UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE MATRIZ CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“PARAMETRIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS FOTOVOLTAICOS BASADO EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA, APLICADO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Pablo Andrés Peña Ortiz.
Franklin Stalin Pinos Vergara

DIRECTOR: Ing. Diego Paúl Chacón Troya, Mdhd.

CUENCA - ECUADOR

2014

“PARAMETRIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS FOTOVOLTAICOS BASADO EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA, APLICADO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”

PARAMETRIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS FOTOVOLTAICOS BASADO EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA, APLICADO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PABLO ANDRÉS PEÑA ORTIZ.

FRANKLIN STALIN PINOS VERGARA.

Egresados de la Carrera
Ingeniería Eléctrica
Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca

Dirigido por:

DIEGO PAÚL CHACÓN TROYA

Ingeniero Eléctrico, Mdhd
Docente de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca
Carrera de Ingeniería Eléctrica

Datos de catalogación Bibliográfica

PABLO ANDRÉS PEÑA ORTIZ
FRANKLIN STALIN PINOS VERGARA.

PARAMETRIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS FOTOVOLTAICOS BASADOS EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA, APLICADO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. Cuenca – Ecuador 2014

Ingeniería Eléctrica.

Formato 210 x 197 mm **Páginas:** 225

Pablo Andrés Peña Ortiz

Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

Email: pablortiz2000@hotmail.com

Franklin Stalin Pinos Vergara.

Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

Email: franklinstalin@hotmail.com

Ing. Diego Paúl Chacón Troya, Mdhd.

Ingeniero Eléctrico, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador.
Master en Domótica y Hogar Digital, Universidad Politécnica de Madrid.
Docente de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Email: dchacon@ups.edu.ec

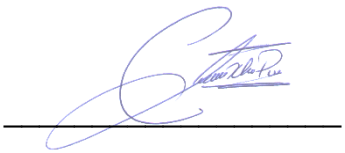
Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS
©Universidad Politécnica Salesiana
CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA
IMPRESO EN ECUADOR – PRINTED IN ECUADOR

DECLARATORIA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. En tal virtud los fundamentos técnicos – científicos y los resultados son exclusiva responsabilidad de los autores.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.



Pablo Andrés Peña Ortiz. Franklin Stalin Pinos Vergara.

Cuenca, Octubre 2014

DECLARATORIA

Yo Ing. Diego Chacón, certifico haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos de la tesis titulada "PARAMETRIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS FOTOVOLTAICOS BASADO EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA, APLICADO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA", realizada por los señores Pablo Andrés Peña Ortiz y Franklin Stalin Pinos Vergara, y por lo tanto autorizo su presentación.

_____

Ing. Diego Paúl Chacón Troya, Mdhd.

Cuenca, Octubre 2014

AGRADECIMIENTOS.

Queremos agradecer a nuestras familias, quienes siempre estuvieron apoyándonos incondicionalmente para que la culminación de este proyecto haya sido exitoso y satisfactorio.

Agradecemos también a nuestro amigo y director de tesis, Ing. Diego Chacón Mdhd, que nos ha guiado durante todo el proceso y desarrollo de este tema, colaborándonos gratamente con su experiencia y conocimientos que nos han sido de gran ayuda durante todo el tiempo de la elaboración de este proyecto.

Un especial agradecimiento al Ing. Freddy Campoverde, quien más que profesor durante nuestra vida universitaria, ha sido un gran amigo, promotor e idealizador del tema propuesto, que esperamos sea de gran ayuda e interés para el desarrollo de nuestra ciudad.

Gracias también a las personas de la Universidad Politécnica Salesiana, que con su colaboración y logística, permitieron que se construya la infraestructura que nos ayudó a desarrollar nuestro tema de tesis.

Además a todas las personas que se involucraron de manera desinteresada, ayudándonos a salir adelante.

Pablo Peña...

Franklin Pinos...

DEDICATORIA.

Dedico este proyecto primero a Dios que me ha dado salud, vida y fortaleza para seguir adelante, a mis Padres que con su amor y apoyo incondicional durante todo este tiempo me ayudaron a no decaer y siempre confiaron en mí, a mis hermanas que constantemente me animaron a finalizarlo, a mi abuelita †Blanca y mi Tía Greta quienes permanentemente estuvieron pendientes de la culminación de este proyecto de manera desinteresada por el gran afecto y cariño que me tienen, además quiero dedicar de manera muy especial a mi esposa Gaby quien siempre fue mi apoyo y pilar fundamental para no darme por vencido.

Pablo Andrés Peña Ortiz.

DEDICATORIA.

Este proyecto lo quiero dedicar de manera muy especial primero a mis padres, quienes son los autores principales que haya llegado a estas instancias de mi vida, que con su paciencia y perseverancia están todo el tiempo pendiente de mí futuro y porvenir, demostrándome humildad, sacrificio y trabajo diario para luchar por mi bienestar.

A mis hermanos, porque siempre están en el momento cuando más se los necesita, que con su constante apoyo supieron brindarme esa energía de positivismo para alcanzar mi tan anhelada meta. También para aquellas personas que llegaron de una forma muy especial a mi vida para demostrarme que todo cambio y sacrificio tiene su gran recompensa.

"La verdadera educación consiste en obtener lo mejor de uno mismo. ¿Que otro libro se puede estudiar mejor que el de la humildad?"

Mahatma Gandhi

Franklin Stalin Pinos Vergara

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL IX
ÍNDICE DE FIGURAS. XII
ÍNDICE DE TABLAS XVI
NOMENCLATURA XVIII
RESUMEN XXI
PRESENTACIÓN XXII
ANTECEDENTES. XXIII
JUSTIFICACIÓN XXIII
OBJETIVO GENERAL XXIV
OBJETIVOS ESPECÍFICOS XXV
1. CAPÍTULO 1: CONCEPTOS GENERALES ..... - 1 -
1.1 INTRODUCCIÓN. ..... - 1 -
1.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. ..... - 2 -
1.2.1 COORDENADAS DE LA TIERRA. ..... - 3 -
1.2.2 DECLINACIÓN. ..... - 5 -
1.2.3 COORDENADAS SOLARES. ..... - 6 -
1.3 CÉLULA SOLAR. ..... - 8 -
1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. ..... - 8 -
1.3.2 FUNCIONAMIENTO. ..... - 9 -
1.3.3 PARÁMETROS ELÉCTRICOS. ..... - 12 -
1.3.4 TIPOS DE CÉLULAS SOLARES. ..... - 16 -
1.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. ..... - 18 -
1.4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. ..... - 18 -
1.4.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS. ..... - 20 -
1.4.3 CONEXIÓN DE MÓDULOS. ..... - 22 -
1.5 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS. ..... - 25 -
1.5.1 BATERÍAS. ..... - 25 -
1.5.2 REGULADORES. ..... - 27 -
1.5.3 INVERSORES FOTOVOLTAICOS. ..... - 28 -
1.6 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ..... - 30 -
1.6.1 SISTEMAS AISLADOS. ..... - 30 -

1.6.2 CONEXIÓN A LA RED. ..... - 32 -
1.7 RADIACIÓN SOLAR. ..... - 32 -
1.7.1 EFECTOS DE LA ATMÓSFERA SOBRE LA RADIACIÓN. - 33 -
1.7.2 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE. ... - 35 -
1.7.3 IRRADIANCIA. ..... - 36 -
1.7.4 IRRADIACIÓN. ..... - 37 -
1.7.5 RECOPILACIÓN DE DATOS DE RADIACIÓN. ..... - 37 -
1.8 EQUIPOS Y ELEMENTOS PARA EL ESTUDIOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS. ..... - 44 -
1.8.1 LUMINARIAS. ..... - 44 -
1.8.3 PANELES SOLARES Y PROTECCIONES. ..... - 50 -
1.8.2 CÁLCULO DE ENERGÍA DIARIA. ..... - 51 -
1.8.4 REGULADOR DE CARGA Y PROTECCIONES. ..... - 55 -
1.8.5 BATERÍA Y PROTECCIONES. ..... - 56 -
1.8.6 INVERSOR Y PROTECCIONES. ..... - 58 -
1.8.7 CIRCUITO Y CABLEADO ELÉCTRICO. ..... - 59 -
2. CAPÍTULO 2: VARIABLES DE LOS PANELES SOLARES. ..... - 61 -
2.1 VARIABLES COMUNES PANELES SOLARES. ..... - 61 -
2.1.1. ORIENTACIÓN DE LOS PANELES SOLARES. ..... - 61 -
2.1.2. ACIMUT SOLAR. ..... - 63 -
2.1.3. INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES. ..... - 64 -
2.1.4. DISPOSICIÓN DE LOS PANELES SOLARES. ..... - 66 -
2.2 PARÁMETROS DEL LOS PANELES SOLARES ..... - 70 -
2.2.1 CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL GENERADOR. . - 75 -
2.2.2 VOLTAJE A CIRCUITO ABIERTO DEL GENERADOR. .... - 76 -
2.2.3 POTENCIA MÁXIMA DEL GENERADOR. ..... - 76 -
2.2.4 CORRIENTE EN EL PUNTO MÁXIMO DE POTENCIA. ..... - 77 -
2.2.5 VOLTAJE EN EL PUNTO MÁXIMO DE POTENCIA. ..... - 77 -
2.2.6 RENDIMIENTO Y FACTOR DE FORMA. ..... - 77 -
2.3 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL PANEL CON UNA VARIABLE ESPECÍFICA. ..... - 81 -
2.3.1 EFECTOS DE LA TEMPERATURA. ..... - 81 -

2.4 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO CONSIDERANDO DOS VARIABLES..... - 88 -

2.4.1 LA IRRADIACIÓN EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN..... - 88 -

2.5 AGENTES EXTERNOS QUE NO AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LOS PANELES SOLARES. ..... - 92 -

2.5.1 VELOCIDAD DEL VIENTO..... - 92 -

2.5.2 SOMBRAS. ..... - 92 -

3. CAPÍTULO 3: DESARROLLADO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS. ..... - 94 -

3.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE. ..... - 94 -

3.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN LA PROGRAMACIÓN.- 95 -

3.3 OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES PROGRAMADAS Y RESULTADOS. ..... - 97 -

3.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE PANELES SOLARES CON PARÁMETROS CALCULADOS. ..... - 102 -

3.5 SELECCIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS PARA NUESTRA REGIÓN. ..... - 105 -

4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ..... - 107 -

Bibliografía..... - 113 -

Anexos. ..... - 114 -

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1:1 Principales energías renovable y no renovable; a) hidráulica; b) térmica; c) nuclear; d) eólica; e) solar térmica; f) solar fotovoltaica; g) biomasa. *Fuente* (1 p. 8) ..... - 2 -
Figura 1:2 Latitud. *Fuente* (2 pág. 8) ..... - 4 -
Figura 1:3 Longitud. *Fuente* (2 pág. 9) ..... - 5 -
Figura 1:4 Declinación. *Fuente* (3 pág. 20). ..... - 5 -
Figura 1:5 Esfera celeste. *Fuente* (2 pág. 10). ..... - 6 -
Figura 1:6 Coordenadas solares. *Fuente* (2 pág. 10) ..... - 7 -
Figura 1:7 Elevación solar. *Fuente* (2 pág. 10) ..... - 7 -
Figura 1:8 Ángulo o distancia cenital. *Fuente* (3 pág. 20) ..... - 8 -
Figura 1:9 Estructura básica de una célula solar. *Fuente* (2 pág. 27) ..... - 8 -
Figura 1:10 Célula solar en circuito abierto. *Fuente* (2 pág. 24) ..... - 10 -
Figura 1:11 Célula solar en cortocircuito. *Fuente* (2 pág. 24) ..... - 11 -
Figura 1:12 Célula solar conectada a un receptor. *Fuente* (2 pág. 24) .... - 12 -
Figura 1:13 Características de I-V y P-V de una célula solar. *Fuente* (2 pág. 25). ..... - 13 -
Figura 1:14 Características de I-V de una célula solar en función de la irradiancia. *Fuente* (2 pág. 26) ..... - 15 -
Figura 1:15 Características de I-V de una célula solar en función de la temperatura de la célula. *Fuente* (2 pág. 26) ..... - 16 -
Figura 1:16 Célula de silicio monocristalino. *Fuente* (3 pág. 32). ..... - 17 -
Figura 1:17 Célula de silicio policristalino. *Fuente* (3 pág. 32). ..... - 17 -
Figura 1:18 Célula de silicio amorfo. *Fuente* (3 pág. 33) ..... - 18 -
Figura 1:19 Estructura de un módulo fotovoltáico. *Fuente* (2 pág. 28) .... - 18 -
Figura 1:20 Caja de conexión de un módulo fotovoltaico. *Fuente* (2 pág. 29) - 20 -
Figura 1:21 Módulo con células conectadas en serie. *Fuente* (3 pág. 42)- 22 -
Figura 1:22 Módulo con células conectadas en paralelo. *Fuente* (3 pág. 42). - 22 -
Figura 1:23 Conexión de **Ns** módulos en serie. *Fuente* (2 pág. 36). ..... - 23 -
Figura 1:24 Conexión de **NP** módulos en paralelo. *Fuente* (2 pág. 37) ... - 24 -

Figura 1:25 Conexión de **NS** módulos en serie y **NP** ramas en paralelo. *Fuente* (2 pág. 37) ..... - 25 -
Figura 1:26 Elementos constitutivos de una batería. *Fuente* (2 pág. 70) - 26 -
Figura 1:27 Relación entre capacidad y número de ciclos de una batería. *Fuente* (3 pág. 52) ..... - 26 -
Figura 1:28 Sistema fotovoltaico autónomo. *Fuente* (2 pág. 94) ..... - 27 -
Figura 1:29 Esquema del principio de un inversor. *Fuente* (3 pág. 57). .. - 29 -
Figura 1:30 Curva de rendimiento de un inversor. *Fuente* (2 pág. 108) . - 29 -
Figura 1:31 Espectro electromagnético de la radiación solar. *Fuente* (2 pág. 14) ..... - 33 -
Figura 1:32 Pérdidas por masa de aire. *Fuente* (3 pág. 24) ..... - 34 -
Figura 1:33 Tipos de radiación solar sobre una superficie. *Fuente* (1 p. 34) . - 36 -
Figura 1:34 Irradiancia sobre la superficie. *Fuente.* (5) ..... - 36 -
Figura 1:35 Curva de radiación solar Agosto 2012. *Fuente* (6) ..... - 40 -
Figura 1:36 Curva de radiación solar Octubre 2013. *Fuente* (6) ..... - 40 -
Figura 1:37 Curva de radiación solar Febrero 2014. *Fuente* (6)..... - 41 -
Figura 1:38 Luminarias seleccionadas. *Fuente* (Autores). ..... - 45 -
Figura 1:39 Curva de flujo luminoso. Luminarias Galaxi GL72. *Fuente* (Autores). ..... - 47 -
Figura 1:40 Coordenadas de ubicación de las luminarias. *Fuente* (Autores). - 47 -
Figura 1:41 Simulación de luminarias Greenstar en parqueadero U.P.S. *Fuente* (Autores). ..... - 49 -
Figura 1:42 Ubicación real de las luminarias en las instalaciones de la U.P.S. *Fuente* (Autores). ..... - 49 -
Figura 1:43 Protecciones en las ramas de los paneles fotovoltaicos. *Fuente* (Autores). ..... - 51 -
Figura 1:44 Pérdidas en un sistema fotovoltaico. *Fuente* (2 pág. 135).... - 52 -
Figura 1:45 Breaker termomagnético de riel bipolar de 32 A. para protección de regulador de carga. *Fuente* (Autores). ..... - 56 -
Figura 1:46 Breaker termomagnético de riel monopolar de 32 A. para protección de batería. *Fuente* (Autores). ..... - 57 -

Figura 1:47 Inversor de 12v /350w. *Fuente* (Autores). ..... - 58 -
Figura 1:48 Breaker termomagnético de riel bipolar de 40 A. para protección del inversor. *Fuente* (Autores)..... - 59 -
Figura 1:49 Tablero de control del sistema fotovoltaico. *Fuente* (Autores). - 60 -
Figura 2:1 Latitud y longitud de los paneles solares dentro de la Universidad Politécnica Salesiana. *Fuente* (8) ..... - 62 -
Figura 2:2 Paneles solares orientados al norte, en la terraza del Edificio Mario Rizzini de la Universidad Politecnica Salesiana *Fuente* (Autores). - 62 -
Figura 2:3 Orientación manual de los paneles solares. *Fuente* (3 pág. 94)- 63 -
Figura 2:4 Acimut Solar. *Fuente* (2 pág. 10) ..... - 64 -
Figura 2:5 Superficie normal a la radiación solar a) Al mediodía del solsticio de invierno b) Al mediodía de los equinoccios c) Al mediodía de los solsticios de verano. *Fuente* (2 pág. 12) ..... - 65 -
Figura 2:6 Distancia mínima entre filas de módulos instalados en un mismo plano. *Fuente* (2 pág. 178)..... - 68 -
Figura 2:7 Separación de paneles con inclinación óptima. *Fuente* (Autores). - 69 -
Figura 2:8 Curvas características de una célula solar. *Fuente* (9)..... - 70 -
Figura 2:9 Circuito eléctrico de una célula solar ideal. *Fuente* (9)..... - 70 -
Figura 2:10 Circuito equivalente de una célula solar con resistencia serie – paralelo. *Fuente* (10) ..... - 71 -
Figura 2:11 Curva I-V, curva P-V de un sistema fotovoltaico. *Fuente* (Autores)..... - 79 -
Figura 2:12 Variación del Voc. por efectos de la temperatura en paneles monocristalinos. *Fuente* (Autores). ..... - 83 -
Figura 2:13 Variación del Voc. por efectos de la temperatura en paneles policristalinos. *Fuente* (Autores)..... - 83 -
Figura 2:14 Variación de la potencia por efectos de la temperatura en paneles monocristalinos. *Fuente* (Autores). ..... - 84 -
Figura 2:15 Variación de la potencia por efectos de la temperatura en paneles policristalinos. *Fuente* (Autores). ..... - 85 -

Figura 2:16 Imagen Termográfica. Panel monocristalino en horas pico de sol. *Fuente* (Autores)..... - 86 -
Figura 2:17 Imagen Termográfica. Panel policristalino en horas pico de sol. *Fuente* (Autores)..... - 86 -
Figura 2:18 Imagen Termográfica. Panel monocristalino en horas ausencia de sol. *Fuente* (Autores) ..... - 87 -
Figura 2:19 Imagen Termográfica. Panel policristalino en horas ausencia de sol. *Fuente* (Autores) ..... - 87 -
Figura 2:20 Representación de parámetros afectados por la temperatura. *Fuente* (9)..... - 88 -
Figura 3:1 Pantalla de presentación. *Fuente (Autores).* ..... - 97 -
Figura 3:2 Pantalla de selección para análisis de paneles. *Fuente (Autores).* - 98 -
Figura 3:3 Pantalla de cálculo de parámetros de paneles. *Fuente (Autores).* - 98 -
Figura 3:4 Resultados de paneles monocristalinos. *Fuente (Autores).* ... - 99 -
Figura 3:5 Resultados de paneles policristalinos. *Fuente (Autores).* ..... - 100 -
Figura 3:6 Comportamiento de paneles con variación de parámetros (Irradiacion, Temperatura). *Fuente (Autores).* ..... - 101 -
Figura 3:7 Comportamiento de paneles con variación de parámetros (Irradiacion, Temperatura). *Fuente (Autores).* ..... - 101 -
Figura 3:8 Comparación de graficas por efectos de la temperatura con valores calculados y programados en paneles monocristalinos. *Fuente* (Autores). ..... - 104 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:1 Datos de radiación en Ecuador. *Fuente* (CONELEC). ..... - 38 -
Tabla 1:2 Datos de radiación solar de la Estación Meteorológica U.P.S. *Fuente* (Autores). ..... - 39 -
Tabla 1:3 Tabla de radiación y temperatura promedios de la estación meteorológica de la U.P.S. *Fuente* (Autores). ..... - 42 -
Tabla 1:4 Datos de irradiación de diferentes estaciones meteorológicas de Cuenca. *Fuente* (INER, Autores) ..... - 43 -
Tabla 1:5 Características de fábrica de luminarias. *Fuente* (7) ..... - 46 -
Tabla 1:6 Cuadro comparativo de luxes y candelas de las diferentes luminarias. *Fuente* (Autores). ..... - 48 -
Tabla 1:7 Tensión nominal del sistema en función de la potencia. *Fuente* (2 pág. 132) ..... - 52 -
Tabla 2:1 Voltajes máximos generados por paneles monocristalinos. *Fuente* (Autores). ..... - 66 -
Tabla 2:2 Voltajes máximos generados por paneles policristalinos. *Fuente* (Autores). ..... - 66 -
Tabla 2:3 Separación entre filas de paneles fotovoltaicos. *Fuente* (Autores). - 69 -
Tabla 2:4 Separación de filas con inclinación óptima. *Fuente* (Autores). - 69 -
Tabla 2:5 Datos nominales de paneles solares. *Fuente* (Autores). ..... - 73 -
Tabla 2:6 Datos de radiación y temperatura de la Estación Meteorologíca U.P.S. *Fuente* (Autores)..... - 74 -
Tabla 2:7 Parámetros calculados del panel monocristalino. *Fuente* (Autores). ..... - 74 -
Tabla 2:8 Parámetros calculados del panel policristalino. *Fuente* (Autores). . - 75 -
Tabla 2:9 Parámetros calculados del sistema de 3 paneles monocristalinos. *Fuente* (Autores). ..... - 80 -
Tabla 2:10 Parámetros calculados del sistema de 3 paneles policristalinos. *Fuente* (Autores). ..... - 80 -

Tabla 2:11 Variación de parámetros por efectos de temperatura. *Fuente* (Autores)..... - 82 -
Tabla 2:12 Irradiación calculada de paneles monocristalinos. *Fuente (*Autores)..... - 90 -
Tabla 2:13 Irradiación calculada de paneles policristalinos. *Fuente (*Autores). ..... - 91 -
Tabla 3:1 Comparación de resultados entre paneles solares *Fuente (Autores).*..... - 103 -

NOMENCLATURA

$\emptyset$	Latitud.
$\boldsymbol{\delta}$	Declinación.
$\boldsymbol{\delta_n}$	Días del año (1-365 tomando como 1 para el primer día de enero).
$\boldsymbol{\gamma_s}$	Elevación solar.
$\boldsymbol{\psi_s}$	Acimut solar.
$\boldsymbol{\theta_{zs}}$	Ángulo o distancia cenital.
µm	Micromilímetros.
$\boldsymbol{V_{oc}}$	Tensión de circuito abierto.
$\boldsymbol{I_{sc}}$	Intensidad de cortocircuito.
$\boldsymbol{V_{ocn}}$	Nueva tensión de circuito abierto.
$\boldsymbol{I_{scn}}$	Nueva Intensidad de cortocircuito.
$\boldsymbol{I_L}$	Intensidad suministrada por la célula.
$\boldsymbol{V_L}$	Tensión en el receptor conectado a la célula.
R	Resistencia del receptor.
$\boldsymbol{P_L}$	Potencia entregada por la célula.
$\boldsymbol{P_{max}}$	Potencia máxima de la célula.
$\boldsymbol{V_{mpp}}$	Tensión máxima de la célula.
$\boldsymbol{I_{mpp}}$	Intensidad máxima de la célula.
A	Amperios.
V	Voltios.
Ω	Ohmios.
W	Vatios.
FF	Factor de forma.
$\boldsymbol{E_{rec}}$	Energía de los receptores.
$\boldsymbol{k_b}$	Pérdidas en la batería.
$\boldsymbol{k_c}$	Pérdidas en el convertidor.
$\boldsymbol{k_r}$	Pérdidas en el regulador.
$\boldsymbol{k_x}$	Pérdidas en la instalación.
$\boldsymbol{k_a}$	Pérdidas en auto descarga.
$\boldsymbol{D_{aut}}$	Días de autonomía.

P_{dmax}	Profundidad de descarga máxima.
k_T	Pérdidas totales.
E_T	Energía total diaria.
I_F	Corriente del fusible para protección de paneles.
I_r	Corriente del fusible para protección de regulador.
I_b	Corriente del fusible para protección de batería.
I_{inv}	Corriente del fusible para protección de inversor.
V_{bat}	Voltaje del banco de baterías.
P_{ent}	Potencia de entrada del sistema.
η	Eficiencia o rendimiento de conversión.
G	Irradiancia en condiciones CEM (1000W/m^2).
A_c	Área superficial de la célula.
$I_{sc(G)}$	Intensidad de cortocircuito para una irradiación G.
$I_{sc(CEM)}$	Intensidad de cortocircuito en condiciones CEM.
T_c	Temperatura de trabajo de la célula.
T_a	Temperatura ambiente.
$TONC$	Temperatura de operación nominal célula (800 w/m^2)
$°C$	Grados centígrados.
U_M	Tensión del módulo.
N_s	Número de células asociadas en serie.
U_c	Tensión de una célula solar.
I_M	Intensidad del módulo.
N_p	Número de células/ramas en paralelo.
I_c	Intensidad de una célula solar.
P_M	Potencia del módulo.
P_c	Potencia de una célula solar.
I_G	Intensidad del generador.
U_G	Tensión del generador.
AM	Masa de aire.
J	Julios.
ΔV	Caída de tensión en los cables, en (%).
S	Sección de cables en mm^2.

$\boldsymbol{\beta_{opt}}$	Ángulo de inclinación óptima (grados).
$\|\emptyset\|$	Latitud del lugar, valor Absoluto (grados).
d	Distancia mínima (m).
h	Altura del módulo proyectada sobre la vertical (m).
$\boldsymbol{P_{Gmax}}$	Potencia máxima del generador (W).
$\boldsymbol{U_{Goc}}$	Tensión de circuito abierto del generador (V).
$\boldsymbol{I_{Gsc}}$	Intensidad de cortocircuito del generador (A).
$\boldsymbol{U_{Gmpp}}$	Tensión máxima del generador (V).
$\boldsymbol{I_{Gmpp}}$	Intensidad máxima del generador (A).
$\boldsymbol{G_{incidente}}$	Irradiancia incidente (w/m^2).

RESUMEN

En este proyecto se busca Parametrizar los Sistemas Eléctricos Fotovoltaicos basados en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca que para ello se aplica en la Universidad Politécnica Salesiana.

La energía solar es una fuente que puede ser muy bien aprovechada de varias maneras, sin embargo el generar energía eléctrica por este medio y con la ayuda de paneles solares depende mucho del lugar o la zona en la que se pretende aplicar la misma, es decir, la cantidad de radiación solar y temperatura no es igual en todos los lugares donde se requiere obtener este tipo de generación.

Para el caso de la ciudad de Cuenca, se ha recopilado información de la radiación solar y temperatura a través de una estación meteorológica instalada dentro de la Universidad Politécnica Salesiana. Con la información obtenida y la oportuna investigación de los diferentes tipos de paneles solares presentes en nuestro medio, se analizan los parámetros esenciales para una generación apropiada y eficiente.

Un software desarrollado en este tema nos ayuda a tener un resultado más claro de nuestro objetivo, gracias al previo análisis de los parámetros de datos de radiación, temperatura y la tabulación de éstos en el software antes mencionado, dándonos como resultado gráficas comparativas que nos beneficia al momento de elegir un panel fotovoltaico que se adapte a las condiciones solares en las que se encuentra la ciudad de Cuenca.

Terminando el análisis sabremos cuál de los tipos de paneles solares existentes será el más adecuado para ser recomendado o tomado en cuenta al realizar instalaciones fotovoltaicas que suministren de energía eléctrica a cualquier sistema autónomo.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto de tesis, está dividido en dos partes, un teórico, en el cual se analiza toda la formulación y programación de curvas de paneles solares, cuyo desarrollo se verá más adelante en este documento.

La parte práctica fue desarrollada en la azotea del edificio “Mario Rizzini” de la Universidad Politécnica Salesiana sede en Cuenca, con la finalidad de aprovechar el área despejada que se encuentra en la parte más alta del edificio, siendo ideal para la captación de radiación en los paneles solares instalados, con la ventaja de ser un lugar libre de sombras.

Todo el sistema de generación con paneles solares está destinado para ser aprovechado tanto por los profesores así como por los estudiantes de futuras generaciones que se interesen en energías renovables o limpias.

En estos años la Universidad ha estado realizando inversiones en proyectos investigativos de energías verdes, con el objetivo de aportar al medio ambiente y a la sociedad. Estas energías alternativas que hoy en día se han vuelto una opción para ser aprovechada en espacios de difícil acceso o ya construidos como es nuestro caso.

Este sistema de paneles además de tener la finalidad de ser investigativo, novedoso y amigable con el ambiente, se los va a utilizar para iluminar un nuevo parqueadero construido en la parte posterior del edificio.

ANTECEDENTES.

Considerando desde el punto de vista energético a nivel nacional, existen muchas generadoras de grandes potencias que abastecen a cantones, provincias, industrias, fábricas y ciudades enteras, pero sin embargo con el crecimiento de la población, las energías renovables a pequeña escala presentan una alternativa económica y ambiental factible para la provisión de energía a comunidades rurales remotas y para la expansión de la capacidad eléctrica instalada.

La necesidad de utilizar una energía limpia, consiste en la transformación de energía solar en energía eléctrica, empleando un sistema apropiado; se le conoce como generación fotovoltaica. **[1]**

En una generación fotovoltaica, los elementos pueden durar hasta aproximadamente unos 20 años, dependiendo del tipo de fabricante, la calidad y los años de garantía, complementado con una bitácora de mantenimiento adecuado y continuo de la misma instalación.

La energía solar fotovoltaica, como fuente renovable, se presenta como una alternativa respetuosa con el medio ambiente. La fuente de energía es a nivel humano inagotable, y el impacto del proceso de generación de energía es prácticamente nulo, sin emisiones a la atmósfera ni ruido.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existen gran cantidad de paneles solares a nuestra disposición, que pueden ser adquiridos con un presupuesto programado sin embargo, no todos cumplen o tienen las mismas condiciones de funcionamiento y rendimiento. .

El conocer las características óptimas y condiciones de funcionamiento de los diferentes paneles solares que existe en nuestro medio, nos ayuda a

determinar las condiciones necesarias para un adecuado desempeño en las diferentes aplicaciones.

Los paneles solares pueden ser muy bien aprovechados cuando se los coloca de manera directa a las horas pico de sol, es decir, su ubicación y orientación recomendable, establecen parámetros muy importantes a ser considerados en una generación fotovoltaica.

Todas estas variables son necesarias e imprescindibles, puesto que nos ayudaran a definir un modelo aproximado del panel, para el lugar en el cual se quiera establecer una generación fotovoltaica.

PROBLEMÁTICA.

Definir constantes para el análisis de los diferentes modelos (tamaño de celdas, potencia (vatio pico), la cantidad de energía eléctrica que requieren cargas específicas, etc.), tamaños de los paneles solares que existe en el mercado nacional.

Desarrollar un software que nos permitan realizar un cálculo de valores aceptables, para obtener un resultado con alto rendimiento en los paneles.

De acuerdo a los resultados obtenidos, dar a conocer los paneles solares que tendrán mayor aceptación en el mercado nacional por su alto rendimiento.

OBJETIVO GENERAL

Parametrizar los sistemas Eléctricos Fotovoltaicos basado en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca aplicado en la Universidad Politécnica Salesiana.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre los paneles solares presentes en el medio, con sus características técnicas más importantes para definir parámetros de cada uno de ellos.
- Recopilar información de los niveles de radiación solar y temperatura que se registran en Cuenca.
- Realizar el montaje o instalación de paneles solares en la U.P.S. para el respectivo monitoreo y análisis de generación de los mismos.
- Desarrollar un software para facilitar el comportamiento y cálculo de diferentes parámetros importantes de investigación y comprobar resultados.
- Establecer tablas comparativas de acuerdo a los parámetros de cada panel para comprobar su capacidad de generación.

1. CAPÍTULO 1: CONCEPTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN.

Generalmente la energía eléctrica se la conseguía por medio de algunos minerales fósiles que eran extraídos de la tierra, produciendo gran contaminación atmosférica, dando como consecuencia gases de efecto invernadero, que al mismo tiempo producía un aumento de la polución.

La tendencia actual es la de utilizar energías renovables, en donde la energía solar tiene gran importancia al aprovechar el sol de diferentes formas para la producción de electricidad.

Con el avance rápido de la tecnología en las áreas de la electrónica de potencia y los semiconductores, los sistemas fotovoltaicos se han estudiado con mucha atención y se han convertido en una opción para generar electricidad como fuente de energía limpia derivada del sol.

Un sistema fotovoltaico es un sistema que utiliza celdas solares para convertir la luz solar en electricidad y lo conforman varios componentes entre ellos los paneles o módulos solares.

Es decir, que un sistema fotovoltaico puede definirse como un "*grupo de equipos eléctricos y electrónicos que forman un conjunto para transformar la energía solar en energía eléctrica, donde el principal componente de generación es el panel fotovoltaico; el mismo que está compuesto por células que son capaces de captar radiación solar y transformarla en energía eléctrica de corriente continua*".[1]

Los miles de aparatos eléctricos y electrónicos que son producto del avance de la tecnología, tienen como funcionamiento una tensión continua o alterna,

[1] **Lamigueiro, Oscar Perpiñan.** Libro de Energia Solar Fotovoltaica. Diciembre de 2013. Pag.1

pero que a la final requieren de alguna fuente de energía para ser usados, provocando con ello un incremento notable en la demanda de energía.

Los sistemas fotovoltaicos constituyen una gran alternativa para la generación de electricidad, comparado con las fuentes tradicionales de generación (hidráulicas, térmicas, nucleares, eólicas, biomasa, etc.). Aquí es cuando la energía del sol es muy aprovechada con este tipo de generación fotovoltaica.

En lugares donde el costo de las extensiones de red convencionales resulta dificultoso por las zonas geográficas que tienen que atravesar para llegar al lugar de consumo o abastecimiento de energía o carga, resulta ser la mejor forma de producción de electricidad para abastecer a lugares muy distantes de las fuentes convencionales de producción eléctrica.(Fig. 1:1)

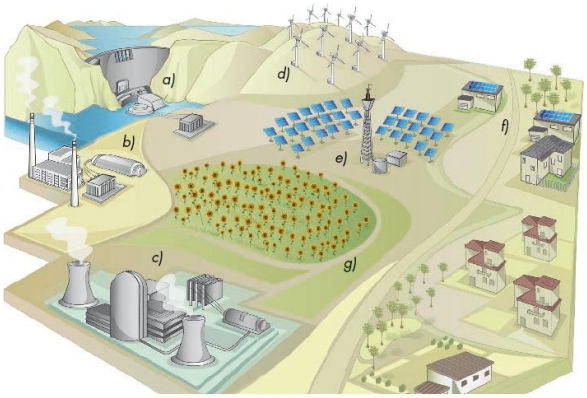


Figura 1:1 Principales energías: renovable y no renovable; a) hidráulica; b) térmica; c) nuclear; d) eólica; e) solar térmica; f) solar fotovoltaica; g) biomasa. ***Fuente*** **(1 p. 8)**

1.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.

La energía solar fotovoltaica es la energía procedente del Sol que se convierte en energía eléctrica de forma directa, sin ninguna conversión intermedia. Se produce mediante generadores fotovoltaicos compuestos por módulos fotovoltaicos conectados entre sí, que a su vez están compuestos por unidades básicas denominadas células solares.

El conjunto de módulos fotovoltaicos que componen un generador forma una superficie plana que tiene que ser expuesta a la luz del Sol para producir energía eléctrica. La inclinación y la orientación adecuadas de dicha superficie son fundamentales para conseguir una conversión eficiente de energía solar en energía eléctrica. Las aplicaciones profesionales son variadas y abarcan campos tales como los radioenlaces, la protección catódica de gasoductos, hoteles, señales de tráfico y navegación aérea, refrigeración de vacunas, equipos remotos de adquisición y transmisión de datos, e incluso alimentación de equipos espaciales como satélites. Todas estas aplicaciones se caracterizan por requerir una fiabilidad muy elevada.

1.2.1 COORDENADAS DE LA TIERRA.

Para ubicar una posición cualquiera en la superficie de la tierra, se utiliza lo que conocemos como coordenadas gráficas, que están representadas como ***latitud y longitud,*** y se pueden referenciar por medio del ecuador y el meridiano de Greenwich respectivamente.

El **ecuador terrestre** está considerado como el plano perpendicular al eje de rotación de la tierra y pasa por el centro dividiéndola en dos partes, el *hemisferio norte y el hemisferio sur.* Esta línea imaginaria está a 0° y equidista exactamente a la misma distancia de los polos. "*Las líneas imaginarias paralelas al ecuador y perpendiculares al eje se las llama* ***paralelos".***[2]

El **Meridiano de Greenwich** está considerado como la semicircunferencia imaginaria que une los polos y pasa por Greenwich en Londres, "*el grupo de líneas imaginarias que pasan tanto por el polo sur y norte se las llama como* ***meridianos".***[3]

[2] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.pag.8
[3] **Ídem.**

1.2.1.1 LATITUD.

"*La latitud (ϕ) es la distancia angular medida desde el ecuador a cualquier punto de la superficie terrestre*"[4], considerando que todos los puntos que se encuentran en la latitud del ecuador están en 0°, los puntos que se encuentran por arriba del ecuador se llaman Norte y se miden de 0° a +90° positivos, mientras que los puntos que se encuentran por abajo del ecuador se llaman Sur y se miden de 0° a -90°. El polo norte y el polo sur tienen latitud de +90° y -90° respectivamente. (Fig. 1:2)

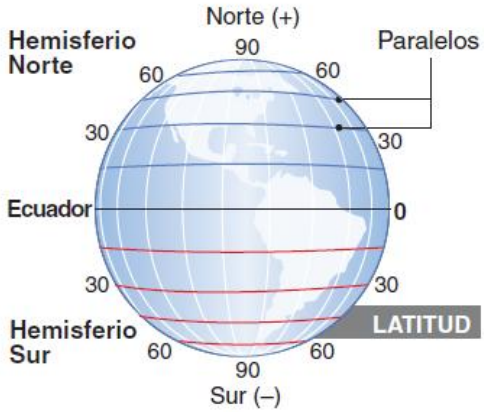


Figura 1:2 Latitud. ***Fuente*** **(2 pág. 8)**

1.2.1.2 LONGITUD:

"*La longitud es la distancia angular que existe entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y el meridiano de Greenwich, este meridiano divide a la tierra en dos hemisferios*"**[5],** todos los puntos sobre el meridiano de referencia tienen longitud 0°, y la longitud se mide entre 0° a 180°, positiva al lado Oeste y negativa al lado Este. (Fig. 1:3)

[4] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.pag.8

[5] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.pag.9

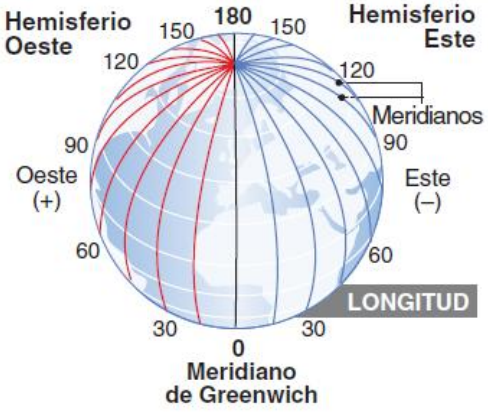


Figura 1:3 Longitud. ***Fuente*** **(2 pág. 9)**

1.2.2 DECLINACIÓN.

La declinación ($\boldsymbol{\delta}$) está definida como "*el ángulo que se forma entre el plano de la eclíptica que une los centros de la tierra y el sol con la línea del plano del ecuador*"[6]. Este ángulo tiende a variar a lo largo del movimiento de traslación de la tierra, especialmente en los solsticios de verano que alcanza su máxima inclinación positiva, mientras que en los solsticios de invierno tiene una inclinación negativa. Pero en los equinoccios tiene un valor nulo. (Fig. 1:4)

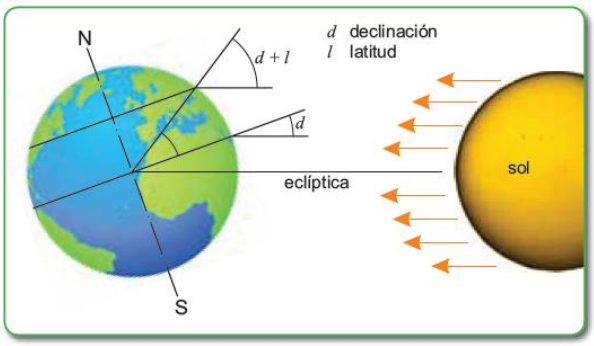


Figura 1:4 Declinación. ***Fuente*** **(3 pág. 20).**

$$\boldsymbol{\delta(^{\circ}) = 23,45.\sin\left(360 * \frac{284+\delta_n}{365}\right)} \qquad \textbf{(1.1)}$$

[6] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.pag.10

1.2.3 COORDENADAS SOLARES.

Las coordenadas solares son útiles e importantes para poder ubicar el sol en un punto cualquiera con respecto al observador en la superficie terrestre, para facilidad de entendimiento se utiliza una esfera celeste con un radio imaginario, sobre el cual se procede a realizar trayectorias del sol.

Por medio de este sistema podemos representar como el sol tiene diferentes posiciones, es decir, tiene una trayectoria dentro de la eclíptica alrededor de la tierra formando un ángulo de inclinación de 23,45° con respecto al ecuador, por tal razón es que el sol recorre la eclíptica una vez al año y la esfera celeste gira una vez al día en torno a la tierra. (Fig. 1:5)

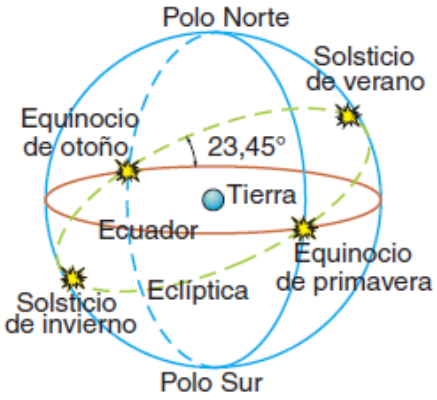


Figura 1:5 Esfera celeste. ***Fuente* (2 pág. 10).**

El sistema de coordenadas del cuerpo celeste es similar al usado para determinar la posición de cualquier cuerpo dentro de una posición geográfica terrestre pero en el cual se especifica estrictamente la posición del sol. (Figura. 1:6)

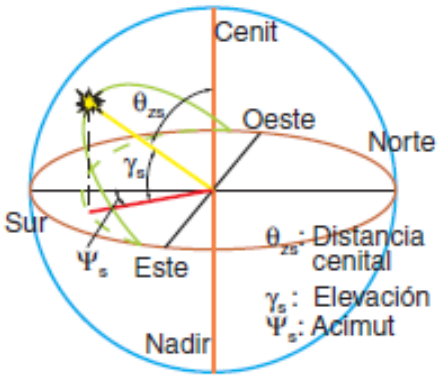


Figura 1:6 Coordenadas solares. ***Fuente*** **(2 pág. 10)**

1.2.3.1 ELEVACIÓN SOLAR (γ_s).

Este ángulo es consecuencia entre los rayos solares que se producen y la horizontal de la superficie terrestre. Existe una fórmula o ecuación que nos permite obtener su máximo valor. (Fig. 1:7)

$$\gamma_s = 90° - \emptyset + \delta \qquad \textbf{(1.2)}$$

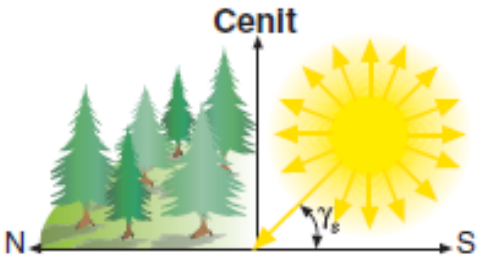


Figura 1:7 Elevación solar. ***Fuente*** **(2 pág. 10)**

1.2.3.2 ÁNGULO O DISTANCIA CENITAL (θ_{zs}).

Este ángulo es complementario al ángulo de la elevación solar, es decir, es un ángulo que se forma por la dirección del sol y la vertical. (Fig. 1:8)

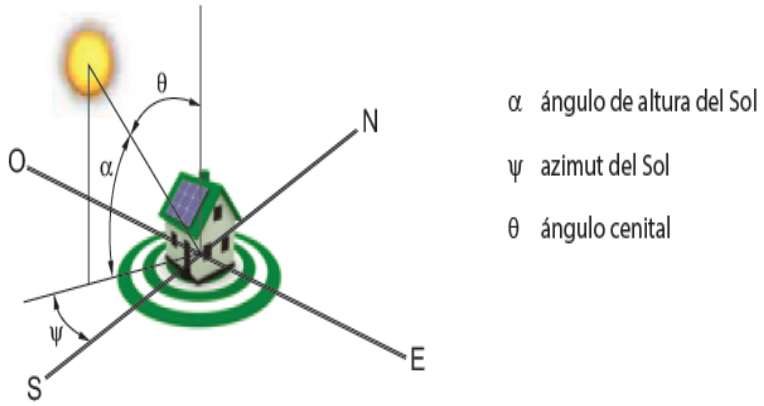


Figura 1:8 Ángulo o distancia cenital. ***Fuente*** **(3 pág. 20)**

1.3 CÉLULA SOLAR.

1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Uno de los elementos más importantes para lograr una generación fotovoltaica es la célula solar, este elemento convencional está construido por una lámina muy delgada de algún material semiconductor, como por ejemplo el silicio, posee un espesor de aproximadamente unos 100 a 500 µm, que a la vez tiene difundido boro (elemento metaloide, semiconductor), y al mismo tiempo se la difunde una segunda capa muy fina de 0,2 – 0,5 µm de fósforo (es un no metal multivalente). (Fig. 1:9)

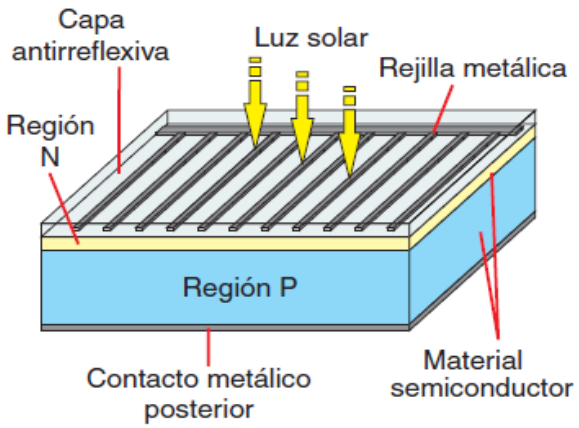


Figura 1:9 Estructura básica de una célula solar. ***Fuente*** **(2 pág. 27)**

El rendimiento de la célula solar, se lo puede aumentar sometiendo la cara que recibe la luz solar a un proceso de texturización, es decir, dando lugar a unas micro pirámides superficiales que ayudan a reducir la reflexión que se produce en la superficie de la célula.

En la superficie de la célula se coloca una malla o rejilla metálica que sirve para un buen contacto eléctrico, dejando al descubierto la mayor cantidad de superficie receptora de la luz en la célula.

La malla o rejilla metálica de la célula al mismo tiempo hace las veces de un terminal negativo, mientras que la terminal positiva se la obtiene con un revestimiento de metal de la cara posterior de la célula. Finalmente la célula se completa con revestimiento de una capa antirreflectora en la cara frontal que sirve como un captador de fotones.

La célula solar se caracteriza por convertir de manera directa los fotones emitidos por la luz del sol en electricidad, su funcionamiento se basa en lo que se conoce como efecto fotovoltaico. **[2]**

1.3.2 FUNCIONAMIENTO.

Para poder realizar la conexión de una célula solar a un circuito eléctrico, debemos tener claro que una célula solar básica es la unión PN con un contacto en la región P y otro en la región N descritas anteriormente en la constitución física de una célula solar.

Cuando la célula se encuentra iluminada o bajo los efectos de los rayos del sol, se genera una barrera de potencial en la unión PN, separando y acumulando electrones en la región N y huecos en la región P, la acumulación de cargas hace que se produzca una diferencia de potencial que tiende a incrementarse con la cantidad de iluminación o rayos solares recibida.

Esta diferencia de potencial generada por la acumulación de cargas se opone a la que se produce por la barrera de potencial de la unión PN, haciendo que los electrones sean empujados hacia la región P y los huecos hacia la región N, recombinando los pares electrón-hueco generados. **[2]**

La acumulación de electrones y huecos tendrá un límite haciendo que la diferencia de potencial que se ocasiona por los potenciales antes mencionados recibe el nombre de ***tensión de circuito abierto*** $\boldsymbol{V_{oc}}$. (Fig. 1:10)

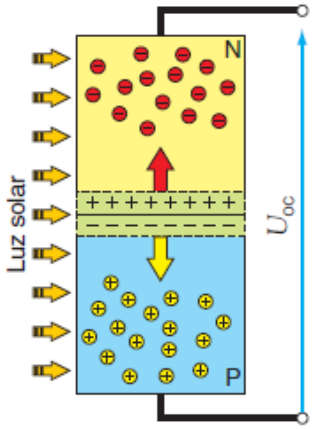


Figura 1:10 Célula solar en circuito abierto. ***Fuente*** **(2 pág. 24)**

Ahora si cortocircuitamos o unimos las dos regiones P y N con un conductor que presente una resistencia nula, lo que sucede es que los electrones de la región N lograrán pasar a través de este conductor hacia la región P, y se recombinan con los huecos que se encuentran en la región P, durante el paso de los electrones por el conductor se produce una corriente que es proporcional a la cantidad de iluminación o rayos solares recibidos por la célula, esta corriente que se obtiene como resultado de lo antes mencionado recibe el nombre de **corriente de cortocircuito** $\boldsymbol{I_{sc}}$. (Fig. 1:11)

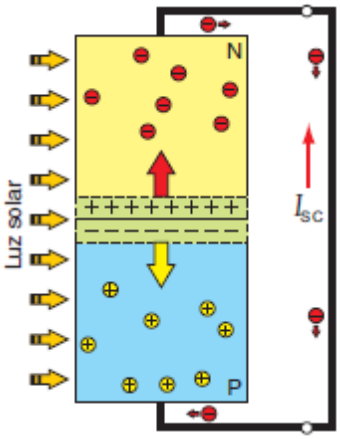


Figura 1:11 Célula solar en cortocircuito. ***Fuente*** **(2 pág. 24)**

Por último si ahora se conecta un receptor en el circuito exterior, la resistencia que presenta este receptor, condicionará la diferencia de potencial que se genera en la célula.

Las cargas que se originan por la iluminación en la unión PN, parte de ella circulará por este receptor produciendo un cambio de energía o trabajo, y la otra se recombinará en el interior de la célula generando calor.

La diferencia de potencial en el receptor será producto de la intensidad producida por la célula, y por la resistencia del receptor. La diferencia de potencial del receptor es directamente proporcional a la resistencia del receptor. **[2]**

Todo esto es posible si es que *"se cumple que la* $\boldsymbol{I_L}$ *y la tensión* $\boldsymbol{V_L}$ *en el receptor son inferiores a la intensidad de cortocircuito* $\boldsymbol{I_{sc}}$ *y a la tensión en circuito abierto* $\boldsymbol{V_{oc}}$ *respectivamente.".*[7] (Fig. 1:12)

[7] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.pág.24.

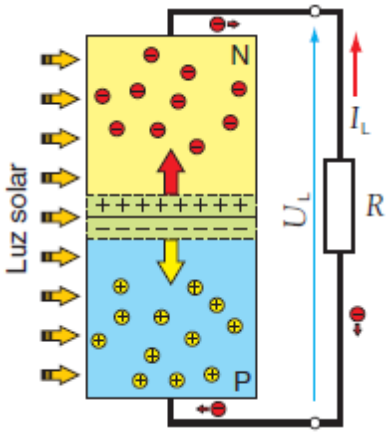


Figura 1:12 Célula solar conectada a un receptor. ***Fuente*** **(2 pág. 24)**

1.3.3 PARÁMETROS ELÉCTRICOS.

1.3.3.1 CARACTERÍSTICA DE CORRIENTE (I) – VOLTAJE (V).

Para analizar este parámetro dentro de una célula solar, consideremos como referencia la Figura 1:13, donde la célula solar está bajo una irradiación y temperatura constante. Sobre la curva de I-V se localiza el punto **B**, que será considerado como el punto de trabajo de la célula, la corriente aportada por la misma $\boldsymbol{I_L}$, y la resistencia **R** del receptor, establecen el valor de la tensión $\boldsymbol{V_L}$, cumpliendo así la ley de Ohm.

$$\boldsymbol{V_L}(\text{V}) = \boldsymbol{I_L}(\text{A}) * \text{R}\ (\Omega) \qquad (1.3)$$

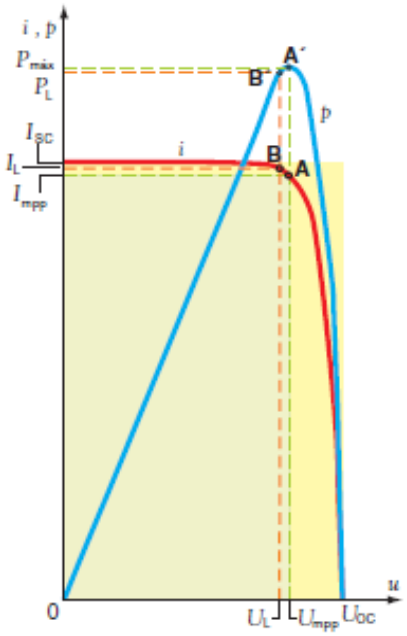


Figura 1:13 Características de I-V y P-V de una célula solar. ***Fuente*** **(2 pág. 25).**

Si verificamos la potencia P_L entregada por la célula, se representa en la Figura 1:13 por la curva P-V, en la intersección de estas dos magnitudes eléctricas encontramos el punto **B´** que tiene como valor y cumple la siguiente ecuación. **[2]**

$$P_L(\text{W}) = V_L(\text{V}) * I_L(\text{A}) \qquad \textbf{(1.4)}$$

1.3.3.2 POTENCIA MÁXIMA.

Si consideramos un punto dentro de las características de **I-V** anteriormente revisadas, en donde la potencia entregada por la célula es máxima, que está representada por el punto **A,** tiene su correspondiente **A´** en la curva **P-V,** en donde se cumple la siguiente ecuación de potencia máxima.

$$P_{max}(\text{W}) = V_{mpp}(\text{V}) * I_{mpp}(\text{A}) \qquad \textbf{(1.5)}$$

La potencia máxima capaz de suministrar una célula solar a cualquier carga o receptor de consumo, está representada por la ecuación (1.5), y se la puede apreciar claramente en la Figura 1:13, en el rectángulo con vértice **A** que siempre será menor al área del rectángulo representado por la corriente de cortocircuito $\boldsymbol{I_{sc}}$ y la tensión a circuito abierto $\boldsymbol{V_{oc}}$.

Si realizamos un cociente entre estas dos áreas características de una célula solar podemos determinar lo que se conoce como el **Factor de Forma**, este factor siempre será menor que la unidad, pues el mismo nos indica la calidad de la célula, entre más cerca esté a la unidad será mejor y más conveniente para la aplicación de sistemas con energías renovables.

$$(\boldsymbol{FF}) = \frac{\boldsymbol{V_{mpp} * I_{mpp}}}{\boldsymbol{V_{oc} * I_{sc}}} = \frac{\boldsymbol{P_{max}}}{\boldsymbol{V_{oc} * I_{sc}}} \qquad \textbf{(1.6)}$$

1.3.3.3 EFICIENCIA MÁXIMA (η).

La eficiencia de una célula solar es el rendimiento o el valor de la energía eléctrica obtenida, y nos indica el porcentaje de energía recibida sobre la superficie de la célula que se transforma en energía eléctrica, que mucha de las veces este valor se representa en porcentaje.

Este rendimiento se calcula entre la potencia eléctrica máxima, $\boldsymbol{P_{max}}$, y el producto del área superficial de la célula, $\boldsymbol{A_c}$, por la irradiación incidente **G** en condiciones estándar. **[2]**

$$\boldsymbol{\eta} = \frac{\boldsymbol{P_{max}}}{\boldsymbol{G * A_c}} \boldsymbol{.100} \qquad \textbf{(1.7)}$$

1.3.3.4 EFECTOS DE LA IRRADIANCIA.

Las condiciones de funcionamiento de una célula solar en las múltiples aplicaciones dependen de muchos factores importantes, tal es el caso de la irradiación que normalmente esta entre valores de 0 a 1000W/m^2.

Como se puede apreciar en la Figura 1:14 la intensidad de cortocircuito $\boldsymbol{I_{sc}}$, varía de forma lineal con la irradiancia, de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{I_{sc(G)} = G * \frac{I_{sc(CEM)}}{1000}} \qquad \textbf{(1.8)}$$

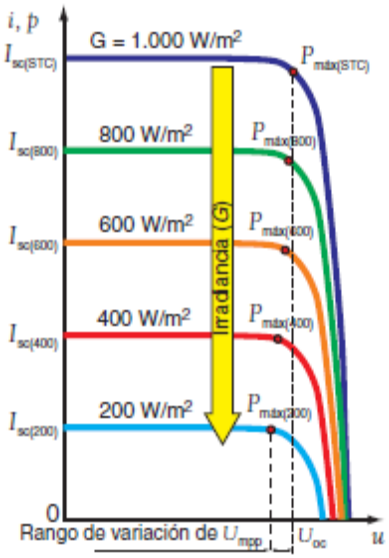


Figura 1:14 Características de I-V de una célula solar en función de la irradiancia. ***Fuente*** **(2 pág. 26)**

Como se puede ver en la Figura 1:14 los valores de la tensión a circuito abierto $\boldsymbol{V_{oc}}$ de la célula no tienden a variar mucho, su variación es mínima dependiendo de los niveles de irradiación, por tal razón para hacer uso en aplicaciones prácticas es importante considerar que dicha tensión será un valor constante. Además cuando se tiene mucha variación de irradiación, la potencia eléctrica de las células se verá afectada dependiendo del nivel de energía que alcancen las mismas. **[2]**

1.3.3.5 EFECTOS DE LA TEMPERATURA.

Para el caso de la temperatura como vemos en la Figura 1:15, sucede lo inverso a lo que sucede con la irradiación, la tensión de circuito abierto $\boldsymbol{V_{oc}}$ tiende a disminuir conforme aumenta la temperatura en la célula, mientras

que la intensidad de cortocircuito aumenta con la temperatura $\boldsymbol{I_{sc}}$, pero en niveles casi despreciables o mínimos, que para efectos prácticos, esta intensidad tendrá un valor constante. La potencia entregada por la célula, es evidente que disminuirá cuando se incremente la temperatura, por las razones de la variación de tensión antes mencionada. **[2]**

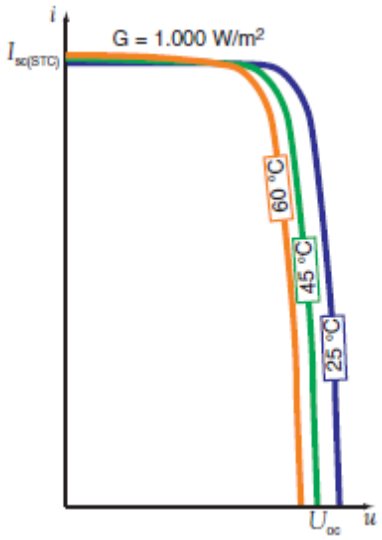


Figura 1:15 Características de I-V de una célula solar en función de la temperatura de la célula. ***Fuente*** **(2 pág. 26)**

Ahora bien, está claro que la temperatura de trabajo de una célula solar depende de la temperatura ambiente y de la irradiación, es por eso que la misma se calcula de la siguiente forma:

$$\boldsymbol{T_c(°C) = T_a\,(°C) + \; G * \frac{TONC(°C)-20}{1000}} \qquad \textbf{(1.9)}$$

1.3.4 TIPOS DE CÉLULAS SOLARES.

1.3.4.1 CÉLULA DE SILICIO MONOCRISTALINO.

Este tipo de células se caracterizan por tener una estructura cristalina uniforme, por lo general son fabricadas en lingotes de forma cilíndrica con

un índice de pureza elevado, que son cortados en capas muy finas o en forma de obleas, el costo de construcción y producción de las mismas es muy elevada, y presenta un color azul. Eficiencia de generación solar entre un 15 – 18 %. (Fig.1:16). **[3]**

Figura 1:16 Célula de silicio monocristalino. ***Fuente*** **(3 pág. 32).**

1.3.4.2 CÉLULA DE SILICIO POLICRISTALINO.

Este tipo de células se caracterizan por no tener una estructura cristalina uniforme, por lo general se fabrican en moldes rectangulares, el costo de construcción y producción de los mismos es baja, presentan un color irregular. Eficiencia ente un 12 – 14%.(Fig. 1:17). **[3]**

Figura 1:17 Célula de silicio policristalino. ***Fuente*** **(3 pág. 32).**

1.3.4.3 CÉLULA DE SILICIO AMORFO.

Este tipo de células se caracterizan por no tener una estructura cristalina, su rendimiento y potencia se van reduciendo conforme pasa el tiempo, y su costo de producción y construcción de las mismas son bajos,

además que en el mercado nacional su comercialización y distribución es limitada debido a sus características de rendimiento. Eficiencia entre un 6 – 9%.(Fig. 1:18). **[3]**

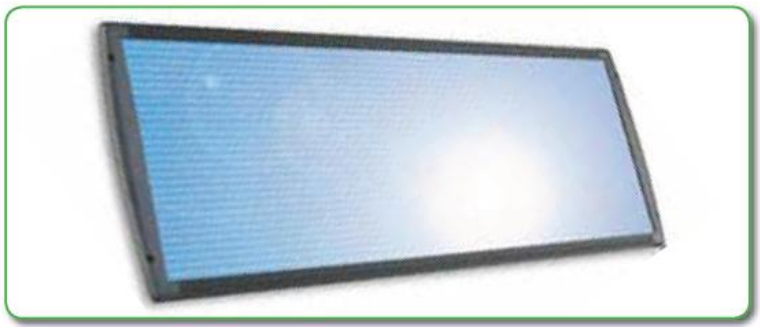


Figura 1:18 Célula de silicio amorfo. ***Fuente*** **(3 pág. 33)**

1.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

1.4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Un panel fotovoltaico como se dijo es un conjunto de elementos encapsulados en una estructura, muy importantes que hay que conocerlos para saber que estamos pretendiendo lograr con los mismos. (Fig. 1:19)

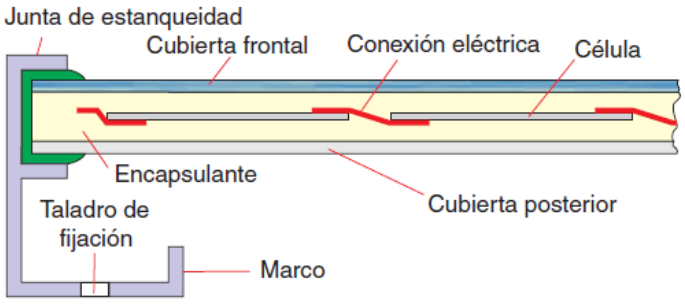


Figura 1:19 Estructura de un módulo fotovoltaico***. Fuente*** (2 pág. 28)

1.4.1.1 CUBIERTA FRONTAL.

Actúa como agente mecánico, es decir sirve de protección contra agentes atmosféricos y físicos, su superficie es de buena transmisión de radiación y antirreflectora, evita la retención de polvos y suciedad, su parte interna es rugosa para facilitar su adherencia a la Encapsulante. **[2]**

1.4.1.2 ENCAPSULANTE.

El componente principal del mismo es el etil-vinil-acetato, es un material que tiene buena claridad y brillo, propiedades de barrera, resistencia a bajas temperaturas, la resistencia al estrés, propiedades de adhesivo a prueba de agua, y resistencia a la radiación UV. Tiene contacto directo con las células y actúa como un protector de las conexiones, además aporta resistencia contra las vibraciones e impactos, es un adherente con las demás partes. **[2]**

1.4.1.3 CUBIERTA POSTERIOR.

Está hecho de poliéster, que junto con la cubierta frontal cubre a todo el módulo de la humedad y demás agentes atmosféricos, sirve también como un aislante eléctrico, en algunas ocasiones esta hecho de vidrio para aprovechar la radiación solar reflejada que puede cogerse por la parte posterior del módulo. **[2]**

1.4.1.4 MARCO.

Construido por aluminio anodizado, que le da mayor rigidez y resistencia mecánica a todo el módulo, sin embargo es de mayor seguridad fijarle una conexión para puesta a tierra para protección del elemento como tal. **[2]**

1.4.1.5 CONEXIONES.

La caja de las conexiones por lo general se encuentra en la parte posterior del panel, con sus protecciones IP-65, la mayoría de las cajas están hechas de plásticos resistentes a las temperaturas elevadas de los mismos paneles, su interior consta de los bornes positivo y negativo, incluyendo los diodos de paso. **[2]**

Las prensaestopas ayudan a tener una fijación más precisa de los cables que pasan por los mismos, con el fin de evitar polvo y humedad que puedan afectar a los circuitos o conexiones internas. En algunas ocasiones las cajas de conexión vienen con cables externos y conectores, éstos facilitan y agilitan la conexión de los paneles por medio de los conectores positivo y negativo que vienen ya preinstalados. (Fig. 1:20)

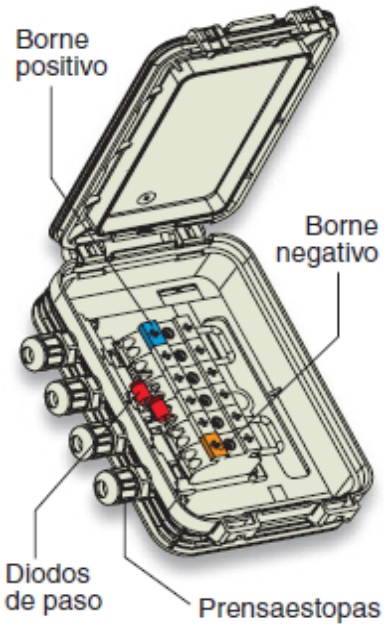


Figura 1:20 Caja de conexión de un módulo fotovoltaico. ***Fuente*** **(2 pág. 29)**

1.4.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS.

Como sabemos, un panel fotovoltaico es la unión de varias células solares interconectadas entre sí en serie, paralelo o las dos, pero si

suponemos que todas trabajan a la misma irradiación, tensión, corriente, potencia y temperatura, el módulo fotovoltaico cumple de manera ideal con las siguientes relaciones. **[2]**

$$\boldsymbol{V_M(V) = N_s * V_c(V)} \quad \textbf{(1.10)}$$

$$\boldsymbol{I_M(A) = N_p * I_c(A)} \quad \textbf{(1.11)}$$

$$\boldsymbol{P_M(W) = N_s * N_p * P_c(W)} \quad \textbf{(1.12)}$$

"Los parámetros eléctricos de un módulo fotovoltaico tienen una relación directa con los parámetros eléctricos de sus células y con la cantidad y el tipo de conexión serie-paralelo de las mismas".[8]

Las características eléctricas que definen el comportamiento de un módulo fotovoltaico son:

- La tensión a circuito abierto.
- La corriente de cortocircuito.
- La potencia máxima del módulo.
- El factor de forma.
- Rendimiento total del módulo.

En la siguiente Figura 1:21, de un grupo de células conectadas en serie, se muestra como es el comportamiento de su tensión según su curva característica, tal como se aprecia, su corriente de cortocircuito es la misma, mientras que el voltaje se incrementa según el número de células en serie que se unan al grupo de conexión.

[8] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.pág.30.

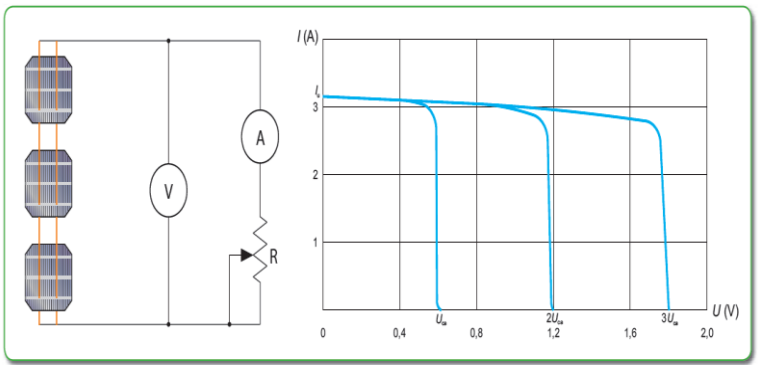


Figura 1:21 Módulo con células conectadas en serie. ***Fuente*** **(3 pág. 42)**

Para un grupo de células conectadas en paralelo se muestra como es el comportamiento de su corriente de cortocircuito según su curva característica, tal como se aprecia, su tensión es la misma, mientras que la corriente se incrementa según el número de células en paralelo que se unan al grupo de conexión.(Fig. 1:22). **[3]**

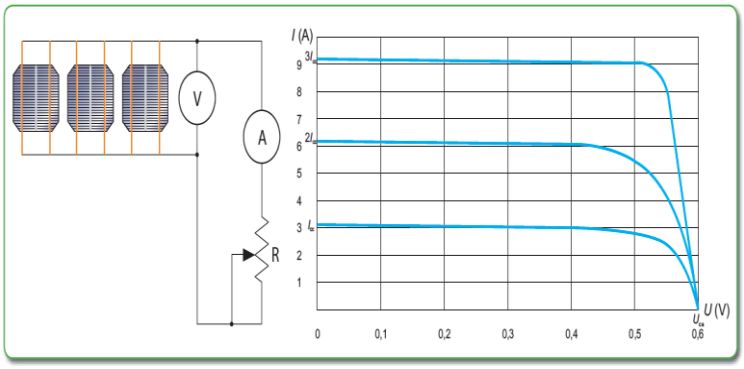


Figura 1:22 Módulo con células conectadas en paralelo. ***Fuente*** **(3 pág. 42)**

1.4.3 CONEXIÓN DE MÓDULOS.

En la mayoría de las aplicaciones de paneles fotovoltaicos, la intensidad y tensión de los módulos no siempre satisfacen las condiciones y parámetros necesarios de una instalación o aplicación fotovoltaica, es por eso que la mejor solución es agrupar los mismos en serie o paralelo, ya que para el primer caso se obtiene un aumento de la tensión del sistema, mientras que

para el segundo caso se obtiene un aumento de la intensidad del sistema. **[2]**

Por esta razón es que se pueden realizar algunos tipos de conexiones entre paneles fotovoltaicos para satisfacer las necesidades de las aplicaciones que son:

1.4.3.1 CONEXIÓN DE MÓDULOS EN SERIE.

La conexión de paneles en serie es la conexión más sencilla que se puede realizar, ya que en esta conexión se obtiene un incremento de la tensión en el sistema, mientras se mantiene constante la corriente del mismo, con un incremento de la tensión se obtiene una reducción del calibre del conductor a ser utilizado porque la corriente se disminuye, también en esta conexión el terminal negativo de un panel va conectado con el positivo del siguiente panel, y así sucesivamente con los demás, el terminal negativo del primer panel y el positivo del último panel son los terminales que serán acoplados al generador. (Fig. 1:23). **[2]**

$$\boldsymbol{I_M(A) = I_G(A)} \qquad \textbf{(1.13)}$$

$$\boldsymbol{V_G(V) = N_s * V_M(V)} \qquad \textbf{(1.14)}$$

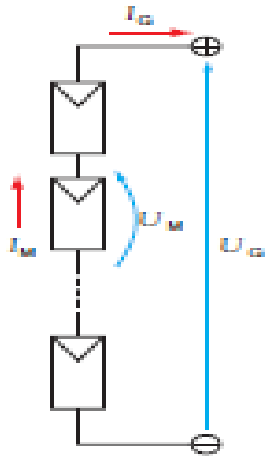


Figura 1:23 Conexión de $\mathbf{N_s}$ módulos en serie. ***Fuente* (2 pág. 36).**

1.4.3.2 CONEXIÓN DE MÓDULOS EN PARALELO.

Con la conexión de paneles en paralelo, lo que logramos obtener es que la tensión en el generador es la misma que la tensión en el módulo, mientras que su corriente aumenta, este tipo de conexión consiste en conectar todos los terminales positivos de los paneles entre sí y los negativos de la misma manera, una vez conectados de esa forma se obtendrá los terminales que irán hacia el generador. (Fig. 1:24). **[2]**

$$\boldsymbol{V_M(V) = V_G(V)} \qquad \textbf{(1.15)}$$

$$\boldsymbol{I_G(A) = N_P * I_M(A)} \qquad \textbf{(1.16)}$$

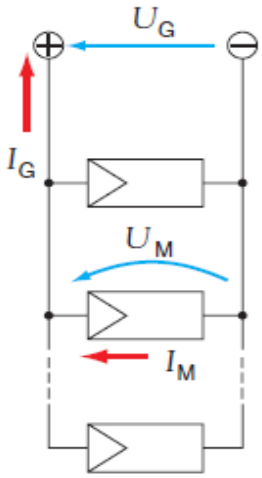


Figura 1:24 Conexión de $\mathbf{N_P}$ módulos en paralelo. ***Fuente*** **(2 pág. 37)**

1.4.3.3 CONEXIÓN DE MÓDULOS EN SERIE/PARALELO.

Este tipo de conexión es especial porque la tensión de todo el sistema de generación está dada por la tensión de un módulo por el número de módulos que se encuentran en serie, mientras que la intensidad está fijada por la intensidad de un módulo por el número de ramas que se encuentran en paralelo. (Fig. 1:25). **[2]**

$$\boldsymbol{I_G(A) = N_P * I_M(A)} \qquad \textbf{(1.17)}$$

$$\boldsymbol{V_G(V) = N_s * V_M(V)} \qquad \textbf{(1.18)}$$

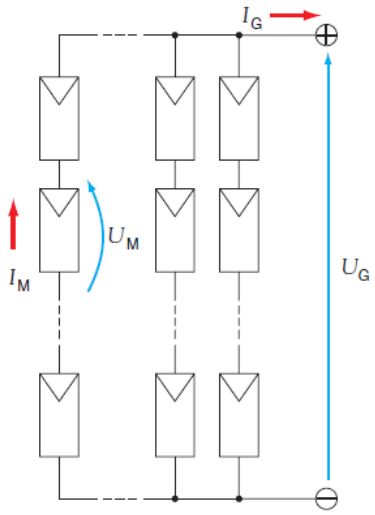


Figura 1:25 Conexión de $\mathbf{N_S}$ módulos en serie y $\mathbf{N_P}$ ramas en paralelo. ***Fuente*** **(2 pág. 37)**

1.5 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.

1.5.1 BATERÍAS.

La generación de energía eléctrica basándose en sistemas fotovoltaicos o de cualquier otro medio en el que involucre ser un tipo de energía renovable, donde existen tiempos diferentes de demanda, provoca una necesidad de introducir en todas las instalaciones de un medio de acumulación de energía para ser usado en diferentes momentos.

Las baterías para este tipo de aplicaciones deben de tener ciertas especificaciones muy concretas, como por ejemplo, su capacidad, ciclos de carga y descarga y auto descarga, con este tipo de características especiales, se han optado por las baterías de plomo acido. **[2]**

A medida que se vayan cargando y descargando las baterías, estas sufren una reducción de su capacidad de almacenamiento. Cuando se realiza una descarga profunda, los ciclos de carga y descarga se van reduciendo con el paso del tiempo provocando que la batería reduzca su vida útil. (Fig. 1:26)

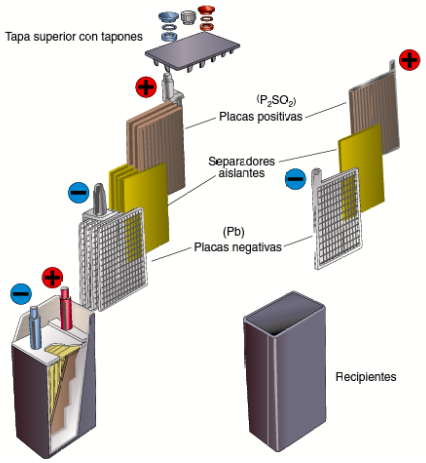


Figura 1:26 Elementos constitutivos de una batería. ***Fuente*** (2 pág. 70)

Las funciones básicas de carga, almacenamiento de la energía producida por las células y la descarga de la batería se complementan con la Figura 1:27.

- Atender suministros de un alto consumo y de corta duración que se lo conoce como nivelación de picos.
- Suministro de energía de apoyo en los meses de invierno.
- Almacenar energía durante las horas de bajo consumo y cederla en las horas de alta demanda.
- Garantizar junto con el regulador, la estabilidad de funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica.

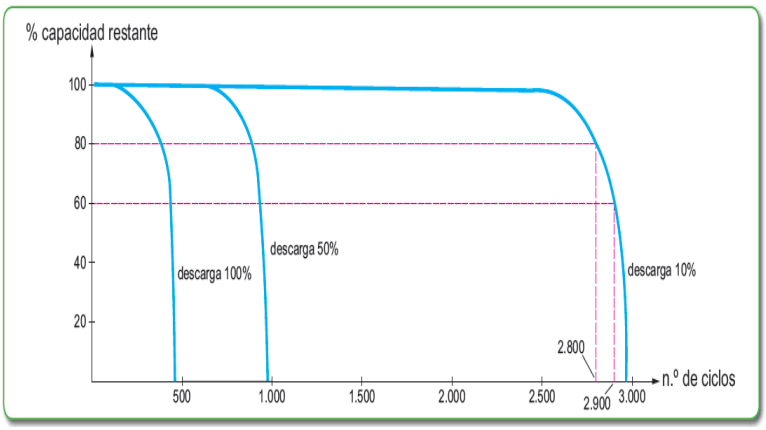


Figura 1:27 Relación entre capacidad y número de ciclos de una batería. ***Fuente*** **(3 pág. 52)**

Para elegir la batería adecuada según nuestra necesidad para cumplir los requerimientos que solicita un sistema de generación renovable, tenemos que tener presente lo siguiente:

- El consumo diario para el cual está pactado el diseño del proyecto.
- Los días de autonomía de la batería, es decir, los días para los cuales no existe ni un solo rayo de sol.
- La profundidad de descarga a la cual será sometida, teniendo en cuenta los ciclos de carga y descarga. **[3]**

1.5.2 REGULADORES.

Los reguladores son elementos que cumplen una función muy importante en la generación fotovoltaica, se encargan de realizar el control del proceso de carga y descarga de las baterías o acumuladores, es decir, cuidar o mantener al máximo la vida útil de las baterías y mejorar el funcionamiento y rendimiento de todo el sistema fotovoltaico. (Fig. 1:28)

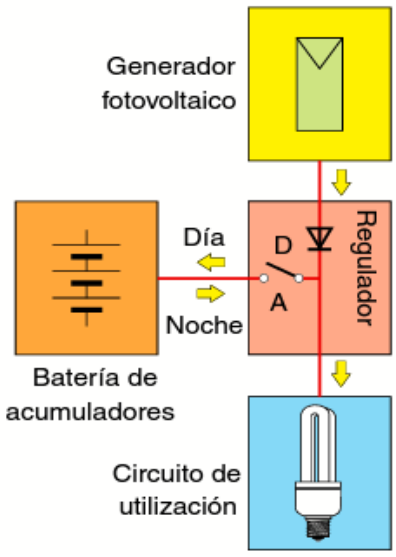


Figura 1:28 Sistema fotovoltaico autónomo. ***Fuente*** **(2 pág. 94)**

Las funciones básicas de un regulador de carga en un sistema fotovoltaico son las siguientes:

- Proteger a las baterías de descargas excesivas o profundas.
- Proteger a las baterías contra sobrecargas, limitando la tensión.
- Evitar descargas nocturnas.
- Ajustar el procedimiento de carga según el tipo de batería.
- Protección contra la inversión de polaridad.
- Protección contra cortocircuitos y medir la temperatura de las baterías.
- Protección contra sobretensiones en la entrada del generador fotovoltaico.
- Protección contra sobreintensidades. **[2]**

1.5.3 INVERSORES FOTOVOLTAICOS.

En general en toda generación fotovoltaica, el tipo de corriente que se obtiene es continua, por lo que no es útil en algunos casos, como por ejemplo, para ser conectada en los sistemas de red pública. Sin embargo, con este tipo de corriente continua es más dificultoso y costoso el conseguir aparatos eléctricos que cumplan con estas características de voltaje, además la cantidad de potencia que se logra obtener en las mismas es muy baja para ser de uso diario.

Un inversor es el único dispositivo capaz de poder realizar este tipo de conversión, es decir lograr transformar una corriente continua generada en una corriente alterna requerida, cumpliendo con los requerimientos de frecuencia y voltajes, dependiendo del tipo de corriente alterna que se logra invertir, los inversores pueden ser:

- Inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos.
- Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Los inversores por lo general se pueden utilizar en los dos diferentes casos que anteriormente se mencionaron pero sin embargo, en la mayoría de las

veces, éstos tienen características comunes que les permiten realizar su trabajo de la mejor manera.

Un inversor consigue su objetivo mediante tres procedimientos importantes, para lograr una onda senoidal pura al otro extremo de la conversión, como se aprecia en la Figura 1:29.

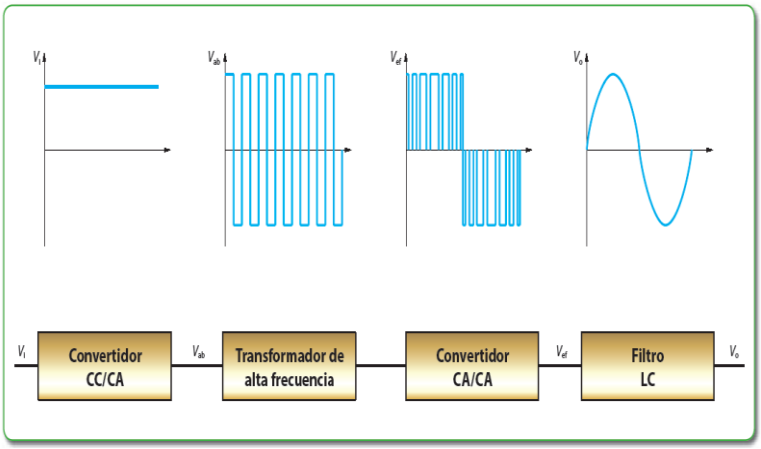


Figura 1:29 Esquema del principio de un inversor. ***Fuente* (3 pág. 57).**

La característica principal de todos los inversores existentes en el mercado es su rendimiento y se lo puede relacionar por medio de la potencia de salida y la potencia de entrada. (Fig. 1:30). **[3]**

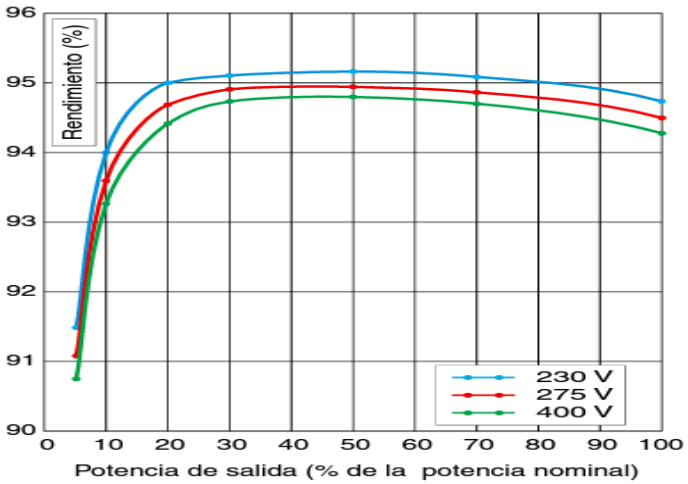


Figura 1:30 Curva de rendimiento de un inversor. ***Fuente* (2 pág. 108)**

1.6 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

La energía conseguida mediante generadores fotovoltaicos y sus aplicaciones son de una gran diversidad. Si hacemos una clasificación general, se puede decir que se dividen en dos grandes apartados:

- Sistemas aislados.
- Conexión a Red.

1.6.1 SISTEMAS AISLADOS.

1.6.1.1 TELECOMUNICACIONES (Cobertura de radio y comunicaciones en túneles del Ferrocarril.)

Existen dos tipos de estaciones para telefonía móvil, las llamadas BTS, compuestas por un sistema híbrido y el segundo tipo de instalaciones son las llamadas RF que funciona solamente con paneles fotovoltaicos oscilando la potencia pico instalada entre 0,6 Kwp y 1,8 Kwp. (4)

1.6.1.2 ELECTRIFICACIÓN RURAL.

La electrificación rural actualmente dispone de todas las comodidades que se puedan tener en un sistema de electrificación convencional, ya que la incorporación de nuevos inversores de onda senoidal, permite la utilización de cualquier electrodoméstico. Una de las aplicaciones más importantes actualmente, es la electrificación de pequeños núcleos rurales con un sistema centralizado**.**

1.6.1.3 APLICACIONES AGRÍCOLAS

Una de las aplicaciones con mayor importancia en la agricultura, por su sencillez de instalación y sobre todo por su nulo mantenimiento y total automatización son los bombeos de agua de accionamiento directo,

compuestos por un campo de paneles fotovoltaicos, un equipo electrónico y todo el sistema de controles y sensores del bombeo.

En bombeos de gran caudal tiene una segunda función que es convertir la corriente continua del panel fotovoltaico en alterna. La ventaja principal de los bombeos de accionamiento directo es que coincide la curva de radiación, con la curva de demanda de agua, además posibilita la extracción de agua en el medio rural donde la posibilidad de instalar una línea convencional es inviable por su alto coste. **[4]**

1.6.1.4 APLICACIONES GANADERAS (Electrificación de cercas.)

La fabricación de inversores de gran potencia, ha posibilitado poder acometer obras en el medio ganadero, para suministrar energía eléctrica a sistemas de ordeño, conservación de la leche (tanques de frío) y bombas de limpieza, así como la iluminación de naves, motores para el reparto de pienso, ventiladores, automatización de persianas para naves de ganado e invernaderos.

1.6.1.5 ILUMINACIÓN PÚBLICA (Iluminación de túneles, cuevas, etc.)

El alumbrado público, mediante sistemas fotovoltaicos se presenta como una de las soluciones más económicas: para iluminar las entradas en los pueblos, cruces de carreteras, áreas de descanso, etc. Actualmente se está instalando un nuevo tipo de farola, que no requiere ningún mantenimiento, al incorporar baterías estacionarias de larga duración con electrolito gelificado.

1.6.1.6 CONTROL (Protección catódica.)

En este apartado, actualmente cabe destacar los trabajos que se están realizando en las cuencas fluviales para el control de caudal y calidades de

las aguas, donde los sistemas fotovoltaicos, se encuentran como los más económicos y seguros para este tipo de aplicaciones.

1.6.2 CONEXIÓN A LA RED.

Es una de las últimas aplicaciones y más novedosas de los sistemas fotovoltaicos, consiste en la instalación de un campo fotovoltaico y un inversor capaz de transformar la energía que suministran los paneles e inyectarla a la red eléctrica. El inversor en este tipo de instalación es el núcleo central y tiene que disponer de ciertas protecciones, ante situaciones que se pueden dar en la red eléctrica como son:

- Tensión fuera de rango.
- Corte de la red.
- Desfase en la red.

Para conseguir la viabilidad económica de estos sistemas, el país debe de disponer de una normativa legal y líneas de ayuda económica, que compensen el mayor costo por Kwh. generado. **[4]**

1.7 RADIACIÓN SOLAR.

La radiación solar es todo un conjunto de radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el sol, el mismo que se encuentra aproximadamente a una temperatura media de 6000 grados kelvin, que en su interior se produce una serie de reacciones de fusión nuclear que causan la pérdida de la masa transformándola en energía, esta energía que se libera del sol es transmitida hacia el exterior mediante la radiación solar.

"La radiación solar llega hasta la atmósfera terrestre en forma de espectro electromagnético con longitudes de onda que van desde los 0,15 µm a 4 µm

aproximadamente, es decir, que se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta."[9]

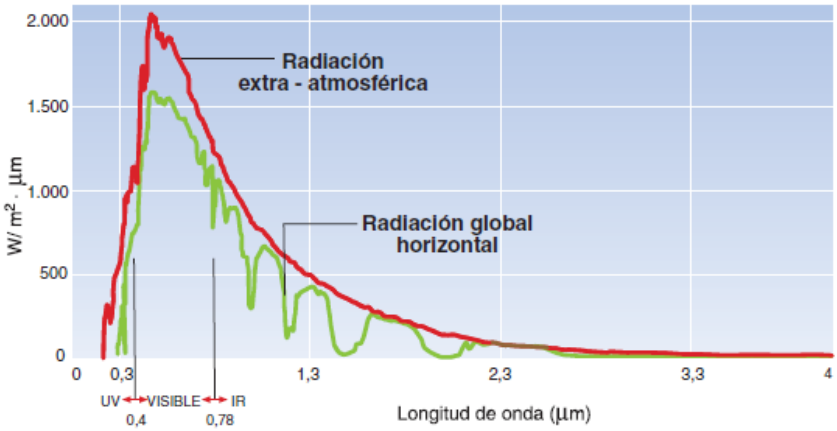


Figura 1:31 Espectro electromagnético de la radiación solar*. **Fuente*** **(2 pág. 14)**

Como podemos observar en la Figura 1:31 el espectro que se encuentra entre o.40 µm a 0.78 µm es el espectro que todos conocemos y comúnmente lo llamamos luz. Los espectros que están por debajo de 0.40 µm son conocidos como radiaciones ultravioletas, mientras los espectros que se localizan por arriba de 0.78 µm son denominados como radiaciones infrarrojas.

1.7.1 EFECTOS DE LA ATMÓSFERA SOBRE LA RADIACIÓN.

La radiación solar no llega a la superficie terrestre en las mismas características con la que es emitida por el sol, ya que los factores que lo alteran se encuentran en la atmósfera, siendo el aire, la suciedad, los vapores de agua y los aerosoles que se encuentran en suspensión, provocan alteraciones de diferentes tipos según la propiedad óptica que se pone de manifiesto:

- ***Reflexión*** provocada por las nubes.

[9] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.¨pág. 14.

- ***Absorción*** provocada por el ozono, dióxido de carbono, vapor de agua.
- ***Difusión*** provocada por el polvo, aerosoles y gotas de agua.

Estos efectos no siempre son constantes porque depende de la cantidad de atmósfera que la radiación solar debe atravesar para llegar a la superficie terrestre. (Fig. 1:32)

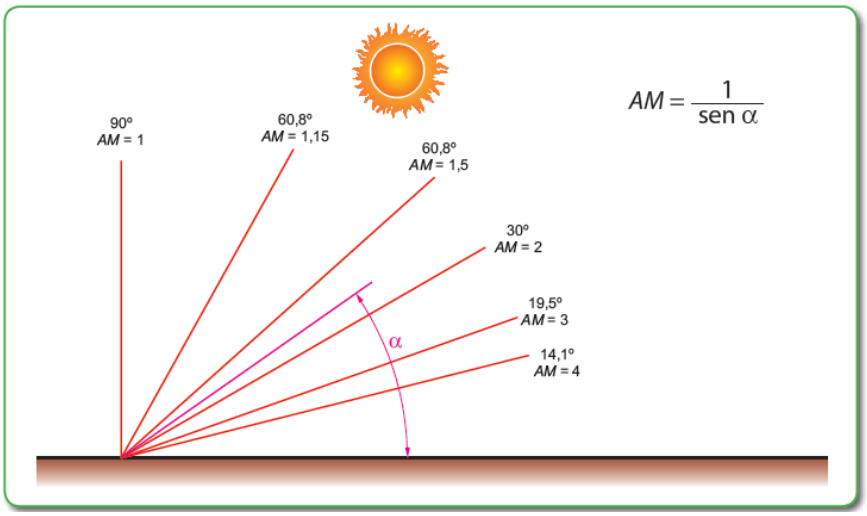


Figura 1:32 Pérdidas por masa de aire. ***Fuente*** **(3 pág. 24)**

Esta distancia se especifica por medio de ***la masa de aire (AM)*** que es el espesor de la atmósfera que deberá atravesar la radiación solar directa en una dirección perpendicular a la superficie terrestre.

Si consideramos que el sol se encuentra en el punto más alto del día, la cantidad de masa de aire que tiene que atravesar la radiación solar es mínima, porque los rayos se encuentran perpendiculares a la superficie terrestre. **[3]**

$$AM = \frac{1}{sen\,\gamma_s} = \frac{1}{cos\,\theta_{zs}} \qquad \textbf{(1.19)}$$

1.7.2 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE.

Debido al movimiento de la tierra, existe una Radiación Global que es la suma de algunas radiaciones solares que inciden sobre la superficie terrestre, y pueden ser:

1.7.2.1 RADIACIÓN DIRECTA.

Es aquella que llega directamente de forma frontal del sol sin haber tenido ningún cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan. **[1]**

1.7.2.2 RADIACIÓN DIFUSA.

Es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos, porque solo ven la mitad de la semiesfera celeste. **[1]**

1.7.2.3 RADIACIÓN REFLEJADA.

Como su propio nombre indica, aquella reflejada por toda la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben. (Fig. 1:33). **[1]**

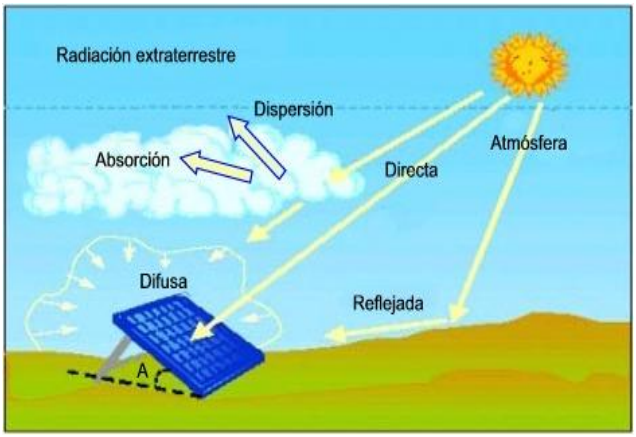


Figura 1:33 Tipos de radiación solar sobre una superficie. ***Fuente*** **(1 p. 34)**

Para determinar o cuantificar la cantidad de radiación solar que se produce sobre una unidad de superficie se utilizan dos magnitudes que hacen referencia a la potencia y a la energía de la misma y son:

1.7.3 IRRADIANCIA.

Es una magnitud muy utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de cualquier tipo de radiación, es decir nos indica la intensidad o flujo de la radiación solar, su unidad es el (**W/m^2**), y tiende a variar de un punto a otro de la superficie. (Fig. 1:34).

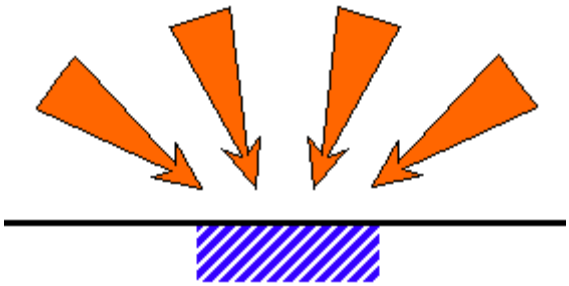


Figura 1:34 Irradiancia sobre la superficie. ***Fuente.*** **(5)**

1.7.4 IRRADIACIÓN.

"*Es la suma total de todas las irradiancias en un período de tiempo determinado, es decir, el total de energía solar que recibe el panel en un período de tiempo, su unidad de medida es el* ***J/m^2*** *en una unidad de tiempo*"[10], sea esta hora, día, semana, mes, etc. según el caso para el cual se está analizando.

1.7.5 RECOPILACIÓN DE DATOS DE RADIACIÓN.

Las características topográficas del Ecuador son muy variadas, por lo que posee una gran diversidad climática lo que le da un elevado nivel de energías renovables y limpias, y no pueden quedar al margen de ser muy bien aprovechadas para la generación de energía.

En concreto, en sistemas fotovoltaicos es preciso determinar la cantidad de radiación directa, difusa y reflejada que recibirá el sistema; en el caso de los sistemas fotovoltaicos aislados, para poder calcular bien cuál es el tamaño adecuado de la instalación para cubrir las necesidades o demandas energéticas; en el caso de los sistemas conectados a red para poder estimar el período de amortización previsto de la misma.

Para el dimensionado de instalaciones fotovoltaicas se utilizan valores de radiación históricos, de períodos anteriores. Sin embargo, en la actualidad para muchas localidades no se disponen de datos históricos de la radiación.

Los tipos de valores o datos de radiación que se necesiten para realizar un cálculo o dimensionado de un sistema fotovoltaico autónomo, dependen de la exactitud de los mismos, o del tipo de aplicación en la que será requerida, por eso en algunos sistemas son calculados con valores medios mensuales de radiación global, y mientras que en otras aplicaciones se utiliza unas series de datos con horarios de varios años.

[10] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.

Como referencia podemos mencionar que existen valores de Insolación proporcionados por el CONELEC, quienes en su base de datos tienen valores mínimos, máximos y promedios de los tipos de radiación solar que se puede obtener para una generación fotovoltaica. (Tabla. 1:1)

Datos de Insolación									
Mes	**Insolación difusa**			**Insolación Directa**			**Insolación Global**		
	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.
	Kw/m2/día			Kw/m2/día			Kw/m2/día		
Enero	3.200	2.44	2.925	4.342	0.423	2.264	5.523	3.089	4.411
Febrero	3.495	2.336	3.103	4.722	0.544	1.828	5.817	3.315	4.480
Marzo	3.314	2.296	3.002	4.730	0.834	2.172	5.855	3.572	4.655
Abril	3.149	2.204	2.839	4.404	0.545	2.051	5.421	3.188	4.360
Mayo	2.906	1.687	2.556	5.227	0.743	2.443	5.213	3.288	4.276
Junio	2.840	1.367	2.425	6.349	0.796	2.519	5.474	3.107	4.140
Julio	2.854	1.289	2.467	6.999	0.862	2.680	5.842	3.216	4.308
Agosto	3.064	1.621	2.657	6.519	0.511	2.701	6.254	3.117	4.624
Septiembre	3.125	1.828	2.682	6.203	0.969	3.063	6.492	3.835	4.974
Octubre	3.168	2.011	2.789	5.420	0.859	2.819	6.323	3.748	4.888
Noviembre	3.105	1.959	2.690	6.183	1.306	3.130	6.484	4.059	4.943
Diciembre	3.101	2.026	2.703	5.238	0.868	3.037	6.089	3.537	4.837

Tabla 1:1 Datos de radiación en Ecuador. ***Fuente*** **(CONELEC).**

Con los datos obtenidos de la página del CONELEC, se puede realizar gráficas comparativas de cómo es que varía la insolación en nuestro país, pues los valores existentes nos ayudan a definir parámetros en los paneles solares, además de que estos datos son útiles para dimensionar sistemas de generación fotovoltaica aproximados en cualquier parte del país.

Adicional a los datos que se tiene por parte del CONELEC, en la Universidad Politécnica Salesiana existe una estación meteorológica, capaz de obtener datos del clima actual de la ciudad de Cuenca, siendo los mismos, radiación, velocidad del viento, temperatura, humedad, etc. Sin embargo de estos datos que nos han sido facilitados, hemos procedido con los de radiación solar y temperatura que son los más importantes para el desarrollo de nuestro tema.

Por medio de un software elaborado en Matlab por estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana **[6],** se logró obtener una interpolación de los miles de datos mensuales que se obtuvieron de la estación meteorológica. Como resultado se tabuló la siguiente Tabla 1:2.

Datos de radiación solar de la Estación Meteorológica de la U.P.S.									
Mes	**Radiación 2012**			**Radiación 2013**			**Radiación 2014**		
	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.
	w/m^2/día			w/m^2/día			w/m^2/día		
Enero	1032	0	248.15	551	0	253,25	1097	0	258,35
Febrero	1087	0	284,35	621,5	0	289,60	1232	0	294,85
Marzo	1194	0	244,83	1181,5	0	249,24	1169	0	253,64
Abril	1035	0	253,25	556,5	0	246,80	1113	0	240,35
Mayo	1074	0	279,50	1045	0	314,08	-	-	-
Junio	1029	0	265,42	1081	0	305,73	-	-	-
Julio	1062	0	297,84	990	0	269,12	-	-	-
Agosto	1114	0	329,77	1043	0	265,89	-	-	-
Septiembre	1091	0	334,81	1090	0	305,24	-	-	-
Octubre	889	0	305,83	1257	0	328,66	-	-	-
Noviembre	806	0	322,15	1151	0	382,71	-	-	-
Diciembre	765	0	756,00	1015	0	348,71	-	-	-
Anual	**839,58**	**0,00**	**282,66**	**965,21**	**0,00**	**263,95**	**1152,75**	**0,00**	**261,80**

Tabla 1:2 Datos de radiación solar de la Estación Meteorológica U.P.S. ***Fuente*** **(Autores).**

Para el año 2012, el mes donde hubo mayor radiación solar promedio fue en Agosto tal como se puede observar en la Figura 1:35, su curva está basada en 1612 registros captados por la estación meteorológica de la U.P.S.

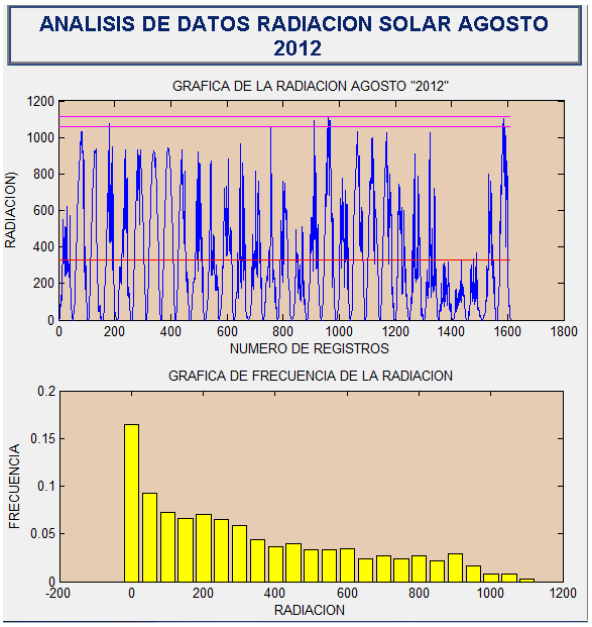


Figura 1:35 Curva de radiación solar Agosto 2012. ***Fuente*** **(6)**

Para el año 2013 el mes donde hubo mayor radiación solar promedio fue en Octubre, y como se puede observar en la Figura 1:36, su curva está basada en 1656 registros captados por la estación meteorológica de la U.P.S.

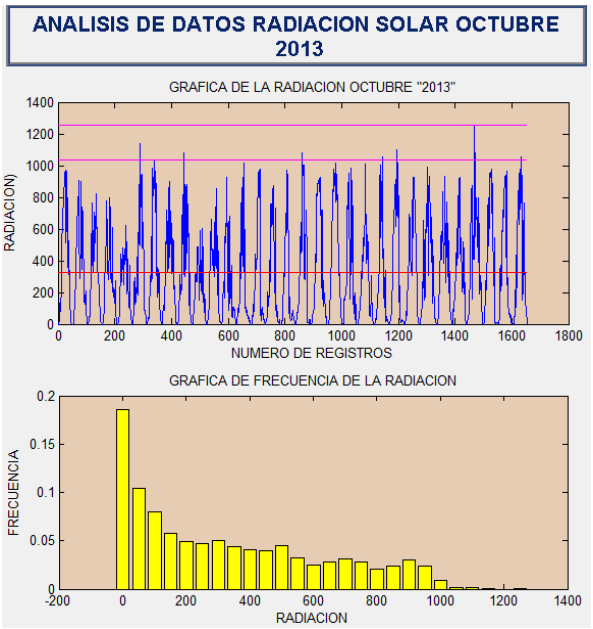


Figura 1:36 Curva de radiación solar Octubre 2013. ***Fuente*** **(6)**

Para el año 2014, que son pocos los meses los que han trascurrido, el mes donde hubo mayor radiación solar promedio fue en Febrero, y como se puede observar en la Figura 1:37, su curva está basada en 1352 registros captados por la estación meteorológica de la U.P.S.

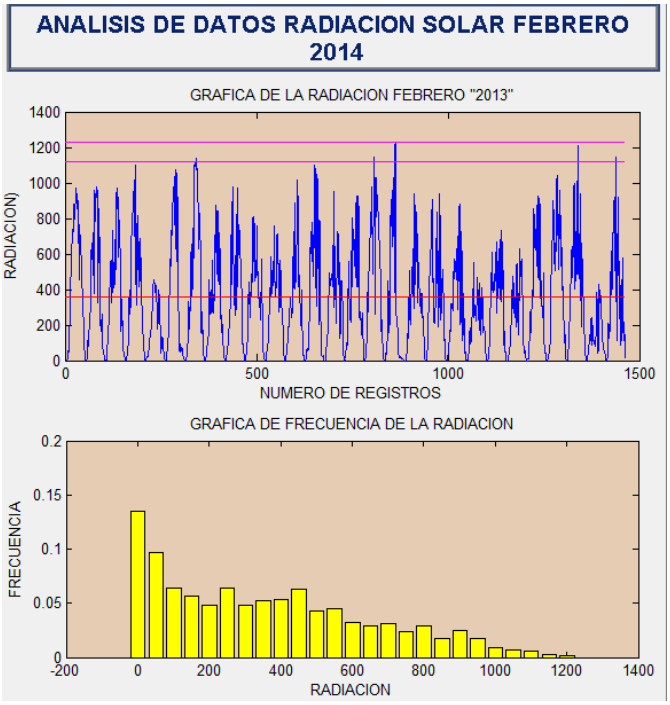


Figura 1:37 Curva de radiación solar Febrero 2014. ***Fuente*** **(6)**

Con los datos de radiación obtenidos en los 3 años, se realizó la siguiente Tabla 1:3. Esta tabla se obtuvo mediante la aplicación del método de promedio ponderado, basándonos en la radiación nominal de 1000w/m^2 según la norma EN61215[11].

El método de promedio ponderado nos ayuda a definir un valor más apreciable para nuestro análisis, ya que cada valor obtenido por mes y año se le trata de idealizar al valor nominal (1000w/m^2), cuya fórmula es:

$$prom.pond = \frac{dato_1 + dato_2 + \ldots + dato_n + 1000(n\ datos)}{2(n\ datos)}$$

[11] **EN61215** norma para cualificación del diseño y homologación de módulos fotovoltaicos de silicio cristalino para uso terrestre conforme criterios climáticos.

Mes	Radiación	Temperatura
	w/m2	°C
Enero	626,63	21,9
Febrero	644,80	21,6
Marzo	624,62	21,7
Abril	623,40	22,2
Mayo	648,40	22,1
Junio	642,79	21,9
Julio	641,74	21,9
Agosto	648,92	22,7
Septiembre	660,01	23,1
Octubre	658,62	22,9
Noviembre	676,22	22,2
Diciembre	776,18	22,0

Tabla 1:3 Tabla de radiación y temperatura promedios de la estación meteorológica de la U.P.S. ***Fuente*** **(Autores).**

También podemos contar con datos facilitados a la Universidad Politécnica Salesiana de distintas estaciones meteorológicas pertenecientes a la INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables) que se han instalado en diferentes parroquias de la ciudad, cuyos resultados de irradiación se muestran en la siguiente Tabla 1:4.

DATOS DE RADIACIÓN DE CUENCA									
Lugar	Enero			Febrero			Marzo		
	Radiación Global			Radiación Global			Radiación Global		
	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.
	Wh/m2/día			Wh/m2/día			Wh/m2/día		
Baños	466,50	857,58	206,71	445,56	882,63	185,51	414,49	756,25	186,10
Chaucha	306,02	547,11	174,79	285,89	510,94	162,79	311,20	584,04	172,28
Don Bosco	542,02	894,61	271,39	505,74	917,78	245,70	488,27	791,27	258,17
Cumbe	414,63	829,56	177,17	402,28	884,67	177,36	397,00	783,47	178,05
Irquis	451,24	849,28	209,75	415,71	838,35	202,06	431,12	775,26	227,91
Llacao	533,90	886,98	264,46	531,93	932,03	248,08	476,73	765,01	251,46
Molleturo	474,98	877,18	241,94	441,60	803,98	231,81	406,60	750,90	212,19
Nulti	514,06	893,35	256,88	544,02	959,90	280,00	498,76	787,23	272,73
Quingeo	446,23	893,02	217,73	416,06	839,63	203,08	421,82	761,12	209,53
San Joaquín	465,57	833,03	226,35	455,60	876,16	208,74	426,63	703,63	220,17

Santa Ana	437,95	824,95	205,47	410,72	835,74	204,66	394,67	748,68	195,52
Sayausí	472,32	828,74	228,65	463,99	882,65	211,93	432,43	722,63	210,95
Sinincay	481,95	834,59	246,40	468,48	894,61	225,90	457,70	751,19	235,20
Tixán	474,97	842,64	243,32	476,88	910,71	211,04	439,84	743,76	227,85
Turi	486,70	847,47	242,87	453,24	870,27	211,16	423,22	723,37	205,07
UPS	552,04	898,70	292,79	546,37	961,68	265,51	481,89	763,58	255,67
Promedio	470,07	839,92	231,67	454,00	862,61	217,21	431,40	744,46	219,93

Continuación.

DATOS DE RADIACIÓN DE CUENCA									
Lugar	**Abril**			**Mayo**			**Junio**		
	Radiación Global			**Radiación Global**			**Radiación Global**		
	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.
	Wh/m2/día			Wh/m2/día			Wh/m2/día		
Baños	388,08	800,45	165,32	388,92	778,84	162,40	303,80	671,59	129,97
Chaucha	313,16	580,59	168,79	317,79	598,39	174,54	404,82	714,48	204,47
Don	404,97	778,40	199,63	445,77	798,48	215,10	366,61	711,25	178,29
Cumbe	399,29	863,77	171,90	408,54	852,29	174,87	346,21	765,53	150,51
Irquis	401,47	823,97	181,84	418,02	795,76	210,78	344,49	731,94	166,83
Llacao	435,63	859,07	214,39	469,01	814,36	212,04	376,97	727,20	180,06
Molleturo	529,74	928,62	293,25	371,26	726,29	192,39	541,20	911,98	267,40
Nulti	483,89	885,68	242,77	505,70	861,31	246,31	408,14	785,53	202,11
Quingeo	419,56	861,70	203,93	428,67	840,40	197,82	354,39	739,88	176,10
San Joaquín	411,60	803,83	194,79	443,75	823,06	217,44	332,34	687,58	156,60
Santa Ana	389,09	784,50	196,64	415,87	832,62	185,94	332,46	726,81	163,77
Sayausí	418,67	807,86	191,71	424,47	809,24	193,02	343,92	697,49	161,40
Sinincay	428,66	846,27	209,72	466,32	840,75	226,72	366,75	724,49	173,25
Tixán	393,85	803,34	197,68	429,05	790,77	200,49	339,10	679,80	161,99
Turi	383,09	784,58	179,83	407,84	798,71	179,98	314,37	670,64	143,25
U.P.S.	457,77	847,75	229,73	473,52	835,97	228,66	397,94	743,25	201,28
Promedio	416,16	816,27	202,62	425,91	799,83	201,16	367,10	730,59	176,08

Tabla 1:4 Datos de irradiación de diferentes estaciones meteorológicas de Cuenca. ***Fuente* (INER, Autores)**

Cuando se pueda completar la tabla con todos los datos de radiación del año, y con la ayuda de un software que se verá en capítulos posteriores, se podrá definir o analizar el comportamiento del panel que se requiera utilizar en cualquiera de las zonas donde se encuentran instaladas las estaciones

meteorológicas. Además utilizando el método de promedio ponderado ya antes visto, podremos generalizar los datos de radiación aplicados a cualquier sector de la ciudad de Cuenca.

1.8 EQUIPOS Y ELEMENTOS PARA EL ESTUDIOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS.

Para realizar nuestro análisis del tema que hemos abordado, es necesario plantearnos ciertas características necesarias para nuestro sistema fotovoltaico, el cual está basado en condiciones aleatorias que hemos decidido establecer, para ir sacando las respectivas conclusiones de los mismos elementos seleccionados.

1.8.1 LUMINARIAS.

Las luminarias utilizadas en este proyecto de tesis, se escogieron de acuerdo a las necesidades del parqueadero que se encuentra en la parte posterior del edificio.

Se plantearon tres opciones de luminarias, todas se consideraron con tecnología Led, y son los siguientes modelos:

- Greenstar GLX72XD Galaxy 180w.
- Sylvania Nova led 180w.
- Schreder Akila 96 leds 160w.

Para poder elegir el tipo de luminaria que cumpla con nuestras necesidades de iluminación, tenemos que considerar su factibilidad de compra y adquisición en el mercado nacional, posterior a ello sus características técnicas, como: su capacidad de iluminación, curva de flujo luminoso y potencia, que cumplan con la capacidad de generación que se tiene por parte de los paneles solares ya instalados.

Sus respectivas simulaciones de los tres tipos de luminarias se encuentran realizados en Dialux y constan en el ***Anexo 1.***

Basándonos en las simulaciones realizadas, se puede apreciar que la luminaria más óptima para nuestro proyecto de tesis, manteniendo las condiciones anteriormente descritas para ser adquiridas y utilizadas, es la luminaria modelo ***Greenstar GLX72XD Galaxy 180w.*** (Fig. 1:38)

Figura 1:38 Luminarias seleccionadas. ***Fuente* (Autores).**

Las luminarias que se presentan, tienen las siguientes características de fábrica, tanto eléctricas, óptica, ambiental y mecánica, que son ideales para el uso que se pretende dar en el presente proyecto de tesis. (Tabla 1:5).

ELÉCTRICA	
Voltaje de entrada	90-285 VAC estándar / 400-500 VAC opcional
Rango de frecuencia	50/60Hz
Factor de potencia (PF)	> 0,95
Oleada / Protección de Spike	10 KV, MOV y Arc Tubos
Distorsión Armónica Total (THD)	<10%
Corriente CC/AC	700mAmps/2Amp

ÓPTICA	
Fuente de luz	Philips Lumiled ® LUXEON Rebel> 60.000 horas
Temperatura de color (° Kelvin)	4.100 K a 6.000 K
Custom Design Fuente Lente	Ledil
Eficacia ligera Entregado	> 90%

Patrón de rayo	Tipo II o Tipo II ancha
Luz Clasificación de entrega	Cutoff (Dark Sky certificado)
AMBIENTAL	
Temperatura de funcionamiento	-40C a +50 C; -40F a +122 F
Certificaciones	ETL (estándares UL), CE, RoHS, NOM, FIDE, cumple con IP65, IESNA, Cielo Oscuro, Diseño Luces Consorcio Listado
MECÁNICA	
Dimensiones	922 x 280 x 264 mm / 36.2 x 11 x 10.4 en
Peso	10,5 kg / 23,1 libras
Material de la cubierta	Aleación de aluminio
Material de cristales	De alto impacto en la calidad óptica de PMMA
Montaje	1.25 "a 3" estándar Ronda Arm y de montaje en pared

Tabla 1:5 Características de fábrica de luminarias. ***Fuente*** **(7)**

Por medio del software Dialux podemos realizar una simulación basándonos en la ubicación exacta de las luminarias en el edificio, para poder determinar si su potencia e intensidad luminosa son los necesarios para cubrir el espacio del parqueadero. En general en lugares abiertos como en este caso es un parqueadero, su intensidad luminosa aceptable esta entre 15 a 25 luxes, y entre 3 a 6 candelas por metro cuadrado nos fijamos por esa unidad de medida de la iluminación con respecto al área total, sin dejar de considerar su altura.

En la Figura 1:39 podemos apreciar la curva de flujo luminoso de la luminaria que vamos a utilizar.

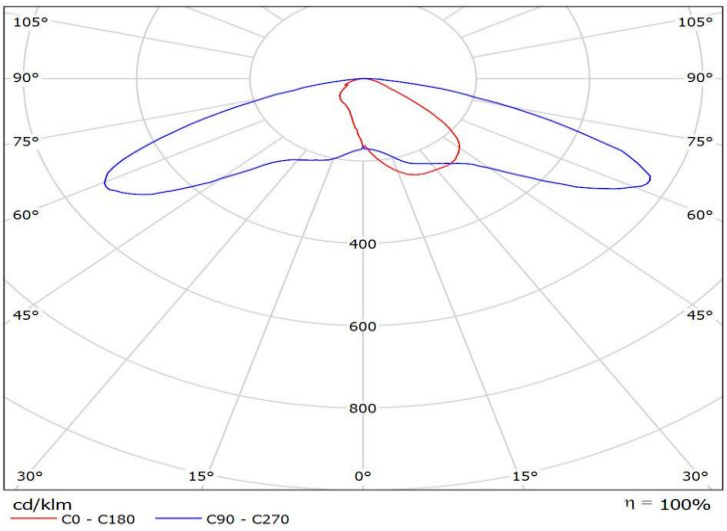
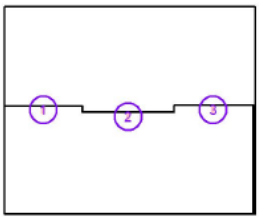


Figura 1:39 Curva de flujo luminoso. Luminarias Galaxi GL72. ***Fuente*** **(Autores).**

El tiempo de uso diario será de aproximadamente 3 horas en la noche, las mismas que serán controladas con un temporizador para su encendido y apagado automático. Adicionalmente la ubicación en coordenadas del Dialux es como se muestran a continuación. (Fig. 1:40)

Model: GLX72XD-6KCCT-GW-220 Galaxy
12167 lm, 157.9 W, 1 x 1 x LED (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]	
	X	Y	Z	X	Y
1	6.000	15.800	9.000	-15.0	0.0
2	19.000	14.800	9.000	-15.0	0.0
3	32.000	15.800	9.000	-15.0	0.0

Figura 1:40 Coordenadas de ubicación de las luminarias. ***Fuente*** **(Autores).**

Si realizamos las respectivas simulaciones considerando el área total del parqueadero que aproximadamente son unos 570 m^2 y estableciéndonos una altura de ubicación de las luminarias de 9 metros, podemos obtener la

siguiente tabla comparativa de lúmenes y candelas que nos proporcionan mediante la simulación. Tabla 1:6.

Cuadro comparativo de Luminarias				
		Tipo de luminaria		
	unidad	Greenstar	Nova	Schreder
Em.	lx	15,000	23,000	18,000
Emin.	lx	0,960	1,180	0,800
Emax.	lx	36,000	56,000	38,000
Emin/Em.	lx	0,066	0,051	0,046
Emin/Emax.	lx	0,027	0,021	0,021
Lm.	cd/m^2	3,520	5,550	4,240
Lmin.	cd/m^2	0,230	0,280	0,190
Lmax.	cd/m^2	8,610	14,000	9,130

Tabla 1:6 Cuadro comparativo de luxes y candelas de las diferentes luminarias. ***Fuente* (Autores).**

Al revisar todos los valores que obtenemos de realizar las respectivas simulaciones, es muy aceptable utilizar cualquier luminaria propuesta, todas están dentro de los rangos lumínicos necesarios para alumbrar el parqueadero, sin embargo el mercado nacional no alberga en gran número y continuidad los 3 tipos debido a sus altos costos de producción, el optar por otras marcas es difícil, ya que sus matrices para las respectivas simulaciones no han sido aún creadas por los propios fabricantes.

Las luminarias Greenstar, una vez colocadas y realizado el respectivo cableado e instalación, nos podemos dar cuenta, que su luminosidad está muy aceptable o similar a lo que se logró obtener en las simulaciones gracias al Dialux, como podemos ver en la siguiente Figura 1:41.

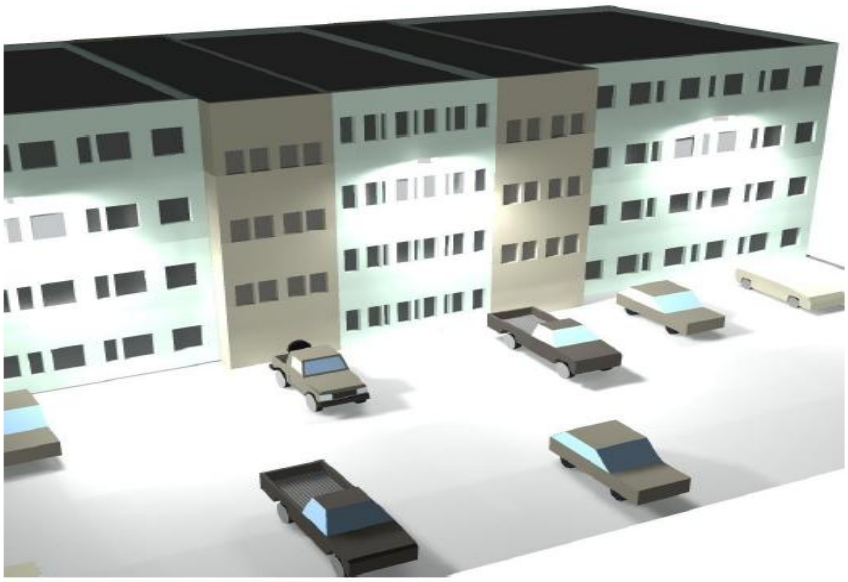


Figura 1:41 Simulación de luminarias Greenstar en parqueadero U.P.S. ***Fuente*** **(Autores).**

Con las luminarias en las coordenadas deseadas, y culminando las instalaciones eléctricas necesarias, obtuvimos un resultado aproximado a la simulación, como se puede ver en la siguiente Figura 1:42.

Figura 1:42 Ubicación real de las luminarias en las instalaciones de la U.P.S. ***Fuente*** **(Autores).**

1.8.3 PANELES SOLARES Y PROTECCIONES.

Los paneles solares que han sido seleccionados para nuestro proyecto están basados en su potencia nominal requerida, puesto que se colocaron en un sistema de 3 paneles en paralelo para obtener una mayor corriente de los mismos, según sus características que se encuentran en su hoja de datos en el ***Anexo 2***. Los paneles monocristalinos y policristalinos se instalaron en dos sistemas por separados.

Las protecciones para los sistemas de paneles tanto monocristalinos como policristalinos que usan corrientes directas, tienen la función de proteger los conductores de las ramas de los módulos frente a sobre intensidades, para ello empleamos fusibles rápidos cilíndricos en cada una de las ramas de los paneles, que facilitan la apertura del circuito y su extracción, su dimensionamiento está calculado por medio de su corriente de cortocircuito que se especifican en las hojas de datos técnicos.(Fig. 1:44)

$$\boldsymbol{I_F = 1.25\, I_{sc}} \qquad \textbf{[1.22]}$$

$$\boldsymbol{I_F = (1,25) * (8,88)}$$

$$\boldsymbol{I_F} = 11{,}1 \approx \boldsymbol{Fusible\ 12\ A}.$$

Dónde:

- $\boldsymbol{I_F}$**=** Corriente de circulación por cada uno de los Ramales de los Paneles.
- $\boldsymbol{I_{sc}}$ **=** Intensidad de Cortocircuito del Panel.

Figura 1:43 Protecciones en las ramas de los paneles fotovoltaicos. ***Fuente* (Autores).**

1.8.2 CÁLCULO DE ENERGÍA DIARIA.

La energía diaria de todo el sistema será considerada bajo las siguientes características que se las ha visto que son necesarias en nuestro proyecto.

- 3 Luminarias modelo GLX72.
- 4 horas de uso diario. (6:30 pm – 10:30 pm).
- Potencia de 180W.
- $\boldsymbol{E_{rec}} = \mathbf{2160}$ ***wh/día*.**

"La tensión nominal del circuito de utilización viene fijada por los receptores que se requiere alimentar. En aquellos casos en los que se tenga que elegir una tensión nominal para el sistema de acumulación, con el fin de conseguir valores de intensidad razonable, se fija en función de la potencia."[12]. Tabla 1:7.

Potencia	Tensión Nominal
(W)	(D.C. volts)
P<=800	12

[12] **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012. Pag. 132.

800<P<1600	24
1600<P<3200	48
P>3200	120

Tabla 1:7 Tensión nominal del sistema en función de la potencia. ***Fuente*** **(2 pág. 132)**

Para nuestro sistema fotovoltaico autónomo, todos los elementos o equipos necesarios para la transformación de energía solar, de acuerdo con la Tabla 1:6, se lo realizó con 12V, con este nivel de voltaje, todos los elementos son fáciles de obtener en el mercado nacional.

1.8.2.1 PÉRDIDAS.

Las pérdidas van a ocurrir siempre en todo sistema de conversión de energía, ya sea el fotovoltaico, eólico, etc. Para nuestro caso vamos a tener algunas pérdidas que son necesarias considerar en todo el dimensionamiento del sistema, como se ve en la Figura 1:43.

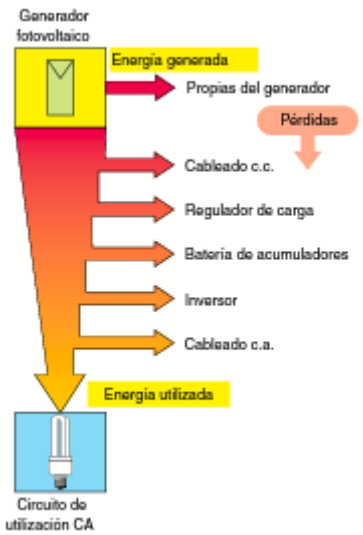


Figura 1:44 Pérdidas en un sistema fotovoltaico. ***Fuente*** **(2 pág. 135)**

- **CABLEADO CC.**

Las pérdidas en las instalaciones o en el cableado se dan debido a la circulación de corriente por los conductores, produciendo pérdidas de potencia por el denominado efecto Joule. Estas pérdidas coinciden siempre con el porcentaje de caída de tensión que se produce en las conexiones, para nuestro sistema las caídas de tensión son mínimas, pues el tablero de conexiones está junto a los paneles y las distancias de los conductores son muy cortas, por ello se considera como pérdidas en el cableado o de instalaciones un 10%.

- **REGULADOR DE CARGA Y BATERÍA DE ACUMULADORES.**

Este rendimiento tiene en cuenta las pérdidas que se producen en la batería de acumuladores en el proceso de conversión de energía eléctrica en energía química durante la carga y viceversa durante la descarga, que hacen que la energía que entra en la batería durante la carga sea siempre superior a la que devuelve en la descarga.

También se agrupan en este rendimiento las pérdidas en el regulador de carga debidas al autoconsumo para poder funcionar y a las caídas de tensión y calentamientos en los componentes de su circuito de potencia.

Las pérdidas en las baterías están consideradas desde un 0,5%, para acumuladores o baterías nuevas, hasta un 1% para baterías de varios años de funcionamiento. El rendimiento del regulador que por su tecnología electrónica similar a la de un convertidor, toma valores desde un 1% hasta un 10% de eficiencia.

- **RENDIMIENTO DEL INVERSOR.**

Depende mucho del régimen de carga porque hay unas pérdidas constantes, como las pérdidas en vacío, a las que hay que sumarles las pérdidas

producidas al circular corriente que produce caídas de tensión en los semiconductores y las pérdidas por el efecto Joule, debido a la resistencia eléctrica de los componentes del inversor.

Por datos de fabricante y del manual de usuario del mismo inversor, las pérdidas en el mismo llegan hasta un 10%, considerando el tiempo de uso y conversión de energía alterna del mismo.

Todas las pérdidas, tienen un porcentaje que acumuladas en el cálculo representan un valor considerable en nuestro sistema autónomo, que haciendo un resumen de las mismas en porcentajes tenemos la siguiente representación en fórmula de todas las pérdidas.

- $\boldsymbol{k_b} = 0.5\%\ \ pérdida\ en\ batería.$
- $\boldsymbol{k_c} = 10\%\ \ pérdida\ en\ convertidor.$
- $\boldsymbol{k_r} = 10\%\ \ pérdida\ en\ regulador.$
- $\boldsymbol{k_x} = 10\%\ \ pérdida\ en\ la\ instalación.$
- $\boldsymbol{k_a} = 0.5\%\ \ pérdida\ en\ autodescarga.$
- $\boldsymbol{D_{aut}} = 3\ \ días\ de\ autonomía.$
- $\boldsymbol{P_{dmax}} = 65\%\ \ profundidad\ de\ descarga\ máxima.$
- $\boldsymbol{k_T} = pérdidas\ totales$

$$\boldsymbol{k_T = [1 - (k_b + k_c + k_r + k_x)].\left(1 - \frac{k_a * D_{aut}}{P_{dmax}}\right)} \quad \textbf{[1.20]}$$

Sí remplazamos todos los valores antes asignados a las diferentes pérdidas que se producen en nuestro sistema obtenemos lo siguiente.

$$\boldsymbol{k_T = [1 - (0.005 + 0.1 + 0.1 + 0.1)].\left(1 - \frac{0.005 * 3}{0.65}\right)}$$

$$\boldsymbol{k_T = 0,68}$$

Una vez conocidas las pérdidas totales que se pueden dar en nuestro proyecto, podemos calcular la energía total diaria que necesitan las luminarias que hemos elegido.

$$\boldsymbol{E_T = \frac{E_{rec}}{k_T}} \qquad \textbf{[1.21]}$$

De la misma forma, sustituyendo valores calculados obtenemos la energía total diaria que se va a necesitar en el modelo de nuestro sistema fotovoltaico, considerando que todas las luminarias están en un solo sistema.

$$E_T = \frac{2160\ wh/día}{0{,}68}.$$

$$E_T = \frac{3176\ wh}{día}.$$

1.8.4 REGULADOR DE CARGA Y PROTECCIONES.

El regulador de carga que se está utilizando en nuestros sistemas de paneles solares, están de la misma forma dimensionados por la capacidad de corriente de cortocircuito que se presente en el sistema, es decir que nuestros sistema presenta una corriente de cortocircuito de 8.88 A. por panel, pero con un número de 3 paneles en paralelo. ***Ver anexo 3.***

Para determinar las protecciones que serán utilizadas para el regulador, tomamos en consideración de nuevo la corriente de cortocircuito del sistema de 3 paneles en paralelo. Es necesario que todos los paneles sean del mismo tipo.

$$\boldsymbol{I_R = I_{sc} * N_p * 1.1} \qquad \textbf{[1.23]}$$

$$I_R = (8.88) * (3) * (1.1)$$

$$\boldsymbol{I_R = 29 \approx Breaker\ 32A}.$$

Donde:

- I_R= Corriente del regulador de carga.
- I_{sc}= Intensidad de corto circuito del panel.
- N_p= Número de paneles en paralelo.

Su corriente de cortocircuito total será alrededor de 29 A. Dentro de las protecciones que existen en el mercado, es apropiado colocar un termomagnético bipolar de riel en corriente directa de unos 32 A. (Fig. 1:45)

Figura 1:45 Breaker termomagnético de riel bipolar de 32 A. para protección de regulador de carga. ***Fuente*** **(Autores).**

1.8.5 BATERÍA Y PROTECCIONES.

Para nuestro sistema de generación fotovoltaico autónomo, en el cual vamos a tener como carga, una instalación de luminarias que funciona en corriente alterna, y que será utilizado durante 3 horas en ausencia de sol, es muy necesario un sistema de almacenamiento de energía que nos brinde las horas necesarias de energía para los cuales serán encendidas las lámparas. ***Ver anexo 4.***

En el circuito de la batería pueden aparecer corrientes muy elevadas en caso que se produzca un cortocircuito, los conductores de conexión son muy cortos y de mucha sección, y la batería tiene una resistencia interna muy baja; es por eso que la corriente de cortocircuito solo está limitada por la suma de todas esas resistencias, y con ello es necesario instalar una protección contra estos cortocircuitos, dimensionada por el mismo criterio que la protección para el regulador. (Fig. 1:46)

$$\boldsymbol{I_b = I_{sc} * N_p * 1.1} \qquad \textbf{[1.24]}$$

$$I_b = (8{,}88) * 3 * (1{,}1)$$

$$\boldsymbol{I_b = 29 \approx 32A}.$$

Donde:

- $\boldsymbol{I_b}$**=** Corriente de circulación a la batería.
- $\boldsymbol{I_{sc}}$**=** Intensidad de corto circuito del panel.
- $\boldsymbol{N_p}$**=** Número de paneles en paralelo.

Figura 1:46 Breaker termomagnético de riel monopolar de 32 A. para protección de batería.

Fuente **(Autores).**

1.8.6 INVERSOR Y PROTECCIONES.

El inversor es el elemento principal para nuestro proyecto, debido a que la carga que se manipula es en corriente alterna, su dimensionamiento está en base a la corriente y potencia de la carga que va a abastecer. (Fig. 1:47). Las características de este inversor se las puede consultar en el ***Anexo 5.***

Figura 1:47 Inversor de 12v /350w. ***Fuente*** **(Autores).**

El circuito que se opera en el sistema es un circuito de corriente alterna, y las protecciones son contra sobrecargas y cortocircuitos mediante interruptores automáticos termo magnéticos, la corriente y la tensión de servicio de estos dispositivos se determinan en función de la potencia y tensiones nominales del inversor. (Fig. 1:48). Para nuestro caso, se calculó la protección mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{P_{ent} = \frac{P_n}{\eta_{inv}}} \qquad \textbf{[1.25]}$$

$$P_{ent} = \frac{350}{0{,}84}$$

$$P_{ent} = 416{,}66\ w$$

$$\boldsymbol{I_{inv} = \frac{P_{ent}}{V_{bat}}} \qquad \textbf{[1.26]}$$

$$I_{inv} = \frac{416{,}66}{12}$$

$$\boldsymbol{I_{inv} = 34{,}7 \approx Breaker\ 40A.}$$

Figura 1:48 Breaker termomagnético de riel bipolar de 40 A. para protección del inversor.
***Fuente* (Autores).**

1.8.7 CIRCUITO Y CABLEADO ELÉCTRICO.

Una vez determinadas todas las protecciones y las características de todos los elementos necesarios para la generación en base a nuestros requerimientos eléctricos, procedemos con el armado de la configuración del circuito eléctrico deseado.

El montaje eléctrico como se muestra a continuación, está realizado con la finalidad de tener un sistema de carga diurna, es decir, que durante las horas de sol, el regulador procederá con la carga controlada de la batería, la misma que será descargada durante las 3 horas de uso en las luminarias durante la noche. (Fig. 1:49) El diagrama eléctrico se encuentra adjunto en el ***Anexo 6.***

Figura 1:49 Tablero de control del sistema fotovoltaico. ***Fuente*** **(Autores*).***

2. CAPÍTULO 2: VARIABLES DE LOS PANELES SOLARES.

2.1 VARIABLES COMUNES PANELES SOLARES.

Dentro de las variables a considerar para la parametrización de paneles solares, sin importar el tipo de fabricación del que estén hechos los paneles solares, es decir, monocristalinos, policristalinos, deben ser comunes al momento de la instalación. Las variables que son comunes dentro de su instalación son las siguientes:

- Orientación.
- Acimut solar.
- Inclinación.
- Posición.

2.1.1. ORIENTACIÓN DE LOS PANELES SOLARES.

Dentro de las variables que se pueden considerar en una generación fotovoltaica, la orientación tiene un papel muy importante en la producción de este tipo de energía renovable. La orientación de un sistema de paneles solares para generación, depende mucho de posiciones angulares con respecto al sol. Éstos deben ser orientados hacia el sur geográfico en el hemisferio norte y hacia el norte geográfico en el hemisferio sur.

La latitud y longitud que se va a utilizar para los cálculos respectivos, los obtuvimos de Google Earth, que es un software libre. (Fig. 2:1)

Figura 2:1 Latitud y longitud de los paneles solares dentro de la Universidad Politécnica Salesiana. ***Fuente*** **(8)**

En nuestro caso debido a la ubicación geográfica en la que nos encontramos, los paneles son orientados con las caras colectores hacia el norte. (Fig. 2:2)

Figura 2:2 Paneles solares orientados al norte, en la terraza del Edificio Mario Rizzini de la Universidad Politécnica Salesiana ***Fuente*** **(Autores).**

La orientación de los paneles solares se la puede hacer con la ayuda ya sea de una brújula o alguna aplicación para teléfonos móvil. Otra manera práctica para orientar los paneles hacia el hemisferio geográfico correcto se lo hace de la siguiente manera: primero ubicar una varilla en la zona en la que serán colocados los paneles, por el movimiento del sol se genera la sombra de la misma siendo nuestro primer punto de referencia A. Con un cordel se dibujará una circunferencia alrededor de la varilla, al transcurrir el

medio día la sombra de la varilla se moverá al tiempo que disminuye su longitud (luego empezará a crecer de nuevo). Llegará un punto en que la sombra intercepta con la circunferencia, obteniendo nuestro punto B, unimos este punto con el A y calculamos el punto medio de dicha distancia, dando como resultado el punto M, que nos indicará la dirección norte para la orientación de los paneles. (Fig. 2:3).

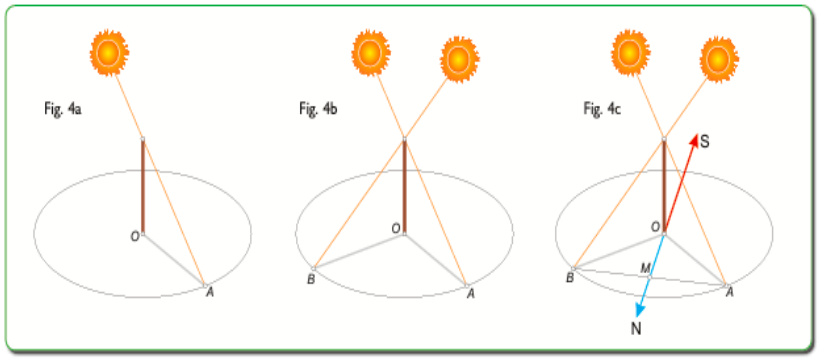


Figura 2:3 Orientación manual de los paneles solares. ***Fuente*** **(3 pág. 94)**

2.1.2. ACIMUT SOLAR.

El acimut solar (ψ_s)**,** es el ángulo que forma la dirección de la proyección del sol con el sur, pero hay que hacer referencia el sur en el hemisferio norte y el norte en el hemisferio sur, toma valores de 0-180° positivos hacia el lado Oeste y valores negativos de 0 a -180° hacia el lado Este.

Para nuestro caso práctico es conveniente utilizar un ángulo de 0°, pues el acimut solar, es un ángulo que tiene valores positivos y negativos dependiendo de la trayectoria del sol durante el día, además que por la variación del ángulo, la ubicación misma de los paneles debe poseer un sistema de movimiento con dos grados de libertad que nos permita variar dicho ángulo en intervalos de 15° durante cada hora de sol durante el día.

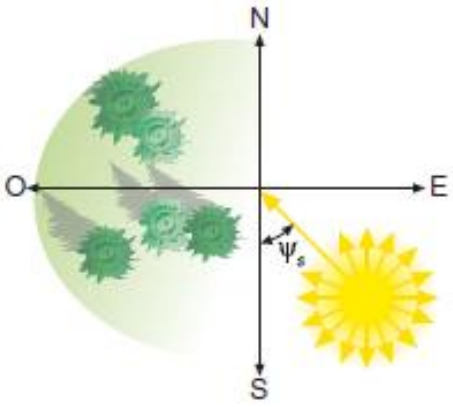


Figura 2:4 Acimut Solar. ***Fuente*** **(2 pág. 10)**

2.1.3. INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES.

Los ángulos de inclinación de los paneles solares son primordiales en la generación fotovoltaica al igual que su orientación, con frecuencia los ángulos que la definen están condicionados por el tipo de estructura en la cual van a ser instalados.

Para el caso en cuestión que se trata de una instalación aislada de la red o autónoma, la inclinación de los paneles solares tiene que ser tal, que maximice la producción anual de forma que estará comprendida entre la que prima la producción en los meses invernales o la que favorece la generación en verano.

En cualquier caso es necesario tomar en cuenta que la inclinación no se encuentre por debajo de los 5°, con esto se puede evitar la acumulación de suciedad en las celdas solares de los módulos fotovoltaicos.

Para lograr que una superficie reciba la mayor cantidad de radiación solar perpendicularmente, tendríamos que inclinar la misma en un cierto ángulo con la horizontal, igual al que forma la vertical del lugar con la radiación solar. La inclinación variará de acuerdo a los diferentes solsticios o equinoccios. (Fig.2:5)

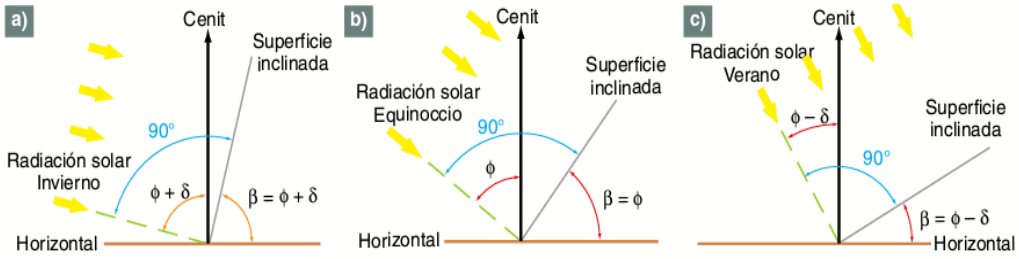


Figura 2:5 Superficie normal a la radiación solar a) Al mediodía del solsticio de invierno b) Al mediodía de los equinoccios c) Al mediodía de los solsticios de verano. ***Fuente*** **(2 pág. 12)**

La inclinación óptima de un panel solar será siempre un valor constante que depende mucho de la latitud del lugar y del ángulo acimut que depende del hemisferio en el que está situado el panel fotovoltaico. Para obtener un mayor rendimiento considerando el ángulo acimut se debe mantener el mismo en 0°, orientada hacia el sur.

En una instalación fija, el ángulo óptimo se lo puede calcular teniendo en cuenta la siguiente fórmula que está basada en el análisis estadístico de radiación solar anual sobre superficies inclinadas situadas en diferentes lugares con diferentes latitudes.

$$\boldsymbol{\beta_{opt} = 3,7 + 0.69\,.\,|\emptyset|} \qquad \textbf{[2.1]}$$

Desarrollando la ecuación [2.1] con los datos a los cuales se están analizando los paneles solares, tenemos una inclinación óptima para nuestro medio y ubicación geográfica de:

$$\boldsymbol{\beta_{opt} = 5,7\ grados}$$

Sin embargo, por la latitud en la que nos encontramos, se puede variar esta inclinación para comprobar que el ángulo de inclinación óptimo tiene influencia directa en la captación de radiación por los paneles solares, en las siguientes tablas se puede revisar como los valores de los voltajes generados por los paneles son diferentes debido a las inclinaciones que tuvieron los paneles. Se procedió a fijar los paneles a diferentes

inclinaciones, con el fin de obtener el mayor voltaje generado por los mismos, todos considerando el mismo acimut de 0° y con la misma orientación. Los valores que se miden por el regulador del sistema, viene a ser el voltaje máximo que producen los paneles, los datos fueron obtenidos durante 3 meses con 6 ángulos de inclinación. Tabla 2.1 y Tabla 2.2.

Voltajes máximos generados. Paneles monocristalinos			
Inclinación	**Promedio**	**Máximo**	**Mínimo**
°	**V**	**V**	**V**
Inclinación **0°**	16,87	17,52	16,30
Inclinación **5°**	17,43	18,26	16,25
Inclinación **5,7°**	16,69	17,28	16,23
Inclinación **10°**	19,10	20,00	17,97
Inclinación **15°**	16,18	16,29	16,05
Inclinación **20°**	17,22	17,62	16,90

Tabla 2:1 Voltajes máximos generados por paneles por monocristalinos. ***Fuente*** **(Autores).**

Voltajes máximos generados. Paneles policristalinos			
Inclinación	**Promedio**	**Máximo**	**Mínimo**
°	**V**	**V**	**V**
Inclinación **0**	15,92	17,41	15,70
Inclinación **5**	16,60	17,97	16,17
Inclinación **5,7**	17,27	16,81	16,50
Inclinación **10**	19,06	19,40	18,81
Inclinación **15**	15,69	15,87	15,40
Inclinación **20**	16,38	17,53	16,32

Tabla 2:2 Voltajes máximos generados por paneles policristalinos. ***Fuente*** **(Autores).**

2.1.4. DISPOSICIÓN DE LOS PANELES SOLARES.

Para que cumplan con su función principal de generación, los paneles deben estar situados o colocados en un soporte adecuado, que realice o que

permita habilitar ciertas posiciones para captar de mejor manera la radiación solar.

Los soportes tienen que ser robustos y fijados de tal manera que soporte la acción del viento y que a su vez permita la refrigeración de los módulos. Los soportes fijos colocados en lugares despejados carecen de orientación e inclinación.

La disposición de los paneles es útil para evitar que se produzcan sombras en las células solares para prevenir puntos calientes en las mismas, pues un punto caliente ocasiona que una célula solar actué como una resistencia en el módulo, reduciendo su rendimiento y vida útil.

Las sombras que en algunas situaciones se pueden dar, pueden ser del tipo esporádicas, es decir, del tipo de sombras causadas por elementos naturales como hojas, polvo, nieve en algunas situaciones, pero también pueden ser las sombras del tipo permanentes, ocasionadas por sombras de los árboles o edificios cercanos a su fijación.

Para situar los paneles en filas, debe existir una distancia mínima entre ellos para evitar tales sombras, así mismo garantizando como mínimo 4 horas de sol en los días de menor elevación solar. Además este criterio se lo tiene que aplicar para cualquier obstáculo que se encuentre cerca del lugar en donde van a ser fijados los paneles solares. (Fig. 2:6)

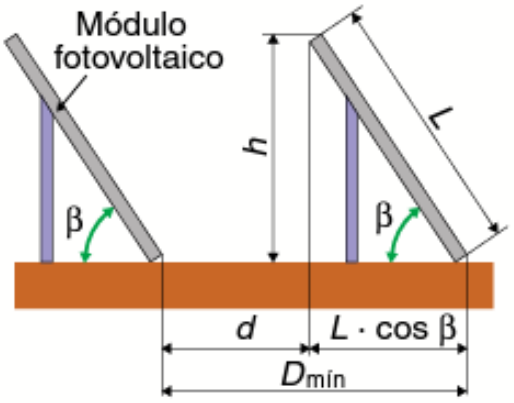


Figura 2:6 Distancia mínima entre filas de módulos instalados en un mismo plano. ***Fuente*** **(2 pág. 178)**

La distancia mínima que debe existir entre filas de paneles solares, considerando la parte superior de una de las filas y la parte inferior de la siguiente estaría determinada por:

$$d = \frac{h}{tg(61° - |\emptyset|)} \qquad [2.2]$$

De la expresión anterior se pueden realizar los diferentes cálculos necesarios para obtener los demás valores de distancia que se presentan en la figura, para poder ubicar de mejor manera las filas de paneles solares.

Para ubicar nuestros paneles solares en la terraza, se consideran muchos ángulos de inclinación de los paneles solares que van desde el 0 ° hasta 20°, y para cada uno de los casos la distancia de separación de las filas varía, utilizando la ecuación [25], tal como se puede observar en la siguiente Tabla 2:3.

Separación entre filas Paneles Solares				
inclinación	altura 1	altura 2	altura total	separación
°	h1(m)	h2(m)	h(m)	d(m)
0	0,82	0	0,82	0,51

5	0,82	0,13	0,95	0,59
10	0,82	0,26	1,08	0,67
15	0,82	0,39	1,21	0,75
20	0,82	0,51	1,33	0,83

Tabla 2:3 Separación entre filas de paneles fotovoltaicos. ***Fuente* (Autores).**

Si procedemos con el cálculo de la separación de las filas de los paneles solares, considerando la inclinación óptima, de acuerdo a la ecuación [26] antes mencionada, obtenemos el siguiente resultado. (Tabla 2:4)

Separación filas con inclinación optima

optimo	altura 1	altura 2	altura total	Separación
°	h1(m)	h2(m)	h(m)	d(m)
5,7	0,82	0,15	0,97	**0,6**

Tabla 2:4 Separación de filas con inclinación óptima. ***Fuente* (Autores).**

Figura 2:7 Separación de paneles con inclinación óptima. ***Fuente* (Autores).**

Cuando se dispone de un espacio limitado para colocar los módulos, se puede optar por disminuir o reducir el ángulo óptimo de inclinación, con esto logramos reducir aún más la distancia mínima entre filas de paneles.

2.2 PARÁMETROS DEL LOS PANELES SOLARES

Los parámetros de los sistemas de energía solar, son condiciones indispensables para determinar u obtener datos de cómo es su funcionamiento, además de entender de cómo es que estos parámetros en la práctica afectan la curva de funcionamiento de un sistema fotovoltaico.

La curva de I-V de una célula solar ideal es la superposición de la curva de la corriente fotogenerada junto con la curva de corriente del diodo. (Fig. 2:8)

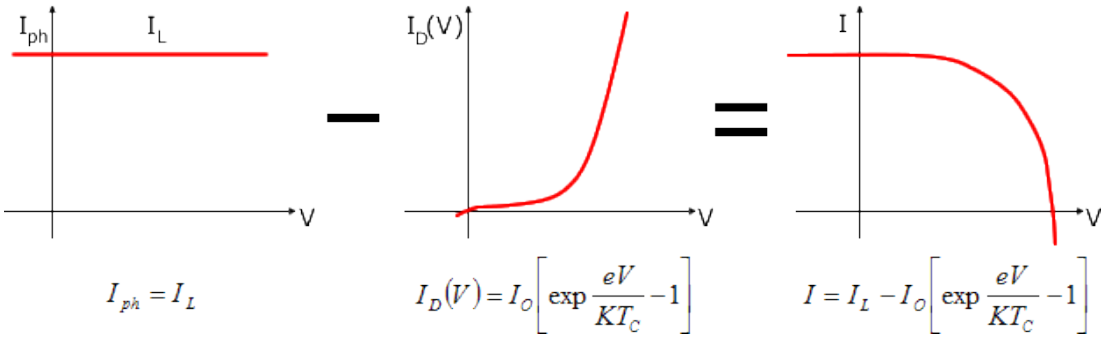


Figura 2:8 Curvas características de una célula solar. ***Fuente*** **(9)**

La salida de corriente de la fuente es directamente proporcional a la luz que cae sobre la célula (I_L), en la ausencia de sol, la célula no produce ningún tipo de corriente. (Fig. 2:9)

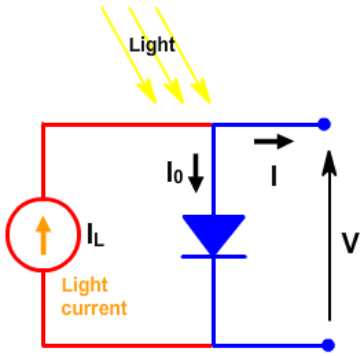


Figura 2:9 Circuito eléctrico de una célula solar ideal. ***Fuente*** **(9)**

Una célula ideal se modela utilizando una fuente de corriente en paralelo con un diodo. Sin embargo ninguna célula solar es ideal y con ello se involucra la resistencia en serie y paralelo como se muestra en la siguiente Figura 2:10.

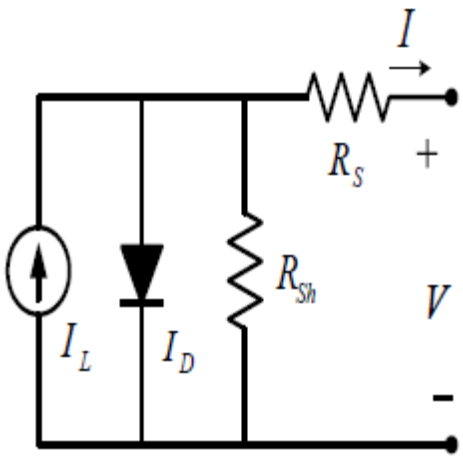


Figura 2:10 Circuito equivalente de una célula solar con resistencia serie – paralelo. ***Fuente*** **(10)**

La resistencia serie tiene un valor intrínseco muy pequeño, que representa las pérdidas de corriente de fuga que se dan en el interior. La resistencia en paralelo tiene un valor muy alto que tiende al infinito, esto corresponde a la corriente de fuga a tierra que comúnmente se descuida.

Si procedemos a realizar la superposición de las dos curvas que dan como resultado la curva característica de una célula solar, por medio del análisis matemático llegamos a la siguiente ecuación:

$$I_L = I_D + I_{RP} + \mathrm{I} \quad \textbf{[2.3]}$$

$$\mathrm{I} = I_L - I_{RP} - I_D \quad \textbf{[2.4]}$$

$$I = I_L - I_0 \left[exp\left(\frac{V+IR_s}{\frac{k.T}{e}} \right) - 1 \right] - \left(\frac{V+IR_s}{R_p} \right) \quad \textbf{[2.5]}$$

En la ecuación 2.5 se detalla con más precisión todos los elementos que componen un circuito equivalente eléctrico de una célula solar, sin embargo en la práctica para el cálculo de los distintos valores, es necesario conocer ciertos datos que nos vienen dados de fábrica o en la hoja técnica de los paneles solares, pero aún así no todos son datos conocidos, y basándonos en el modelo propuesto por **[12]**, utilizamos las siguientes ecuaciones que se remiten a nuestro caso específico.

$$\mathbf{I} = \frac{I_{sc}}{1-e^{\left(-\frac{1}{b}\right)}} \cdot \left[1 - e^{\left(\frac{v}{b.V_{oc}} - \frac{1}{b}\right)}\right] \qquad \textbf{[2.6]}$$

La ecuación 2.6 dentro de su estructura tiene la variable ***b***, el mismo que es una simplificación a toda la ecuación 2.5, es adimensional y varía entre 0.01 a 0.18, cumpliendo la siguiente aproximación:

$$1 - e^{\left(-\frac{1}{b}\right)} \approx 1 \qquad \textbf{[2.7]}$$

Adicional, ***b*** representa los valores numéricos de la resistencia serie y paralelo en dicha ecuación, se utiliza esta simplificación de la fórmula para poder realizar los cálculos de los respectivos parámetros que se presentan más adelante.

Para realizar el cálculo de los siguientes parámetros que son necesarios para obtener la curva característica de los paneles, hay que tener presente los datos nominales de los módulos que vienen dados de fábrica que son los siguientes. (Tabla 2:5)

Datos Nominales de Paneles				
	Monocristalino		Policristalino	
Descripción	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Voc	22.6	V	22.3	V
Isc	8.88	A	8.25	A
Vmax	18.1	V	18	V
Imax	8.42	A	7.78	A

Coef. Voltaje	-0,35	V/°C	-0,34	V/°C
Coef. Corriente	0,06	A/°C	0.035	A/°C

Tabla 2:5 Datos nominales de paneles solares. ***Fuente*** **(Autores).**

Conociendo los datos nominales de los tipos de paneles solares se puede continuar con el cálculo de la Isc. y Voc. nuevos, utilizando dichos datos por medio de las siguientes fórmulas.

$$V_{ocn} = s.\frac{E_i}{E_{in}}.TC_v(T_{cel} - T) + s.V_{max} - s.(V_{max} - V_{min}).e^{\left[\frac{E_i}{E_{in}}.ln\left(\frac{V_{max}-V_{oc}}{V_{max}-V_{min}}\right)\right]} \textbf{[2.8]}$$

Los valores máximos y mínimos de voltaje nominales de circuito abierto rondan el 85% de Voc. para Vmin. y el 103% de Voc. para el caso de Vmax.

$$I_{scn} = p.\frac{E_i}{E_{in}}.[I_{sc} + TC_i(T_{cel} - T)] \textbf{ [2.9]}$$

Con los resultados que obtenemos de aplicar las ecuaciones 2.6, 2.8 y 2.9 podremos obtener el valor de la corriente y voltaje máximo en función de los valores reales del panel, por medio de las siguientes ecuaciones:

$$I_{mpp} = I_{sc}.\left(\frac{1-b+b.e^{\left(-\frac{1}{b}\right)}}{1-e^{\left(-\frac{1}{b}\right)}}\right) \quad \textbf{[2.10]}$$

$$V_{mpp} = V_{oc} + b.V_{oc}.ln\left(b - b.e^{\left(-\frac{1}{b}\right)}\right) \quad \textbf{[2.11]}$$

Antes de realizar los respectivos cálculos de los tipos de paneles, tenemos que considerar la tabla de radiación y temperatura de funcionamiento de los paneles que a continuación se detalla, esta tabla tiene datos tomados por la Estación Meteorológica de la Universidad Politécnica Salesiana. (Tabla 2:6).

Mes	Radiación	Temperatura
	w/m2	°C
Enero	626,63	21,9
Febrero	644,80	21,6
Marzo	624,62	21,7
Abril	623,40	22,2
Mayo	648,40	22,1
Junio	642,79	21,9
Julio	641,74	21,9
Agosto	648,92	22,7
Septiembre	660,01	23,1
Octubre	658,62	22,9
Noviembre	676,22	22,2
Diciembre	776,18	22,0

Tabla 2:6 Datos de radiación y temperatura de la Estación Meteorológica U.P.S. ***Fuente* (Autores).**

Con los datos necesarios, ahora es posible realizar el cálculo de todos los parámetros antes mencionados en las diferentes ecuaciones planteadas, dando como resultado los siguientes valores. (Tabla 2:7 y 2:8).

Parámetros del panel monocristalino							
Mes	**b**	**Voc.**	**Isc.**	**Vmax.**	**Imax.**	**Potencia**	**Rendimiento**
		V	A	V	A	W	%
Enero	0,0672	22,63	5,45	18,53	5,08	94,10	17,15
Febrero	0,0672	22,76	5,59	18,63	5,22	97,20	17,21
Marzo	0,0672	22,67	5,42	18,56	5,06	93,90	17,15
Abril	0,0672	22,56	5,43	18,46	5,07	93,50	17,12
Mayo	0,0672	22,66	5,64	18,55	5,27	97,70	17,19
Junio	0,0672	22,69	5,59	18,57	5,21	96,80	17,19
Julio	0,0672	22,69	5,58	18,57	5,20	96,60	17,19
Agosto	0,0672	22,53	5,67	18,44	5,29	97,60	17,16
Septiembre	0,0672	22,47	5,79	18,39	5,40	99,20	17,16
Octubre	0,0672	22,51	5,77	18,43	5,38	99,10	17,17
Noviembre	0,0672	22,73	5,89	18,60	5,49	102,0	17,25
Diciembre	0,0672	23,08	6,75	18,89	6,30	119,0	17,50

Tabla 2:7 Parámetros calculados del panel monocristalino. ***Fuente* (Autores).**

Parámetros del panel policristalino							
Mes	**b**	**Voc.**	**Isc.**	**Vmax.**	**Imax.**	**Potencia**	**Rendimiento**
		V	A	V	V	W	%
Enero	0,0673	22,32	5,10	18,27	4,76	86,90	15,83
Febrero	0,0673	22,45	5,24	18,37	4,89	89,80	15,90
Marzo	0,0673	22,36	5,08	18,30	4,74	86,70	15,85
Abril	0,0673	22,25	5,08	18,21	4,74	86,30	15,80
Mayo	0,0673	22,35	5,28	18,29	4,93	90,10	15,87
Junio	0,0673	22,38	5,23	18,31	4,88	89,40	15,87
Julio	0,0673	22,37	5,22	18,31	4,87	89,20	15,87
Agosto	0,0673	22,22	5,30	18,19	4,94	89,90	15,82
Septiembre	0,0673	22,17	5,40	18,14	5,04	91,40	15,80
Octubre	0,0673	22,21	5,39	18,17	5,02	91,30	15,82
Noviembre	0,0673	22,42	5,51	18,35	5,14	94,30	15,92
Diciembre	0,0673	22,76	6,32	18,63	5,90	110,0	16,15

Tabla 2:8 Parámetros calculados del panel policristalino. ***Fuente* (Autores).**

La curva de I-V y I-P de un sistema de generación fotovoltaica es una analogía a la de una célula solar, pero teniendo en cuenta que en un sistema de generación fotovoltaico todos los paneles deben de ser del mismo tipo, es decir, sus características y configuraciones internas sean iguales, como la misma cantidad de células en serie/paralelo, superficie de celdas, potencia de generación y tamaño físico.

Los parámetros eléctricos dentro de un sistema de generación fotovoltaica sin importar el tipo (monocristalinos o policristalinos) que cumplan con todas las condiciones de irradiación y temperatura son los siguientes:

2.2.1 CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL GENERADOR.

La corriente de cortocircuito de una célula solar depende linealmente de la cantidad de irradiación solar incidente sobre su superficie, esta intensidad es la máxima corriente que se la puede extraer a una célula solar bajo un espectro AM1,5 normalizado. [2]. Esta corriente de cortocircuito también se la puede obtener utilizando algún aparato de medida eléctrica en los bornes o cables de los paneles con una resistencia nula.

La corriente de cortocircuito de un generador fotovoltaico se la puede obtener por medio de la hoja técnica del fabricante de los módulos o por medio de la siguiente expresión.

$$I_{Gsc} = N_p * I_{sc} \qquad [2.12]$$

2.2.2 VOLTAJE A CIRCUITO ABIERTO DEL GENERADOR.

Este voltaje es el máximo que una célula solar dispone en sus terminales pero a corriente cero, el voltaje a circuito abierto corresponde a la cantidad de polarización directa de la célula solar debido a la polarización de la unión por la corriente generada por la luz. **[1]**

El voltaje a circuito abierto de un generador fotovoltaico se la puede obtener por medio de la hoja técnica del fabricante de los módulos o por medio de la siguiente expresión.

$$V_{Goc} = N_s * V_{oc} \qquad [2.13]$$

2.2.3 POTENCIA MÁXIMA DEL GENERADOR.

Potencia máxima o potencia pico del generador: es la potencia correspondiente al punto de funcionamiento en el que el producto de la tensión por la intensidad tiene su máximo valor.

La potencia máxima del generador fotovoltaico se la puede obtener por medio de la hoja técnica del fabricante de los módulos o por medio de la siguiente expresión, en la cual todos los datos son conocidos.

$$P_{Gmax} = N_s * N_p * P_{max} \qquad [2.14]$$

2.2.4 CORRIENTE EN EL PUNTO MÁXIMO DE POTENCIA.

La corriente máxima hace referencia en el mismo punto de potencia máxima del módulo, esta corriente es la máxima que se la puede obtener en los momentos de funcionamiento de medio día, donde la radiación solar tiene incidencia de una manera más perpendicular a los paneles fotovoltaicos.

Su expresión se la puede determinar a través de la hoja técnica donde se especifican el número de circuitos en paralelos de cómo está compuesto el módulo, y es comprobado por la siguiente expresión.

$$I_{Gmpp} = N_p * I_{mpp} \qquad [2.15]$$

2.2.5 VOLTAJE EN EL PUNTO MÁXIMO DE POTENCIA.

Esta tensión corresponde al punto máximo de la potencia, para la cual debe cumplir las condiciones de funcionamiento en medida estándar, es decir bajo una irradiación en el plano del módulo de 1000w/m2, manteniendo una temperatura de 25°C y una distribución espectral de la irradiación bajo un factor de forma de AM 1,5.

Todas estas características son comprobadas por los datos del fabricante en la hoja técnica, y además su expresión o valor numérico en la práctica se la obtiene de la siguiente forma.

$$V_{Gmpp} = N_s * V_{mpp} \qquad [2.16]$$

2.2.6 RENDIMIENTO Y FACTOR DE FORMA.

Al *rendimiento* se lo puede definir como el cociente entre la máxima potencia eléctrica que puede entregar el panel y la irradiancia incidente

sobre la célula, que es el producto de la irradiancia incidente por el área de la célula.

$$\boldsymbol{n = \frac{P_{max}}{P_{cel.}} = \frac{V_{max}.I_{max}}{(G_{incidente}).(Area_{cel.}).(N_{cel})}.100\%} \qquad \textbf{[2.17]}$$

Para nuestros paneles, podemos tomar un valor aleatorio de irradiancia para realizar el cálculo del rendimiento en un mes cualquiera, pero si calculamos la eficiencia de los paneles monocristalinos tenemos:

$$n = \frac{(18.1).(8.42)}{(1000)(0.156)^2(36)}.100\%$$

$$\boldsymbol{n = 17.39\%}$$

Haciendo una analogía con los datos de los paneles policristalinos tenemos el siguiente rendimiento:

$$n = \frac{(18).(7.78)}{(1000)(0.156)^2(36)}.100\%$$

$$\boldsymbol{n = 15.9\%}$$

El *factor forma* es un parámetro que puede ser utilizado para evaluar el rendimiento de los paneles solares en el mercado comercial, el mismo que resulta del cociente de potencia máxima del módulo para el producto de los parámetros de voltaje de circuito abierto y corriente de cortocircuito. **[2]**

Esta relación se la puede representar de la siguiente forma:

$$\boldsymbol{FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}}} \qquad \textbf{[2.18]}$$

Si realizamos el desarrollo del cálculo del Factor Forma de los paneles monocristalinos tenemos:

$$FF = \frac{(18.1)\,.\,(8.42)}{(22.6)(8.88)} = 0{,}76$$

Para los paneles policristalinos procedemos con el desarrollo de la misma forma:

$$FF = \frac{(18)\,.\,(7.78)}{(22.3)(8.25)} = 0{,}76$$

Todos los anteriores parámetros que se pueden extraer de un sistema fotovoltaico se los puede resumir en su respectiva curva de I-V, la misma que puede ser resultado del manejo de algún software especializado en sistemas de generación fotovoltaica, o por medio de la interpretación de datos en las hojas del fabricante.(Fig. 2:11)

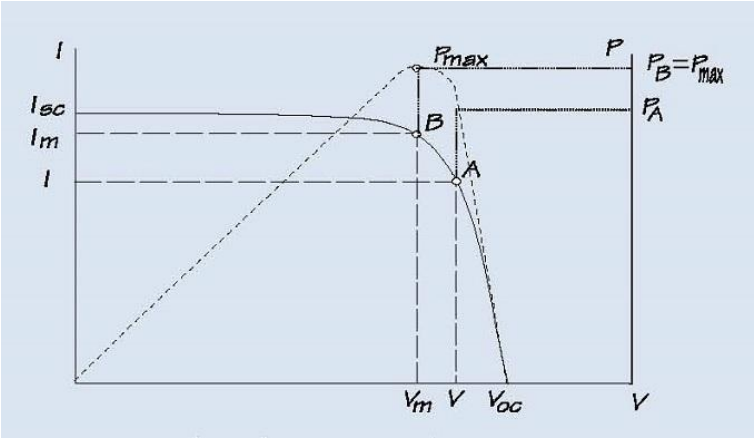


Figura 2:11 Curva I-V, curva P-V de un sistema fotovoltaico. ***Fuente*** **(Autores).**

Sin embargo, por medio del desarrollo matemático y del circuito equivalente eléctrico de una célula solar, en la cual se reemplazan todas las expresiones anteriores, se la puede graficar en Matlab, utilizando la programación adecuada y la expresión definitiva que representa la curva de I-V de un sistema de generación fotovoltaica.

Sus valores, remitiéndonos a los mismos parámetros calculados en la Tabla 2:9 y Tabla 2:10, son prácticamente los valores multiplicados por el número de paneles en serie y paralelos que están configurados.

Parámetros paneles monocristalinos							
Mes	**b**	**Voc.**	**Isc.**	**Vmax.**	**Imax.**	**Potencia**	**Rendimiento**
		V	A	V	V	W	%
Enero	0.0672	22,63	16,30	18,53	15,20	282	51,44
Febrero	0.0672	22,76	16,80	18,63	15,70	292	51,63
Marzo	0.0672	22,67	16,30	18,56	15,20	282	51,45
Abril	0.0672	22,56	16,30	18,46	15,20	281	51,37
Mayo	0.0672	22,66	16,90	18,55	15,80	293	51,58
Junio	0.0672	22,69	16,80	18,57	15,60	290	51,57
Julio	0.0672	22,69	16,70	18,57	15,60	290	51,56
Agosto	0.0672	22,53	17,00	18,44	15,90	293	51,48
Septiembre	0.0672	22,47	17,40	18,39	16,20	298	51,49
Octubre	0.0672	22,51	17,30	18,43	16,10	297	51,52
Noviembre	0.0672	22,73	17,70	18,60	16,50	307	51,76
Diciembre	0.0672	22,08	20,30	18,89	18,90	357	51,49

Tabla 2:9 Parámetros calculados del sistema de 3 paneles monocristalinos. ***Fuente* (Autores).**

Parámetros paneles policristalinos							
Mes	**b**	**Voc.**	**Isc.**	**Vmax.**	**Imax.**	**Potencia**	**Rendimiento**
		V	A	V	V	W	%
Enero	0.0673	22,32	15,30	18,27	14,30	261	47,50
Febrero	0.0673	22,45	15,70	18,37	14,70	270	47,71
Marzo	0.0673	22,36	15,20	18,30	14,20	260	47,54
Abril	0.0673	22,25	15,20	18,21	14,20	259	47,41
Mayo	0.0673	22,35	15,90	18,29	14,80	270	47,61
Junio	0.0673	22,38	15,70	18,31	14,60	268	47,62
Julio	0.0673	22,37	15,70	18,31	14,60	268	47,61
Agosto	0.0673	22,22	15,90	18,19	14,80	270	47,45
Septiembre	0.0673	22,17	16,20	18,14	15,10	274	47,41
Octubre	0.0673	22,21	16,20	18,17	15,10	274	47,46
Noviembre	0.0673	22,42	16,50	18,35	15,40	283	47,77
Diciembre	0.0673	22,76	19,00	18,63	17,70	330	48,46

Tabla 2:10 Parámetros calculados del sistema de 3 paneles policristalinos. ***Fuente* (Autores).**

2.3 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL PANEL CON UNA VARIABLE ESPECÍFICA.

El rendimiento de un panel está basado principalmente en la cantidad de radiación que sus celdas colectoras son capaces de captar durante todo un día de sol. Para proceder con el análisis de las variables o parámetros importantes se debe considerar lo siguiente:

2.3.1 EFECTOS DE LA TEMPERATURA.

Al incrementar la temperatura ambiente a la que se encuentran las células que conforman un panel, se estrecha el salto entre banda de valencia y conducción de forma que, en condiciones de iluminación constante, aumenta ligeramente la fotocorriente. **[11]**

La temperatura, es una variable muy importante que influye de manera muy directa en el rendimiento y factor de forma de nuestros paneles, es por eso que en el cálculo, si utilizamos la ecuación 2.8, en la cual tiene influencia directa de la temperatura con el voltaje a circuito abierto, podemos comprobar como existe una variación del mismo.

Para este cálculo, la temperatura se variaría desde los 15°C hasta los 30°C, considerando siempre una irradiación constante. Los datos que se emplean son los valores nominales de los paneles, sean monocristalinos o policristalinos que se encuentran en la Tabla 2:5.

Procediendo a reemplazar los datos en la ecuación 2.8, con valores de distintas temperaturas, tenemos los siguientes resultados para los paneles monocristalinos:

$$V_{ocn} = s.\frac{E_i}{E_{in}}.TC_v(T_{cel} - T) + s.V_{max} - s.(V_{max} - V_{min}).e^{\left[\frac{E_i}{E_{in}}.ln\left(\frac{V_{max}-V_{oc}}{V_{max}-V_{min}}\right)\right]}$$

$$V_{ocn} = (1).\frac{(300)}{(1000)}.(-0.35)(\mathbf{15} - 25) + (1).(1{,}03 * 22.6) - (1).((1{,}03 * 22.6) - (0.85 * 22.6)).e^{\left[\frac{(300)}{(1000)}.ln\left(\frac{(1.03*22.6)-22.6}{(1.03*22.6)-(0.85*22.6)}\right)\right]}$$

$$V_{ocn} = (1.05) + (23.278) - (4.068).e^{\left[(0.3).ln\left(\frac{0.678}{4.068}\right)\right]}$$

$$V_{ocn} = 24.328 - (4.068).e^{[-0.537]}$$

$$\boldsymbol{V_{ocn} = 21.952\ V.}$$

De igual forma, si utilizamos la ecuación 2:9, para el cálculo de una nueva corriente de cortocircuito, procedemos de la misma forma reemplazando los datos que son conocidos.

$$\boldsymbol{I_{scn} = p.\frac{E_i}{E_{in}}.[I_{sc} + TC_i(T_{cel} - T)]}$$

$$I_{scn} = (3).\frac{(300)}{(1000)}.[8.88 + (0.06)(\mathbf{15} - 25)]$$

$$\boldsymbol{I_{scn} = 7.452\ A.}$$

Este procedimiento de cálculo se lo realiza para las diferentes temperaturas tanto para los paneles monocristalinos y policristalinos, obteniendo como resultado la Tabla 2:11

Variación de Parámetros por efectos de temperatura.				
	Monocristalinos		Policristalinos	
Temperatura	Voc.	Isc.	Voc.	Isc.
°C	V	A	V	A
Temp. 15	21,952	7,452	21,644	7,110
Temp. 20	21,427	7,722	21,134	7,268
Temp. 25	20,902	7,992	20,624	7,425
Temp. 30	20,377	8,262	20.114	7,583

Tabla 2:11 Variación de parámetros por efectos de temperatura. ***Fuente*** **(Autores).**

Si graficamos estos valores, podemos revisar como en las curvas de corriente-voltaje, la variación en el voltaje a circuito abierto es más notoria, es decir, con el incremento de la temperatura que se puede producir durante todo el trayecto del día, su valor se disminuye al aumentar la temperatura; esto ocurre con mayor frecuencia al mediodía, donde los rayos del sol son más perpendiculares a las superficies fotovoltaicas. (Fig. 2:12).

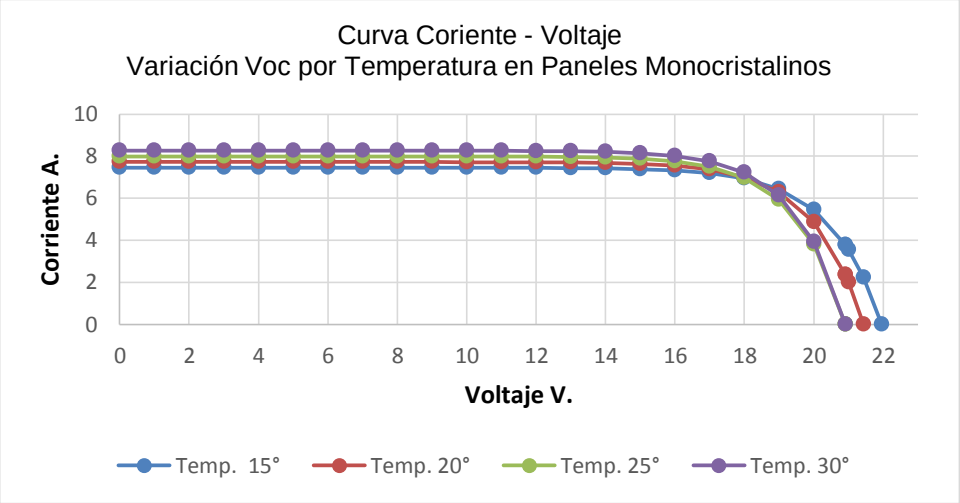


Figura 2:12 Variación del Voc. por efectos de la temperatura en paneles monocristalinos.
***Fuente* (Autores).**

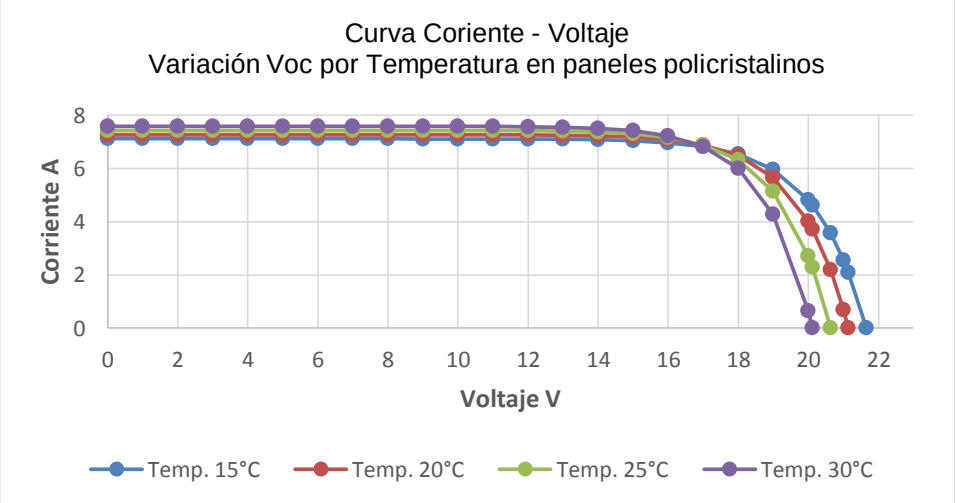


Figura 2:13 Variación del Voc. por efectos de la temperatura en paneles policristalinos.
***Fuente* (Autores).**

Cuando se produce este tipo de variación por la temperatura, no sólo su curva de corriente-voltaje cambian, lo mismo ocurre con la curva de potencia, (Fig. 2:13); es decir, cuando la temperatura sufre un cambio alto en su valor, los paneles sufren cambios en su rendimiento, los voltajes máximos tienden a disminuir su valor, lo que produce que su curva de potencia disminuya.

La variación de los valores de corriente de cortocircuito y corriente máxima son mínimos en realidad, ya que son afectados en forma reducida. Estos valores sufren cambios cuando existe gran variación de irradiación sobre los paneles solares.

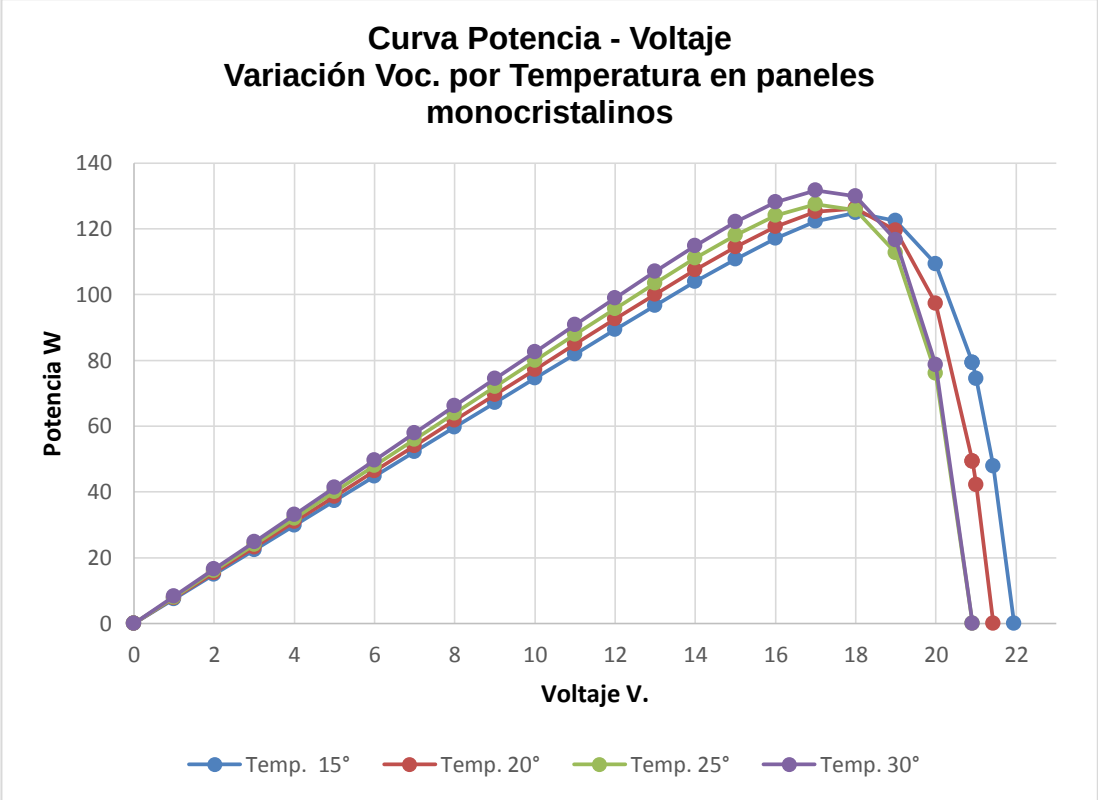


Figura 2:14 Variación de la potencia por efectos de la temperatura en paneles monocristalinos. ***Fuente*** **(Autores).**

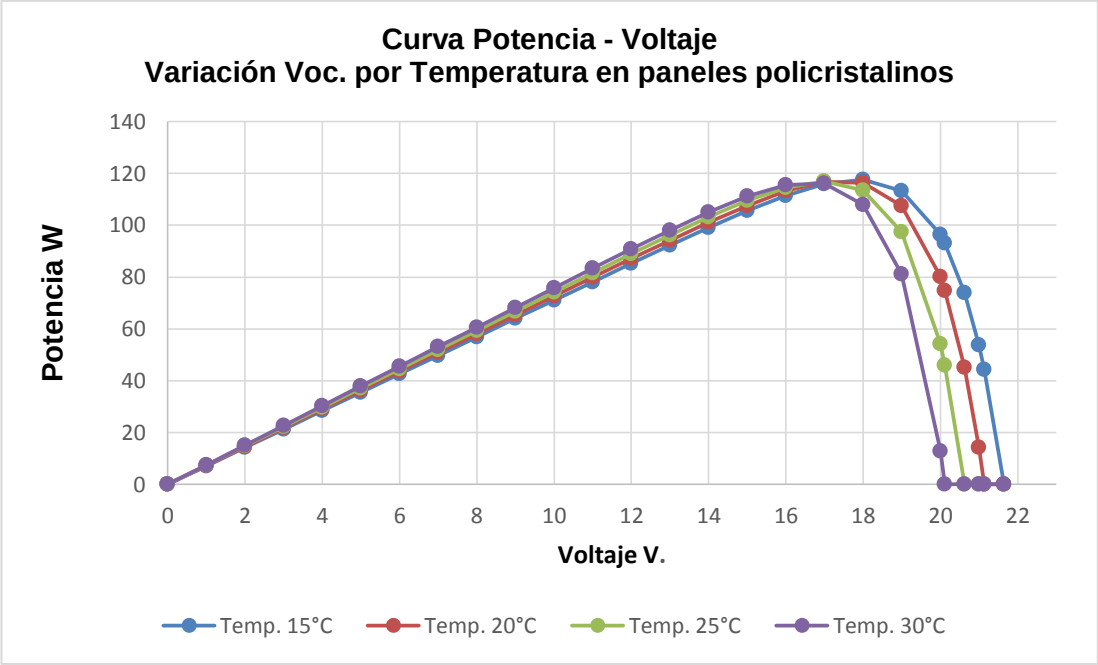


Figura 2:15 Variación de la potencia por efectos de la temperatura en paneles policristalinos. ***Fuente* (Autores).**

Estos cálculos y gráficas suceden de igual forma tanto en lo paneles monocristalinos como policristalinos, aunque en nuestro proyecto, sus valores son casi similares, debido a los valores nominales que presentan en sus hojas técnicas.

Además de revisar de como es el rendimiento de los tipos de paneles fotovoltaicos que disponemos en función de la temperatura, por medio del uso de una cámara termográfica, podremos revisar su espectro electromagnético.

Esta cámara, es un dispositivo que nos ayuda a formar imágenes luminosas visibles para el ojo humano a partir de las emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos que vayan a ser detectados en los instantes de su medida.

Una vez tomadas las respectivas imágenes con esta cámara, en las horas pico de sol, es decir, al mediodía, tenemos los siguientes resultados:

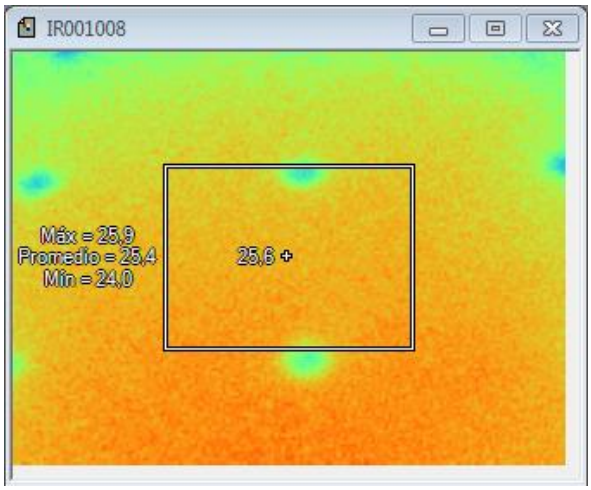


Figura 2:16 Imagen termográfica. Panel monocristalino en horas pico de sol. ***Fuente*** **(Autores)**

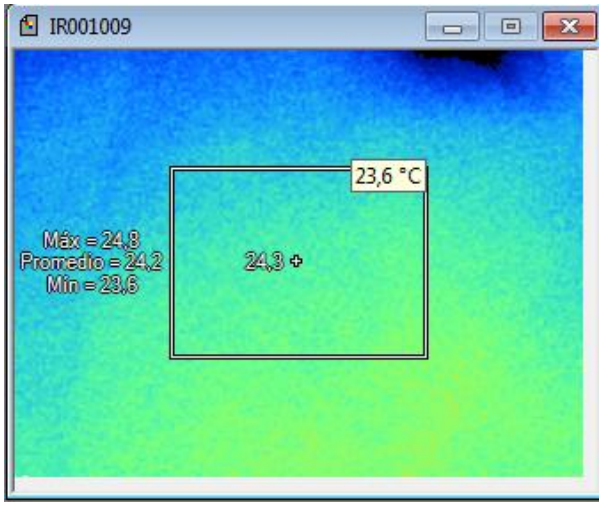


Figura 2:17 Imagen termográfica. Panel policristalino en horas pico de sol. ***Fuente*** **(Autores)**

Como se puede apreciar en las figuras anteriores, la cámara termográfica nos deja claro que la temperatura a la que funcionan los paneles está de acuerdo a las medidas del equipo, mientras más rojo sea el reflejo mayor será la temperatura de funcionamiento; por esta razón los paneles cuando muestran puntos demasiado calientes no trabajan de manera eficiente.

Con el mismo procedimiento, se tomaron imágenes de los paneles en horas de ausencia de sol, debido a que en estas horas la radiación directa y difusa es nula, tan solo existen mínimas radiaciones de albedo debido a los agentes externos que rodean al sistema fotovoltaico.

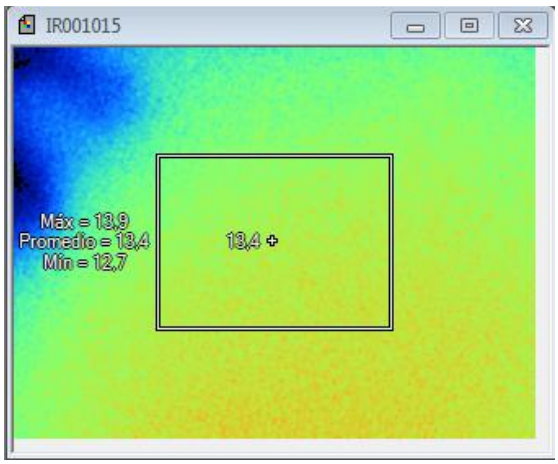


Figura 2:18 Imagen termográfica. Panel monocristalino en horas de ausencia de sol. ***Fuente* (Autores)**

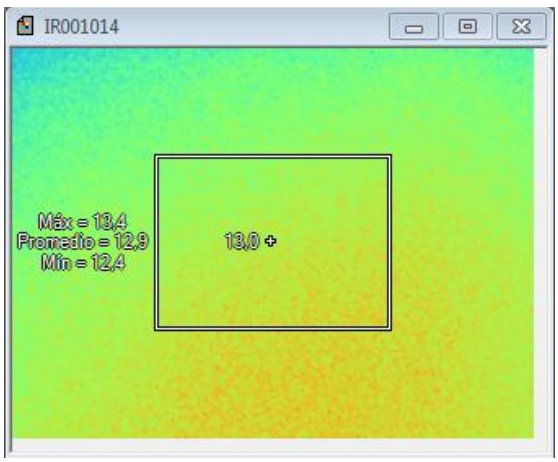


Figura 2:19 Imagen termográfica. Panel policristalino en horas de ausencia de sol. ***Fuente* (Autores)**

Como podemos analizar, los valores de temperatura pasan a ser bajos por las horas en las que fueron tomados, las imágenes presentan colores menos intensos que determinan la temperatura del panel en esos instantes.

En resumen, podemos decir que la temperatura afecta a los siguientes parámetros, como se puede ver en la Figura 2:20.

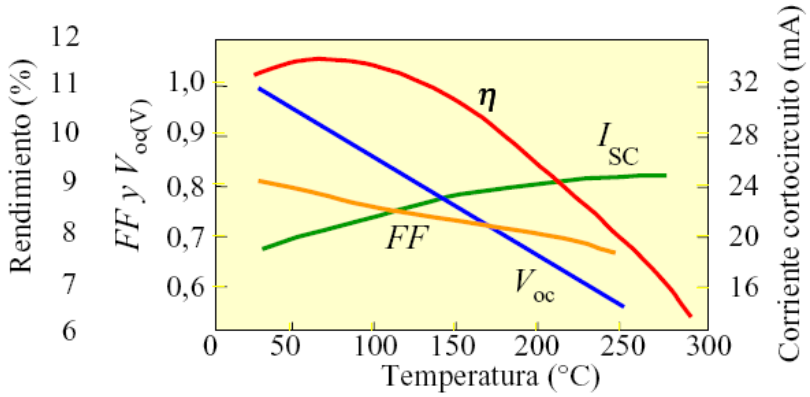


Figura 2:20 Representación de parámetros afectados por la temperatura. ***Fuente*** **(9)**

2.4 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO CONSIDERANDO DOS VARIABLES.

El rendimiento de los sistemas fotovoltaicos pueden también variar por dos variables que están asociadas mutuamente, en este caso la radiación en función del ángulo de inclinación de los paneles solares, tal como se describe a continuación:

2.4.1 LA IRRADIACIÓN EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN.

En cuanto a la iluminación, es conveniente recordar que la fotocorriente es proporcional a la intensidad de radiación, y es claro ver como el voltaje a circuito abierto del sistema tiende a variar en cantidades mínimas, mientras que la corriente de circuito abierto se ve más afectada, es un proceso inverso al de la temperatura.

La cantidad de radiación que recepta un panel, está basado en su ángulo de inclinación, debido a que mientras más horizontal se encuentre el mismo, su área de captación de los rayos solares será mucho más vertical favoreciendo un incremento en la fotocorriente generada de los paneles.

Una inclinación más perpendicular, está destinada a la recepción de más cantidad de irradiación difusa, esto por lo general ocurre en lugares en donde su longitud y latitud están en una posición geográfica mucho más al Norte o al Sur según sea el caso.

Con un ángulo de inclinación mucho más horizontal, sus niveles de captación de radiación son altos, logrando una producción de voltaje y corriente altos que favorece la carga rápida de las baterías.

Tomando los datos de voltajes máximos de la Tabla 2.1 para paneles monocristalinos y la Tabla 2:2 para paneles policristalinos, procedemos a calcular la irradiación a los diferentes ángulos a los que fueron colocados los módulos solares.

Usando la ecuación 2.11 y b = 0.0672, dato obtenido de la Tabla 2:7 o Tabla 2:9 por valores nominales de los paneles, tenemos:

$$V_{max} = V_{oc} + b.V_{oc}.ln\left(b - b.e^{\left(-\frac{1}{b}\right)}\right)$$

$$17{,}52 = V_{oc} + (0{,}0672).V_{oc}.ln\left(0{,}0672 - 0{,}0672.e^{\left(-\frac{1}{0{,}0672}\right)}\right)$$

Despejando V_{oc}:

$$V_{oc} = 21{,}40\ V$$

Usando la ecuación 2:8, resolvemos y despejamos $\boldsymbol{E_i}$:

$$V_{ocn} = s.\frac{E_i}{E_{in}}.TC_v(T_{cel} - T) + s.V_{max} - s.(V_{max} - V_{min}).e^{\left[\frac{E_i}{E_{in}}.ln\left(\frac{V_{max}-V_{oc}}{V_{max}-V_{min}}\right)\right]}$$

$$21{,}40 = 1.\frac{\boldsymbol{E_i}}{(1000)}.(-0.35)(21{,}9 - 25) + (1).(1{,}03 * 22.6) - (1).((1{,}03 * 22.6) - (0.85 * 22.6)).e^{\left[\frac{\boldsymbol{E_i}}{(1000)}.ln\left(\frac{(1.03*22.6)-22.6}{(1.03*22.6)-(0.85*22.6)}\right)\right]}$$

$$\boldsymbol{E_i = 359{,}048\ w/m^2}$$

Este cálculo se lo realiza de la misma forma para los paneles policristalinos, considerando de la misma forma las temperaturas y los voltajes máximos medidos en las diferentes inclinaciones.

El cambio de la inclinación de los paneles fueron después de un mes de toma de datos, este procedimiento se lo realizó desde febrero hasta agosto del año en curso.

Este procedimiento de cálculo es el mismo para paneles monocristalinos como para los policristalinos, solo es de tomar correctamente los datos de cada uno de ellos y aplicarlos en las fórmulas anteriores.

La irradiación según las inclinaciones a las que fueron fijados los paneles se resume en las siguientes tablas:

Irradiación Calculada de Paneles Monocristalinos			
Inclinación	**Voltaje Max.**	**Temperatura**	**Irradiación**
°	**V**	**°C**	**Wh/m²/día**
Inclinación 0°	17,52	21,9	359,048
Inclinación 5°	18,26	21,9	536,117
Inclinación 5,7°	17,28	21,9	278,437
Inclinación 10°	20,00	22,2	1474,315
Inclinación 15°	16,29	22,1	89,438
Inclinación 20°	17,62	22,1	363,492

Tabla 2:12 Irradiación calculada de paneles monocristalinos. ***Fuente (*Autores).**

Irradiación Calculada de Paneles Policristalinos			
Inclinación	**Voltaje Max.**	**Temperatura**	**Irradiación**
°	**V**	**°C**	**Wh/m^2/día**
Inclinación 0	17,41	21,9	366,552
Inclinación 5	17,97	21,9	525,667
Inclinación 5,7	16,81	21,9	227,747
Inclinación 10	19,40	22,2	1234,642
Inclinación 15	15,87	22,1	55,809
Inclinación 20	17,53	22,1	403,761

Tabla 2:13 Irradiación calculada de paneles policristalinos. ***Fuente (*Autores).**

Por los datos que tenemos en las tablas anteriores, podemos ver que a simple vista al variar el ángulo de inclinación, el voltaje máximo que se puede generar en los módulos fotovoltaicos cambia de manera muy notoria.

Los voltajes máximos fueron medidos por el regulador de carga que se encuentra en el tablero de control de los paneles, este voltaje es el resultado de la energía transformada por las células solares, los voltajes tomados no eran los mismo de todos los días, debido a que algunos días fueron nublados, lluviosos y otros despejados con bastante luz solar. Todos esos datos fueron almacenados y promediados en una sola tabla para ser considerados en el cálculo anterior.

Al proceder con el dato de voltaje máximo, y las temperaturas que se dieron durante proceso de mediciones, y por medio de la ecuación 2:8, se logró obtener los valores de la irradiación incidente en los módulos.

Es muy notable, como la irradiación se ve afectada directamente por el ángulo de inclinación de los módulos. Con ángulos que tienden a ser más verticales, el voltaje disminuye de sus valores nominales, pues la incidencia de los rayos solares no es tan perpendicular como para tener un mayor rendimiento y captación de los mismos.

Con ángulos que están casi totalmente horizontales, su voltaje se incrementa por los valores nominales, y llega un poco más de su capacidad, pues la incidencia de los rayos solares son más perpendiculares en las superficies de los paneles.

2.5 AGENTES EXTERNOS QUE NO AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LOS PANELES SOLARES.

Las variables o agentes externos que no estarían consideradas dentro de un análisis de los paneles solares o que quizás no sean importantes para sus mediciones de voltaje, corriente, irradiacion, etc., son las siguientes:

2.5.1 VELOCIDAD DEL VIENTO

El viento en la zona austral de Cuenca, tiene un promedio de aproximadamente 2 m/s., es decir una corriente de viento relativamente baja. Los paneles solares según sus normas estándares de fabricación son diseñados a 1 m/s; por lo tanto estos vientos influyen en mínima proporción a la radiación difusa que está presente en los alrededores de los paneles para su captación.

Estos vientos al ser suaves su afectación en la estructura física es nula, si la velocidad del viento incrementara en mayores proporciones, las estructuras de todo el sistema fotovoltaico fuera más robusta y firme para cancelar el momento o desplazamiento de los mismos a causa del viento.

2.5.2 SOMBRAS.

Son variados los objetos que pueden producir sombras sobre un generador fotovoltaico, tales como elementos de la edificación, elementos naturales como árboles, equipamiento industrial y hasta los mismos paneles fotovoltaicos pueden producir las llamadas sombras mutuas.

Las pérdidas por sombras son muy frecuentes en la producción de energías solares, pero para nuestro caso específico, son nulas, pues la ubicación de los paneles fotovoltaicos son las mejores, debido a que están en la azotea del edificio, donde los rayos solares inciden directamente sobre los mismos sin ningún elemento que se interponga.

Es por ese motivo que las sombras para este caso son despreciables, incluso en el cálculo de la separación de los módulos que anteriormente fue descrito, la sombra de los unos no afectan a los otros, su separación está exacta tal y como lo especifica la tabla 2.2.

3. CAPÍTULO 3: DESARROLLADO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS.

3.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE.

Para seleccionar el software adecuado de nuestro proyecto de tesis, tenemos que tener presente que a nivel digital existen algunos programas que nos permiten analizar sistemas fotovoltaicos, de los cuales podemos citar los siguientes:

- **Matlab:** "*es un lenguaje de alto nivel y un entorno interactivo para el cálculo numérico, visualización y programación. Usando MATLAB, se puede analizar los datos, desarrollar algoritmos, crear modelos, aplicaciones y llegar a una solución más rápida.*"[13]
- **Solar Pro: "***es un software de simulación sofisticada para el sistema PV. El software es capaz de simular la generación de electricidad bajo diferentes condiciones, variación por cada sistema de manera que permita que el diseño de sistema basado en los datos sea precisa. Además dado que los datos calculados se presentan de manera gráfica, se puede también utilizar para presentaciones y educación relacionados con la generación del sistema pv.*"[14]
- **Homer**:" *Es un modelo informático que simplifica la tarea de evaluar las opciones de diseño para los dos sistemas, los conectados a la red y los autónomos, la generación distribuida y sus aplicaciones.*"[15].
- **PvSyst:** "*Es un software para el análisis del estudio, tamaño, simulación y los datos de los sistemas fotovoltaicos completos. Es conveniente para el grid-connected, autónomo y DD de la red de sistemas, y ofrece una extensa base de datos PV – componentes meteorológicos.*"[16]

[13] http://www.mathworks.com/products/matlab/
[14] http://www.lapsys.co.jp/english/products/pro.html
[15] http://www.sunenergysite.eu/en/software.php
[16] http://www.sunenergysite.eu/en/software.php

Estos programas o softwares están dirigidos para aquellas personas que inician sus estudios o proyectos en Energías Renovables, específicamente en Paneles Solares; esto constituye una herramienta para la realización de cálculos y gráficas que serán de gran ayuda, cuando se instalan uno o varios paneles solares; dependiendo de su aplicación y necesidad dentro de la región Cuenca.

Para nuestro proyecto de tesis, **Matlab** es un software que nos ayuda mucho a programar nuestras variables de manera cómoda y editable en cualquier instante, según nuestras necesidades, es por eso que lo hemos visto como el más conveniente para ser utilizado en este capítulo. El código de la programación está como **Anexo7.**

Adicionalmente en la programación que se va realizar en el mismo, tenemos que constar registros de irradiación y temperatura desde el año 2012 hasta el año 2014 obtenidos por una estación de tiempo instalada en la Universidad Politécnica Salesiana, que serán de gran ayuda el momento de elegir nuestros paneles solares.

Mediante Matlab, se tratará de obtener gráficas características de los paneles solares que se están analizando en el presente proyecto, programando las diferentes ecuaciones particulares de los mismos. También se podrán realizar análisis de las diferentes variables a considerar para obtener como resultados diferentes curvas con respecto a las variables analizadas en el capítulo 2.

3.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN LA PROGRAMACIÓN.

El software que seleccionamos para realizar nuestra programación en el presente proyecto es Matlab, como se lo mencionó en el literal anterior, dentro del cual realizaremos el cálculo de todos los parámetros que son indispensables dentro de un sistema fotovoltaico.

Primero debemos saber con exactitud todos los datos nominales que vienen por defecto en los paneles por parte del fabricante, es decir, todos los valores que se encuentran en la Tabla 2:5, tanto de los paneles monocristalinos como policristalinos.

Estos datos son valores o constantes para dar inicio al cálculo de los parámetros del sistema, son constantes que nos sirven para determinar el valor de ***b***, que fue descrita en el Capítulo 2.

Adicionalmente es muy necesario tener la Tabla 1:3 de irradiación y temperatura que la presentamos en el Capítulo 1, estos datos son importantes para poder procesarlos dentro de la programación en Matlab.

Los parámetros que se van a obtener como consecuencia de la programación son las siguientes:

- Corriente de cortocircuito.
- Voltaje a circuito abierto.
- Corriente máxima.
- Voltaje máximo.
- Rendimiento.
- Potencia.
- Factor de forma.
- Curvas.

Dentro de la programación, también se incluirá la configuración del tipo de sistema fotovoltaico que desearemos tener, en otras palabras podríamos decir, si necesitamos realizar un sistema con ciertos paneles en serie y paralelo según sean nuestras necesidades.

Con los datos de la Tabla 1:3, que tiene datos de irradiación y temperatura de los 12 meses, podremos tener una gráfica de corriente vs voltaje y una curva de potencia de la misma, con estas gráficas obtendremos un resultado

más apreciable de como nuestro sistema estará funcionando o rindiendo en los meses respectivos.

3.3 OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES PROGRAMADAS Y RESULTADOS.

Antes de obtener los resultados de nuestras variables, es necesario realizar una presentación de nuestro proyecto de tesis, que a continuación se la puede apreciar en la Figura 3:1.

Figura 3:1 Pantalla de presentación. ***Fuente (Autores).***

Al presionar el botón de CONTINUAR, se nos despliega una nueva ventana, en la que tenemos dos opciones para realizar cálculos, la primera nos permite realizar el cálculo de todos los parámetros que establecimos. (Fig. 3:2.)

Figura 3:2 Pantalla de selección para análisis de paneles. ***Fuente (Autores).***

En esta ventana lo que vamos a realizar, es introducir nuestros valores nominales de los paneles, ya sean monocristalinos, policristalinos o de otro tipo, y al mismo tiempo utilizar un comando que nos permita tomar los datos de radiación y temperatura, luego mes a mes se procede con el cálculo de todas las variables que se mencionaron en el literal anterior. Figura 3:3.

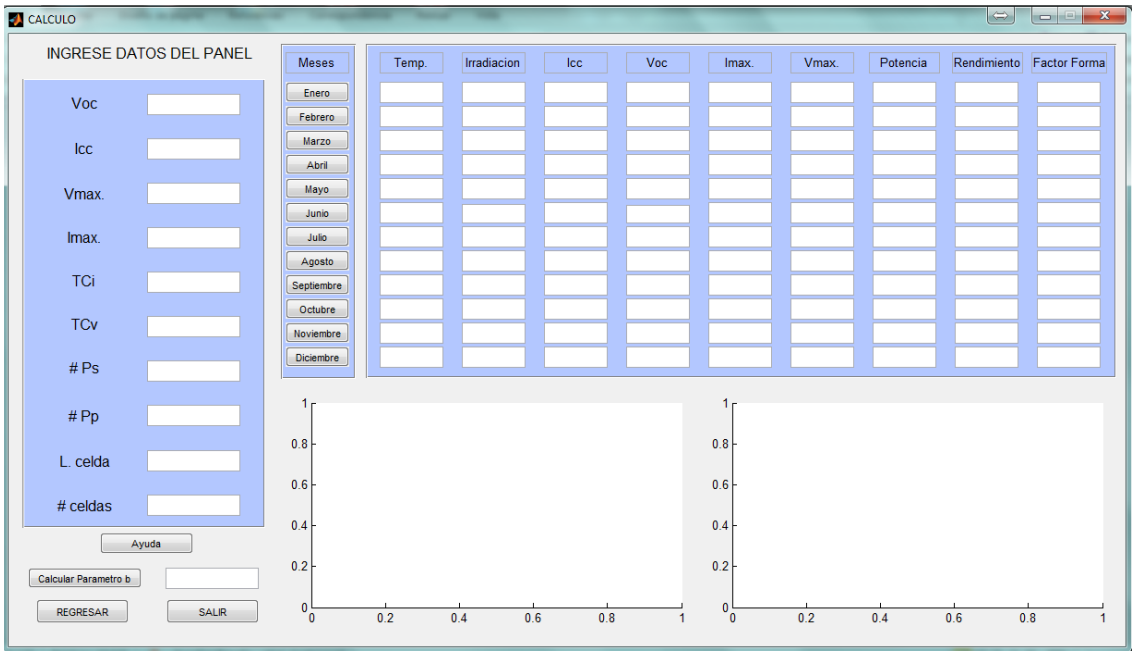


Figura 3:3 Pantalla de cálculo de parámetros de paneles. ***Fuente (Autores).***

Con los cálculos de mes a mes, podremos visualizar como nuestros paneles funcionarán en la región de Cuenca, es decir, que potencia y rendimiento van a tener durante el mes en cuestión. Sus gráficas son muy representativas al momento de tomar decisiones de que mes será el más productivo para el sistema fotovoltaico.

También es necesario tomar en cuenta el área de la célula, pues hay paneles que tienen células de dimensiones más grandes que otras y esto ayuda mucho en la captación de rayos solares para producir energía. La configuración del sistema ya sea en serie o paralelo también influyen en los valores de corrientes, voltajes y potencias del sistema.

Si ejecutamos la programación en las ventanas correspondientes, ingresamos los datos nominales del panel, según sea el caso, monocristalino, policristalino u otro; calculando mes a mes sus parámetros apreciamos como sus curvas también varían por los valores que se van visualizando. En la Figura 3:4 se ven los resultados para el panel monocristalino.

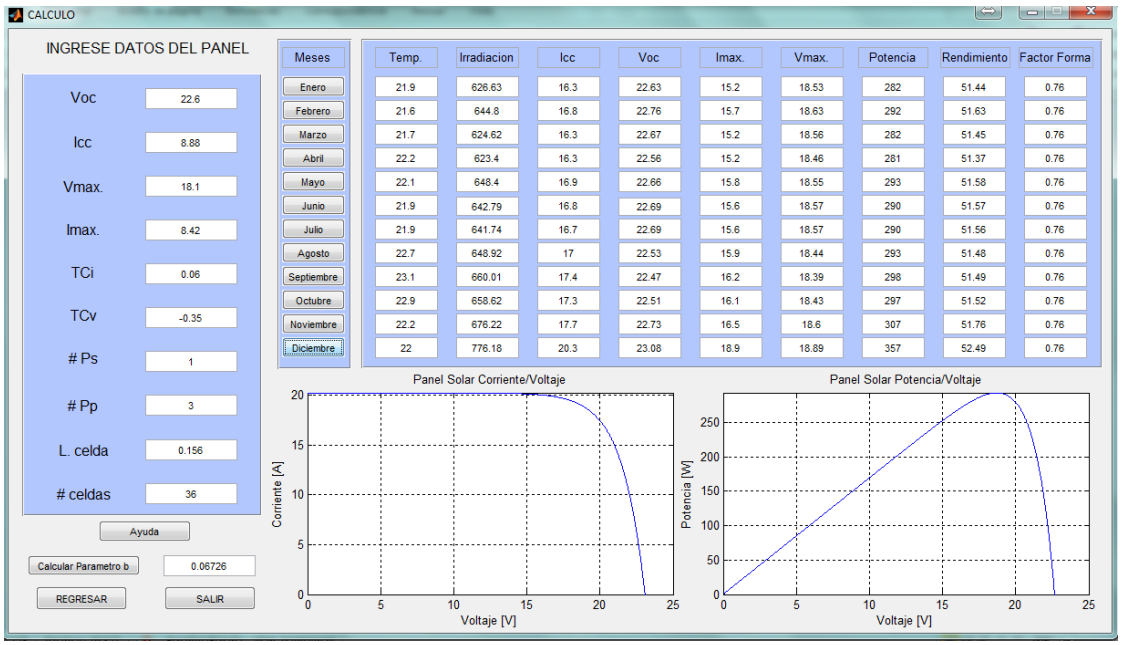


Figura 3:4 Resultados de paneles monocristalinos. ***Fuente (Autores).***

En la Figura 3:5 se puede apreciar los resultados obtenidos para el caso del sistema con paneles policristalinos.

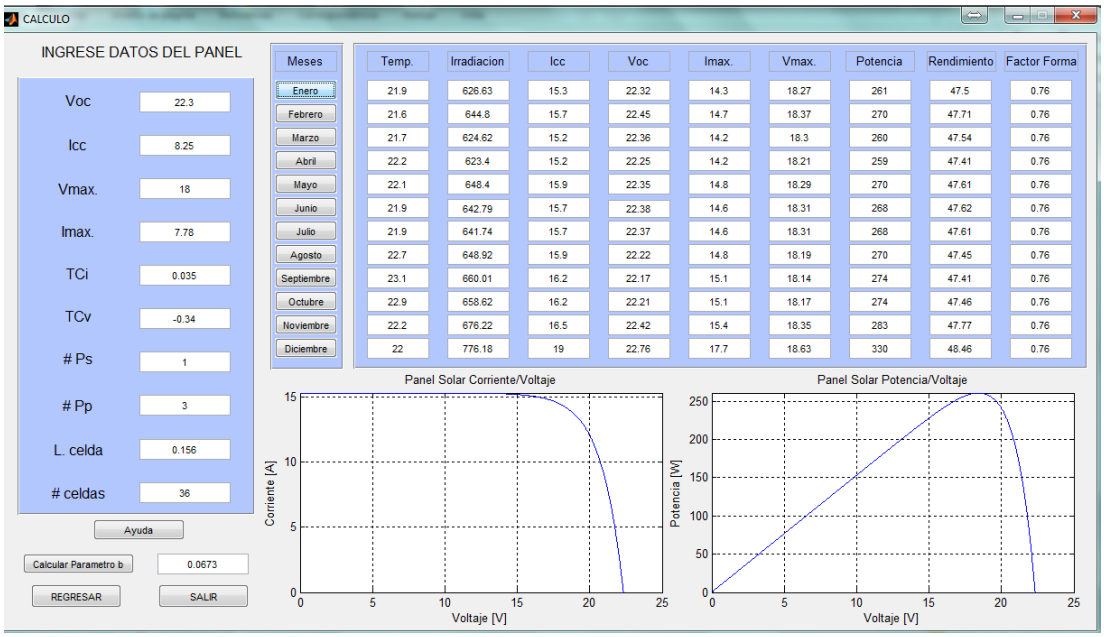


Figura 3:5 Resultados de paneles policristalinos. ***Fuente (Autores).***

En la segunda opción que tenemos dentro de nuestra programación tenemos la ventana de comparación de gráficas, hace referencia a dos gráficos, donde su resultado es consecuencia de ingresar datos nominales de los paneles, pero en el mismo podemos variar su irradiación y temperatura. Esta ventana es muy útil para revisar como sus curvas cambian de forma notable con la variación de la temperatura o irradiación, es una analogía, que se analizó en el literal 2.3 del Capítulo 2. (Fig. 3:6)

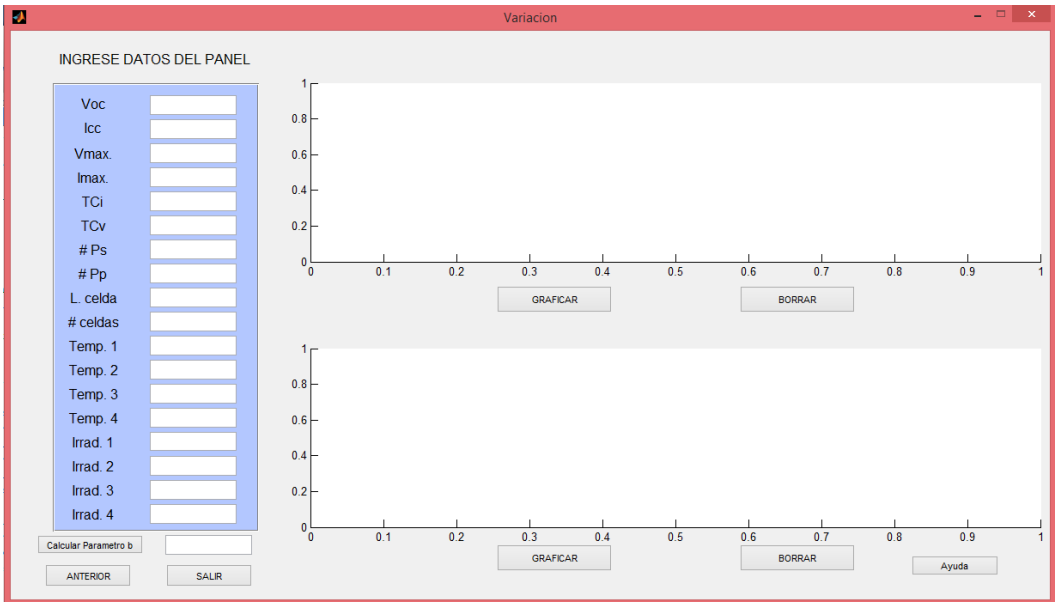


Figura 3:6 Comportamiento de paneles con variación de parámetros (Irradiación, Temperatura). ***Fuente (Autores).***

Podemos ingresar 4 datos, tanto de *temperatura* como de *irradiación*, dándonos como resultado 5 gráficas de I-V y P-V. Por defecto se ha incluido una gráfica adicional a la temperatura e irradiación *ideal* del panel.

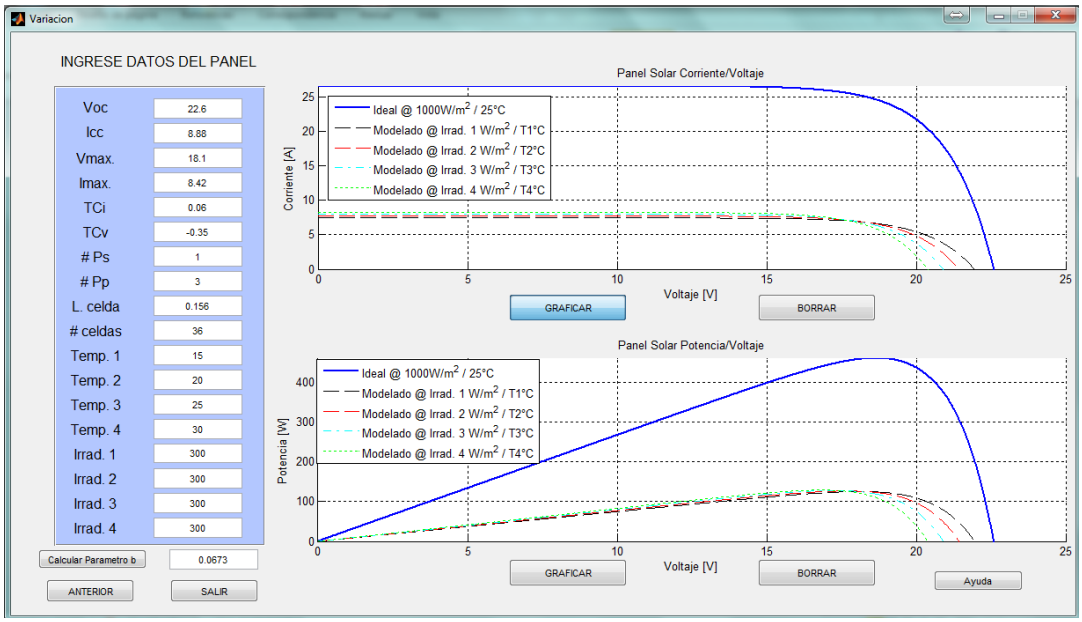


Figura 3:7 Comportamiento de paneles con variación de parámetros (Irradiación, Temperatura). ***Fuente (Autores).***

Con las gráficas obtenidas se puede realizar un análisis comparativo de la gráfica Ideal con las gráficas influenciadas por la variación de Temperatura e Irradiación, para un estudio detallado de las mismas.

Para el manejo de cualquiera de estas ventanas existe un botón Ayuda, el cual contiene una explicación de cada parámetro necesario para empezar con los cálculos y las respectivas gráficas.

3.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE PANELES SOLARES CON PARÁMETROS CALCULADOS.

Los paneles solares que se utilizaron para este proyecto, tienen características idénticas, haciendo referencia a sus dimensiones físicas, pero sin embargo, el rendimiento de los mismos varía en pequeñas cantidades, esto se debe por las características químicas propias de cada tipo de silicio.

El rendimiento de cada tipo de panel es diferente, todo depende de sus voltajes y corrientes que se producen en la transformación de energía emitida por el sol.

Si nos remitimos a la Figura 3:4 y Figura 3:5 de los paneles monocristalinos y policristalinos respectivamente, podemos observar que sus valores nominales están siendo casi idénticos, con la única diferencia que son de 150 W y 140 W, tienen una potencia bastante similar.

Los parámetros calculados de cada uno de ellos están alrededor del valor nominal, esto se debe a los datos de radiación y temperatura obtenidos de la Estación Meteorológica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

Además sus factores de forma tienen un valor muy aceptable, ya que el mismo mientras más cerca este de la unidad, nos da por entendido que el sistema de paneles está funcionando eficientemente.

Para los distintos meses del año, sus valores de radiación cambian, esto se debe a las estaciones climáticas que se producen, pero para nuestra posición geográfica dentro del mapa terrestre es casi despreciable, sus temperaturas varían de acuerdo a la irradiación emitida por el sol.

Mientras más incidencia de sol tengamos en nuestros módulos, mejores serán los resultados de voltajes y corriente. El rendimiento de los paneles monocristalinos está de acuerdo a sus porcentajes propuesto por muchos autores de energías renovables, este valor ronda entre los 14 a 18 % de eficiencia. Mientras que para los paneles policristalinos, su rendimiento ronda entre los 12 a 15 % de efectividad.

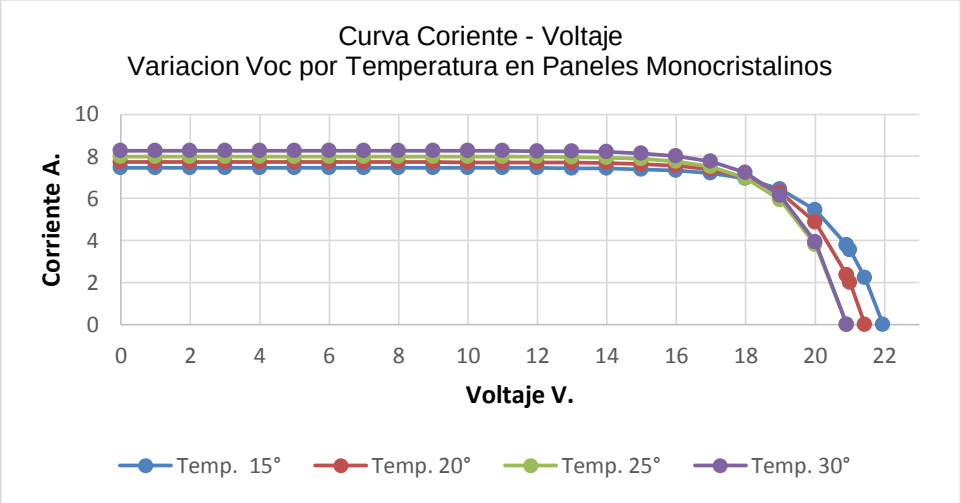
En teoría se sabe que los paneles monocristalinos son más eficientes que los policristalinos, y esto lo podemos apreciar en las tablas anteriores, el rendimiento antes mencionado es de un solo panel. Pero para nuestro proyecto está configurado para un sistema de 3 módulos en paralelo, con esto se tiene un incremento de corriente del sistema y por lo tanto de potencia.

En la Tabla 3:1 se puede notar como sus valores están acorde a la teoría que se la conoce y demostrados de manera práctica que sucede lo mismo.

Comparación de Resultados		
Parámetros	**Monocristalinos**	**Policristalinos**
Voc.	22,66	22,36
Isc.	17,15	16,04
Vmax.	18,56	18,3
Imax.	15,99	14,96
Potencia	321,58	273,92
Rendimiento	51,61	47,63
F. Forma	0,76	0,76

Tabla 3:1 Comparación de resultados entre paneles solares ***Fuente (Autores).***

También si revisamos las siguientes gráficas cuando se analizan los paneles en función de la temperatura, podemos fijarnos que tanto los valores calculados como los programados tienes valores parecidos.



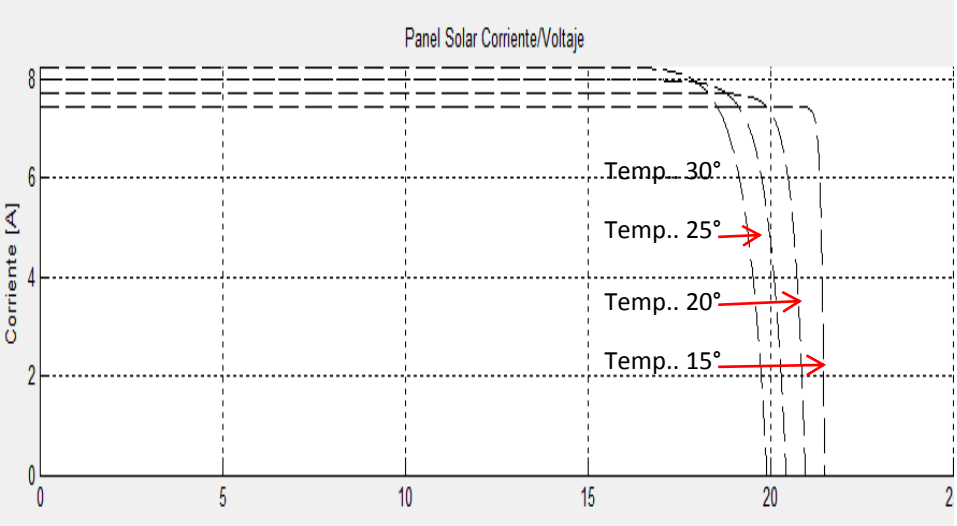


Figura 3:8 Comparación de gráficas por efectos de la temperatura con valores calculados y programados en paneles monocristalinos. ***Fuente*** **(Autores).**

Como se puede observar en las gráficas, los valores calculados se asemejan a la gráfica obtenida mediante el programa desarrollado. La variación existente entre las dos gráficas se da a que la primera se la realizó punto a punto mediante la aplicación de fórmulas, mientras que la segunda es el resultado de la combinación de comandos, fórmulas y plots de Matlab que

son más exactos. No nos olvidemos que existen pequeña pérdidas (cables, disipación de potencia etc.) en las mediciones las cuales se ven claramente cómo afectan en las gráficas comparativas.

3.5 SELECCIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS PARA NUESTRA REGIÓN.

Esta selección no resulta muy difícil de hacerlo, pues según los resultados, y las tablas comparativas que se realizaron en el literal anterior, podemos ver claramente cuáles son los paneles que tienen mayor rendimiento por las condiciones climáticas que se presentan en nuestra ciudad.

Por conocimientos teóricos y prácticos que se dieron en el presente proyecto, los paneles monocristalinos funcionan muy acorde a sus especificaciones técnicas de fábrica, tanto en rendimiento como en potencia, pero con la configuración adecuada de un sistema para algún proyecto autónomo, se les puede sacar una buena producción de energía siempre que tengamos más días despejados y soleados.

En la región en la que nos encontramos las estaciones climáticas son variadas, por tal razón es que los paneles son fijados en una inclinación específica, esto nos ayuda a captar radiación en una sola posición durante todo el año en curso, ya sea durante días nublados, lluviosos o despejados.

Si los paneles monocristalinos son conectados con una configuración en paralelo, se incrementan de manera muy notoria su potencia y corriente, lo que ayuda a tener más cargas para ser utilizadas, caso contrario se podrá realizar conexiones serie-paralelo entre paneles.

Si queremos tener un sistema más eficiente, con potencias grandes y corrientes elevadas, el costo de inversión será cada vez más alto, pero

tendremos la seguridad que el sistema será muy sustentable con este tipo de paneles monocristalinos.

Si el dinero no es un impedimento para este tipo de generación, se puede aumentar a los paneles estructuras seguidoras de sol con las cuales se garantiza que los paneles fotovoltaicos instalados siempre estarán generando un 100%.

Según la latitud y longitud, los paneles monocristalinos presentaron sus mejores resultados a las inclinaciones a los que fueron regulados, pero no está por demás tener en cuenta como una segunda opción para generación autónoma a los paneles policristalinos, un poco menos eficientes pero aun así tienen buena aceptación y demanda en el mercado nacional.

4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En el presente proyecto de tesis, hubo muchos problemas que se presentaron, sin embargo con la práctica y la investigación del tema se pudieron resolver a tiempo, obteniendo las siguientes conclusiones, que para nuestros criterios son importantes para proyectos futuros de energías renovables.

- Para realizar cualquier tipo de cálculo en el que intervengan datos de radiación diaria, mensual o anual, debe existir un software especializado en el manejo de estos datos, ya que los resultados obtenidos lograrán un mejor dimensionamiento de equipos necesarios para cualquier sistema fotovoltaico autónomo.

- De todas las bibliografías que se utilizaron para el proyecto de tesis, ninguna concuerda de manera exacta en la inclinación ideal de los paneles fotovoltaicos, eso sucede debido a que este tipo de energías renovables tienen más aceptación en el continente Europeo, donde los niveles de radiación son más altos, además existen estaciones climáticas que afectan de manera directa en la inclinación de los módulos. Dando como resultado fórmulas que son aceptables para su continente

- En nuestro caso la ubicación terrestre corresponde a una latitud y longitud que están casi en la zona ecuatorial, lo que dificulta mucho el tener una inclinación ideal para los módulos, pero con la práctica y la ubicación de los mismos, pudimos demostrar y experimentar que la inclinación ideal por fórmulas no es muy cierta, y por variación de la inclinación de los paneles se pudo comprobar que a una inclinación de 10° tienen una mejor captación de radiación y generación de voltaje.

- El colocar los paneles a su inclinación ideal según fórmulas de los libros investigados no se puede obtener los resultados esperados, debido a que los paneles se encuentran muy horizontales y la acumulación de

suciedad y polvo impide la captación de radiación en los paneles, lo que implica un mayor mantenimiento de los paneles.

- Cuando se cambian las inclinaciones de los paneles, desde los 0° hasta los 25 °, pudimos apreciar que la sombra que se produce por el movimiento del sol no le cubre a la fila de paneles que se encuentran en la parte posterior, por ello para evitar el efecto de sombras en los paneles, se procedió a ir cambiando la separación para evitar estos inconvenientes.

- En la práctica, la inclinación adecuada para obtener un mayor rendimiento de los paneles solares, fue de 10° que son los ideales para fijarlos, con esta inclinación, hasta los fabricantes y distribuidores de paneles solares lo recomiendan, debido a la latitud de nuestra región. En esta inclinación, el polvo y la suciedad no tienen efecto alguno, los paneles no permanecían sucios y los rayos solares favorecían para su generación, mientras que en ángulos más bajos no se tuvo este efecto.

- También se comprobó que ya sea en la práctica como en la programación, la temperatura que influye en los paneles solares causa efectos que a simple vista no se los puede ver, pero en el cálculo sus valores incidían mucho en las curvas características de los paneles, mientras más subía la temperatura en un día soleado, su voltaje a circuito abierto tiende a disminuir, provocando cambios en las curvas de potencia y rendimiento de los paneles, sin embargo por los efectos de la temperatura, su corriente de cortocircuito sufría ligeras modificaciones en sus valores.

- Con respecto a la radiación solar que se tiene en nuestra ciudad, es aceptable, pues en días despejados los niveles de voltaje captados por los paneles fueron altos, con esto pudimos ver y comprobar que la incidencia de la radiación es directamente proporcional con la corriente de cortocircuito, mientras más radiación captaban los paneles, mejoraba su corriente de cortocircuito, incrementando sus valores, pero el voltaje a

circuito abierto no tienen muchas variaciones como sucedía para el caso de la temperatura.

- En la programación se tomó en cuenta el tipo de arreglo que se puede hacer en nuestros sistemas de paneles, es decir, la combinación de paneles en serie o paralelo que se pueden tener, el sistema que desarrollamos fue básico con una combinación en serie y tres paneles en paralelo, con esto logramos un aumento de la corriente de nuestro sistema para poder tener cargar de consumo grande, como es el caso de las luminarias que se fijaron para ser utilizadas.

- Cuando cambiamos el arreglo del tipo de sistema, todo cambia, voltajes, corriente, potencia y el factor de forma de todo el sistema, la programación nos sirve mucho cuando se disponga de los valores nominales de los paneles que vienen en los catálogos de fábrica de cada uno de ellos para analizar su comportamiento en nuestra ciudad.

- La segunda pantalla de programación, es de mucha ayuda para realizar comparaciones con las diferentes temperaturas que podemos obtener en tablas o recopilación de datos por medio de alguna estación meteorológica, además siempre nos graficará una curva ideal para tener una comparación de que tan eficiente es el panel o sistema.

- Los paneles solares más efectivos para poder utilizarlos en nuestro medio por así decirlo serían lo paneles monocristalinos, sus porcentajes en las curvas de rendimiento están muy acorde a lo que se obtuvo en la programación, estos paneles son los más comercializados por su desempeño como pudimos observar en el Capítulo 3, son los más aceptables a nivel nacional, es por eso que los distribuidores los recomiendan para cualquier tipo de instalación autónoma con preferencia.

- Para escoger el tipo de panel a utilizar en una instalación fotovoltaica deberemos tomar en cuenta la disponibilidad de dinero ya que así como son mejores lo paneles monocristalinos son más caros.

- Con los resultados que obtenemos en la programación del rendimiento de los dos tipos de paneles, podemos comprobar que los valores que nos vienen marcados en las hojas técnicas, están dentro de su valor aceptable, es decir que por fábrica con una irradiación ideal tenemos un rendimiento de aproximadamente de 18%, y en nuestro cálculo obtenemos un valor alrededor del 17%, para el caso de los paneles monocristalinos, y un valor de 16% ideal para los paneles policristalinos, obtenemos una eficiencia del 15%, por lo tanto, las condiciones climáticas que presenta nuestra zona terrestre tiene un buen desempeño en el momento de trasformar energía solar en energía eléctrica.

- Respecto al factor forma en ambos paneles tanto por datos de fábrica así como simulados, se encuentran en una 70 %, esto quiere decir que nuestros paneles solares tienen una potencia de trabajo muy aceptable frente a la potencia ideal, pues toda la energía solar que se recepte podrá ser transformada en un 70% en energía eléctrica que abastecerá correctamente a las cargas.

RECOMENDACIONES.

Al realizar la parte práctica de este proyecto, se tuvo varios inconvenientes por los cuales vale mucho el hacer algunas recomendaciones o acotaciones que en lo posterior no sean un problema, como:

- Especificar cuanta carga vamos a manejar. Esto se lo puede realizar mediante cálculos sencillos o con la ayuda de software que existen en internet y son gratuitos. Es importante recalcar que con la carga que manejemos podemos definir qué tipo de panel podemos utilizar ya sea un caro o uno más económico.

- No olvidar que de acuerdo a la carga proyectada, los paneles solares o el sistema a usar deberá ser de potencias superiores debido a las pérdidas generadas por todos los elementos involucrados en este tipo de generación.

- Los paneles solares en su parte posterior traen su respectiva caja de conexiones con los cables de positivo y negativo correctamente marcados, pero en la punta de los mismos, el tipo de conector fue un poco especial, es decir, conseguir un acople del mismo tipo para poder utilizarlo en nuestra caja de control significo un gran problema, son conectores que no se encontraron en el mercado local, por eso es muy importante hacer notar a los distribuidores este tipo de conectores y cable, para que sea comercializado y poder facilitar la conexión de los paneles en la práctica.

- Es muy recomendable para instalaciones futuras o proyectos de Energías Renovables, establecer como un tipo de norma que la inclinación de los paneles solares tiene que ser de 10° para nuestra ciudad en la que nos encontramos, con esto tendríamos la certeza de que su ubicación es la adecuada, sin tener dudas de que su captación es efectiva.

- Teniendo esta norma de inclinación aprobada y establecida, las construcciones en edificios donde se vayan a establecer *módulos fotovoltaicos*, las estructuras deberían ser diseñadas y orientadas de mejor forma. Debido a las limitaciones que todavía tenemos, lo más óptimo sería tener un sistema con seguimiento solar.

- Es indispensable tener un historial preciso de los datos que involucren Energías Renovables como: radiación, velocidad del viento, temperaturas, humedad, etc. Para poder aplicar las diferentes formulaciones que se presentan en las bibliografías que están disponibles, con estos valores bien procesados se pueden dimensionar los elementos o equipos eléctricos necesarios con las potencias y capacidades suficientes para sustentar el proyecto con una demanda específica.

BIBLIOGRAFÍA

[1]. **Diaz Corcobado, Tomás and Carmona Rubio, Guadalupe.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : McGraw-Hill, 2010.

[2]. **Oliva, Agustin Castejón y Herranz, German Santamaría.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid : Editex, 2012.

[3]. **Labarta, José Luis Valentin.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* San Sebastian : Donostiarra, 2012.

[4]. **Renovables, Soluciones Energeticas.** Renovaenergia S.A. [En línea] http://www.renovaenergia.com/energia_renovable/energia_solar_fotovoltaica.html#1.2.

[5]. **Eumetcal.** Eumetcal. http://www.eumetcal.org/euromet/spanish/satmet/s2100/s2100034.htm.

[6]. **Gonzalez, Raul Hernan Neira, Velecela Zhindon Marco Vinicio.** Estudio de factibilidad de generaicon electrica mediante energia eolica y energia solar fotovoltaica para el sector de Garauzhí de la parroquia Quingeo perteneciente a la ciudad de Cuenca. Cuenca : s.n., 2014.

[7]. **Greenstar.** Greenstar. http://greenstarled.com/products/galaxy-0.

[8] **Google.** Google Earth. [En línea] http//earth.google.ec.

[9]. **Ujaen.**Universidad de España UJAEN. http//www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/.

[10]. **Krismadinataa*, Nasrudin Abd. Rahima Hew Wooi Pinga, Jeyraj Selvaraja.** *Photovoltaic module modeling using simulink/matlab.*

[11]. **Lamigueiro, Oscar Perpiñan.** Libro de Energia Solar Fotovoltaica. Diciembre de 2013. [Citado el: 5 de Enero de 2014.] http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf.

[12]. **Atersa.** atersa. *atersa.*http://www.atersa.com/.

[13]. **Ortiz-Rivera E., Peng F.,.** *Analytical model for a photovoltaic module using the electrical characteristics provided by the manufacturer data sheet.* Power Electronics Specialists Conference : IEEE 36th, 2005.

[14]. **Matlab**.http://www.mathworks.com/support/..

ANEXOS.

Anexo 1

Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabiortiz2000@hotmail.com

Indice

Simulacion de luminarias 1
Indice 1
Lista de luminarias 2
Model: GLX72XD-6KCCT-GW-220 Galaxy
Hoja de datos de luminarias 3
Galaxy
Diagrama de densidad luminica 4
Escena exterior 1
Luminarias (lista de coordenadas) 5
Rendering (procesado) en 3D 6
Rendering (procesado) de colores falsos 7
Superficies exteriores
Elemento del suelo 3
Superficie 1
Isolineas (E) 8
Gráfico de valores (E) 9
Isolineas (L) 10
Gráfico de valores (L) 11

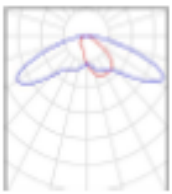
Simulacion de luminarias

DIALux
11.09.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabiortiz2000@hotmail.com

Simulacion de luminarias / Lista de luminarias

3 Pieza	Model: GLX72XD-6KCCT-GW-220 Galaxy N° de artículo: Model: GLX72XD-6KCCT-GW-220 Flujo luminoso (Luminaria): 12167 lm Flujo luminoso (Lámparas): 12167 lm Potencia de las luminarias: 157.9 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 30 66 94 100 100 Lámpara: 1 x LED (Factor de corrección 1.000).	Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	

Simulacion de luminarias

DIALux
11.06.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca

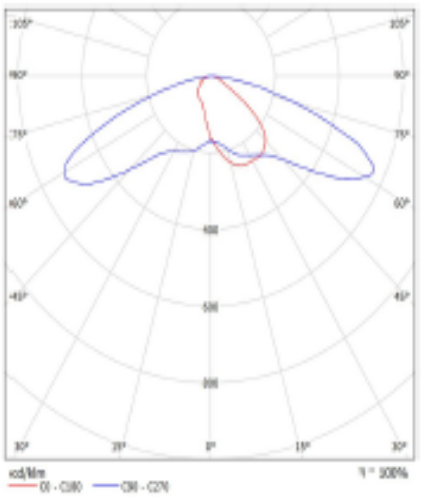
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabiortiz2000@hotmail.com

Model: GLX72XD-6KCCT-GW-220 Galaxy / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 30 66 94 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Simulacion de luminarias

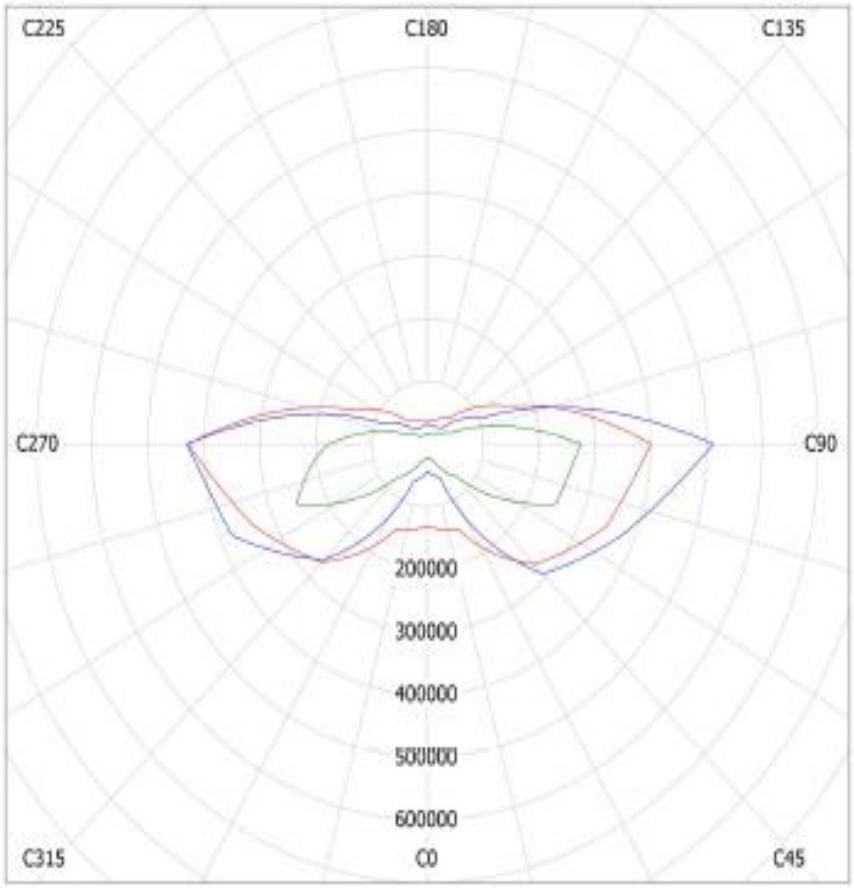
DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Model: GLX72XD-6KCCT-GW-220 Galaxy / Diagrama de densidad luminica

Luminaria: Model: GLX72XD-6KCCT-GW-220 Galaxy
Lámparas: 1 x LED



Simulacion de luminarias

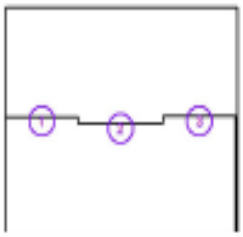
DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Luminarias (lista de coordenadas)

Model: GLX72XD-6KCCT-GW-220 Galaxy
12167 lm, 157.9 W, 1 x 1 x LED (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	6.000	15.800	9.000	-15.0	0.0	0.0
2	19.000	14.800	9.000	-15.0	0.0	0.0
3	32.000	15.800	9.000	-15.0	0.0	0.0

Simulacion de luminarias

DIALux
11.06.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinsalin@hotmail.com / pabloritz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) en 3D

DIALux 4.12 by DIAL GmbH

Página 6

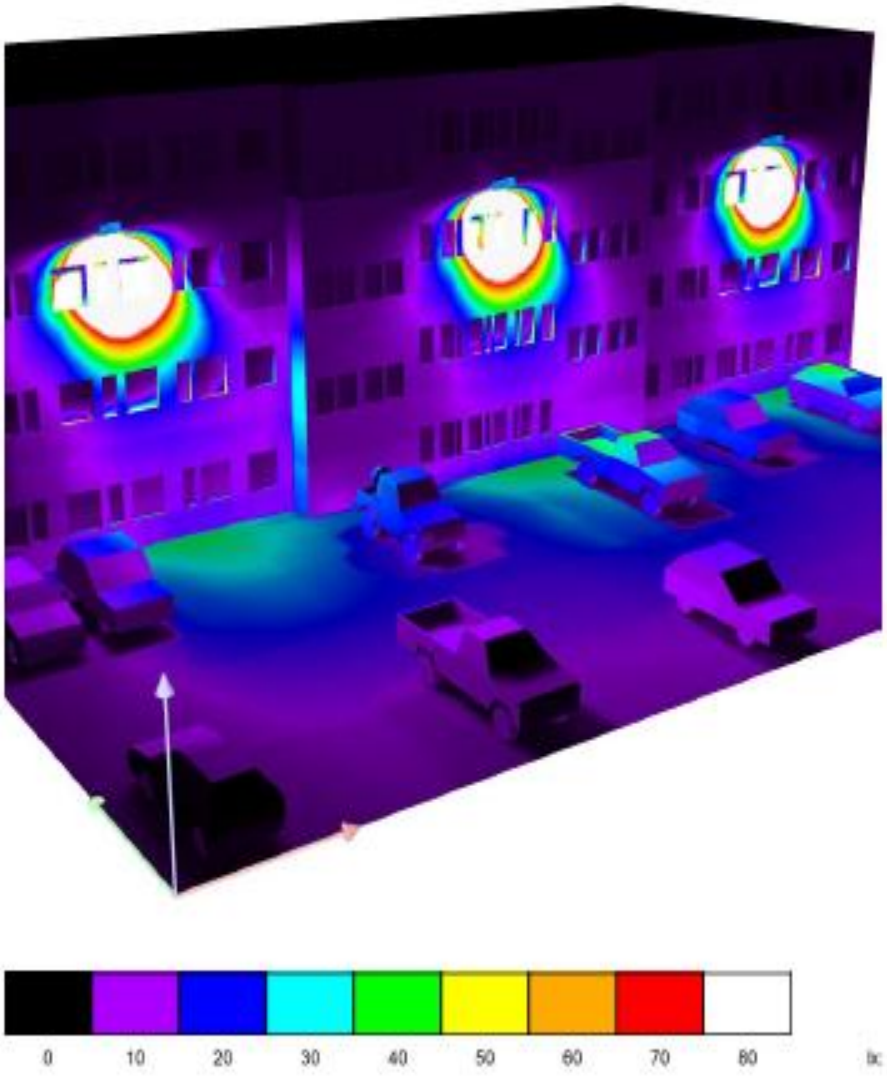
Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinsalin@hotmail.com / pabloritz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) de colores falsos



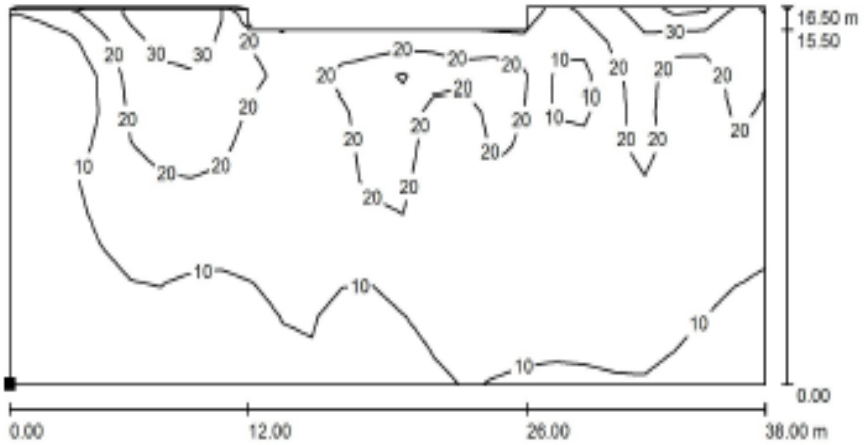
Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 3 / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 272

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

Trama: 25 x 11 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	0.96	36	0.066	0.027

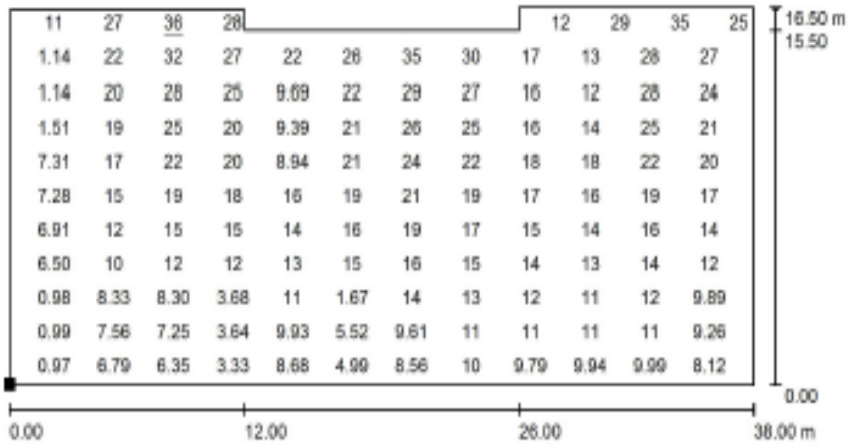
Simulacion de luminarias

DIALux
11.06.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabloritz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 3 / Superficie 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 272

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

Trama: 25 x 11 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	0.96	36	0.066	0.027

Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Indice

Simulacion de luminarias 1
Índice 1
Lista de luminarias 2
HAVELLS SYLVANIA NOVALED 180W LED
Hoja de datos de luminarias 3
LED
Diagrama de densidad luminica 4
Escena exterior 1
Luminarias (lista de coordenadas) 5
Rendering (procesado) en 3D 6
Rendering (procesado) de colores falsos 7
Superficies exteriores
Elemento del suelo 3
Superficie 1
Isolíneas (E) 8
Gráfico de valores (E) 9
Isolíneas (L) 10
Gráfico de valores (L) 11

Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

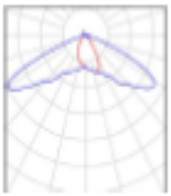
Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabiortiz2000@hotmail.com

Simulacion de luminarias / Lista de luminarias

3 Pieza

HAVELLS SYLVANIA NOVALED 180W LED
N° de artículo: NOVALED 180W
Flujo luminoso (Luminaria): 16020 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16020 lm
Potencia de las luminarias: 180.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 43 82 99 100 100
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una Imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



DIALux 4.12 by DIAL GmbH

Página 2

Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

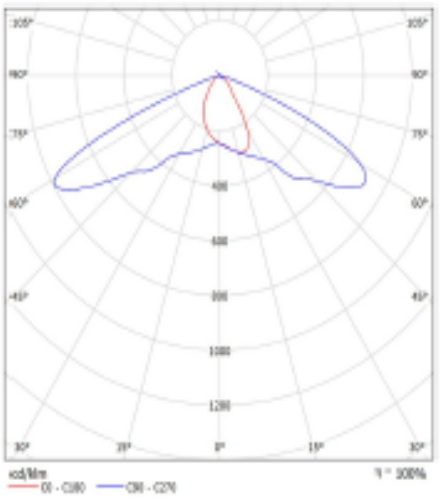
Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono 4095444
Fax
e-Mail franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

HAVELLS SYLVANIA NOVALED 180W LED / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una Imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 43 82 99 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Simulacion de luminarias

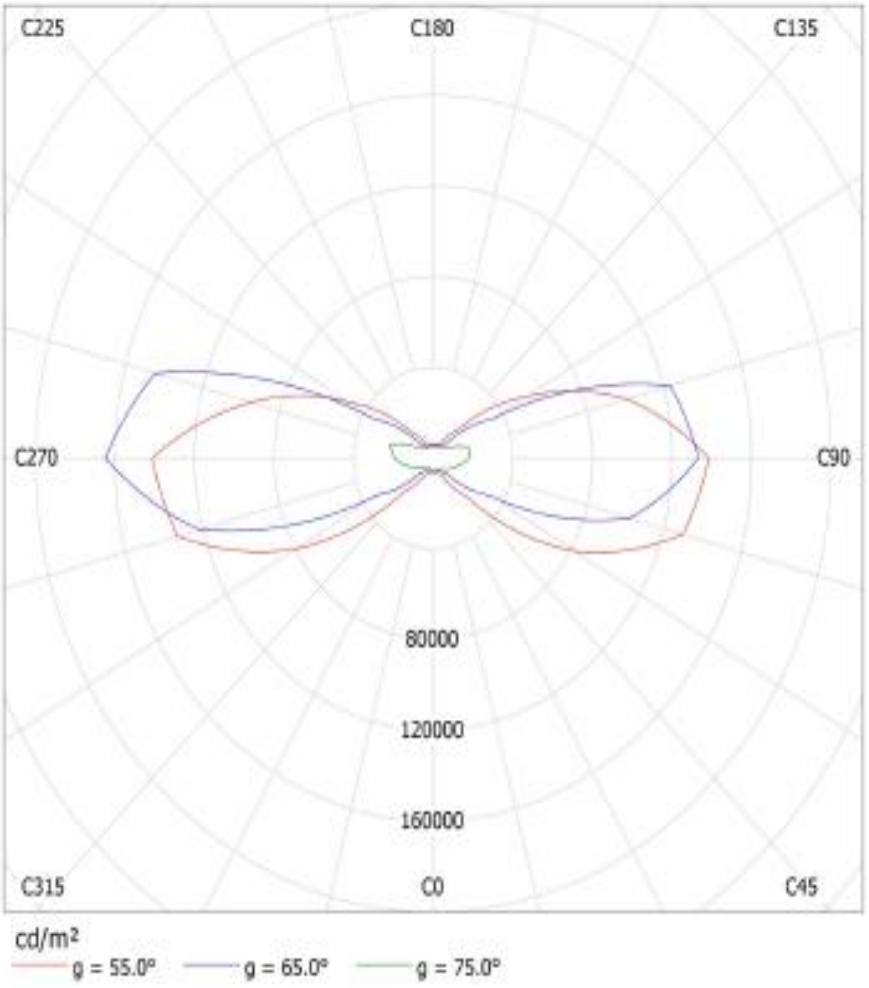
DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

HAVELLS SYLVANIA NOVALED 180W LED / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: HAVELLS SYLVANIA NOVALED 180W LED
Lámparas: 1 x



Simulacion de luminarias

DIALux
11.00.2014

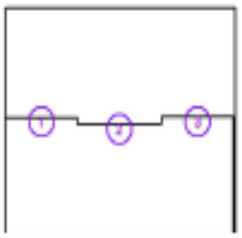
Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Luminarias (lista de coordenadas)

HAVELLS SYLVANIA NOVALED 180W LED

16020 lm, 180.0 W, 1 x 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	6.000	15.800	9.000	-15.0	0.0	0.0
2	19.000	14.800	9.000	-15.0	0.0	0.0
3	32.000	15.800	9.000	-15.0	0.0	0.0

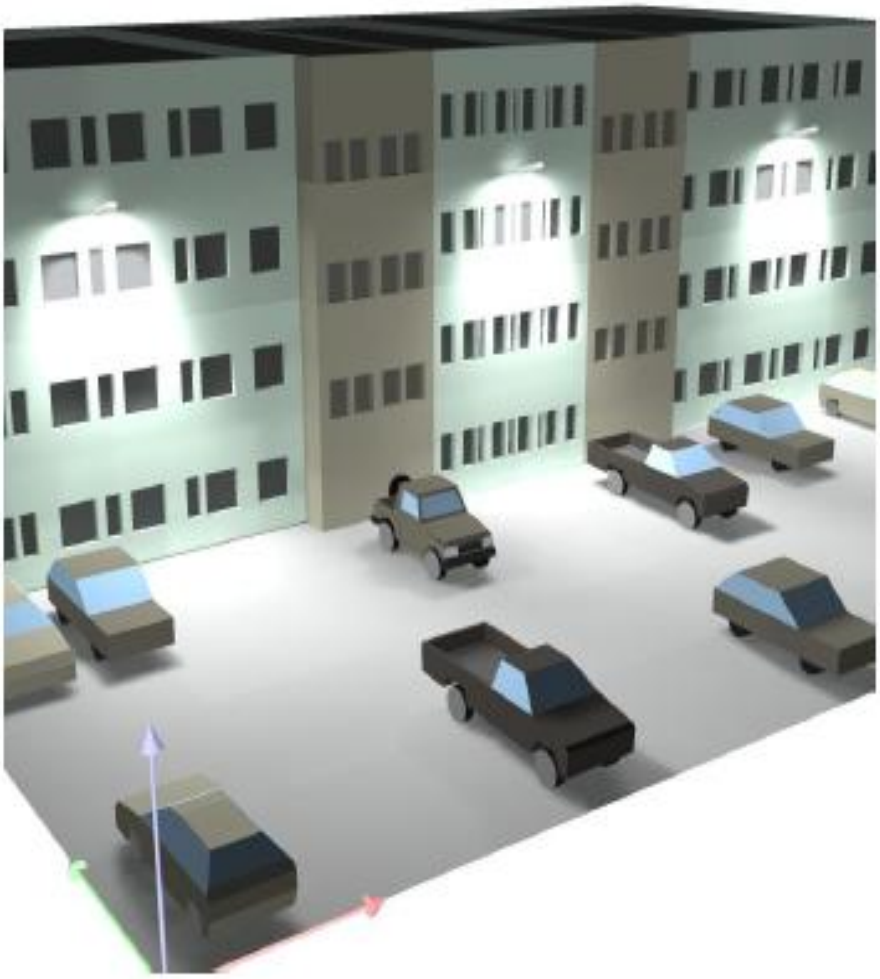
Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) en 3D



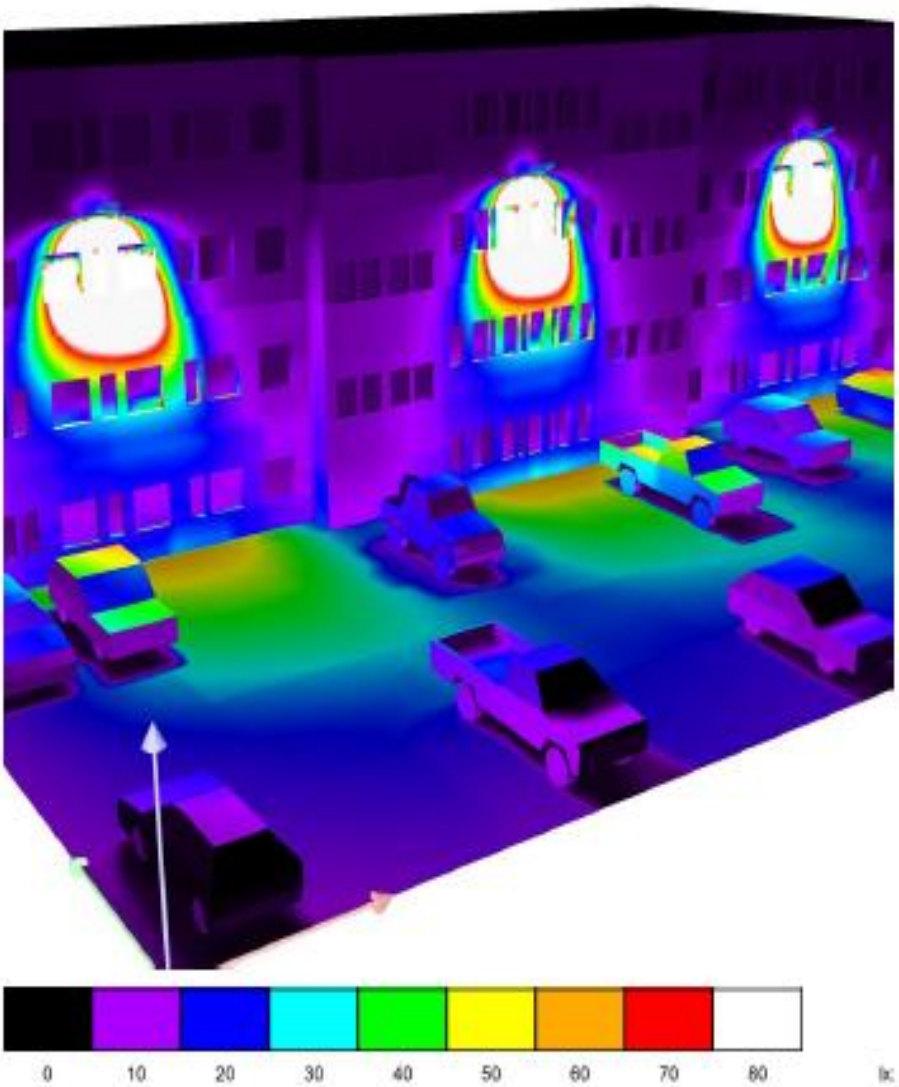
Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono 4095444
Fax
e-Mail franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) de colores falsos



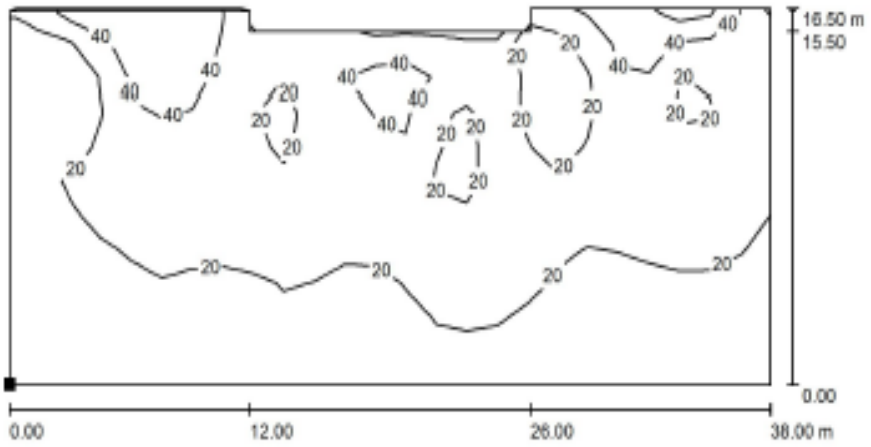
Simulacion de luminarias

DIALux
11.06.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 3 / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 272

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

Trama: 25 x 11 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
23	1.18	56	0.051	0.021

DIALux 4.12 by DIAL GmbH

Página 8

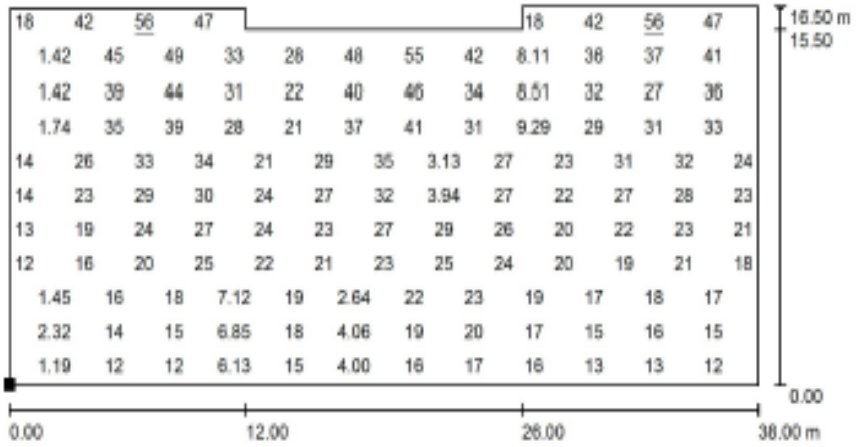
Simulacion de luminarias

DIALux
11.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 3 / Superficie 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 272

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

Trama: 25 x 11 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
23	1.18	56	0.051	0.021

Simulacion de luminarias

DIALux
12.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabloritz2000@hotmail.com

Indice

Simulacion de luminarias
Indice 1
Lista de luminarias 2
SCHREDER AKILA / 5119 / 96 LEDS 530mA WW / 331342
Hoja de datos de luminarias 3
Diagrama de densidad luminica 4
Escena exterior 1
Luminarias (lista de coordenadas) 5
Rendering (procesado) en 3D 6
Rendering (procesado) de colores falsos 7
Superficies exteriores
Elemento del suelo 3
Superficie 1
Isolíneas (E) 8
Gráfico de valores (E) 9
Isolíneas (L) 10
Gráfico de valores (L) 11

Simulacion de luminarias

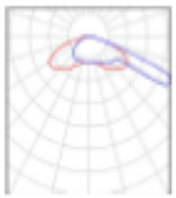
DIALux
12.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabloritz2000@hotmail.com

Simulacion de luminarias / Lista de luminarias

3 Pieza SCHREDER AKILA / 5119 / 96 LEDS 530mA WW / 331342
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14370 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 18147 lm
Potencia de las luminarias: 155.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 28 61 96 100 79
Lámpara: 1 x 96 LEDS 530mA WW (Factor de corrección 1.000).



Simulacion de luminarias

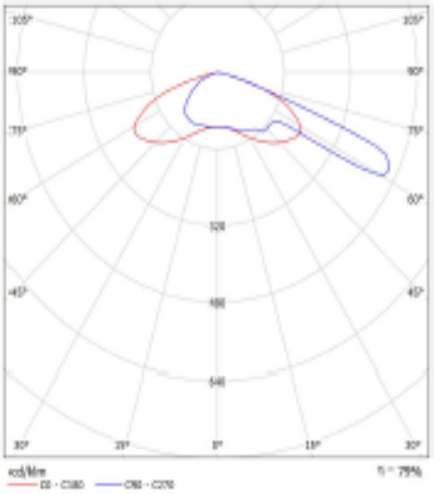
DIALux
12.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

SCHREDER AKILA / 5119 / 96 LEDS 530mA WW / 331342 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 28 61 95 100 79

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Simulacion de luminarias

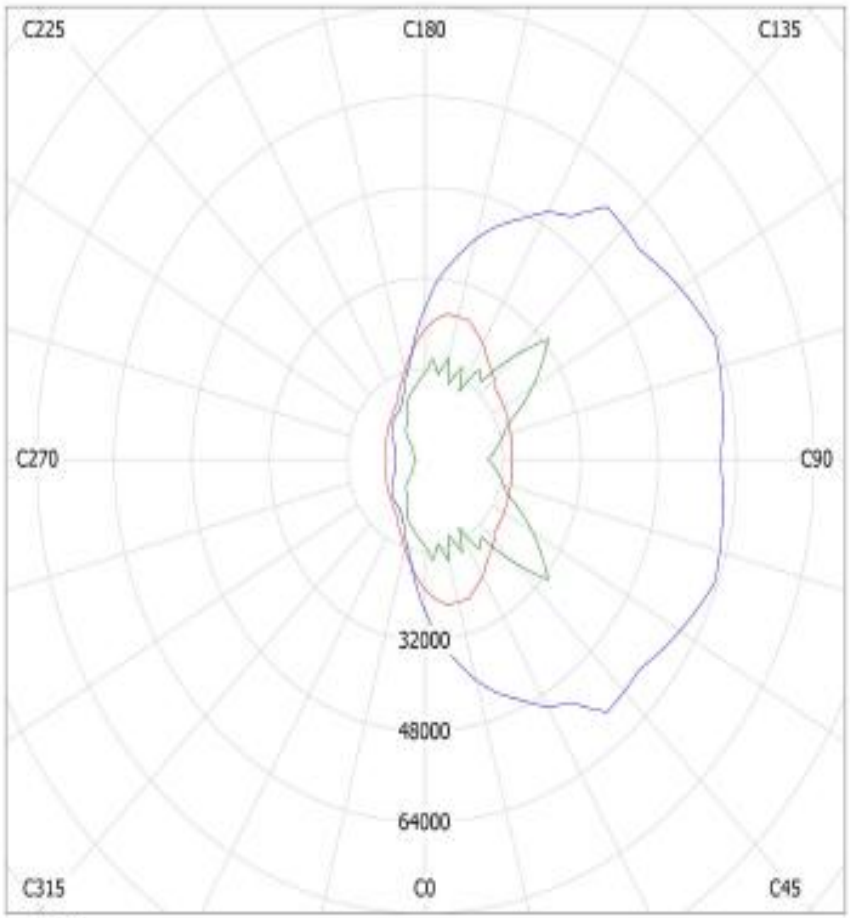
DIALux
12.00.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabloritz2000@hotmail.com

SCHREDER AKILA / 5119 / 96 LEDS 530mA WW / 331342 / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: SCHREDER AKILA / 5119 / 96 LEDS 530mA WW / 331342
Lámparas: 1 x 96 LEDS 530mA WW



Simulacion de luminarias

DIALux
12.08.2014

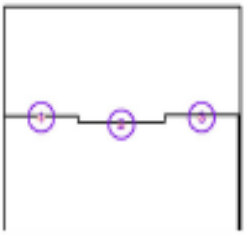
Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabloritz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Luminarias (lista de coordenadas)

SCHREDER AKILA / 5119 / 96 LEDS 530mA WW / 331342

14370 lm, 155.0 W, 1 x 1 x 96 LEDS 530mA WW (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	6.000	16.200	9.000	15.0	0.0	180.0
2	19.000	15.200	9.000	15.0	0.0	180.0
3	32.000	16.200	9.000	15.0	0.0	180.0

Simulacion de luminarias

DIALux
12.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) en 3D

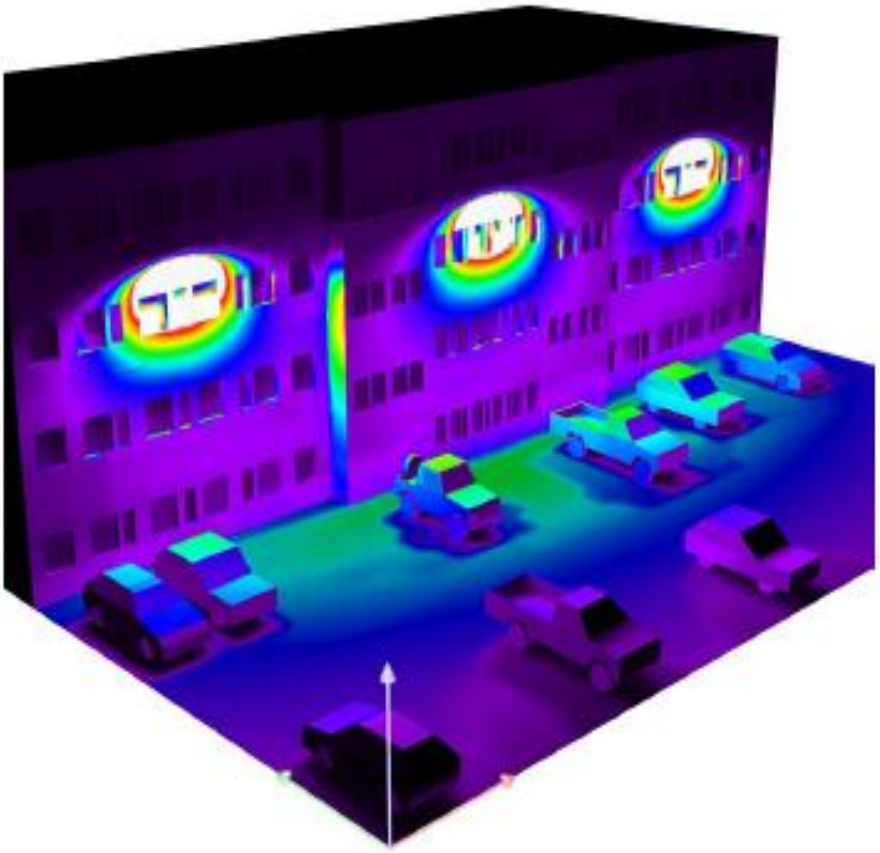
Simulacion de luminarias

DIALux
12.06.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pablortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) de colores falsos



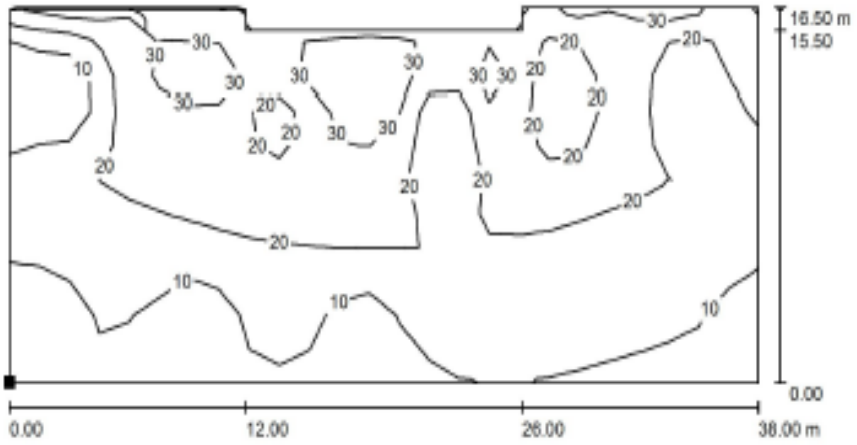
Simulacion de luminarias

DIALux
12.08.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pabloritz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 3 / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 272

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

Trama: 25 x 11 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	0.80	38	0.046	0.021

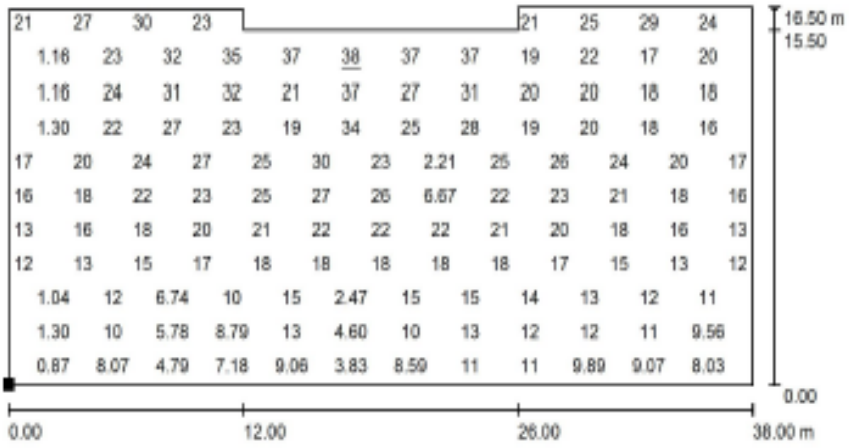
Simulacion de luminarias

DIALux
12.06.2014

Universidad Politecnica Salesiana Cuenca
Calle vieja y Elia Liut

Proyecto elaborado por: Franklin Pinos - Pablo Peña
Teléfono: 4095444
Fax:
e-Mail: franklinstalin@hotmail.com / pebiortiz2000@hotmail.com

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 3 / Superficie 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 272

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

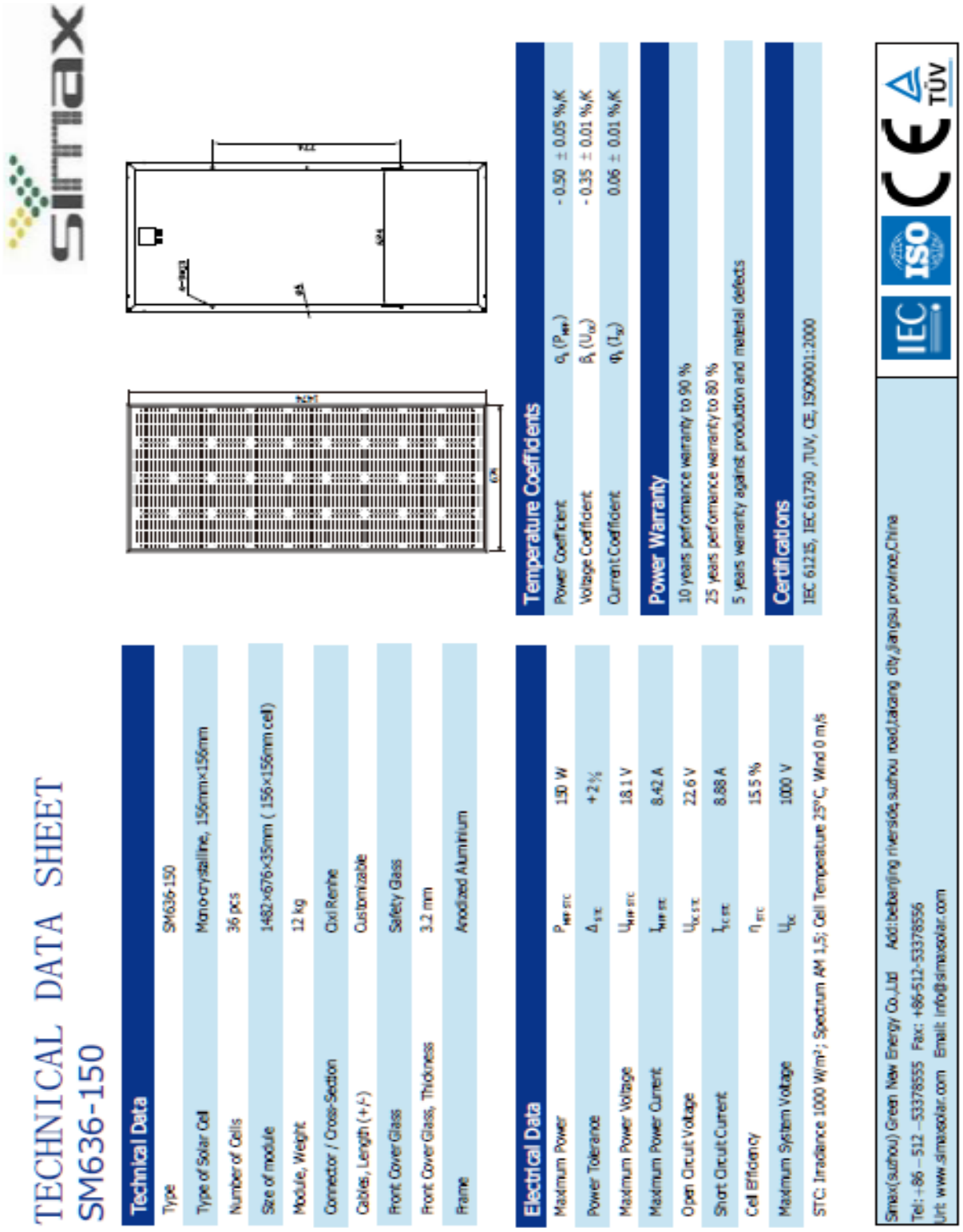
Trama: 25 x 11 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	0.80	38	0.046	0.021

Anexo 2

Características técnicas de los Paneles del sistema fotovoltaico.

Hoja técnica Panel Monocristalino



TECHNICAL DATA SHEET
SM636-150

Technical Data	
Type	SM636-150
Type of Solar Cel	Mono-crystalline, 156mm×156mm
Number of Cells	36 pcs
Size of module	1482×676×35mm (156×156mm cel)
Module, Weight	12 kg
Connector / Cross-Section	Qixi Renhe
Cables, Length (+/-)	Customizable
Front Cover Glass	Safety Glass
Front Cover Glass, Thickness	3.2 mm
Frame	Anodized Aluminium

Electrical Data		
Maximum Power	$P_{MP\,STC}$	130 W
Power Tolerance	Δ_{STC}	+2%
Maximum Power Voltage	$U_{MP\,STC}$	18.1 V
Maximum Power Current	$I_{MP\,STC}$	8.42 A
Open Circuit Voltage	$U_{OC\,STC}$	22.6 V
Short Circuit Current	$I_{SC\,STC}$	8.88 A
Cell Efficiency	η_{STC}	15.5 %
Maximum System Voltage	U_{DC}	1000 V

STC: Irradiance 1000 W/m²; Spectrum AM 1,5; Cell Temperature 25°C, Wind 0 m/s

Temperature Coefficients		
Power Coefficient	α_t (P_{MP})	- 0.50 ± 0.05 %/K
Voltage Coefficient	β_t (U_{OC})	- 0.35 ± 0.01 %/K
Current Coefficient	φ_t (I_{SC})	0.06 ± 0.01 %/K

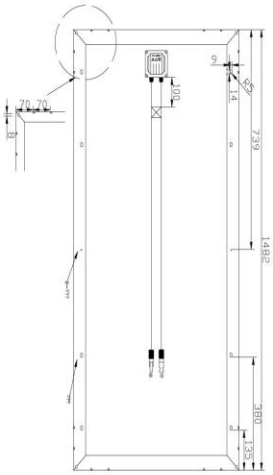
Power Warranty
10 years performance warranty to 90 %
25 years performance warranty to 80 %
5 years warranty against production and material defects

Certifications
IEC 61215, IEC 61730 ,TUV, CE, ISO9001:2000

Simax(suzhou) Green New Energy Co.,Ltd Add:bebanjing riverside,suzhou road,taicang city,jiangsu province,China
Tel: +86 – 512 –53378555 Fax: +86-512-53378556
Url: www.simaxsolar.com Email: info@simaxsolar.com

Hoja técnica Panel Policristalino.

SIMAX 156 Polycrystalline Solar Module (SP636-125W-145W)



Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline silicon solar cell 156x156(mm)
No.of Cells	36(4x9)
Dimensions	1482x676x50(mm)
Weight	14kg
Front Glass	3.2mm(0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

Output

Cable Type	Φ=4mm^2
Lengths	L=900mm
Junction Box	PV-GZX0601 MC3 or MC4

Temperature Coefficients

Nominal operating cell temperature(NOCT)	45±2℃
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/℃
Temperature Coeffcient of Voc	-034%/℃
Temperature Coeffcient of Isc	0.035%/℃

Electrical Specifications

Parameters	SP636-125	SP636-130	SP636-135	SP636-140	SP636-145
Peak power Pm(W)	125±3%	130±3%	135±3%	140±3%	145±3%
Open circuit voltage Voc(V)	21.7	21.7	22.3	22.3	22.9
Max. power voltage Vmp(V)	17.7	17.5	18	18	18.5
Max. power current Imp(A)	7.14	7.43	7.5	7.78	7.84
Short circuit current Isc(A)	7.57	7.87	7.95	8.25	8.31
Dimensions(L*W*H)	1482*676*50				
Weigh(kg)	14				
Max. over-current (A)	14				
Max. system voltage (V)	1000V DC				
Application Class	Class A				
Mono crystalline silicon solar cell	156×156*0.19mm				
No. of cells and connections	36 series				
No. of bypass diodes	6				
Bypass diode rating (A)	10				
Bypass diode max. junction temperature(℃)	200				
Bypass diode thermal resistance(℃/W)	3.0				
STC	Irradiance:1000W/m^2,Cell temperature:25℃,AM:1.5				
Maximum No. of series connection	43				
Maximum No. of parallel connection	2				

Anexo 3.

Hoja técnica Regulador de carga.

TRISTAR MPPT™ SOLAR CONTROLLER

TRAKSTAR

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Electrical

		TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• Maximum Battery Current		45 amps	60 amps
• Nominal Maximum Solar Input	12 Volt	600 Watts	800 Watts
	24 Volt	1200 Watts	1600 Watts
	48 Volt	2400 Watts	3200 Watts

	TS-MPPT-45 and TS-MPPT-60
• Peak Efficiency	99%
• Nominal System Voltage	12, 24, 36 or 48 volts DC
• Max. Solar Open Circuit Voltage	150 volts DC
• Battery Operating Voltage Range	8-72 volts DC
• Maximum Self-consumption	2.7 Watts
• Transient Surge Protection	4500 Watts/port

Electronic Protections

- Solar: Overload, Short Circuit, High Voltage
- Battery: High Voltage
- High Temperature
- Lightning and Transient Surges
- Reverse Current at Night

Battery Charging

• Charging algorithm	4-stage
• Charging stages	Bulk, Absorption, Float, Equalize
• Temperature Compensation	
Coefficient	–5mV/°C/cell (25° ref)
Range	–30°C to +80°C
Set points	Absorption, Float, Equalize, HVD

Note: Remote Temperature Sensor is included.

Mechanical

• Dimensions	29.1 x 13.0 x 14.2 cm 11.4 x 5.1 x 5.6 inch
• Weight	4.2 kg / 9.2 lbs.
• Max. Wire Size	35 mm² / 2 AWG
• Conduit knockouts	M20; ½, 1, 1 ¼ inch
• Enclosure	Type 1 (indoor and vented) IP20

Environmental

• Ambient Temperature	–40°C to +45°C
• Storage Temperature	–55°C to +100°C
• Humidity	100% non-condensing
• Tropicalization	Epoxy encapsulation Conformal coating Marine rated terminals

Communication Ports

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• MeterBus	Yes	Yes
• RS-232	Yes	Yes
• EIA-485	No	Yes
• Ethernet	No	Yes

Options

- TriStar Meter-2 (TS-M-2)
- TriStar Remote Meter-2 (TS-RM-2)
- Meter Hub (HUB-1)
- Relay Driver (RD-1)

Certifications

- CE Compliant
- ETL Listed (UL1741)
- cETL (CSA C22.2 No. 107.1-01)
- FCC Class B Part 15 Compliant
- Complies with (NEC) U.S. National Electric Code
- RoHS Compliant
- Manufactured in a certified ISO 9001 facility

WARRANTY: *Five year warranty period. Contact Morningstar or your authorized distributor for complete terms.*

AUTHORIZED MORNINGSTAR DISTRIBUTOR:

MORNINGSTAR corporation

8 Pheasant Run
Newtown, PA 18940 USA
Tel +1 215-321-4457 Fax +1 215-321-4458
E-mail info@morningstarcorp.com
Website: www.morningstarcorp.com

©2010 MORNINGSTAR CORPORATION PRINTED IN USA 2010.05.1710

CE ETL

Anexo 4.

Hoja técnica Batería.

Narada

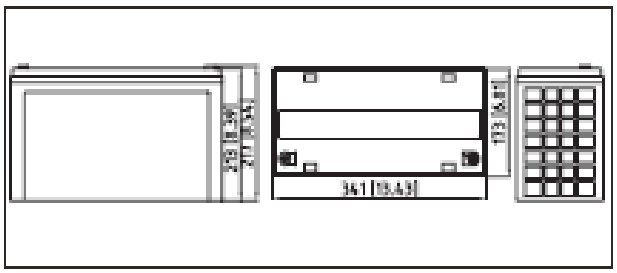
Soluciones para el almacenamiento de energía para un mundo exigente.

MILLENNIUM

Modelo: 31-AGM-100 Serie HR

La Serie HR de nuestras Baterías de AGM tipo VRLA son perfecta mente diseñadas para cualquier tipo de aplicación que requiera Altas Corrientes de descarga durante periodos cortos de tiempo.
En particular son ideales para aplicaciones de sistemas de UPS gracias a su optimizado diseño y sistema de sellado de poste patentado. Su caja hecha en material de alto impacto ABS y sus manijas flexibles aseguran una fácil y segura instalación sin ningún tipo de inconvenientes. Estas baterías están diseñadas para cumplir un estimado de 10 Años de vida útil.

Dimensiones - mm (inch)



Especificaciones

Modelo de Batería	HR12V370
Voltaje Nominal	12 V
Capacidad Nominal	370 vatios por celda en la tasa de 15 minutos a 1,67 voltios por celda @25°C(77°F)
Peso Típico	36kg
Resistencia Interna	Aprox. 5.22mΩ
Rangos de temperatura	Operación (máximo): -40°C a 55°C(-40°F to 131°F) Operación (Recomendada): 15°C a 25°C(59°F to 77°F) Almacenamiento: -20°C a 40°C(-4°F to 104°F)
Voltaje de Flotación	2.27V/cell@25°C(77°F)
Máximo recomendado Carga límite de corriente	30A
Ecualiza y Ciclo de Servicio	2.35V~2.40V@25°C(77°F)
Autodescarga	Capacidad residual superior al 87% después de 90 días de almac. (25°C/77°F)
Terminal	M8 Female
Terminal par de hardware	10 ± 1.0Nm
Contenedor de material	ABS (V0 opcional)

Características de descarga de corriente constante Unidades: Amperios (25°C, 77°F)

F.V/Tiempo	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h
1.60V	418	297	210	184	128	96.9	79.1	66.5	38.6	26.0	21.1	17.7	15.2	11.6	9.63
1.67V	395	282	199	179	125	94.9	76.7	65.9	38.2	25.7	20.9	17.6	15.1	11.4	9.52
1.70V	384	272	193	175	123	93.0	75.2	65.2	37.9	25.5	20.8	17.4	15.0	11.3	9.46
1.75V	318	232	160	159	116	91.1	73.6	64.6	37.5	25.2	20.6	17.2	14.7	11.1	9.33
1.80V	274	211	157	157	110	89.1	72.9	62.0	36.6	24.6	19.9	16.6	14.5	11.0	9.04
1.85V	230	185	151	145	102	87.7	71.3	60.6	34.9	24.3	19.4	15.8	13.7	10.5	8.65
1.90V	185	142	126	116	89.8	72.7	62.0	54.9	33.1	22.4	17.4	14.6	12.4	9.62	8.06

Aprobación de la gestión de datos con energía constante Unidades: Watts por celda (25°C, 77°F)

F.V/Tiempo	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h
1.60V	739	532	367	339	237	177	145	123	72.6	49.4	40.6	34.2	29.6	22.6	18.9
1.67V	705	511	370	334	235	175	143	123	72.4	49.2	40.2	34.2	29.4	22.3	18.8
1.70V	692	498	362	329	232	173	141	123	71.9	48.9	40.1	33.8	29.4	22.3	18.7
1.75V	582	431	336	320	221	171	139	123	72.6	49.3	40.1	33.7	29.0	22.0	18.6
1.80V	510	400	319	298	210	171	140	120	71.7	48.2	38.7	32.7	28.6	21.8	18.0
1.85V	437	354	290	280	196	169	138	116	68.1	47.6	38.3	31.3	27.1	20.9	17.3
1.90V	352	272	247	224	174	141	121	106	64.9	44.2	34.3	29.0	24.6	19.6	16.3

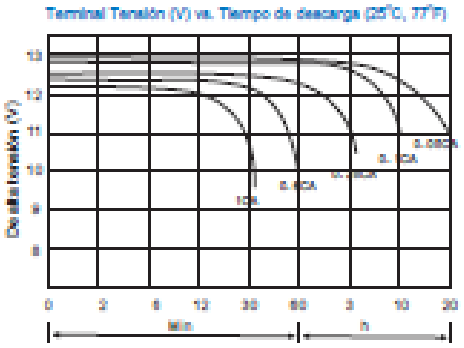
Distribuidor: Energías Limpias Telf: 3440303 / 095712091 correo electrónico: ventas@energiaslimpiasecuador.com

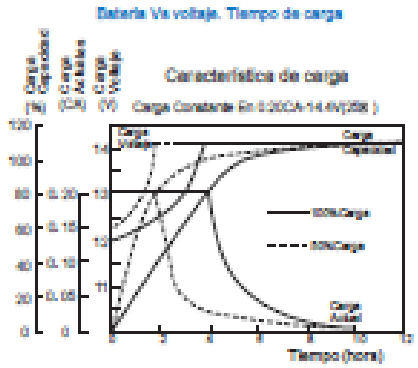
Narada

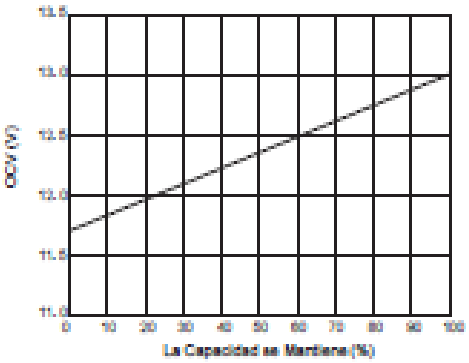
Soluciones para el almacenamiento de energía para un mundo exigente.

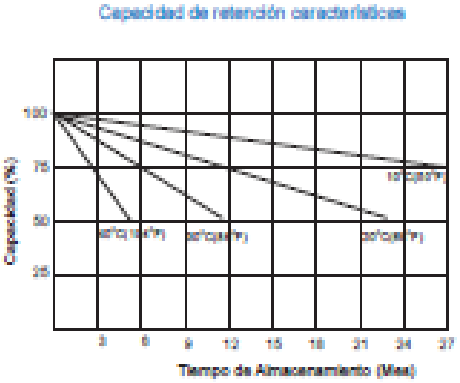
MILLENNIUM

Modelo: 31-AGM-100 Serie HR









Los Procedimientos de Carga

Aplicación	Voltaje de Carga V/Cell)			Max. Corriente de Carga
	Temperatura	Punto de Ajuste	Gama Admisible	
Ciclo	25°C	2.40	2.35~2.45	25A
En Espera	25°C	2.27	2.23~2.27	

Aprobación de la Gestión Actual VS. Alta Tensión

Final Aprobación Voltaje V / cell	1.80	1.70	1.55	1.30
Aprobación de Corriente (A)	20A≥ I	20A<I<50A	50A<I<100A	I>100A

Distribuidor: Energías Limpias Telf: 3440003 / 0957128901 correo electrónico: ventas@energiaslimpiasecuador.com

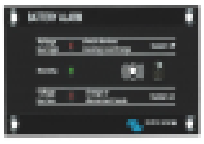
Anexo 5.

Hoja técnica del Inversor.

Phoenix Inverter 12 Volt / 24 Volt / 48 Volt	12/180 24/180	12/250 24/250 48/250	48/750	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Cont. AC power at 25 °C (VA) (1)	180	250	750	800	1200
Cont. power at 25 °C / 40 °C (W)	125 / 150	200 / 250	700 / 650	700 / 650	1000 / 800
Peak power (W)	350	700	1400	1600	2400
Output AC voltage / frequency (1)	110VAC or 230VAC +/- 3% 50Hz or 60Hz +/- 0,1%				
Input voltage range (V DC)	10,5 - 15,5 / 21,0 - 31,0 / 42,0 - 62,0			9,2 - 17,2 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 68,0	
Low battery alarm (V DC)	11,0 / 22 / 44			10,9 / 21,8 / 43,6	
Low battery shut down (V DC)	10,5 / 21 / 42			9,2 / 18,4 / 36,8	
Low battery auto recovery (V DC)	12,5 / 25 / 50			12,5 / 25 / 50	
Max. efficiency (%)	87 / 88	89 / 89 / 90	94	91 / 92 / 94	92 / 94 / 94
Zero-load power (W)	2,6 / 2,8	3,1 / 5,0 / 6,0	13	6 / 5 / 4	6 / 5 / 6
Zero-load power in search mode	n.a.	n.a.	5	2	2
Protection (2)	a - g				
Operating temperature range	-40 to +50°C (fan assisted cooling)				
Humidity (non condensing)	max 95%				
ENCLOSURE					
Material & Colour	aluminium (blue RAL 5012)				
Battery connection	1)	1)	Screw terminals	1)	1)
Standard AC outlets	230V: IEC-320 (IEC-320 plug included), CEE 7/4 (Schuko) 120V: Nema 5-15R				
Other outlets (at request)	BS 1363 (United Kingdom) AN/NZS 3112 (Australia, New Zealand)				
Protection category	IP 20				
Weight (kg / lbs)	2,7 / 5,4	3,5 / 7,7	2,7 / 5,4	6,5 / 14,3	8,5 / 18,7
Dimensions (hxwxd in mm) (hxwxd in inches)	72x132x200 2.8x5.2x7.9	72x155x237 2.8x6.1x9.3	72x180x295 2.8x7.1x11.6	108x185x305 4.2x6.4x11.9	108x185x305 4.2x6.4x11.9
ACCESSORIES					
Remote control panel	n.a.	n.a.	Optional	n.a.	n.a.
Remote on-off switch	Two pole connector		RJ12 plug	Two pole connector	
Automatic transfer switch	Filax				
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN55014-1 / EN 55014-2 / EN 61000-6-2 / EN 61000-6-3				

1) Battery cables of 1,5 meter (4,5 feet) with cigarette plug
2) Protection key:
a) output short circuit
b) overload
c) battery voltage too high
d) battery voltage too low
e) temperature too high

a) Non linear load, crest factor 3:1
g) Frequency can be set by DIP switch (only 700VA model only)



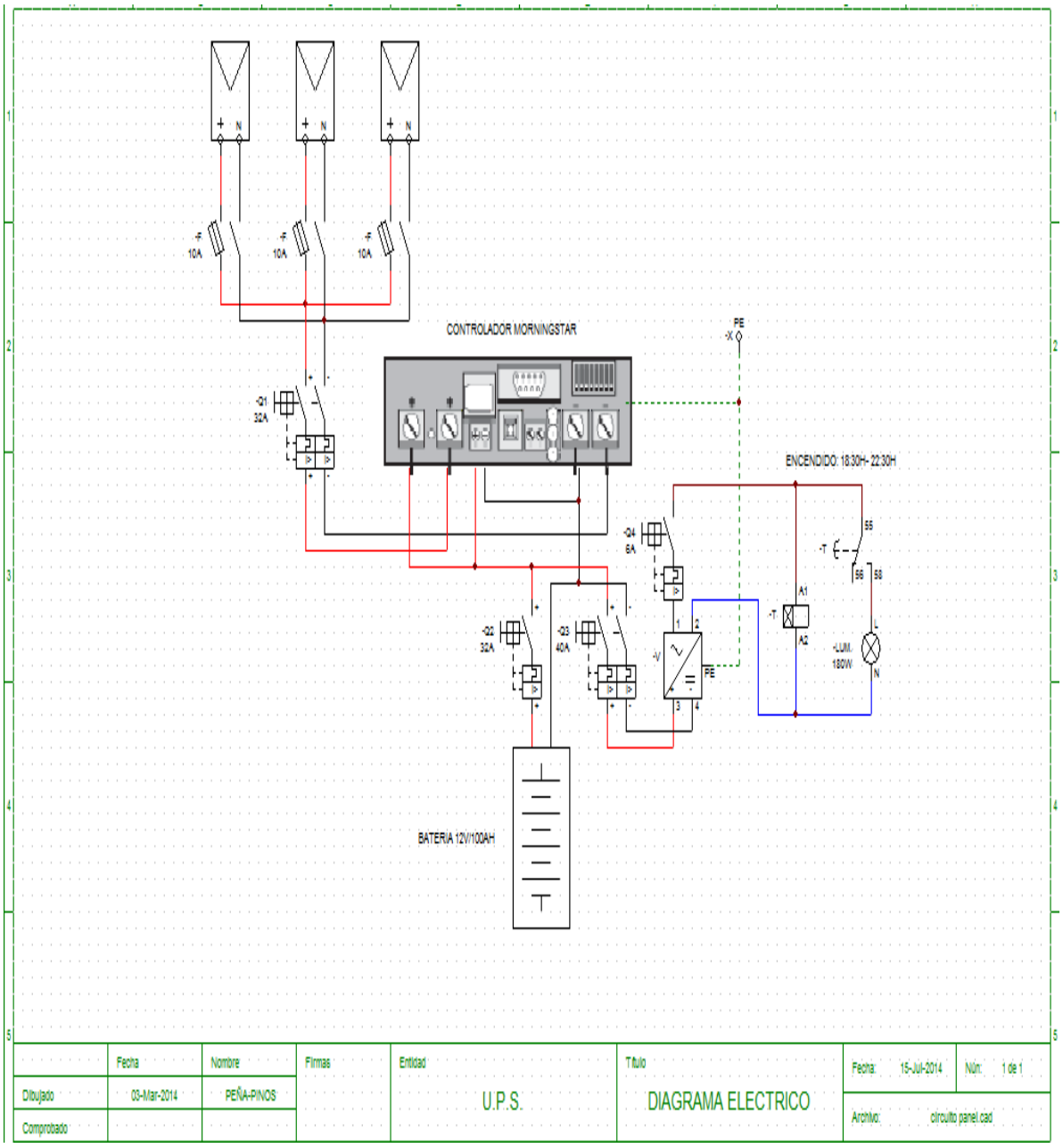
Battery Alarm
An excessively high or low battery voltage is indicated by an audible and visual alarm, and a relay for remote signalling.

Remote Control Panel
(48V/750VA model only)
RJ12 UTP cable to connect to the inverter is included (length: 3 meter).

BMV Battery Monitor
The BMV Battery Monitor features an advanced microprocessor control system combined with high resolution measuring systems for battery voltage and charge/discharge current. Besides this, the software includes complex calculation algorithms to exactly determine the state of charge of the battery. The BMV selectively displays battery voltage, current, consumed Ah or time to go. The monitor also stores a host of data regarding performance and use of the battery.

Anexo 6.

Diagrama Eléctrico del Sistema Fotovoltaico.



Anexo 7.

Códigos de la programación en Matlab.

```
function PRESENTACION

%Autores: Franklin Pinos Vergara
%        Pablo Peña Ortiz
%Estudiantes de Ingeniería Eléctrica
%*****************************************************************
% presentación: función que presenta la pantalla de presentación
%*****************************************************************
clear,clc,cla,close all

%Creamos figura
figdiag=figure('Units','Pixels','Position',[0.0725 0.0725 700
400],'Number','off','Name','SOFTWARE DE PANELES SOLARES','Menubar','none', 'color',[0
0 0]); %#ok<NASGU>

%Ubicamos ejes en figura
axes('Units','Normalized','Position',[0 0 1 1]);

%-----Centramos la figura---------
scrsz = get(0, 'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3) - pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4) - pos_act(4);
yp=round(yr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);

%Incluir imagen
%Importamos imagen *.jpg,junto con su mapa de colores
[x,map]=imread('ups.jpg','jpg');
%Representamos imagen en figura, con su mapa de colores
image(x),colormap(map),axis off,hold on

%Títulos sobre imagen
%Título
text(150,200,'Universidad Politecnica Salesiana Cuenca','Fontname','Comic Sans
MS','Fontsize',25,'Fontangle','Italic','Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
text(1100,800,'Calculos y Graficas','Fontname','Comic Sans
MS','Fontsize',20,'Fontangle','Italic','Fontweight','Bold','color',[1 1 1]);
text(1110,1000,'de Paneles Solares','Fontname','Comic Sans
MS','Fontsize',20,'Fontangle','Italic','Fontweight','Bold','color',[1 1 1]);
text(1200,1400,'Ingenieria Electrica','Fontname','Comic Sans
MS','Fontsize',17,'Fontangle','Italic','Fontweight','Bold','color',[0 0 1]);

%Nombre del programador
text(1000,1700,'Estudiantes: Franklin Pinos','Fontname','Comic Sans
MS','Fontangle','Italic','Fontweight','Bold','Fontsize',15,'color',[1 0 0]);
text(1590,1820,'Pablo Peña','Fontname','Comic Sans
MS','Fontangle','Italic','Fontweight','Bold','Fontsize',15,'color',[1 0 0]);

%Nombre de Director de Tesis
text(750,2200,'Director de Tesis: Ing. Diego Chacon','Fontname','Comic Sans
MS','Fontangle','Italic','Fontweight','Bold','Fontsize',15,'color',[1 1 1]);

%Botón Continuar
```

```
botok=uicontrol('Style','pushbutton','Units','normalized','Position',[.84 .03 .12
.05],'String','CONTINUAR','Callback','clear all; close all;clc; tipospaneles;');

%tipospaneles es el nombre del siguiente programa.
```

CODIGO DE TIPOS DE PANELES

```
function varargout = tipospaneles(varargin)

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @tipospaneles_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @tipospaneles_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before tipospaneles is made visible.
function tipospaneles_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
%-----Centramos la figura---------
scrsz = get(0, 'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3) - pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4) - pos_act(4);
yp=round(yr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);

% Choose default command line output for tipospaneles
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = tipospaneles_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function text1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
%Incluir imagen
%Importamos imagen *.jpg,junto con su mapa de colores
[x,map]=imread('panel.jpg','jpg');
```

```
%Representamos imagen en figura, con su mapa de colores
image(x),colormap(map),axis off;

% --- Executes on button press in calculo.
function calculo_Callback(hObject, eventdata, handles)
close;
CALCULO;
% hObject    handle to calculo (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

 % --- Executes on button press in variacion.
function variacion_Callback(hObject, eventdata, handles)
close;
Variacion;

 % --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
opc=questdlg('¿Desea salir del programa?','SALIR','Si','No','No');
if strcmp(opc,'No')
   return;
end
clear,clc,close all
```

CODIGO DE VARIACION EN MATLAB

```
function varargout = Variacion(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @Variacion_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @Variacion_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
   gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
   [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
   gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before Variacion is made visible.
function Variacion_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

% Choose default command line output for Variacion
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Variacion_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;
```

```
function voc_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.voc=NewVal;                                  %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.voc)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.voc=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function voc_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function vmax_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.vmax=NewVal;                                 %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.vmax)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.vmax=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function vmax_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function imax_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.imax=NewVal;                                 %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.imax)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.imax=0;
end

function imax_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
end


function tci_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                    %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                      %Transformar a formato double
handles.tci=NewVal;                           %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                      %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.tci)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.tci=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function tci_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function tcv_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                    %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                      %Transformar a formato double
handles.tcv=NewVal;                           %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                      %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.tcv)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.tcv=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function tcv_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function ps_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                    %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                      %Transformar a formato double
handles.ps=NewVal;                            %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                      %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.ps)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.ps=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function ps_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
end


function pp_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                           %Transformar a formato double
handles.pp=NewVal;                                  %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                           %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.pp)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.pp=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function pp_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


% --- Executes on button press in parametrob.
function parametrob_Callback(hObject, eventdata, handles)
syms b;
voc=handles.voc;
icc=handles.icc;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax; %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b); %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b)); %cambia de formato numerico para visualizacion
c=num2str(a,3);% cambia a formato de caracteres manteniendo 2 decimales
set(handles.resultadob,'String',c);
% hObject    handle to parametrob (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

function icc_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                           %Transformar a formato double
handles.icc=NewVal;                                 %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                           %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.icc)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.icc=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function icc_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function resultadob_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function resultadob_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function acelda_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.acelda=NewVal;                               %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.acelda)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.acelda=0;
end


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function acelda_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function nceldas_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.nceldas=NewVal;                              %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.nceldas)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.nceldas=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function nceldas_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


% --- Executes on button press in ayuda.
function ayuda_Callback(hObject, eventdata, handles)
winopen('Ayuda.txt');


% --- Executes on button press in anterior.
function anterior_Callback(hObject, eventdata, handles)
close;
tipospaneles;
```

```
% --- Executes on button press in salir.
function salir_Callback(hObject, eventdata, handles)
opc=questdlg('¿Desea salir del programa?','SALIR','Si','No','No');
if strcmp(opc,'No')
    return;
end
clear,clc,close all
% hObject    handle to salir (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)


% --- Executes on button press in graficar.
function graficar_Callback(hObject, eventdata, handles)

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                  %#paneles en paralelo
Ei1=handles.irrad1;                             %Irradiacion 1 W/m2
Ei2=handles.irrad2;                             %Irradiacion 2 W/m2
Ei3=handles.irrad3;                             %Irradiacion 3 W/m2
Ei4=handles.irrad4;                             %Irradiacion 4 W/m2
Ein=1000;                                       %Irradiacion nominal W/m2
icc=handles.icc;                                %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                %Coef. Corriente Nominal del panel
T1=handles.temp1;                               %Temperatura 1
T2=handles.temp2;                               %Temperatura 2
T3=handles.temp3;                               %Temperatura 3
T4=handles.temp4;                               %Temperatura 4
TN=25;                                          %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(icc);                          %icccalculado
icccalculado1=pp*(Ei1/Ein)*(icc+tci*(T1-TN));   %icccalculado1
icccalculado2=pp*(Ei2/Ein)*(icc+tci*(T2-TN));   %icccalculado2
icccalculado3=pp*(Ei3/Ein)*(icc+tci*(T3-TN));   %icccalculado3
icccalculado4=pp*(Ei4/Ein)*(icc+tci*(T4-TN));   %icccalculado4

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                  %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                %Valor voltaje abierto panel por dato
nominal
vmax1=1.03*voc;                                 %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                  %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal

voccalculado=ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp(log((vmax1-voc)/(vmax1-
vmin))));%voccalculado
voccalculado1=ps*(Ei1/Ein)*tcv*(T1-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
vmin)*(exp((Ei1/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));%voccalculado1
voccalculado2=ps*(Ei2/Ein)*tcv*(T2-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
vmin)*(exp((Ei2/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));%voccalculado2
voccalculado3=ps*(Ei3/Ein)*tcv*(T3-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
vmin)*(exp((Ei3/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));%voccalculado3
voccalculado4=ps*(Ei4/Ein)*tcv*(T4-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
vmin)*(exp((Ei4/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));%voccalculado4

%Calculo de Imax nuevo
```

```
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                                    %resuelve el valor de b

 %Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I=(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));        %Imax
I1=(icccalculado1/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado1))-(1/a)));     %Imax1
I2=(icccalculado2/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado2))-(1/a)));     %Imax2
I3=(icccalculado3/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado3))-(1/a)));     %Imax3
I4=(icccalculado4/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado4))-(1/a)));     %Imax4

    figure('Color', 'w');
    subplot(2,1,1);
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    hold on;
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 2)
    plot(v, I1, 'k--', 'LineWidth', 1)
    plot(v, I2, 'r--', 'LineWidth', 1)
    plot(v, I3, 'c-.', 'LineWidth', 1)
    plot(v, I4, 'g:', 'LineWidth', 1)

    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    legend({'Ideal @ 1000W/m^2 / 25°C' ...
    'Modelado @ Irrad. 1 W/m^2 / T1°C', ...
    'Modelado @ Irrad. 2 W/m^2 / T2°C', ...
    'Modelado @ Irrad. 3 W/m^2 / T3°C', ...
    'Modelado @ Irrad. 4 W/m^2 / T4°C'}, ...
    'Location', 'SouthWest');
    grid on
% hObject    handle to graficar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
pp=handles.pp;                                                  %#paneles en paralelo
Ei1=handles.irrad1;                                             %Irradiacion 1 W/m2
Ei2=handles.irrad2;                                             %Irradiacion 2 W/m2
Ei3=handles.irrad3;                                             %Irradiacion 3 W/m2
Ei4=handles.irrad4;                                             %Irradiacion 4 W/m2
Ein=1000;                                                       %Irradiacion nominal W/m2
icc=handles.icc;                                                %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                                %Coef. Corriente Nominal del panel
T1=handles.temp1;                                               %Temperatura 1
T2=handles.temp2;                                               %Temperatura 2
T3=handles.temp3;                                               %Temperatura 3
T4=handles.temp4;                                               %Temperatura 4
TN=25;                                                          %Temperatura Nominal ºc.

%Calculo de icc nuevo
icccalculado=pp*(icc);                                          %icccalculado
icccalculado1=pp*(Ei1/Ein)*(icc+tci*(T1-TN));                   %icccalculado1
icccalculado2=pp*(Ei2/Ein)*(icc+tci*(T2-TN));                   %icccalculado2
icccalculado3=pp*(Ei3/Ein)*(icc+tci*(T3-TN));                   %icccalculado3
icccalculado4=pp*(Ei4/Ein)*(icc+tci*(T4-TN));                   %icccalculado4

%Calculo de voc nuevo
```

```
ps=handles.ps;                                          %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                        %Valor voltaje abierto panel por dato
nominal
vmax1=1.03*voc;                                         %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                          %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal

voccalculado=ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp(log((vmax1-voc)/(vmax1-
vmin))));%voccalculado
voccalculado1=ps*(Ei1/Ein)*tcv*(T1-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
vmin)*(exp((Ei1/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));%voccalculado1
voccalculado2=ps*(Ei2/Ein)*tcv*(T2-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
vmin)*(exp((Ei2/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));%voccalculado2
voccalculado3=ps*(Ei3/Ein)*tcv*(T3-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
vmin)*(exp((Ei3/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));%voccalculado3
voccalculado4=ps*(Ei4/Ein)*tcv*(T4-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
vmin)*(exp((Ei4/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));%voccalculado4
%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                %resuelve el valor de b


%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I=(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));        %Imax
I1=(icccalculado1/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado1))-(1/a)));     %Imax1
I2=(icccalculado2/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado2))-(1/a)));     %Imax2
I3=(icccalculado3/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado3))-(1/a)));     %Imax3
I4=(icccalculado4/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado4))-(1/a)));     %Imax4

    subplot(2,1,2);
    hold on
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 2)
    plot(v, v.*I1, 'k--', 'LineWidth', 1)
    plot(v, v.*I2, 'r--', 'LineWidth', 1)
    plot(v, v.*I3, 'c-.', 'LineWidth', 1)
    plot(v, v.*I4, 'g:', 'LineWidth', 1)

    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    legend({'Ideal @ 1000W/m^2 / 25°C' ...
    'Modelado @ Irrad. 1 W/m^2 / T1°C', ...
    'Modelado @ Irrad. 2 W/m^2 / T2°C', ...
    'Modelado @ Irrad. 3 W/m^2 / T3°C', ...
    'Modelado @ Irrad. 4 W/m^2 / T4°C'}, ...
    'Location', 'SouthWest');
    grid on

% hObject    handle to graficar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
function temp1_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.temp1=NewVal;                                %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.temp1)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.temp1=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function temp1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function temp2_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.temp2=NewVal;                                %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.temp2)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.temp2=0;
end


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function temp2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function temp3_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.temp3=NewVal;                                %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.temp3)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.temp3=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function temp3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function temp4_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                    %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                      %Transformar a formato double
handles.temp4=NewVal;                          %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                      %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.temp4)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.temp4=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function temp4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function irrad1_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                    %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                      %Transformar a formato double
handles.irrad1=NewVal;                         %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                      %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.irrad1)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.irrad1=0;
end
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function irrad1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function irrad2_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                    %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                      %Transformar a formato double
handles.irrad2=NewVal;                         %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                      %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.irrad2)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.irrad2=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function irrad2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

 function irrad3_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.irrad3=NewVal;                               %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.irrad3)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.irrad3=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function irrad3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function irrad4_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.irrad4=NewVal;                               %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.irrad4)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.irrad4=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function irrad4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

CODIGO DE CALCULO DE MATLAB

```
function varargout = CALCULO(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @CALCULO_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @CALCULO_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before CALCULO is made visible.
```

```
function CALCULO_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

%-----Centramos la figura---------
scrsz = get(0, 'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3) - pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4) - pos_act(4);
yp=round(yr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);

% Choose default command line output for CALCULO
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = CALCULO_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

function voc_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                    %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                      %Transformar a formato double
handles.voc=NewVal;                            %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                      %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.voc)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.voc=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function voc_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function icc_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                    %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                      %Transformar a formato double
handles.icc=NewVal;                           %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                      %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.icc)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.icc=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function icc_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function vmax_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.vmax=NewVal;                                 %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.vmax)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.vmax=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function vmax_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function imax_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.imax=NewVal;                                 %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.imax)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.imax=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function imax_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in anterior.
function anterior_Callback(hObject, eventdata, handles)
close;
tipospaneles;


function tci_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                            %Transformar a formato double
handles.tci=NewVal;                                 %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                            %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.tci)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.tci=0;
end
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function tci_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function tcv_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                           %Transformar a formato double
handles.tcv=NewVal;                                 %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                           %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.tcv)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.tcv=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function tcv_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function ps_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                           %Transformar a formato double
handles.ps=NewVal;                                  %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                           %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.ps)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.ps=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function ps_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pp_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String');                          %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);                           %Transformar a formato double
handles.pp=NewVal;                                  %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);                           %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.pp)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.pp=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function pp_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in parametrob.
function parametrob_Callback(hObject, eventdata, handles)
syms b;
voc=handles.voc;
icc=handles.icc;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                                   %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                                           %cambia de formato numerico
para visualizacion
c=num2str(a,4);                                                            %cambia a formato de caracteres
manteniendo 2 decimales
set(handles.resultadob,'String',c)

function resultadob_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function resultadob_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in salir.
function salir_Callback(hObject, eventdata, handles)
opc=questdlg('¿Desea salir del programa?','SALIR','Si','No','No');
if strcmp(opc,'No')
    return;
end
clear,clc,close all

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function figure1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in Enero.
function Enero_Callback(hObject, eventdata, handles)
 tempenero = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C4');                          %Lee datos de Excel,
Temperatura
 set(handles.a1,'String',tempenero);

 irradiaenero = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B4');                       %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b1,'String',irradiaenero);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                                             %#paneles en paralelo
Ei=irradiaenero;                                                           %Lee datos de Excel, Irradiacion
Ein=1000;                                                                  %Irradiacion nominal W/m2%Lee datos
de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                                           %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                                           %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempenero;                                                               %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                                     %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
```

```
set(handles.c1,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                          %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                                         %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                          %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d1,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                        %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e1,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f1,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=((vmaxcalculado*imaxcalculado)*100)/(irradiaenero*nceldas*acelda*acelda);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g1,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set(handles.h1,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
factorforma=(pmaxcalculado)/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(factorforma,2);
set(handles.i1,'String',k);

%Grafica de Enero
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I=(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
```

```
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Febrero.
function Febrero_Callback(hObject, eventdata, handles)
 tempfebrero = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C5');                  %Lee datos de Excel,
Temperatura
 set(handles.a2,'String',tempfebrero);

 irradiafebrero = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B5');               %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b2,'String',irradiafebrero);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                          %#paneles en paralelo
Ei=irradiafebrero;                                      %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                               %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                        %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                        %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempfebrero;                                          %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                  %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c2,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                          %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                                         %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                          %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d2,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                        %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e2,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
```

```
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f2,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiafebrero*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g2,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set (handles.h2,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
factorforma=(vmaxcalculado*imaxcalculado)/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(factorforma,2);
set(handles.i2,'String',k);

%Grafica de Febrero
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Marzo.
function Marzo_Callback(hObject, eventdata, handles)
 tempmarzo = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C6');                %Lee datos de Excel,
Temperatura
 set(handles.a3,'String',tempmarzo);

 irradiamarzo = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B6');             %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b3,'String',irradiamarzo);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                          %#paneles en paralelo
Ei=irradiamarzo;                                        %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                               %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                        %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                        %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempmarzo;                                            %Lee datos de Excel, Temperatura
```

```
TN=25;                                          %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c3,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                  %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;
vmax1=1.03*voc;                                 %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                  %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d3,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                        %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e3,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f3,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiamarzo*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g3,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
k=num2str(pmaxcalculado,3);
set (handles.h3,'String',k);

%Calculo Factor Forma.
factorforma=(vmaxcalculado*imaxcalculado)/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(factorforma,2);
set(handles.i3,'String',k);

%Grafica de Marzo
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
```

```
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Abril.
function Abril_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempabril = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C7');                    %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a4,'String',tempabril);

 irradiabril = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B7');                 %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b4,'String',irradiabril);

 %Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                                      %#paneles en paralelo
Ei=irradiabril;                                                     %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                                           %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                                    %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                                    %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempabril;                                                        %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                              %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c4,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                                      %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                                    %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                                    %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                                                     %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                                      %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d4,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                            %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                                    %cambia de formato numerico
para visualizacion
```

```
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e4,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f4,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiabril*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g4,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set(handles.h4,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
factorforma=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(factorforma,2);
set(handles.i4,'String',k);

%Grafica de Abril
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Mayo.
function Mayo_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempmayo = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C8');                %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a5,'String',tempmayo);

 irradiamayo = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B8');            %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b5,'String',irradiamayo);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                          %#paneles en paralelo
Ei=irradiamayo;                                         %Irradiacion nominal W/m2
```

```
Ein=1000;                                   %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                            %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                            %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempmayo;                                 %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                      %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c5,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                              %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                            %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                            %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                             %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                              %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d5,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;     %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                    %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));            %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e5,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f5,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiamayo*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g5,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set(handles.h5,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
ff=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(ff,2);
set(handles.i5,'String',k);

%Grafica de Mayo
%Calculo de Imax
```

```
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Junio.
function Junio_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempjunio = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C9');                %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a6,'String',tempjunio);

 irradiajunio = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B9');            %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b6,'String',irradiajunio);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                                  %#paneles en paralelo
Ei=irradiajunio;                                                %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                                       %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                                %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                                %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempjunio;                                                    %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                          %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c6,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                                  %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                                %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                                %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                                                 %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                                  %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d6,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
```

```
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                                   %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                                           %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e6,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f6,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiajunio*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g6,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set(handles.h6,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
ff=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(ff,2);
set(handles.i6,'String',k);

%Grafica de Junio
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Julio.
function Julio_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempjulio = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C10');                  %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a7,'String',tempjulio);

 irradiajulio = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B10');              %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b7,'String',irradiajulio);
```

```
%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                          %#paneles en paralelo
Ei=irradiajulio;                                        %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                               %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                        %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                        %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempjulio;                                            %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                  %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c7,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                          %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;
vmax1=1.03*voc;                                         %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                          %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d7,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;     %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                        %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e7,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f7,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiajulio*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g7,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set(handles.h7,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
ff=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(ff,2);
```

```
set(handles.i7,'String',k);

%Grafica de Julio
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Agosto.
function Agosto_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempagosto = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C11');                %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a8,'String',tempagosto);

 irradiagosto = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B11');             %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b8,'String',irradiagosto);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                                    %#paneles en paralelo
Ei=irradiagosto;                                                  %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                                         %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                                  %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                                  %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempagosto;                                                     %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                            %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c8,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                                    %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                                  %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                                  %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                                                   %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                                    %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d8,'String',e);
```

```
%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                                    %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                                            %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e8,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f8,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiagosto*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g8,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set(handles.h8,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
ff=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(ff,2);
set(handles.i8,'String',k);

%Grafica de Agosto
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Septiembre.
function Septiembre_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempseptiembre = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C12');                  %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a9,'String',tempseptiembre);
```

```
 irradiaseptiembre = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B12');              %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b9,'String',irradiaseptiembre);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                          %#paneles en paralelo
Ei=irradiaseptiembre;                                    %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                               %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                         %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                        %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempseptiembre;                                        %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                  %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c9,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                          %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                         %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                                          %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                          %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d9,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                        %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                                %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e9,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f9,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiaseptiembre*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g9,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set(handles.h9,'String',i);
```

```
%Calculo Factor Forma.
ff=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(ff,2);
set(handles.i9,'String',k);

%Grafica de Septiembre
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Octubre.
function Octubre_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempoctubre = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C13');                %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a10,'String',tempoctubre);

 irradiaoctubre = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B13');            %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b10,'String',irradiaoctubre);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                          %#paneles en paralelo
Ei=irradiaoctubre;                                      %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                               %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                        %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                        %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempoctubre;                                          %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                  %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c10,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                          %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                        %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                                         %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                          %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
```

```
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d10,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                                    %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                                            %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e10,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f10,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiaoctubre*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g10,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set (handles.h10,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
ff=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(ff,2);
set(handles.i10,'String',k);

%Grafica de Octubre
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on
```

```
% --- Executes on button press in Noviembre.
function Noviembre_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempnoviembre = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C14');                %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a11,'String',tempnoviembre);

 irradianoviembre = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B14');            %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b11,'String',irradianoviembre);

%Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                                       %#paneles en paralelo
Ei=irradianoviembre;                                                 %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                                            %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                                     %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                                     %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempnoviembre;                                                     %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                               %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c11,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                                       %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                                     %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                                     %Coef. Voltaje Nominal del panel
vmax1=1.03*voc;                                                      %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                                       %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d11,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                             %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                                     %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e11,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f11,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradianoviembre*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g11,'String',h);
```

```
%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set (handles.h11,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
ff=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(ff,2);
set(handles.i11,'String',k);

%Grafica de Noviembre
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

% --- Executes on button press in Diciembre.
function Diciembre_Callback(hObject, eventdata, handles)
tempdiciembre = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','C15');                %Lee datos de Excel,
Temperatura
set(handles.a12,'String',tempdiciembre);

 irradiadiciembre = xlsread('datos.xlsx', 'Hoja2','B15');            %Lee datos de Excel,
Irradiacion
 set(handles.b12,'String',irradiadiciembre);

 %Calculo de icc nuevo
pp=handles.pp;                                                       %#paneles en paralelo
Ei=irradiadiciembre;                                                 %Irradiacion nominal W/m2
Ein=1000;                                                            %Lee datos de Excel, Irradiacion
icc=handles.icc;                                                     %I. corto circuito ingresado, dato
nominal del panel
tci=handles.tci;                                                     %Coef. Corriente Nominal del panel
T=tempdiciembre;                                                     %Lee datos de Excel, Temperatura
TN=25;                                                               %Temperatura Nominal ºc.

icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
d=num2str(icccalculado,3);
set(handles.c12,'String',d);

%Calculo de voc nuevo
ps=handles.ps;                                                       %#paneles en paralelo
tcv=handles.tcv;                                                     %Coef. Voltaje Nominal del panel
voc=handles.voc;                                                     %Coef. Voltaje Nominal del panel
```

```
vmax1=1.03*voc;                                          %Calculo de voltaje maximo de panel
por dato nominal
vmin=0.85*voc;                                           %Calculo de voltaje minimo de panel
por dato nominal
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-
voc)/(vmax1-vmin))));
e=num2str(voccalculado,4);
set(handles.d12,'String',e);

%Calculo de Imax nuevo
syms b;
vmax=handles.vmax;
imax=handles.imax;
resultado=(((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b)))))-imax;      %realiza operaciones
a=vpasolve(resultado,b);                                 %resuelve el valor de b
a=double(vpasolve(resultado,b));                         %cambia de formato numerico
para visualizacion
imaxcalculado=icccalculado*((1-a+(a*exp(-1/a)))/(1-exp(-1/a)));
f=num2str(imaxcalculado,3);
set(handles.e12,'String',f);

%Calculo de Vmax nuevo
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a));
g=num2str(vmaxcalculado,4);
set(handles.f12,'String',g);

%Calculo de rendimiento
acelda=handles.acelda;
nceldas=handles.nceldas;
rendimiento=(imaxcalculado*vmaxcalculado)*100/(irradiadiciembre*nceldas*acelda^2);
h=num2str(rendimiento,4);
set(handles.g12,'String',h);

%Calculo Pmax nuevo.
pmaxcalculado=imaxcalculado*vmaxcalculado;
i=num2str(pmaxcalculado,3);
set (handles.h12,'String',i);

%Calculo Factor Forma.
ff=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado);
k=num2str(ff,2);
set(handles.i12,'String',k);

%Grafica de Diciembre
%Calculo de Imax
v = 0:0.01:80;
I =(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));

    axes(handles.axes2)
    plot(v, I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Corriente/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Corriente [A]');
    grid on

    axes(handles.axes6)
    plot(v, v.*I, 'b-', 'LineWidth', 1)
    title('Panel Solar Potencia/Voltaje')
    ylim([0,Inf]);
```

```
    xlabel('Voltaje [V]');
    ylabel('Potencia [W]');
    grid on

function a1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function a3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function a4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function a5_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function a6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function a7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function a8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
end

function a2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function a9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function a10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function a12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function a11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function edit22_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit22_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit23_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit23_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit24_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit24_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit25_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit25_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit26_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit26_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit27_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit27_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function edit28_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit28_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b4_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b5_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function b7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function b8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function b11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

 function c1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c5_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c7_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function d3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d5_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function d9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function d11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function e4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e5_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function e9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function e12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f1_Callback(hObject, eventdata, handles)

 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f5_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function f8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

 function f9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function f10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function f11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function f11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g3_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function g5_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
%
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g7_Callback(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.

unction g2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.

function g9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
enD

function g12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function g11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function g11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit113_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit113_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function acelda_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);  %Transformar a formato double
handles.acelda=NewVal;       %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);  %Salvar datos de la aplicación

%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.acelda)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.acelda=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function acelda_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function nceldas_Callback(hObject, eventdata, handles)
Val=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(Val);  %Transformar a formato double
handles.nceldas=NewVal;       %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);  %Salvar datos de la aplicación
```

```
%Mensaje de Error por valor alfanumerico
if isnan(handles.nceldas)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
set(handles.uno,'String',0);
handles.nceldas=0;
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function nceldas_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit155_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit155_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
%
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function h7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function h11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function h11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in ayuda.
function ayuda_Callback(hObject, eventdata, handles)
%helpdlg('Esto es una ayuda',' Curso_GUIDE ');
winopen('Ayuda.txt');
```

```
function edit174_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit174_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


function i6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```