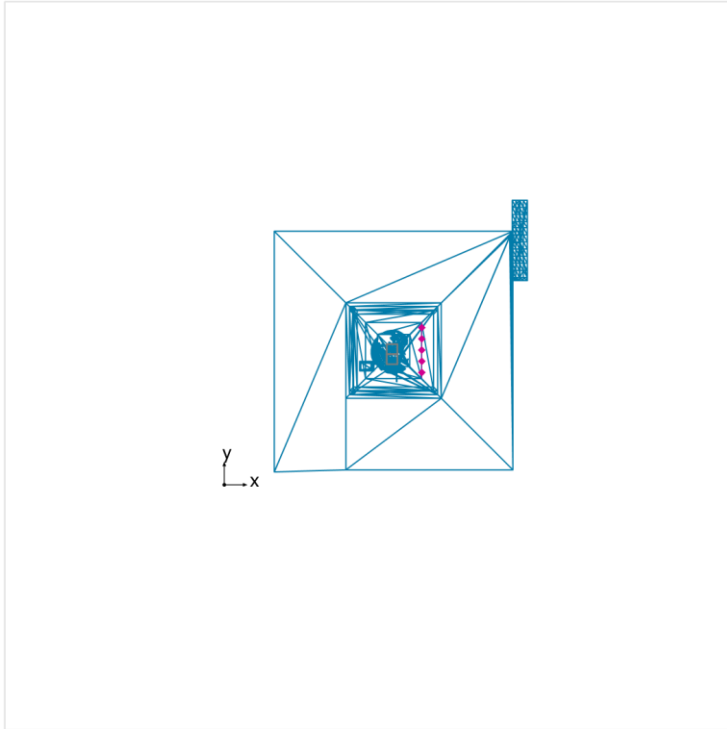
Escala: 1 : 10

Tabla de valores [lx]

m	-	-	0.000	0.241	0.482
0.355	1.12	1.14	1.27	1.17	1.12
0.118	1.58	1.84	1.79	1.77	1.58
-	2.67	3.06	2.95	2.86	2.71
0.118					
-	5.46	6.28	6.59	6.37	5.35
0.355					

Superficie de cálculo 10 / Iluminancia perpendicular

Factor de degradación: 0.80



**Superficie de cálculo 10: Iluminancia perpendicular
(Trama)**

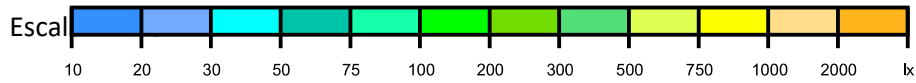
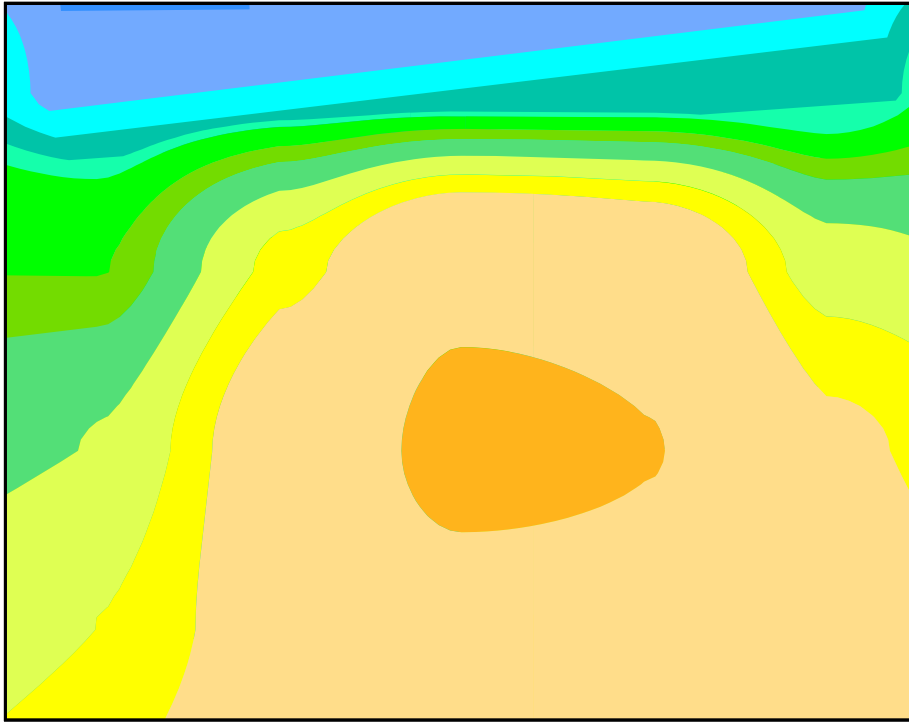
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 937 lx, Min: 16.4 lx, Max: 2213 lx, Mín./medio: 0.018,

Mín./máx.: 0.007

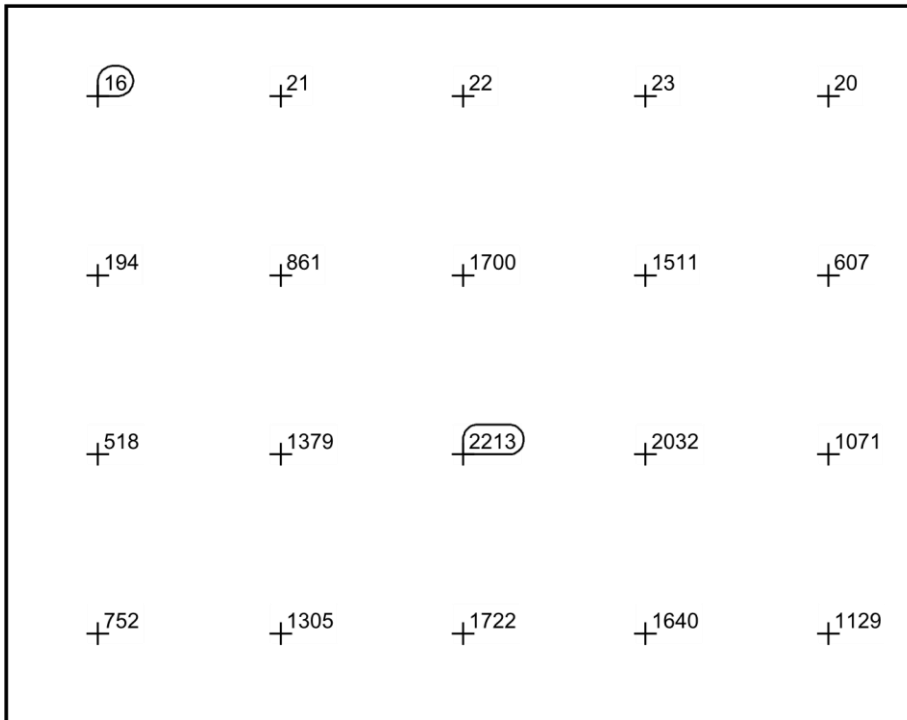
Altura: 2.531 m

Isolúneas de lux [lx]



Escala: 1 : 10

Sistema de valores [lx]



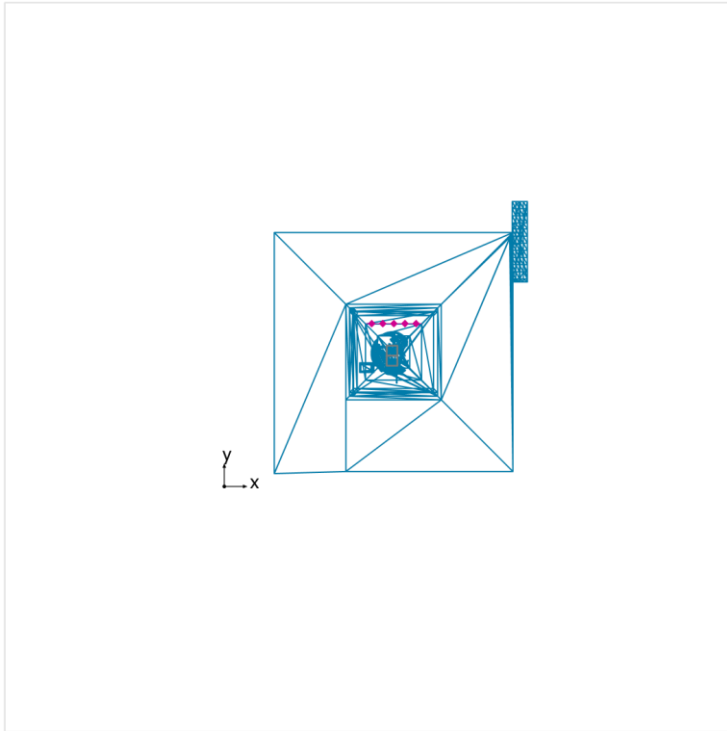
Escala: 1 : 10

Tabla de valores [lx]

m	-	-	0.000	0.241	0.483
0.355	1129	1640	1722	1305	752
0.118	1071	2032	2213	1379	518
-	607	1511	1700	861	194
0.118					
-	20.4	22.9	22.3	20.5	16.4
0.355					

Superficie de cálculo 11 / Iluminancia perpendicular

Factor de degradación: 0.80



Superficie de cálculo 11: Iluminancia perpendicular

(Trama)

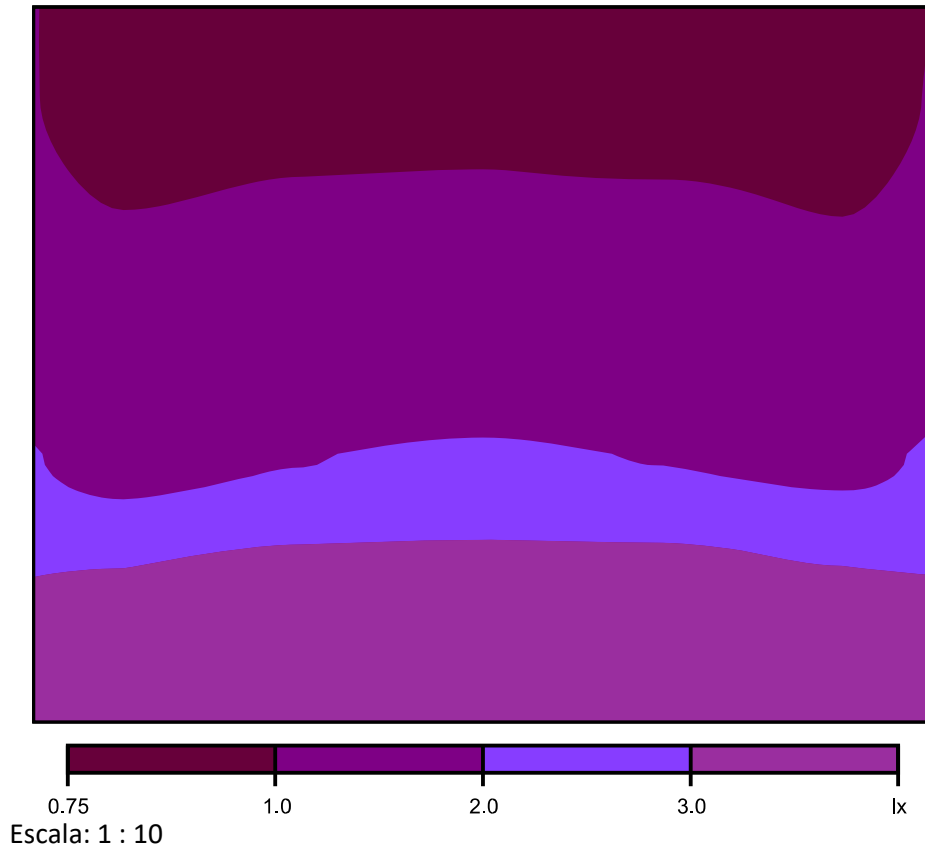
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 1.96 lx, Min: 0.86 lx, Max: 4.03 lx, Mín./medio: 0.44,

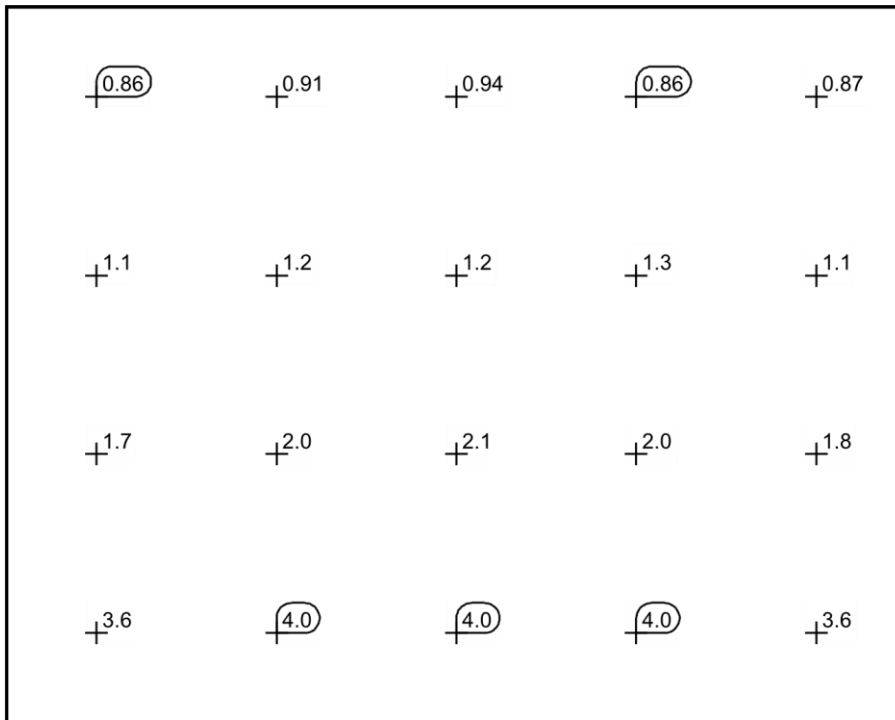
Mín./máx.: 0.21

Altura: 2.550 m

Isolíneas [lx] Colores falsos [lx]



Sistema de valores [lx]



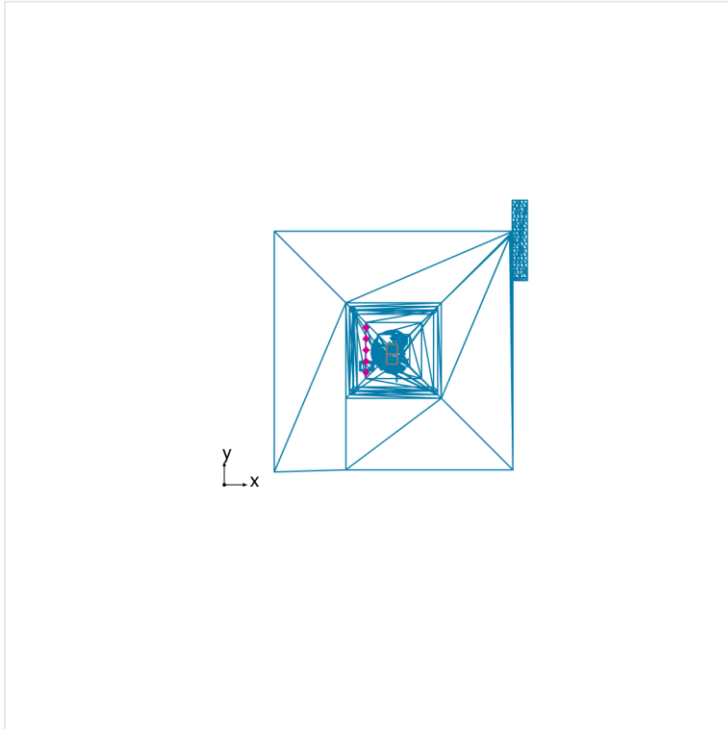
Escala: 1 : 10

Tabla de valores [lx]

m	-	-	0.000	0.238	0.477
0.355	0.477	0.238	0.94	0.86	0.87
0.118	1.14	1.25	1.23	1.31	1.12
-	1.71	1.96	2.11	1.97	1.81
0.118					
-	3.59	3.98	3.99	4.03	3.62
0.355					

Superficie de cálculo 12 / Iluminancia perpendicular

Factor de degradación: 0.80



**Superficie de cálculo 12: Iluminancia perpendicular
(Trama)**

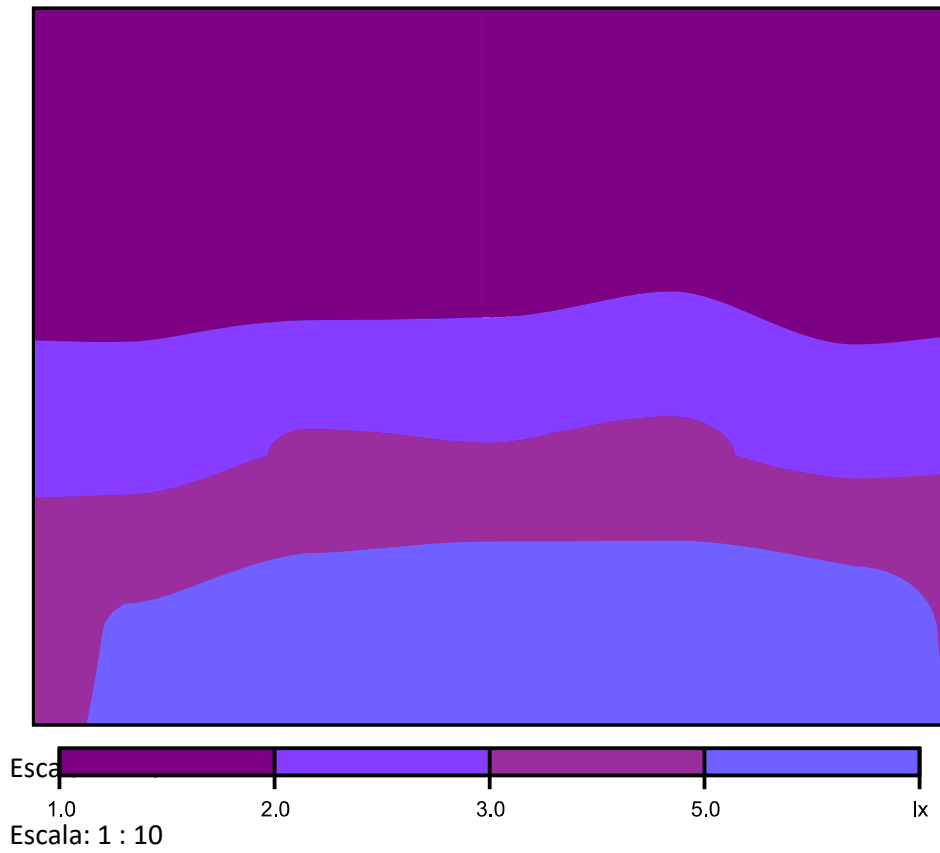
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 2.96 lx, Min: 1.06 lx, Max: 6.72 lx, Mín./medio: 0.36,

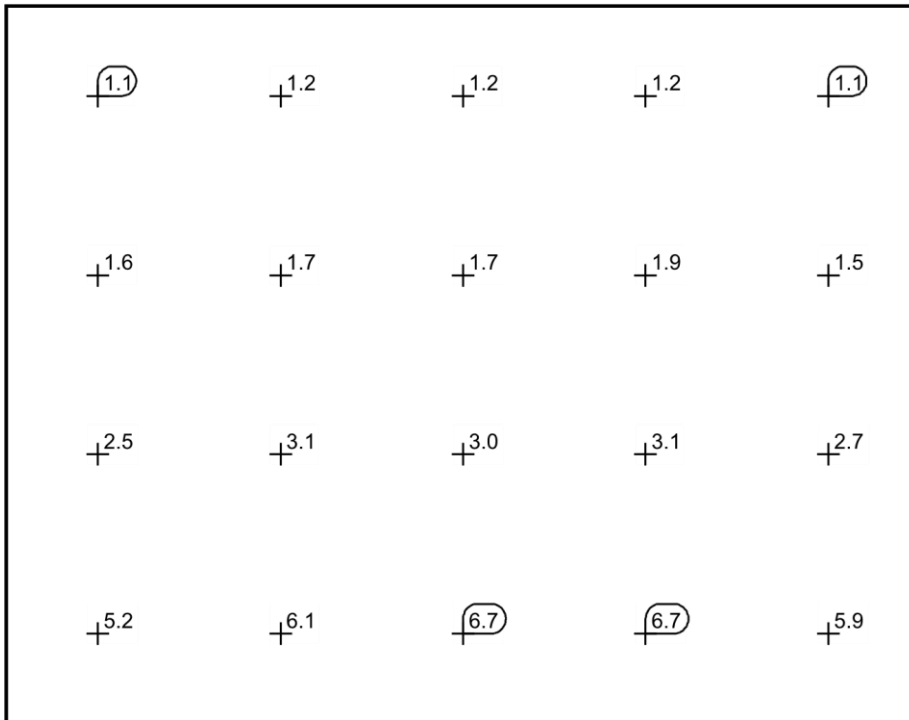
Mín./máx.: 0.16

Altura: 2.531 m

Isolúneas [lx]



Sistema de valores [lx]



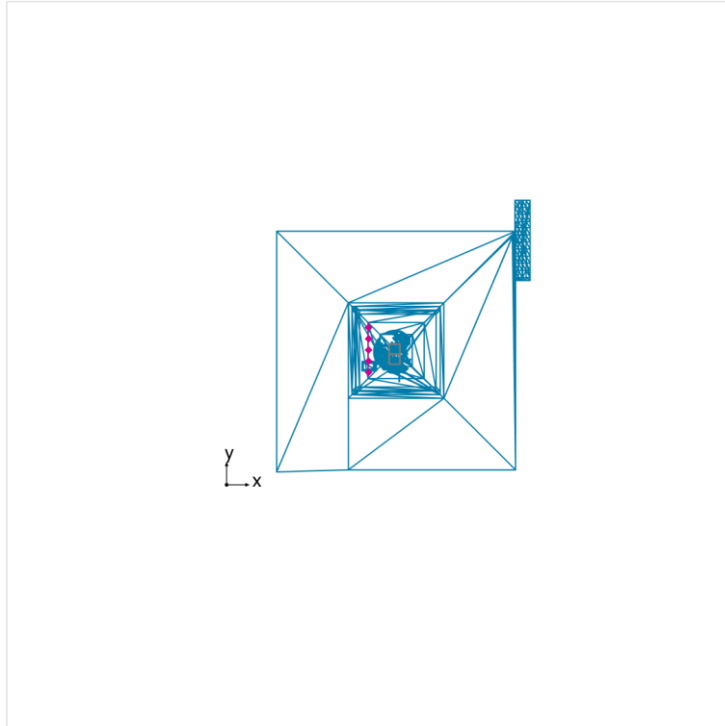
Escala: 1 : 10

Tabla de valores [lx]

m	-	-	0.000	0.241	0.483
0.355	0.483	0.241	6.72	6.11	5.19
0.118	2.70	3.12	3.02	3.07	2.50
-	1.54	1.91	1.72	1.70	1.64
0.118					
-	1.10	1.16	1.16	1.20	1.06
0.355					

Superficie de cálculo 13 / Iluminancia perpendicular

Factor de degradación: 0.80



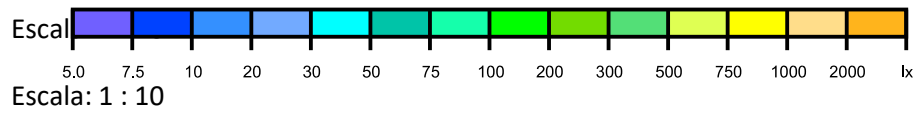
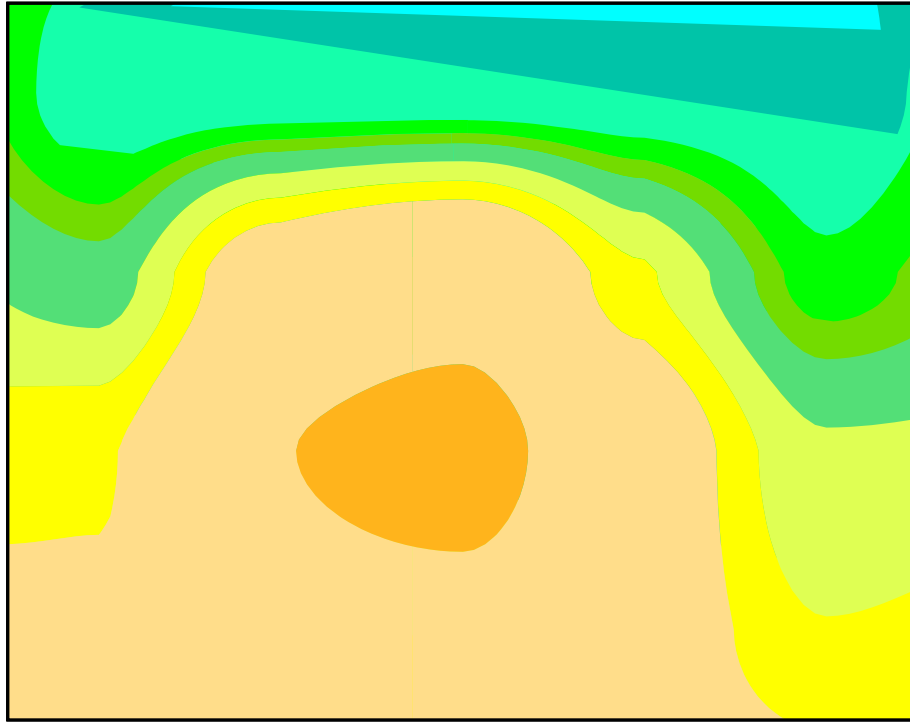
Superficie de cálculo 13: Iluminancia perpendicular (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

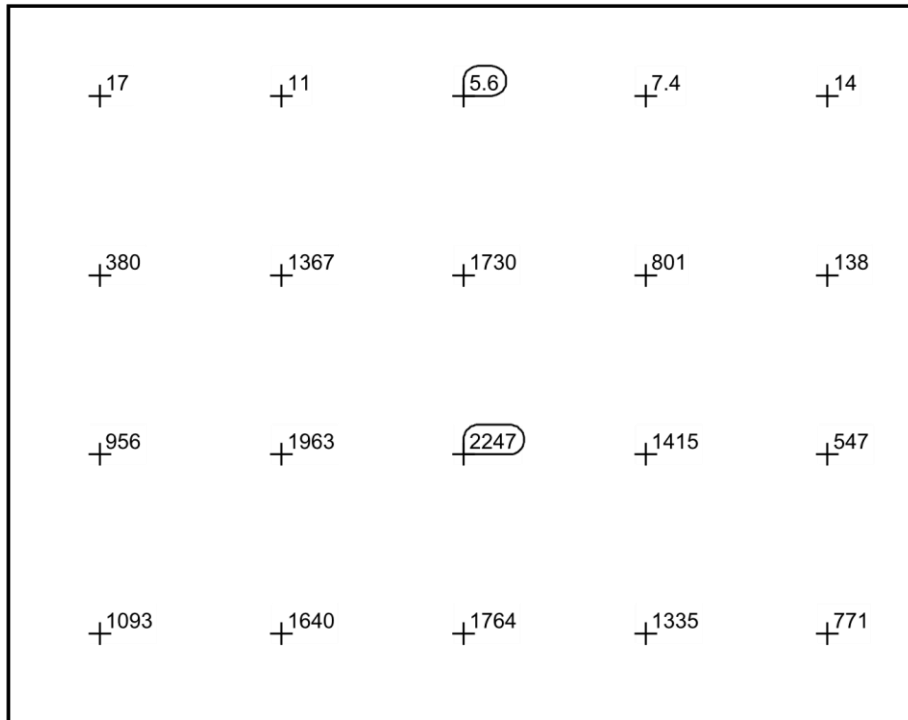
Media: 910 lx, Min: 5.57 lx, Max: 2247 lx, Mín./medio: 0.006, Mín./máx.: 0.002

Altura: 2.531 m

Isolúreas de [lx]



Sistema de valores [lx]

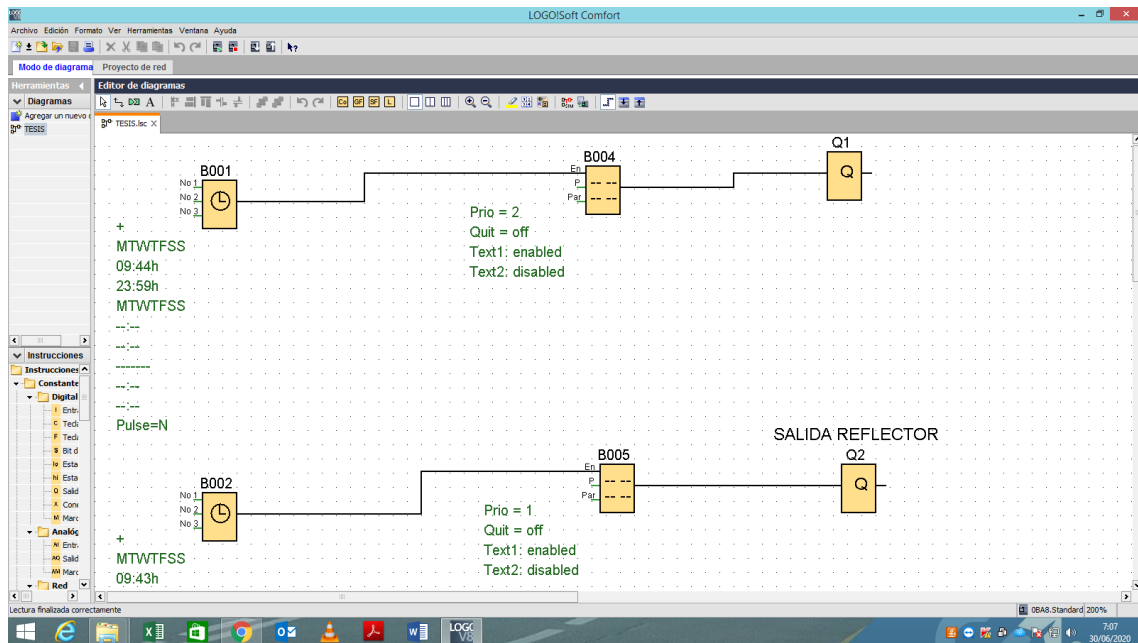
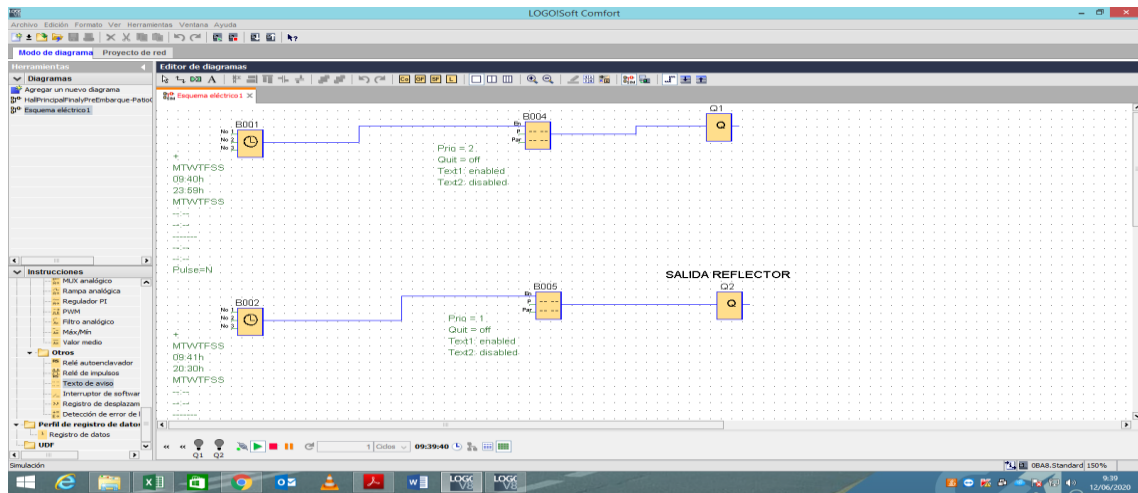
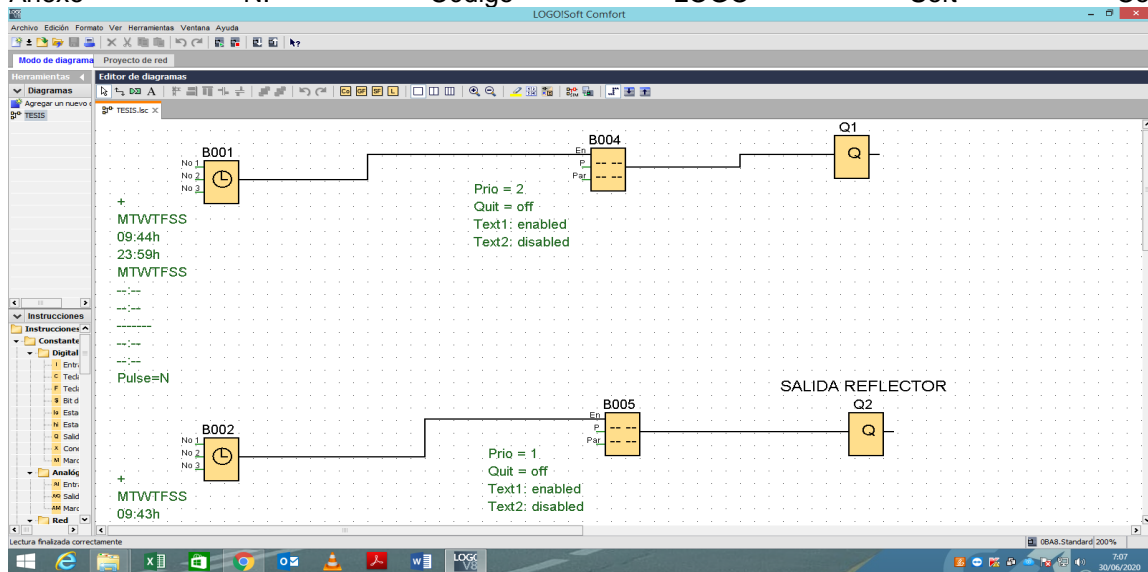


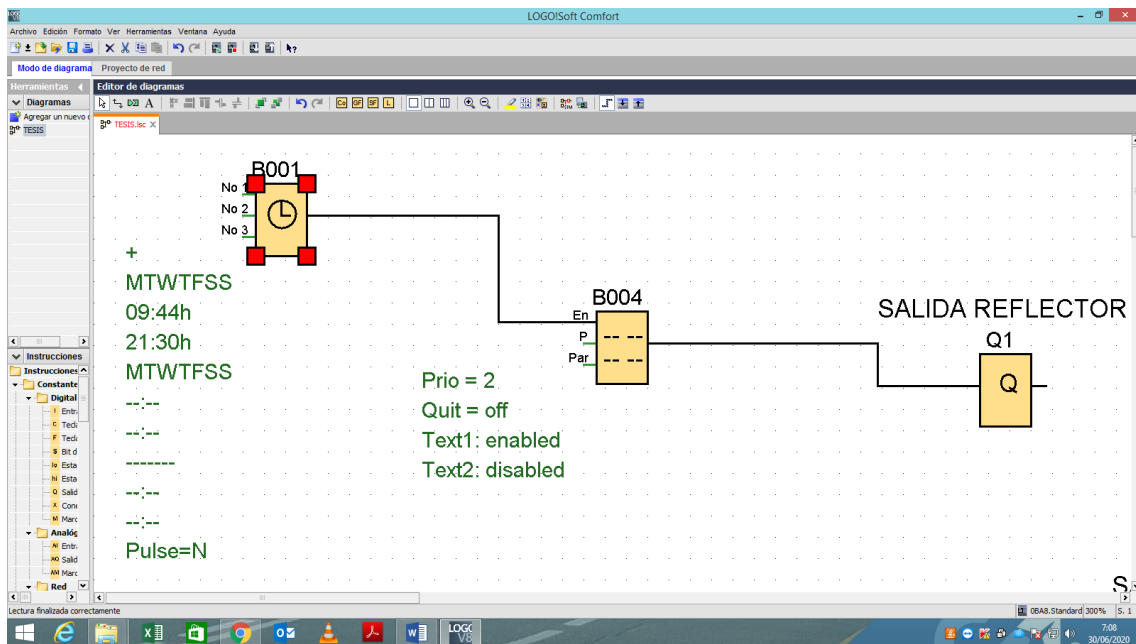
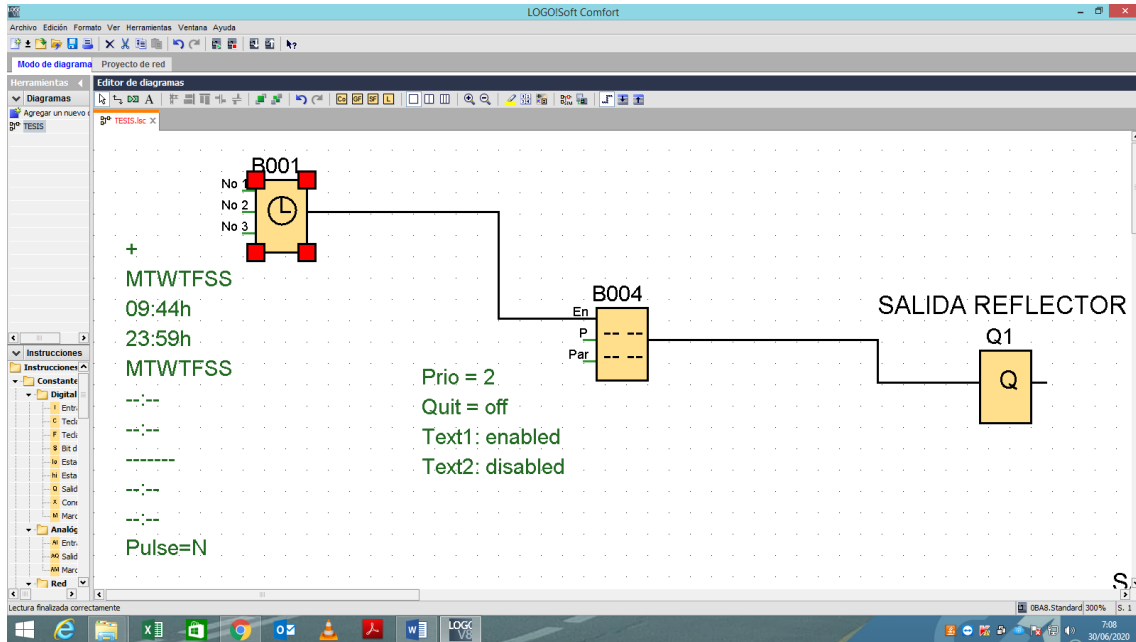
Escala: 1 : 10

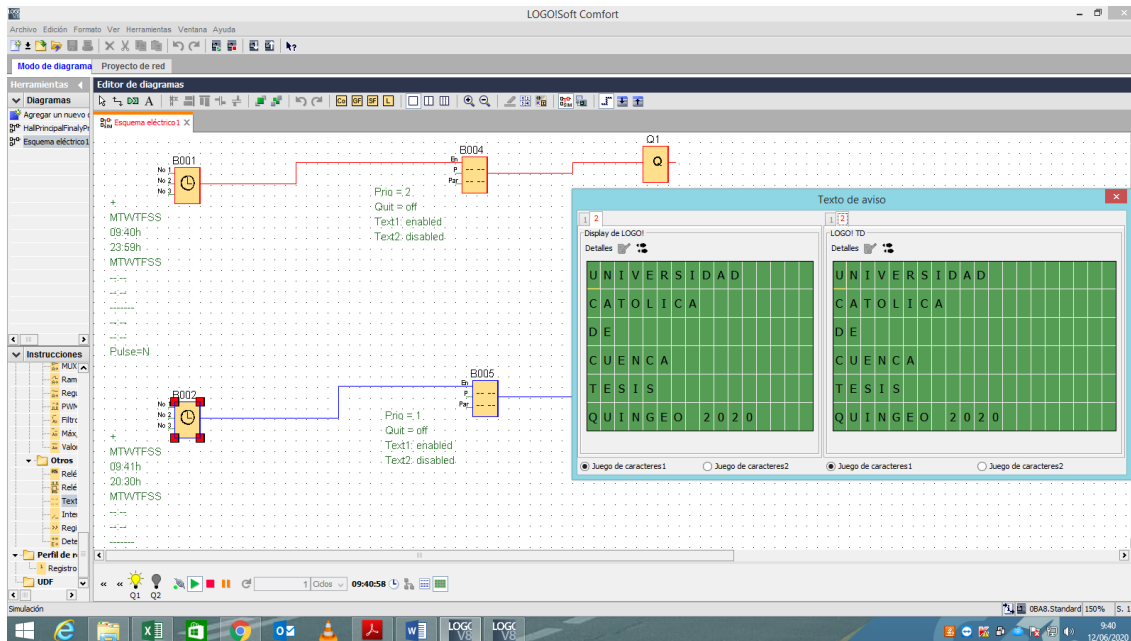
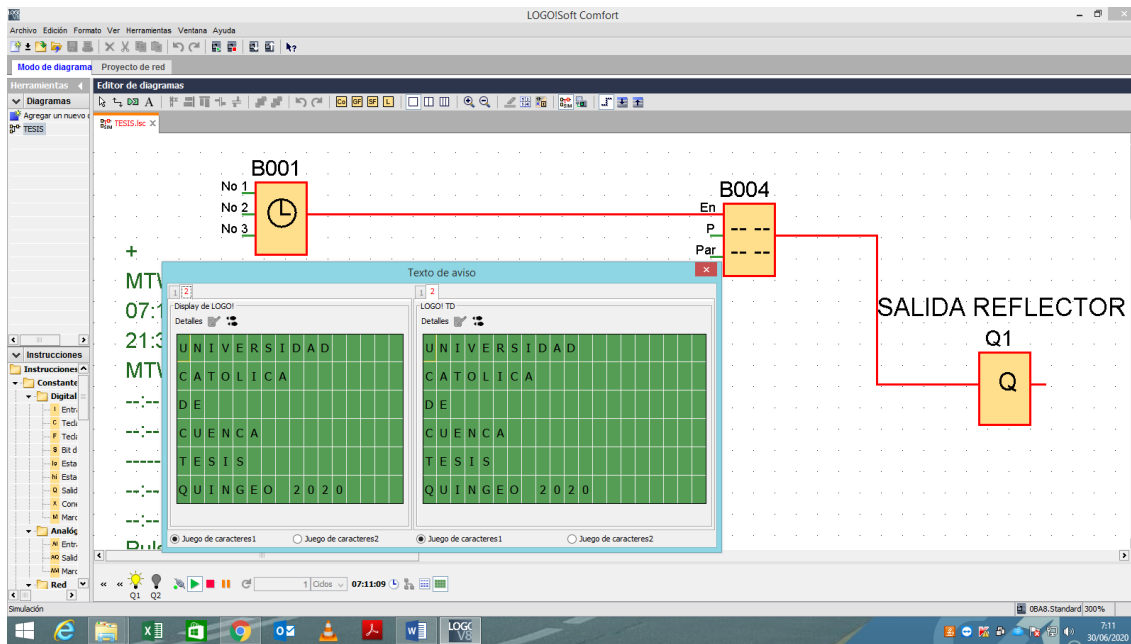
Tabla de valores [lx]

m	-	-	0.000	0.241	0.481
	0.481	0.241			
0.355	16.9	11.1	5.57	7.45	14.3
0.118	380	1367	1730	801	138
-	956	1963	2247	1415	547
0.118					
-	1093	1640	1764	1335	771
0.355					

Anexo M. Carta Dialux iluminación 100w, haz de luz invertida.







AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Jhonathan Alexander Apraez Cando** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0104799481 y **Cristian Paul Armijos Yalamá** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 1726925728. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“MODELADO Y SIMULACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE SISTEMAS SOLARES A MONUMENTOS. CASO DE ESTUDIO PUNTAHACIENDA, QUINGEO”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 04 de agosto de 2020



F:
Jhonathan Alexander Apraez Cando
Ci: 0104799481



F:
Cristian Paul Armijos Yalamá
Ci: 1726925728