

Universidad Internacional de las Américas

Vicerrectoría Académica

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Modalidad de Proyecto para optar por el grado de

Licenciatura en Electromecánica

**“Estudio Energético para Suministrar Energía a un Hotel de
Montaña en la zona de los Lirios en Guácimo de Limón”**

Autor

Ing. Carlos Alberto Alpízar Barrantes

Tutor

Ing. Álvaro Rojas Camacho

Lector

Ing. Billy Retana Peña

Sede Aranjuez

Marzo, 2019

Tabla de contenido

Definiciones.....	10
Nomenclaturas	16
Dedicatoria y Agradecimientos	17
Resumen.....	18
Capítulo I: Introducción.....	20
Definición del problema	22
Objetivos	22
Objetivo general:	22
Objetivos Específicos:	22
Proyección	24
Capítulo II. Marco Referencial.....	25
Antecedente 1:	26
Antecedente 2:	27
Antecedente 3:	28
Antecedente 4:	30
Marco Teórico	34
Aplicaciones Comunes	34
Telecomunicaciones	35
Bomba solar para extraer agua	36
Configuración del Sistema	38
Pequeños sistemas Fotovoltaicos fuera de la red.	38
Configuraciones de Micro y Mini Red	39
Tecnología fotovoltaica conectada a la red	40

Componentes del sistema.....	41
Módulos fotovoltaicos	41
Controladores de carga.....	43
Selección del controlador de carga	44
Rastreadores de punto de máxima potencia (MPPT)	45
Convertidores CC-CC.....	46
Inversores	47
Inversores con batería ("en una dirección" o "unidireccional").....	48
Inversores-cargadores para sistemas fuera de la red acoplados en CC	49
Inversores-cargadores para sistemas fuera de la red acoplados en CA	50
Inversores FV conectados a la red en sistemas fuera de la red	51
Baterías.....	52
Baterías: puntos importantes por considerar	53
Capacidad de la batería, coeficiente de descarga ("C-rate"), profundidad de descarga("DoD), ciclo de vida.	55
El ciclo de vida de la batería es el número de veces que se descarga y se carga	56
Tipos de baterías de plomo-ácido y sus propiedades	57
Configuraciones de la batería de plomo-ácido.....	58
Requisitos para las estructuras de montaje para sistemas fuera de la red	59
Tipos de sistemas de montaje	60
Diseño y dimensionamiento del sistema	62
Evaluación de cargas.....	63
Evaluación del recurso solar	64
Orientación, ángulo de inclinación, sombreado.....	65
Orientación:	65
Inclinación (ángulo de inclinación):.....	65

Sombreado	66
Concepto de diseño.....	67
Metodología para el dimensionamiento	68
Instalación, puesta en marcha, operación y mantenimiento	70
Salud y seguridad	70
Instalación de módulos fotovoltaicos: buenas y malas prácticas	70
Instalación y dimensionamiento de los cables.....	72
Clasificaciones de cables de CA y CC.....	72
Conexión a tierra.....	73
Fusibles y disyuntores	73
Protección contra rayos / sobre-voltajes	76
Instalación del banco de baterías: buenas y malas prácticas	77
Inspección, prueba y puesta en marcha	78
Pruebas requeridas	78
Instrumentos utilizados para la inspección y las pruebas	78
Operación y mantenimiento	79
Dispositivos de monitoreo	81
Aspectos económicos de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red	82
Costos del Sistema	82
Costo unitario de la electricidad de una instalación fotovoltaica fuera de la red.....	83
Capítulo III. Marco Metodológico	85
Enfoque de la Investigación.....	86
Método de la Investigación	86
Fuentes de Información	87
Capítulo IV. Análisis de resultados	88
Diseño eléctrico del proyecto	89

Cálculo de las demandas energéticas de los edificios	103
Construcción de curvas de demanda de todos los edificios.	106
Cálculo del tamaño de los Sistemas FV	112
Cálculo del Grupo 1	114
Cálculo del Grupo 2:	115
Cálculo del Grupo 3:	116
Requerimientos grupales	117
Análisis Económico	118
Cálculo de la energía utilizando el método de RENAC:	118
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	120
Conclusiones	121
Recomendaciones	122
Capítulo VI. Propuestas	124
Planteamientos de diseño	125
Propuesta de diseño	125
Diseño del Grupo 1: Es contempla el restaurante, la recepción y la lavandería	126
Diseño del Grupo 2: Se contempla las cuatro habitaciones que cuenta el hotel.	128
Diseño del Grupo 3: El Spa	130
Bibliografía	131
Apéndices	133
Apéndice A. Cotizaciones de los diferentes tamaños de equipos FV.	133
Apéndice B: Fichas Técnicas de los Equipos.	137
Apéndice C: Datos de Instituto Meteorológico Nacional.	146
Apéndice D. Generadores.	149
Apéndice E. Memorias de Cálculo	150

FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1	TOTAL, DE EMISIONES DE GEI POR TIPO DE GAS.	32
ILUSTRACIÓN 2.. (IZQUIERDA)	SISTEMA FOTOVOLTAICO FUERA DE RED EN UNA PARADA DE AUTOBÚS EN BERLÍN.	
(DERECHA)	PARQUÍMETRO FUNCIONANDO CON FV, ROMA, ITALIA.....	35
ILUSTRACIÓN 3.	SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES ACCIONADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA FUERA DE LA RED	
	CON UN GENERADOR DE DIÉSEL COMO RESPALDO.....	36
ILUSTRACIÓN 4.	SISTEMAS DE BOMBEO POR MEDIO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO FUERA DE RED.	37
ILUSTRACIÓN 5.	IZQUIERDA: UN SISTEMA FOTOVOLTAICO FUERA DE LA RED SOLO DE CC-EL TIPO MÁS COMÚN DE	
	SISTEMA FOTOVOLTAICO FUERA DE LA RED. DERECHA: UN SISTEMA FOTOVOLTAICO FUERA DE LA RED QUE	
	PRODUCE ALIMENTACIÓN DE CA A TRAVÉS DE UN CONVERTIDOR (SEGUNDO TIPO MÁS COMÚN DE SISTEMA	
	FUERA DE RED).....	39
ILUSTRACIÓN 6.	IZQUIERDA: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE MICRO RED ACOPLA EN CC. DERECHA: MINI RED	
	ACOPLADA.	40
ILUSTRACIÓN 7.	COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO FUERA DE RED.	41
ILUSTRACIÓN 8.	MÓDULO FOTOVOLTAICO CRISTALINO DE SILICIO DE 36 CELDAS.....	42
ILUSTRACIÓN 9.	CABLEADO DEL CONTROLADOR DE CARGA CONECTADO ENTRE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Y	
	LAS BATERÍAS.....	43
ILUSTRACIÓN 10.	CONTROLADORES DE CARGA DE STECA Y PHOCOS.	44
ILUSTRACIÓN 11.	. IZQUIERDA: CONTROLADOR DE CARGA STECA SOLARIX CON MPPT INTEGRADO STECA.	
	DERECHA: CURVA IV TÍPICA DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO CON MPP MARCADO.	46
ILUSTRACIÓN 12.	. IZQUIERDA: SÍMBOLO DE UN CONVERTIDOR CC-CC. DERECHA: UN CONVERTIDOR CC-CC	
	STUDER DE 12V A 24V.	46
ILUSTRACIÓN 13.	IZQUIERDA: SÍMBOLO PARA UN INVERSOR. DERECHA: UN INVERSOR DE BATERÍA DE 500W (UNA	
	DIRECCIÓN) DE STECA.....	47
ILUSTRACIÓN 14.	. IZQUIERDA: DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN SISTEMA PROVISTO DE UN INVERSOR DE BATERÍA	
	DE 24V "UNA DIRECCIÓN". DERECHA: INVERSOR DE BATERÍA DE 200W CON EL CONTROLADOR DE CARGA	
	SOLAR INTEGRADO DE STUDER.....	48
ILUSTRACIÓN 15.	IZQUIERDA: SÍMBOLO DE UN INVERSOR-CARGADOR. DERECHA: INVERSOR-CARGADOR COMPACT	
	C-1600-12 DE 1600W DE STECA	49
ILUSTRACIÓN 16.	DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN INVERSOR-CARGADOR EN UN CIRCUITO CON UN GENERADOR	
	DIÉSEL.....	50
ILUSTRACIÓN 17.	DOS INVERSORES EN UN SISTEMA ACOPLADO EN CA: UN INVERSOR-CARGADOR(AMARILLO) Y UN	
	INVERSOR CONECTADO A LA RED(ROJO).	51
ILUSTRACIÓN 18.	IZQUIERDA: INVERSOR CONECTADO A LA RED SUNNY BOY CONECTADO A UN SISTEMA DE MINI	
	RED ACOPLADO EN CA. DERECHA: INVERSOR DE CONEXIÓN A LA RED CONECTADO A UNA CADENA EN SERIE	
	DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	52
ILUSTRACIÓN 19.	BATERÍAS SELLADAS EN UN BARCO DE USO RESIDENCIAL EN BERLÍN.	53

ILUSTRACIÓN 20. INSTALACIÓN DE UN BANCO DE BATERÍAS DE GRAN TAMAÑO, EL TRABAJO PUEDE SER PELIGROSO Y LOS TÉCNICOS DEBEN ESTAR DEBIDAMENTE CAPACITADOS.	55
ILUSTRACIÓN 21. . BATERÍAS DE PLOMO-ACIDO. IZQUIERDA: UNA BATERÍA SELLADA DE PLACA PLANA DE 100AH SUNSET SOLAR DE 12V DISEÑADA PARA SISTEMAS PEQUEÑOS. DERECHA: UNA PILA PLOMO ACIDO. HOPPERCKE DE CICLO PROFUNDO.	56
ILUSTRACIÓN 22. . CONEXIÓN DE BATERÍAS EN SERIE.	58
ILUSTRACIÓN 23. BATERÍAS EN PARALELO.	58
ILUSTRACIÓN 24. BATERÍAS EN SERIE PARALELO.....	59
ILUSTRACIÓN 25. . MÓDULOS MONTADOS EN POSTE Y EN TECHO. IZQUIERDA: MÓDULOS FOTOVOLTAICOS MONTADOS EN POSTE, GALES REINO UNIDO. DERECHA: MÓDULOS SOLARES MONTADOS EN EL TECHO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA UNIVERSIDAD EARTH-COSTA RICA. TENGA EN CUENTA QUE HAY UN ESPACIO DE AIRE ENTRE LOS MÓDULOS Y EL TECHO DE METAL, MATERIAL DE LA ESTRUCTURA DE MONTAJE ES HIERRO DULCE PINTADO.	60
ILUSTRACIÓN 26. ESTRUCTURA DE MONTAJE EN SUELO, FRANCIA. TENGA EN CUENTA QUE EL MODULO DEL FONDO ESTÁ MUY CERCA DEL SUELO Y PODRÍA VERSE SOMBREADO POR EL CRECIMIENTO DE LA HIERBA. EL MATERIAL DE LA ESTRUCTURA ES DE ALUMINIO.....	61
ILUSTRACIÓN 27. IZQUIERDA: ESTRUCTURA DE SEGUIMIENTO MANUAL EN CENTRO DE FORMACIÓN EN TANZANIA. DERECHA: MÓDULOS EN UN MONTAJE EN POSTE DE FABRICACIÓN LOCAL PARA UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR DOMÉSTICO EN LA FRANCIA RURAL. AMBAS ESTRUCTURAS SON HECHAS EN HIERRO DULCE Y PINTADAS PARA SU PROTECCIÓN.	62
ILUSTRACIÓN 28. PROCEDIMIENTO PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	63
ILUSTRACIÓN 29. MÓDULOS SOMBREADOS EN UN MONTAJE EN POSTE. LA POTENCIA DE SALIDA SERÁ MUY BAJA, UNA FALLA DE INSTALACIÓN COMÚN.....	67
ILUSTRACIÓN 30. ARREGLO FOTOVOLTAICO DE 1000WP EN UN TECHO VERDE PLANO. IZQUIERDA: TENGA EN CUENTA QUE EXISTE SUFICIENTE ESPACIO EN FRENTE DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA EVITAR EL SOMBREADO OCASIONADO POR LA PARED BAJA. DERECHA: TENGA EN CUENTA QUE LA ESTRUCTURA DE MONTAJE SE SUJETA POR EL LADO DE LAS LOSAS DE HORMIGÓN Y NO SE HAN HECHO FIJACIONES EN TECHO.	71
ILUSTRACIÓN 31. IZQUIERDA: MODULO FOTOVOLTAICO MAL MONTADO EN UNA PARADA DE AUTOBÚS, SIMPLEMENTE FUE PUESTO EN EL TECHO Y NO FUE FIJADO EN UNA ESTRUCTURA DE SOPORTE ADECUADA. UN FUERTE VIENTO PODRÍA DESPEGARLO FÁCILMENTE Y CAUSAR LESIONES GRAVES. DERECHA: MÓDULOS MONTADOS EN UN MARCO DE MADERA MAL CONSTRUIDO. LA MADERA NO HA SIDO TRATADA, POR LO QUE ESTÁ PUDRIENDO Y LA ESTRUCTURA ESTÁ A PUNTO DE CAER.	71
ILUSTRACIÓN 32. EJEMPLO DE ESQUEMA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO FUERA DE RED. TENGA EN CUENTA EL DISYUNTOR DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO, LOS FUSIBLES DE LA BATERÍA Y LOS FUSIBLES DE CA Y/O DISYUNTORES.	74
ILUSTRACIÓN 33. SELECCIÓN DE LOS FUSIBLES DE LA BATERÍA Y DISYUNTORES O MCBs.	75

ILUSTRACIÓN 34.. IZQUIERDA: CADENA DE FUSIBLES ACOPLADOS EN CC- FÍJESE QUE ESTE FUSIBLE ACOPLADO EN CC, TIENE UNA CAPACIDAD NOMINAL DEL FUSIBLE DE 10A Y UNA CAPACIDAD DE RUPTURA DE 30KA.	
DERECHA: PORTA FUSIBLES PARA UN MISMO FUSIBLE EN UNA CAJA DE CONEXIONES FV.....	75
ILUSTRACIÓN 35. . PROTECCIÓN CONTRA RAYOS/SOBRE-VOLTAJES. IZQUIERDA: SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNO MEDIANTE PARARRAYOS. DERECHA: SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNO QUE UTILIZA UN PROTECTOR CONTRA.....	76
ILUSTRACIÓN 36. . EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS. IZQUIERDA: BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO DE CICLO PROFUNDO DE 2V EN UNA SALA DE BATERÍAS. DERECHA: BATERÍAS INSTALADAS EN UNA CAJA HECHA A LA MEDIDA.	77
ILUSTRACIÓN 37. . INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.	79
ILUSTRACIÓN 38. IZQUIERDA: TERMINALES DE BATERÍAS CORROÍDAS. DAÑOS POR CORROSIÓN BATERÍAS DE 2V CICLO PROFUNDO. DERECHA: SISTEMA TOTALMENTE ABANDONADO.....	80
ILUSTRACIÓN 39. CONTROLADOR DE CARGA PHOCOS. DERECHA: MONITOR INVERSOR STECA.....	81
ILUSTRACIÓN 40. DESGLOSE DE LOS COSTOS DURANTE LA VIDA ÚTIL DE UN SISTEMA FV FUERA DE RED.....	83
ILUSTRACIÓN 41. DIAGRAMA DE FLUJO PROYECTO ANÁLISIS ENERGÉTICO HOTEL ECOLIRIOS.....	87
ILUSTRACIÓN 42. IMAGEN SATELITAL DEL PUNTO DONDE SE UBICA EL HOTEL ECOLIRIOS BOUTIQUE.....	90
ILUSTRACIÓN 43. PLANO CONJUNTO DEL PROYECTO HOTEL ECO LIRIOS BOUTIQUE.....	91
ILUSTRACIÓN 44. . EJEMPLO DE LÁMINA TIPO PARA SER UTILIZADA PARA TRAZADO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS	93
ILUSTRACIÓN 45. TRAZADO DE CIRCUITOS A MANO Y UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SALIDA.....	94
ILUSTRACIÓN 46. TRAZADO DE CIRCUITOS DE TOMAS Y SALIDAS ESPECIALES DE LAVANDERÍA.	95
ILUSTRACIÓN 47. EJEMPLO DE COMPORTAMIENTO ESTIMADO DE LA ENERGÍA DIARIO DE LA RECEPCIÓN.....	107
ILUSTRACIÓN 48. CURVA ESTIMADA DE CONSUMO DE ENERGÍA DIARIO.....	107
ILUSTRACIÓN 49. GRÁFICA DE DEMANDA ESTIMADA DE LAVANDERÍA.	108
ILUSTRACIÓN 50. . EJEMPLO DE GRAFICA DE DEMANDA ESTIMADA DEL GRUPO 1.	109
ILUSTRACIÓN 51. GRÁFICA DE DEMANDA ESTIMADA DE UNA HABITACIÓN.	110
ILUSTRACIÓN 52. GRÁFICA CONJUNTO DE DEMANDA ESTIMADA DEL GRUPO 2.....	111
ILUSTRACIÓN 53. GRÁFICA DE DEMANDA ESTIMADA DEL GRUPO 3.....	112
ILUSTRACIÓN 54. PROPUESTA PARA EL DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO DEL GRUPO 1	126
ILUSTRACIÓN 55. DISEÑO DE PROPUESTA UTILIZANDO EQUIPOS MARCA BLUESUN COMPANY	127
ILUSTRACIÓN 56. DIAGRAMA UNIFILAR DEL GRUPO 2.....	128
ILUSTRACIÓN 57. PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO EQUIPOS BLUESUN.....	129
ILUSTRACIÓN 58. DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMA ELÉCTRICO DEL SPA.....	130
ILUSTRACIÓN 59. DISEÑO DE PROPUESTA UTILIZANDO EQUIPOS DE BLUESUN	130

TABLAS

TABLA 1. COSTO DE LA INVERSIÓN INICIAL.....	29
TABLA 2. COMPARACIÓN DE TODAS LAS VARIANTES.....	29
TABLA 3.POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (COMPARADO CON EL CO2)	31
TABLA 4. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS BASADOS EN SILICIO PARA SISTEMAS FUERA DE LA RED.....	41
TABLA 5. TIPOS DE BATERÍAS DE PLOMO-ACIDO USADAS EN SISTEMAS FUERA DE RED.	57
TABLA 6. REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS (12VCC Y 230VAC) PARA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO GRANDE FUERA DE RED.	64
TABLA 7. EJEMPLO DE LOS COSTOS AL POR MAYOR DE COMPONENTES PARA UN SISTEMA DE 550W EN	82
TABLA 8. CONTROL DE VISITAS AL HOTEL ECOLIRIOS.....	89
TABLA 9. TABLA DE DESCRIPCIONES ELÉCTRICAS.	96
TABLA 10. CUADRO RESUMEN PARA PROYECTOS SIN TRANSFORMADOR.....	98
TABLA 11. TABLERO DE DESCRIPCIONES ELÉCTRICAS DEL RESTAURANTE.	99
TABLA 12. TABLA DE DESCRIPCIONES ELÉCTRICAS DE LAVANDERÍA.....	100
TABLA 13. TABLA DE DESCRIPCIONES ELÉCTRICAS DE RECEPCIÓN.	100
TABLA 14. TABLA RESUMEN GRUPO 1.....	100
TABLA 15. TABLA DE DESCRIPCIONES ELÉCTRICAS Y TABLA RESUMEN DE HABITACIONES.....	101
TABLA 16. TABLA DE DESCRIPCIONES ELÉCTRICAS Y TABLA RESUMEN DEL SPA.....	102
TABLA 17. EJEMPLO DE UN LEVANTAMIENTO DE EQUIPOS DE LAVANDERÍA.....	103
TABLA 18.LEVANTAMIENTO DE CARGAS DE RESTAURANTE.	104
TABLA 19.TABLA DE DEMANDAS DE RECEPCIÓN.	104
TABLA 20.TABLA RESUMEN DE DEMANDAS DEL GRUPO 1.....	105
TABLA 21. TABLA DE DEMANDAS DE UNA HABITACIÓN.	105
TABLA 22. TABLA RESUMEN DEMANDAS DEL GRUPO 2.....	105
TABLA 23. . TABLAS DE DEMANDA ELÉCTRICA GUPO3.....	106
TABLA 24. CUADRO RESUMEN DE DEMANDAS DE ENERGÍA	110
TABLA 25. DATOS DE RADIACIÓN SOLAR EN ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE DIAMANTES, LIMÓN.....	113
TABLA 26. TABLA PARA CALCULAR LA PPEAK DEL GRUPO1.....	114
TABLA 27. CAPACIDAD MÍNIMA DEL BANCO DE BATERÍAS.....	114
TABLA 28. CÁLCULO DE LA PPEAK GRUPO 2	115
TABLA 29. CAPACIDAD MÍNIMA DEL BANCO DE BATERÍAS.....	115
TABLA 30. CÁLCULO DE ENERGÍA MÁXIMA QUE REQUIERE EL SISTEMA.	116
TABLA 31.CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS.	116
TABLA 32.CUADRO RESUMEN DE REQUERIMIENTOS GRUPALES.	117
TABLA 33.COSTO UNITARIO DE LA ENERGÍA.....	119

TABLA 34. COSTO DE UNA EXTENSIÓN DE LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN.....	119
---	-----

Definiciones

A prueba de intemperie: Construido o protegido de modo que si exposición a la intemperie no implica su buen funcionamiento.

Aprueba de lluvia: Construido, tratando o protegido para impedir que la lluvia interfiera con el correcto funcionamiento de un aparato en condiciones de ensayo específicas.

Accesible: Que permite una aproximación cercana; no resguardado por puertas con cerraduras, altura u otros medios efectivos.

Acometida: Los conductores y equipos para entrega de energía eléctrica desde la red local de servicio público, hasta el sistema de cableado del inmueble servido.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado reparado u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobre corriente final del circuito ramal.

Aparta rayos: Dispositivo de protección para limitar el impulso de tensión mediante la descarga o la derivación de la corriente transitoria; también evita el flujo continuo de la corriente residual mientras conserva la capacidad de repetir estas funciones.

Aprobado: Autorizado por la autoridad competente

Automático: Que realiza una función sin intervención personal.

Autoridad competente: Organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requerimientos de un código o de una norma, o responsable de aprobar equipos, materiales, una instalación o un procedimiento.

Cables de acometida: Conductores de la acometida fabricados en forma de cable.

Canalización: Canal encerrado de materiales metálicos o no metálicos, diseñado expresamente para contener cables, o barras colectoras, con funciones adicionales.

Cocina: Área con un fregadero e instalaciones permanentes para la preparación y cocción de alimentos.

Conductor Aislado: conductor recubierto por un material de composición y espesor reconocidos por es el código eléctrico nacional.

Conductor de puesta a Tierra: La trayectoria conductora que provea una trayectoria de corriente de falla a tierra y conecte entre si pieza de metal de equipos que normalmente no sean portadoras de corriente y al conductor pues a tierra del sistema o al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos.

Conductor del electrodo puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar el conductor puesta a tierra del sistema o el equipo al electrodo de puesta a tierra o a un punto en el sistema del electrodo de puesta a tierra.

Conductor Neutro: Conductor conectado al punto neutro de un sistema y cuyo propósito es transportar corriente en condiciones normales.

Controlador: Dispositivo o grupo de dispositivos que sirven para gobernar, de algún modo predeterminado, la potencia eléctrica suministrada al aparato al que está conectado.

Controlador de Carga: Equipo que controla la tensión de la corriente continua o la corriente continua o ambas, y que se utiliza para cargar una batería u otro dispositivo de almacenamiento de energía.

Corriente nominal de corto circuito: Posible corriente simétrica de falla a tensión nominal, a la cual un aparato o un sistema pueden estar conectado sin sufrir daño que exceda los criterios de aceptación definidos.

Corriente nominal de interrupción: La máxima corriente a la tensión nominal, que un dispositivo eléctrico es identificado que tiene previsto interrumpir, bajo condiciones normales de ensayo.

Dispositivo: Unidad de un sistema eléctrico, que no sea un conductor, que transporta o control la energía eléctrica como su función principal.

Dispositivo de protección contra sobre corriente del circuito ramal: Dispositivo con la capacidad para dar protección a circuitos de acometidas, alimentadores, circuitos ramales y equipo en todo el rango de sobre corriente entre su corriente nominal y su capacidad nominal

de interrupción. Dichos dispositivos se suministran con la capacidad nominal de interrupción adecuada para el uso previsto, pero no inferior a 5000 amperios.

Edificio: Construcción independiente o que está aislada de otras estructuras adyacentes por muros cortafuegos, con todas sus aberturas protegidas por puertas corta fuegos aprobadas.

Electrodo puesto a tierra: Objeto conductor a través del cual se establece una conexión directa a tierra.

Electrodoméstico: Equipo de utilización, generalmente no industrial, que se fabrica normalmente en tamaños o tipos normalizados y que se instala o conecta como una unidad para realizar una o más funciones, como por ejemplo lavar ropa, acondicionar aire, mezclar alimentos, freír, etc.

Energizado: Conectado eléctricamente a una fuente de tensión o que es una fuente de tensión

Equipo: Término general que incluye los materiales, herrajes, dispositivos artefactos, luminarias, aparatos, maquinaria y similares utilizados como parte de, o en conexión con una instalación eléctrica.

Equipo de acometida: Equipo necesario, consiste generalmente en unos interruptores automáticos o interruptores y fusibles con sus accesorios, conectados al extremo de carga de los conductores de acometida a un edificio u otra estructura u otra área designada, y destinado para constituir el control principal y de desconexión del suministro.

Equipo del tablero de distribución: Ensamble completamente encerrado en todos los laterales y en su parte superior con láminas de metal (excepto aberturas de ventilación y ventanas de inspección) y que contiene los dispositivos de conmutación o interrupción de los circuitos de energía principales o ambos, con barras colectoras y conexiones. Este ensamble puede tener dispositivos de control y auxiliares. Se accede al interior de la envolvente mediante puertas, cubiertas removibles o ambas.

Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo y la carga total conectada al sistema o una parte del mismo estudio.

Falla a tierra: Conexión eléctricamente conductora no intencional entre un conductor no puesto a tierra de un circuito eléctrico y los conductores normalmente no portadores de corriente, envolventes metálicas, canalizaciones metálicas, equipos metálicos o la tierra.

Fuente de alimentación ininterrumpida: Una fuente de alimentación utilizada para brindar alimentación de corriente alterna a una carga durante un periodo de tiempo en el caso de una falla de energía.

Gabinete: Envolvente diseñado para montaje superficial o empotrado y contra de un marco o contramarco, del cual se sostiene o pueden sostener las puertas de bisagra.

Habitación de huéspedes: alojamiento que combina instalaciones para descansar, dormir, sanitarias y de almacenamiento dentro de un compartimento.

Hermético a la lluvia: Construido o protegido de tal manera que la exposición a la lluvia batiente no dé como resultado la entrada de agua bajo condiciones normales de ensayo específicas.

Hermético al agua: Construido de manera que la humedad no entre en el envolvente bajo condiciones de ensayo específicas.

Hermético al polvo: Construido de modo que el polvo no entre en la caja cerrada en las condiciones de ensayo específicas.

Iluminación colgante: Hilera de luces exteriores suspendida entre dos puntos.

Interruptor automático: dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera automática y para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobre corriente predeterminada, sin daños para sí mismo cuando este aplicado correctamente dentro de su alcance nominal.

Interruptor de acción rápida y uso general: Clase de interruptor de uso general construido de manera que se pueda instalar en cajas de dispositivos, en las cubiertas de las cajas, o de otro modo usado junto con sistemas de cableado reconocidos por el código eléctrico 2014.

Interruptor de circuito contra fallas a tierra (GFCI). Dispositivo destinado a la protección de las personas, que funciona des energizando un circuito o parte de este dentro de un periodo

de tiempo determinando, cuando una corriente a tierra supera los valores establecidos para un dispositivo de Clase A.

Interruptor de Circuito por falla de arco (AFCI). Dispositivo destinado a brindar protección contra los efectos de falla de arco, mediante el reconocimiento de las características únicas de la formación del arco y mediante su funcionamiento para desenergizar el circuito cuando se detecta la falla de arco.

Interruptor de transferencia: Dispositivo automático o no automático para transferir las conexiones de uno o más conductores de carga de una fuente de alimentación a otra.

Inversor interactivo con la compañía de electricidad: Inversor proyectado para su uso en paralelo con la compañía eléctrica, para alimentar cargas comunes que pueden suministrar energía a la compañía de electricidad.

Interruptor de uso general: Interruptor diseñado para usarse en circuitos de distribución general y ramales. Su valor nominal se da en amperes y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión nominal.

Luminaria: Unidad completa de iluminación que consiste en una fuente de luz, como una o varias lámparas, junto con las partes diseñadas para posicionar la fuente de luz y conectarla a la fuente de alimentación. También pueden incluir las partes que protegen la fuente de luz o el balastro y aquellas para distribuir la luz. Una porta lámpara por sí mismo no es una luminaria.

Medios de desconexión: Dispositivo, o grupo de dispositivos, u otros medios por los cuales los conductores de un circuito se pueden desconectar de su fuente de alimentación.

Persona calificada: Persona con habilidades y conocimientos relacionados con la construcción y funcionamiento de instalaciones y equipos eléctricos y que ha recibido un entrenamiento en seguridad para reconocer y evitar los riesgos involucrados.

Salida: Punto de una instalación eléctrica en el que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización.

Sistema de baterías: Subsistemas de baterías interconectadas compuesto por una o más baterías de acumuladores y cargadores de baterías, y que pueden incluir inversores, convertidores y equipo eléctricos asociados.

Sistema fotovoltaico: Total de los componentes y del sub sistema que, combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica adecuada para la conexión a una carga de la utilización de energía.

Sistema híbrido: Sistema que comprende múltiples fuentes de energía. Estas fuentes de energía podrían incluir micro hidro-generadores, generadores fotovoltaicos, aerogeneradores, generadores accionados por motor y otros, pero no incluyen sistemas de redes de producción y distribución de la energía eléctrica.

Sobre corriente: Cualquier corriente que supere la corriente nominal de un equipo o la ampacidad de un conductor. Puede ser el resultado de una sobre carga, un corto circuito o una falla a tierra.

Fuente: Código Eléctrico Nacional, Costa Rica, 2014.

Nomenclaturas

CEPAL: Comisión Económica para América Latina.

CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

CAPEX: Gastos de Capital (del inglés, Capital expenditure).

HVD: Desconexión por alto voltaje.

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

IRENA: Agencia Internacional de Energía Renovable.

IEA: International Energy Agency.

ISC: Corriente de Corto Circuito.

GEI: Gases de efecto Invernadero.

FV: Foto Voltaico.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

OPEX: Costo de operación y Mantenimiento. (del inglés, Operational expenditure)

LED: del inglés "light emitting diode", Diodo emisor de luz.

LVD: Desconexión por bajo voltaje.

PCG: Potencial de Calentamiento Global.

PIB: Producto Interno Bruto.

PCG: Potencial de Calentamiento Global.

RENAC: Renewables Academy.

SICA: Sistema de Integración Centroamericana.

Dedicatoria y Agradecimientos

Agradezco a Dios que me diera la oportunidad de realizar este proyecto, el cual ha sido un esfuerzo arduo que dedico a mis seres queridos: Berta, Jimena, a mi madre en especial que insistió constantemente en que concluyera la carrera de licenciatura, que había dejado abandonada por muchos años, a mis hermanas que me apoyaron en todo momento. Su apoyo incondicional con su actitud positiva y acompañamiento a lo largo de este proceso fue vital para lograr el objetivo.

Asimismo, le externo un agradecimiento a Isabel y Rodolfo que me dieron la confianza para desarrollar el proyecto en su Hotel, a “la tía” por el acompañamiento, a los profesores que contribuyeron en mi formación profesional.

Resumen

La presente tesis consiste en el desarrollo de un diseño electromecánico, en el que se ha de diseñar un sistema que proporcione la energía eléctrica requerida en un hotel de montaña en una zona en la que no existe una fuente de energía eléctrica que los abastezca y permita la operación normal del hotel, generando esto un problema. Este proyecto se gesta en el momento en que los dueños de la finca Los Lirios ven el potencial que existe a su alrededor y deciden convertirla en un hotel de montaña exclusivo para cierto mercado de la población.

Para dar una solución al problema planteado es necesario realizar estudios de campo en la zona donde se ubica el hotel, identificando características geográficas del terreno, accesos como carreteras o caminos aceptables para el paso de vehículos automotores, condiciones naturales y climatológicas específicas con la finalidad de determinar la viabilidad en el desarrollo de un proyecto con energías renovables o evaluar una posible extensión de línea eléctrica monofásica del ICE, pues la línea más cercana está ubicada a ocho kilómetros.

Los objetivos para este proyecto nos dirigen en demostrar las implicaciones prácticas, la utilidad metodológica y la viabilidad de este proyecto.

En el Capítulo II se enmarcan antecedentes y conceptos técnicos básicos para la comprensión de la propuesta de este proyecto de investigación. Estos contenidos se apilan en forma lógica y secuencial para comprender de la mejor manera el problema planteado, en el marco teórico, donde se presenta información relevante para el desarrollo del proyecto como conceptos, definiciones, fórmulas, tipos de paneles solares, convertidores, inversores, tipos de baterías, anclajes y demás elementos requeridos en los sistemas de energía solar fotovoltaica, además como conceptos de diseño y análisis económicos para sistemas foto voltaicos.

El marco metodológico se encuentra en el Capítulo III, ahí se describe el enfoque con el que se va a desarrollar esta tesis, debido a su forma y su desarrollo encaja muy bien en un enfoque cuantitativo, que nos va dirigiendo a la comprensión del problema planteado. Nos muestra la estrategia pensada para resolver el problema, las fuentes de información.

El Capítulo IV es para el análisis de resultados, la discusión de resultados obtenidos se desarrolla en este apartado, vemos como se analizan los procedimientos y datos que se obtuvieron durante la investigación.

Se describe como se realiza el diseño eléctrico de todos los edificios construidos en el hotel y los que se piensan construir a futuro; lo anterior basado en Códigos Eléctricos Nacionales vigentes y acatando las normas de buenas prácticas en diseño del CFIA, tomando en cuenta detalles importantes como condiciones geográficas, condiciones ambientales, la arquitectura, y la naturaleza que rodea las construcciones del hotel para poder tener un producto que se ajuste a las necesidades de diseño y eléctricas.

Posteriormente se realizan los levantamientos eléctricos de todos los edificios, esto consisten en evaluar el consumo de energía de todos los electrodomésticos usados en los edificios, los circuitos de luminarias, de los circuitos de tomas, salidas especiales y demás elementos de consumo, se tabulan y determinar la energía consumida por cada uno de ellos. Ayudándonos con un software de computadora (*Excel*), nos permite poder graficar los datos en curvas de demanda energética y así visualizar el comportamiento diario de la energía.

Luego se evalúan las condiciones de radiación y se determina si la energía fotovoltaica es capaz de suministrar la energía eléctrica y el tamaño y configuraciones que se pueden realizar con este tipo de energía para luego compararlo con la opción de hacer una extensión de línea, con ambas propuestas se termina realizando un análisis económico para ver cuál es la más viable.

El capítulo V, contiene dos apartados, las conclusiones y recomendaciones. Aquí se analizan los resultados encontrados en el capítulo anterior y se determina que la energía fotovoltaica es la más indicada para suplir la necesidad de energía que el hotel requiere para su operación. Posteriormente se elaboran las recomendaciones para la compra de los equipos fotovoltaicos, su instalación y mantenimiento.

En el Capítulo VI se da la propuesta final del proyecto, la cual presenta la opción que resuelve el problema estudiado

Capítulo I: Introducción

Las energías renovables son fuente de energía limpia que no contaminan el medio ambiente y están en crecimiento cada día, según las nuevas investigaciones realizadas en las diferentes áreas existentes como: la energía Fotovoltaica, la termo solar, la Eólica, Hidráulica, Biomasa, Geotérmica, entre otras. Estas energías no aportan gases de efecto invernadero como las energías provenientes de los combustibles fósiles que influyen en el cambio climático que está afectando al planeta.

Estas energías cada vez cuestan menos y son más utilizadas ya que sus fuentes están en todas partes, esta ventaja que tienen las energías renovables permiten obtener energía en casi cualquier parte del planeta, cuando no existen empresas o instituciones que brinden el servicio de energía eléctrica a nivel local. Las energías limpias han recibido un gran respaldo de las comunidades internacionales con el acuerdo de París, suscrito en la Cumbre Mundial del Clima celebrada en diciembre del 2015 en la capital francesa. El acuerdo, que entrará en vigencia en el 2020, establece por primera vez en la historia un objetivo global vinculante, por el cual casi 200 países firmantes se comprometen a reducir sus emisiones de forma que la temperatura media del planeta a final del presente siglo quede por debajo de los dos grados, el límite por encima del cual el cambio climático tiene efectos más catastróficos e incluso a intentar dejarlo en 1,5 grados.

La transición hacia un sistema energético basado en tecnologías limpias tendrá así mismo un efecto económico muy positivo. Según <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>

Definición del problema

¿Cuál es el diseño eléctrico óptimo que combinado con energías renovables pueda resolver la necesidad de energética requerida por el hotel Ecolirios Boutique y que sirva como modelo energético en la zona de los Lirios de Guácimo, en Limón?

Objetivos

Objetivo general:

¿Crear un diseño eléctrico que combinado con energías renovables que suministre la energía eléctrica requerida por el hotel Ecolirios Boutique que pueda servir como modelo en la zona de los Lirios de Guácimo, en Limón?

Objetivos Específicos:

- Diseñar el sistema eléctrico de todas las instalaciones existentes del hotel Eco Lirios Boutique, acorde con las normativas vigentes
- Elaborar un levantamiento de Cargas Eléctricas en todas las infraestructuras existentes del hotel.
- Definir las posibles fuentes de energía existentes en el sitio para identificar su potencial e incorporarlos a la matriz energética del hotel.
- Elaborar curvas de demanda de todos los edificios, mediante la creación de gráficas de Potencia y Tiempo, para ver el comportamiento de la energía eléctrica de cada edificio.
- Diseñar un sistema de energía renovable que permita suministrar las necesidades energéticas del Hotel Ecolirios.
- Realizar un estimado económico que permita definir el sistema óptimo para el Hotel Eco Lirios Boutique.

Justificación

La energía eléctrica es de suma importancia para el funcionamiento óptimo y operación de un hotel. Este tipo de establecimientos requiere de sistemas de frío para el mantenimiento de los alimentos, bebidas, vegetales, además, de sistemas de comunicación telefónica, cómputo, audio, sistemas de redes, iluminación, entre otros que son vitales.

El hotel Ecolirios Boutique se encuentra a 10 km del centro urbano más cercano, en este caso Guácimo, en la provincia de Limón. El punto de conexión a la red eléctrica pública se localiza aproximadamente a 8 km de distancia, esta situación genera un alto costo para hacer una extensión de línea eléctrica, un factor limitante adicional es la escasa y dispersa población del sector. En la zona en cuestión existen muchas fincas grandes y pocos clientes o centros de población en el trayecto hacia el hotel, por esta y otras causas, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) no contempla como una opción viable la extensión de una línea eléctrica, de media tensión monofásica para un trecho tan largo.

De ahí la importancia de realizar este estudio e incluir una solución permanente, amigable con el ambiente, que logre suplir la necesidad de energía eléctrica que el hotel requiere para un servicio de comida, iluminación, entretenimiento y hospedaje con el fin de brindar un servicio de calidad y competente con los que ofrecen comodidad, diversión, calidad de servicio de alimentación y bebidas.

El hotel se beneficiará con la instalación de un sistema de energía fotovoltaica para el funcionamiento del complejo turístico, asimismo se convierte en un atractivo hotel de montaña tanto para turistas nacionales como internacionales, dado que constituye un modelo de hotel que minimiza el impacto en la naturaleza al utilizar energía renovable, con lo cual se hace una contribución al ambiente.

Proyección

Esta propuesta se entregará en forma digital (cd), los insumos que se elaborarán incluyen:

- Memorias de cálculo
- Diagramas unifilares.
- Planos de los diseños en AutoCAD y PDF.
- Ofertas.

Capítulo II. Marco Referencial

En este apartado se detallan algunos antecedentes y conceptos teóricos básicos para la comprensión de la propuesta de este proyecto de investigación.

Antecedente 1:

Institución: Gobierno de Costa Rica

Autor: Mario Bermúdez

Año: 2017

Título: Análisis de datos aportados por CEPAL, sobre el consumo y producción de energías eléctricas limpias en Costa Rica en los últimos años

Mario Bermúdez (2017) Licenciado en periodismo de la UCR, trabajó en la Revista Rumbo, el diario La República, fue editor de Economía, Política y Tecnología en el semanario El Financiero. Coordinador de la Unidad de Contenidos en Casa Presidencial. Según datos de CEPAL, del 2011 al 2016, energía renovable en el país pasó de representar un 91% a un 98,2%, mientras se abren paso generación solar y eólica, pero demanda aumenta menos que en período anterior. La energía eléctrica de Costa Rica se conecta cada vez más con las fuentes limpias: en los últimos cinco años, la participación de fuentes renovables pasó de representar un 91,2% del total anual en el 2011, a un 98,2% en el 2016, según la recopilación de las Estadísticas de la producción de electricidad en los países del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) difundidas por la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL). En la evolución de la matriz, se evidencia que las fuentes renovables tienen cada vez un mayor voltaje: la energía eólica aumentó su generación en un 176%, al pasar de 414,5 GWh en el 2011 a 1.147,3 GWh en el 2016, mientras la solar, que ni siquiera aparecía en el registro en el 2011, pasó de 0,3 en el 2012 a 1,4 en el 2016. Del 2005 al 2010, la demanda creció un 10,5%, mientras del 2011 al 2016 su incremento se redujo a un 8,3%. En estos períodos, pasó de 1.389,6 a 1.535,6 MW en el primer caso, y de 1.545,6 a 1.674,6 MW en el segundo.

Antecedente 2:

Institución: Periódico La República

Autor: Roberto Dobles

Año: 2018

Título: Costa Rica no aprovecha su gran potencial de energía solar para reducir los costos de la electricidad.

Roberto Dobles, periodista costarricense:

La evidencia en el mundo muestra que los continuos adelantos tecnológicos han venido reduciendo significativamente los costos de la generación de electricidad con energía solar. Dentro de la abundante evidencia mundial que existe sobre este tema se encuentran los estudios de la International Energy Agency (IEA) y los resultados de las licitaciones en varios países del mundo. En su último informe anual sobre las perspectivas energéticas mundiales titulado “World Energy Outlook 2017: A World in Transformation”, la International Energy Agency (IEA) señaló que no solamente “desde 2010, los costos de la nueva energía solar fotovoltaica han disminuido en un 70%, el viento en un 25% y los costos de las baterías en un 40%”, sino que también en el futuro “la energía solar fotovoltaica tendrá la mayor incorporación anual de capacidad para las energías renovables, muy por encima de la eólica y la hidráulica”. Los proyectos solares tienen la ventaja adicional de que pueden ser construidos de todos tamaños y van desde proyectos pequeños de generación distribuida o descentralizada hasta grandes “granjas solares”. Los proyectos solares son sencillos de instalar y se construyen en menos de un año. Entre otras ventajas, los proyectos solares pueden ser también desarrollados y ampliados incrementalmente de manera que su desarrollo se puede ajustar al crecimiento de la demanda, lo cual evita tener sobrecapacidad ociosa en el sistema, lo que reduce aún más los costos. Además, debido a los permanentes adelantos tecnológicos que reducen continuamente sus costos, las nuevas adiciones serán más baratas.

Antecedente 3:

Institución: CIPEL Centro de Investigación y pruebas electro energéticas

Autor: Garzón Soria Carlos Pablo

Año: 2010

Título: Generación Híbrida Fotovoltaica más Aerogenerador más Grupos Electrónico

CIPEL Centro de Investigación y pruebas electro energéticas, Garzón Soria Carlos Pablo, (2010) manifiesta respecto a la evaluación de alternativas de generación de electricidad desde el punto de vista de su impacto ambiental, para sectores no conectados a redes eléctricas:

Generación Híbrida Fotovoltaica más Aerogenerador más Grupos Electrónico. Este tipo de sistema mixto eólico, y fotovoltaico pueden contar con un grupo electrónico de apoyo, alimentado con algún tipo de combustible, ya sea diésel o gasolina. El objetivo es mantener un nivel de carga adecuado en las baterías, cuando ni el sol ni el viento proporcionen la energía suficiente; se trata de sistemas especiales que inicialmente pueden resultar costosos según el tamaño y las necesidades que se requieran, pero es conveniente realizar un estudio para verificar cual es la mejor opción. Para el dimensionamiento de este sistema se considera los tres tipos de generación, para lo cual el cubrimiento de energía que se desea para la comunidad mediante energía fotovoltaica es del 20 %, para el aerogenerador es del 40 % y para el grupo electrónico del 40 %, dando un sumatorio total de las tres tecnologías de un 100 %, con 2 días de autonomía; al igual que los otros casos los demás parámetros se consideran a partir de las variantes descritas anteriormente. En las tablas 1 y 2 se indican los costos en dólares de inversión inicial y los costos referidos a 20 años, para generación de electricidad mediante este sistema.

Equipo	Inversión	Inversión Total
Paneles	545.16	74,300.30
Convertidor	19,429.56	17,663.24
Regulador	1,011.96	919.96
Batería	1,584.00	21,588.82
Aerogenerador	12,266.00	11,151.82
Grupo Electrónico	19,618.31	17,834.82
O&M de paneles/año	0	0
O&M de (convertidor + regulador)/año	0	0
O&M Baterías /año	431.77	431.77
O&M del AE /año	223.02	223.02
Accesorios e Instalación GE	891.74	891.74
Accesorios e Instalación de AEG	3,345.31	3,345.31
Accesorios e Instalación FV	36,798.91	36,798.91
	Total:	185,148.00

Tabla 1. Costo de la inversión inicial.

Fuente: (CIPEL)

Comparación entre variantes		
Variante	Costo de la inversión inicial	Costo referido a 20 años
Fotovoltaica	153,429.14	46,132.64
Grupos Electrónicos	129,048.27	55,275.03
Eólica	87,549.70	54,469.48
FV + GE	186,840.92	32,984.24
FV + AEG	179,300.88	39,730.00
GE + AEG	80,343.27	24,145.91
FV + GE +EE	185,148.00	43,801.25

Tabla 2. Comparación de todas las variantes.

Fuente(CIPEL)

Estos datos permiten realizar una comparación de todas las variantes aplicadas en el diseño preliminar; como se observa el sistema híbrido fotovoltaico más grupo electrógeno más aerogenerador, inicialmente resulta ser el más costoso y con menor valor se encuentra el sistema híbrido grupo electrógeno más aerogenerador. Haciendo referencia a los costos referidos a 20 años puede observarse, que el grupo electrógeno puro resulta ser el más costoso, debido al costo de mantenimiento y al costo de combustibles, que requiere para generar electricidad, que por lo regularmente tienden a subir cada día más. En menor valor se encuentra el sistema híbrido grupo electrógeno más aerogenerador convirtiéndose este en la opción más atractiva desde el punto de vista económico. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de aplicar el sistema híbrido fotovoltaico más aerogenerador, que en un principio su costo resulta ser elevado, pero sí se observa en costos referidos a 20 años puede ser una opción a considerarse, más aún si se mira desde el punto de vista ambiental, ya que se trata de sistemas de generación limpios que no emiten gases contaminantes en gran proporción que afecten el medio ambiente.

Antecedente 4:

Institución: Universidad Autónoma de Matriz

Autor: Vélez Hernández Ángel Manuel

Año: México D.F. 2012

Título: Propuesta metodológica para un estudio de prospectiva del sector energético mediante el uso de sistemas fotovoltaicos en conjunto con los nano materiales

Hoy en día existe una cuestión que preocupa a la sociedad en general, centrada en el cuidado y la conservación del medio ambiente; el cual es impactado de forma negativa por el uso irracional de los combustibles fósiles siendo esta el resultado de las constantes actividades dedicadas a producir bienes y servicios. Ejemplo de ello ha sido la producción de energía eléctrica del país que, con base en la estructura de producción hasta ahora establecida, aunada al constante uso de los combustibles fósiles para operar y la creciente explosión demográfica terminarán por demandar más de este sector logrando impactar de forma adversa al ambiente, sobre todo en la

emisión de CO₂ hacia la atmósfera. Ante tal situación existen dos aspectos por considerar, en primer lugar, los combustibles fósiles son recursos no renovables, por lo que su adquisición resultará ser cada vez más costosa; por otro lado, se ha demostrado científicamente que el consumo de estos combustibles contribuye al calentamiento global, al producir bióxido de carbono y otras sustancias que se emiten hacia la atmósfera. No obstante, al comparar la capacidad de retención del calor del CO₂ contra otros gases de efecto invernadero se observa que su potencial de calentamiento global (PCG)¹ no es tan significativo.

Gas de Efecto Invernadero	PCG después de 20 años	PCG después de 100 años
Dióxido de carbono	1	1
Metano	62	23
Óxido de Nitrógeno	275	296
HFC – 23	9400	12000
HFC -125	5900	3400
HFC -134 a	3300	1300
HFC – 143 a	5500	4300
CF ₄	3900	5700
C ₂ F ₆	8000	11900
SF ₆	15100	22200

Tabla 3. Potencial de calentamiento Global de gases de efecto invernadero (comparado con el CO₂)

Fuente: IPCC (2007) Cambio climático: Informe de síntesis

El Potencial de Calentamiento Global (PCG) es utilizado para medir la capacidad que tienen diferentes gases de efecto invernadero en la retención del calor en la atmósfera. El dióxido de carbono (CO₂) es la base para todos los cálculos y su potencial de calentamiento global es medida en 1. Cuanto más alto sea el PCG que produce un gas, mayor será su capacidad de retención del calor en la atmósfera. En otras palabras, entre más alto sean los índices de PCG en la atmósfera más rápido se producirá el cambio climático. Aunque, el CO₂ es por mucho el gas de calentamiento global encontrado en mayor cantidad en todo el mundo (*Ilustración 1*).

Por lo tanto, el CO₂ al ser el compuesto con mayor presencia en la atmósfera es el responsable de atrapar el calor presente en la Tierra ocasionando el efecto del cambio climático. De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (INE) existe una estrecha relación entre el aumento continuo de GEI y los impactos climáticos, algunos de ellos son: el aumento paulatino de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación pluvial, cambios en la intensidad y/o frecuencia de eventos climáticos extremos, etc.; los cuales a su vez representan un grave riesgo para la salud humana a manera de ejemplo el aumento en la temperatura de la superficie marina, la temperatura mínima y la precipitación han propiciado el incremento en la transmisión del dengue principalmente en algunas áreas del Golfo de México o una alta tasa de mortalidad por el golpe de calor presentado en la zona norte del país. Aunado a lo anterior, los efectos del cambio climático no solo son cuantificables de manera física, sino también de manera económica.

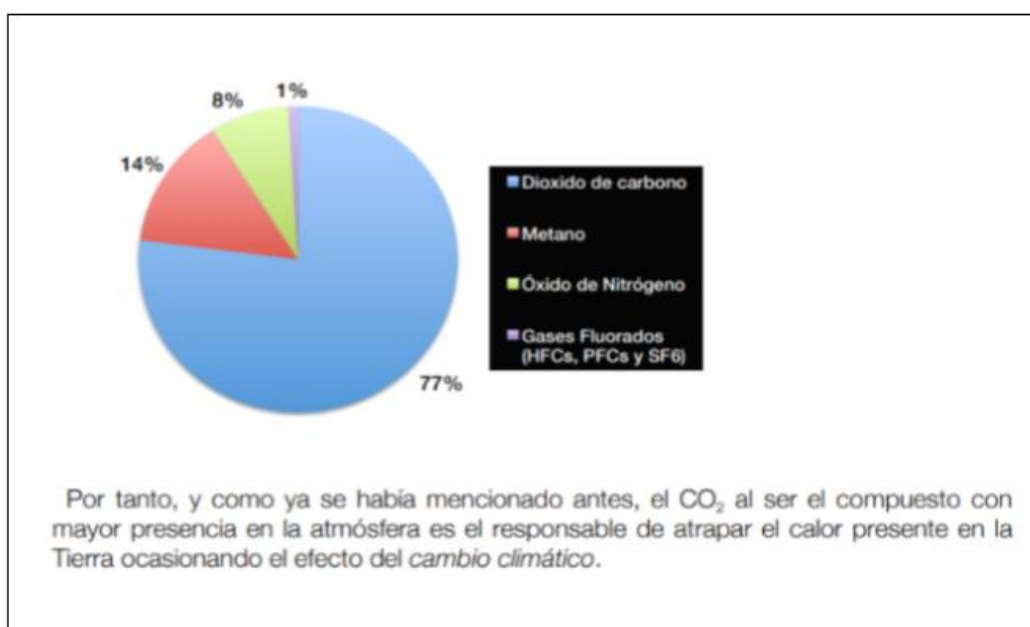


Ilustración 1 Total, de emisiones de GEI por tipo de gas.

Fuente: EPA (2007). Inventory of U.S Greenhouse Gas Global Emissions by Gas

De acuerdo con el reporte: La economía del cambio climático en México, señala que el país sufrirá daños severos de no actuar a tiempo en el tema. A manera de resumen, el costo total del cambio climático para la economía mexicana proyectada al año 2100, se estima alrededor del 6.22% del PIB actual, de la misma manera, no existirá ningún sector de la economía, población,

o región del país que quede exenta de los impactos del cambio climático (SEMARNAT, 2009 a). Ante todo, lo anterior la problemática que surge es como perfilar el país hacia un desarrollo sustentable que a su vez disminuya la producción de CO₂ y contribuya a la seguridad energética en el futuro bajo un plan o esquema estratégico. Como vía de solución se ha propuesto la elaboración de un plan metodológico cuya finalidad sea la de analizar la posible evolución de una tecnología clave que logre impactar de forma significativa en la problemática presente.

Fuente: EPA (2007). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Global Emissions by Gas. Gráfica 1. Total, de Emisiones de GEI por tipo de gas 5 posicionado a las energías renovables como fuentes alternativas que deben ser consideradas en los planes energéticos y ambientales de cualquier país en el mundo. Por tanto, se ha elegido como objeto de estudio el uso de las celdas fotovoltaicas y su mejora a través de los nanos materiales, los cuales, en conjunto traerán una serie de beneficios a futuro para el desarrollo energético de nuestro país. Al constituir la base de trabajo se ha elegido toda una serie de herramientas que permitan configurar una determinada acción, en determinado momento, de manera que se puedan obtener resultados positivos en un periodo más o menos lejano. Finalmente, la sociedad y el gobierno han mantenido un gran interés por el aprovechamiento de las energías renovables. Esto genera un ambiente favorable para analizar y establecer las bases institucionales, estructurales para su promoción como formas de energía que contribuyan a satisfacer la creciente demanda de energéticos y auxilie al establecimiento futuro de esquemas basados en la energía sustentable.

Marco Teórico

Aplicaciones Comunes

El sistema fotovoltaico fuera de la red son ideales para aplicaciones de baja potencia, tales como:

- Iluminación (fluorescente, LED, no incandescente).
- Radio y TV.
- Ventiladores de baja potencia.
- Carga de teléfonos móviles.
- Computadoras portátiles e impresoras de baja potencia.
- Refrigeradores de baja potencia
- Telecomunicaciones y redes móviles.
- Bomba solar de agua.
- Cercas eléctricas.
- Electrodomésticos portátiles pequeños, como linternas solares portátiles.

Aplicaciones de mayor potencia tales como:

- Clínicas, hospitales (iluminación, refrigeración, laboratorios).
- Escuelas (iluminación, video, etc.).
- Empresas rurales (herramientas eléctricas con bajo consumo de energía, equipos de oficina).
- Turismo (refugios remotos, parques de juego, botes solares).
- Aplicaciones veterinarias (refrigeradores para vacunas para animales)
- Sistemas de respaldo (generalmente, la energía fotovoltaica sólo es adecuada cuando los cortes de energía son frecuentes y duran más de unas pocas horas).
- Mini redes (acoplado de CC y acoplado de CA).

En general, los siguientes electrodomésticos no son adecuados para sistemas fuera de la red debido a que consumen demasiada energía: cocinas, calentadores eléctricos de agua, sartenes eléctricos, (cualquier aparato que produzca calor), unidades de aire acondicionado, grandes luces halógenas de seguridad (500 W), etc. En la mayoría de los casos, sin embargo, se

encuentran disponibles alternativas no eléctricas. Un ejemplo es lo que sucede con cargas pesadas esencialmente, tales como máquinas de rayos X (alrededor de 10 kW) o esterilizadores en los hospitales. Los sistemas de este tamaño por lo general tienen un generador diésel y pueden alimentarse directamente desde ahí.

¿Deben utilizarse electrodomésticos de CA o de CC? Los electrodomésticos de CC deben utilizarse en sistemas sólo de CC y la gama de electrodomésticos de CC ahora disponibles (especialmente para la iluminación) es extensa. Generalmente, los electrodomésticos de CC son energéticamente más eficientes que los electrodomésticos de CA, deben serlo ya que están diseñados para funcionar con baterías. Los electrodomésticos de CA están más ampliamente disponibles y el costo suele ser inferior a los aparatos de corriente continua. Las decisiones se analizan en cada caso. Si se desea utilizar electrodomésticos de CA en una red de corriente continua entonces se necesitará un inversor (convertidor de CC a CA). Es importante tener en cuenta las posibilidades y los límites de lo que puede utilizar en un sistema fotovoltaico fuera de la red. El principal factor limitante es el banco de baterías, y no el sistema fotovoltaico.



Ilustración 2.. (Izquierda) Sistema Fotovoltaico fuera de red en una parada de autobús en Berlín. (Derecha) Parquímetro funcionando con FV, Roma, Italia

Fuente: (RENAC)

Telecomunicaciones

Existe un gran potencial de mercado para la energía fotovoltaica fuera de la red, que alimenta las estaciones base de las redes de telefonía móvil y telecomunicaciones en áreas

remotas sin acceso a la red eléctrica. La demanda de energía varía desde unos pocos cientos de Wp a varios miles de Wp. Se requiere un suministro de CC para el equipo de retransmisión. El suministro de CA también puede ser necesario para los equipos auxiliares (aire acondicionado, luces, alarma contra incendios, etc.). El diseño, el dimensionamiento, la selección de componentes y la instalación de estos sistemas es una rama especializada de la industria. GSMA Green Power for Mobile estimó que en 2012 había aproximadamente 520.000 estaciones base de diésel fuera de la red y 118.000 estaciones base de energías renovables verdes (ejecutadas principalmente por la energía fotovoltaica). Se estima que se construyen unos 75.000 nuevos sitios fuera de la red cada año en los países en desarrollo.

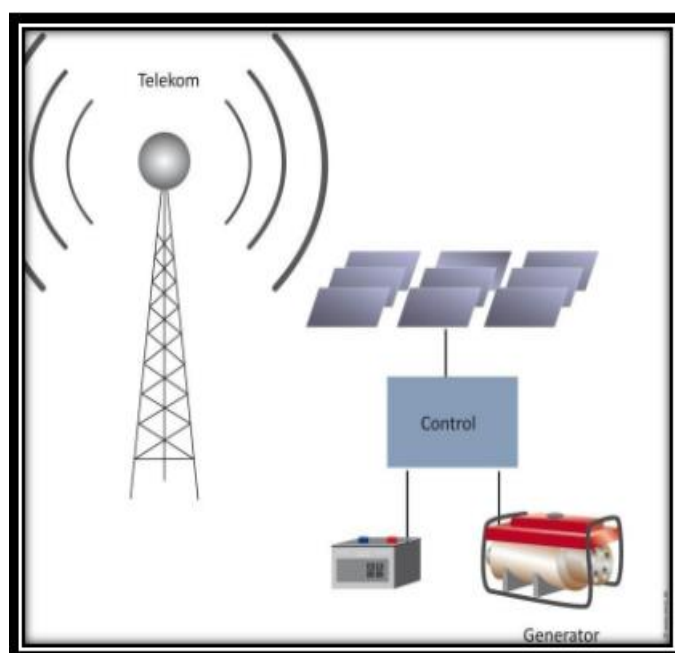


Ilustración 3. Sistema de Telecomunicaciones accionado por energía fotovoltaica fuera de la red con un generador de diésel como respaldo.

Fuente: (RENAC)

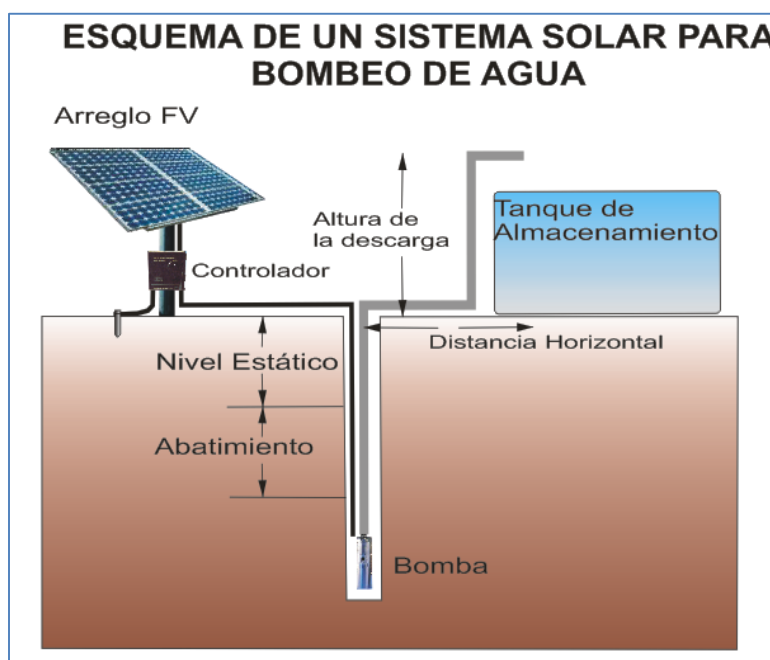
Bomba solar para extraer agua

En muchas regiones del mundo, la principal fuente de agua proviene de las reservas de agua subterránea. Se perforan pozos para acceder al agua que se bombea hacia la superficie para

su distribución y uso. La demanda de agua es, a menudo, más alta cuando los niveles de radiación solar son altos, lo que hace que la energía fotovoltaica sea una fuente de alimentación ideal para manejar las bombas. El bombeo solar de agua es una rama muy exitosa de la industria solar, más de un millón de bombas solares ya están en uso en todo el mundo. En muchos lugares del mundo, estas bombas están reemplazando las bombas de mano, las bombas mecánicas y eléctricas.

Algunos puntos generales sobre el bombeo solar de agua:

- Es más utilizado en sistemas de bombeo de agua potable para uso humano o de animales.
- Pueden ser utilizado en sistemas de riego de baja escala.
- No se utilizan baterías, cuando la radiación del sol inicia en las mañanas, la bomba comienza a trabajar impulsando el agua a un tanque almacenador por encima del suelo, luego baja por gravedad a las fuentes de consumo.
- Trabajan muy bien cuando los pozos no son muy profundos.
- Mantenimiento casi cero.
- Sistemas el ecológico.
- Funcionamiento automatico.



*Ilustración 4. Sistemas de bombeo por medio de un sistema Fotovoltaico fuera de red.
Fuente (www.energiasolar.mx)*

Configuración del Sistema

Muchas configuraciones de sistemas fotovoltaicos fuera de la red son posibles. Sin embargo, aproximadamente un 90% de todos los sistemas son pequeños, ya que tienen sólo uno o dos módulos. Solamente un pequeño porcentaje de sistemas fuera de la red son grandes y complejos, teniendo más de 1.000 Wp de capacidad instalada.

Los siguientes presentan algunas configuraciones del sistema:

- Pequeños sistemas fotovoltaicos fuera de la red
- Sistemas fotovoltaicos fuera de la red que producen sólo energía de CC
- Sistemas fotovoltaicos fuera de la red que sirven a un solo hogar (sistema solar doméstico)
- Sistema fotovoltaico híbrido fuera de la red
- Sistemas de micro red acoplado en CC
- Sistemas de micro red acoplado en CA
- Sistemas de "ahorro de combustible" (sistema híbrido fotovoltaico-diésel que sólo funciona cuando el generador diésel está en funcionamiento)

Pequeños sistemas Fotovoltaicos fuera de la red.

Alrededor del 90% de todos los sistemas fotovoltaicos fuera de la red son muy pequeños, sirven para aplicaciones individuales (por ejemplo, iluminación solar de la calle) o edificios independientes (por ejemplo, sistemas solares domésticos). Los sistemas fotovoltaicos fuera de la red que producen sólo suministro de CC pueden ser tan pequeños como 10Wp (pico-solar), y comúnmente son de 12 VCC. Algunos ejemplos son:

- Un sistema fotovoltaico fuera de la red que sirve a una sola casa, a menudo, se llama sistema solar doméstico (aproximadamente 20Wp – 1.000Wp). Los sistemas solares domésticos pequeños sólo proporcionan alimentación de CC, por lo general de 12 VCC, y de 24 V DC. Los sistemas más grandes también incorporarán convertidores para proporcionar alimentación de CA.
- Un sistema híbrido fotovoltaico fuera de la red tiene una fuente de energía adicional, por lo general un generador de diésel (que puede funcionar con biodiesel / biogás), además

podrían ser turbinas de viento pequeñas o plantas hidroeléctricas micro/pico. La mayoría de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red de más de 1.000Wp tienen una fuente de alimentación adicional. Muchos sistemas híbridos fotovoltaicos-diésel son sistemas de generador diésel a los que se añade energía fotovoltaica, en lugar de sistemas diseñados desde el principio como sistemas híbridos fotovoltaicos-diésel.

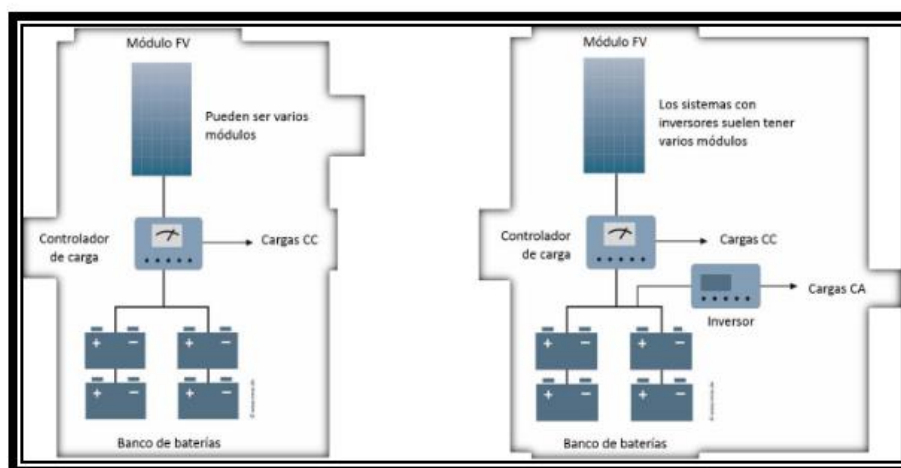


Ilustración 5. Izquierda: Un sistema fotovoltaico fuera de la red solo de CC-el tipo más común de sistema fotovoltaico fuera de la red. Derecha: Un sistema fotovoltaico fuera de la red que produce alimentación de CA a través de un convertidor (segundo tipo más común de sistema fuera de red).

Fuente: (RENAC)

Configuraciones de Micro y Mini Red

Los sistemas de micro y mini red funcionan en varios edificios en lugar de solo uno. En una micro-red acoplada en CC el arreglo fotovoltaico está conectado a las baterías (bus/línea de CC) tal como se hace en un sistema tradicional fotovoltaico fuera de la red. Las cargas de CA se alimentan desde el inversor. En esta configuración, el arreglo fotovoltaico tiene que estar cerca de las baterías. La mayoría de los sistemas de más de 1.000Wp, por lo general, también tienen un generador diésel para impulsar cargas pesadas, que se utilizan con poca frecuencia, y para contribuir a la carga de la batería durante los periodos de baja radiación solar. Esto tiene la ventaja significativa de permitir la reducción de la capacidad del banco de baterías.

Aunque existen muchos sistemas más grandes de este tipo con arreglos fotovoltaicos mayores a los 4.000Wp, más allá de un cierto tamaño los sistemas acoplados en CA son a

menudo la opción más atractiva. Además, están disponibles los sistemas trifásicos. En una mini-red acoplada en CA se utiliza un inversor especial con baterías, el cual crea su propia mini-red de CA. Luego, el arreglo fotovoltaico se conecta directamente a la mini-red de CA utilizando inversores conectados a la red. El diseño y la instalación requieren del conocimiento de un profesional en la rama.

Tecnología fotovoltaica conectada a la red

Una ventaja importante de estos sistemas cada vez más comunes es que el arreglo fotovoltaico no necesita estar cerca de las baterías; puede estar en cualquier lugar a lo largo de la línea de corriente alterna. Generalmente, el tamaño del sistema es de más de 2.000Wp. También están disponibles los sistemas trifásicos.

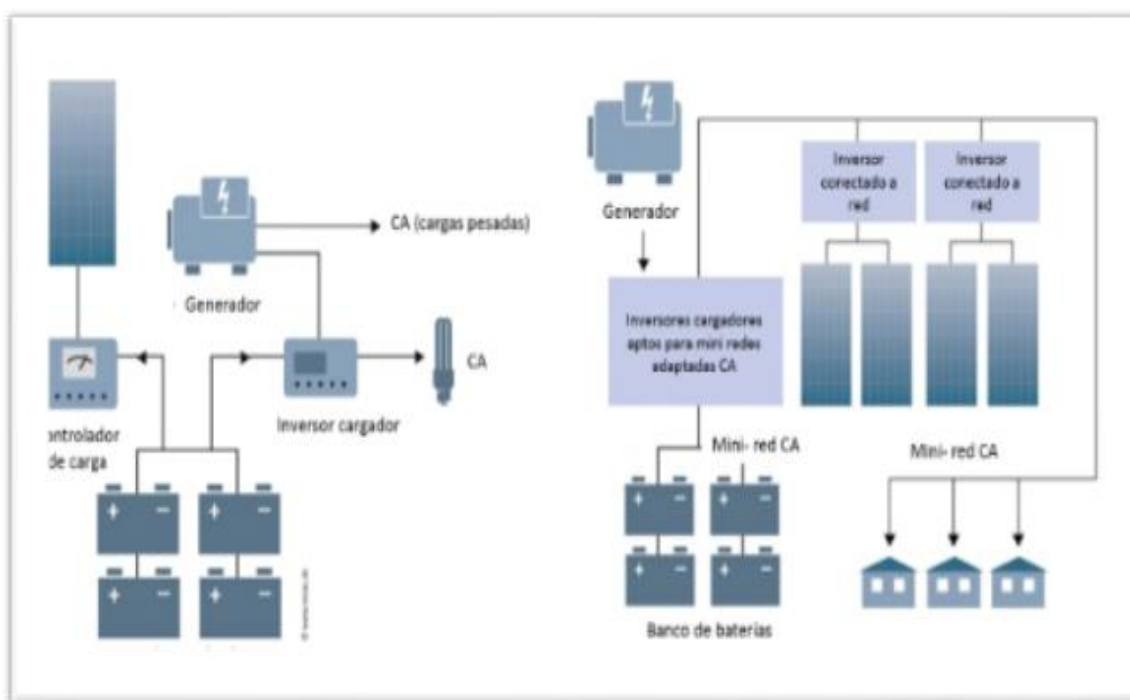
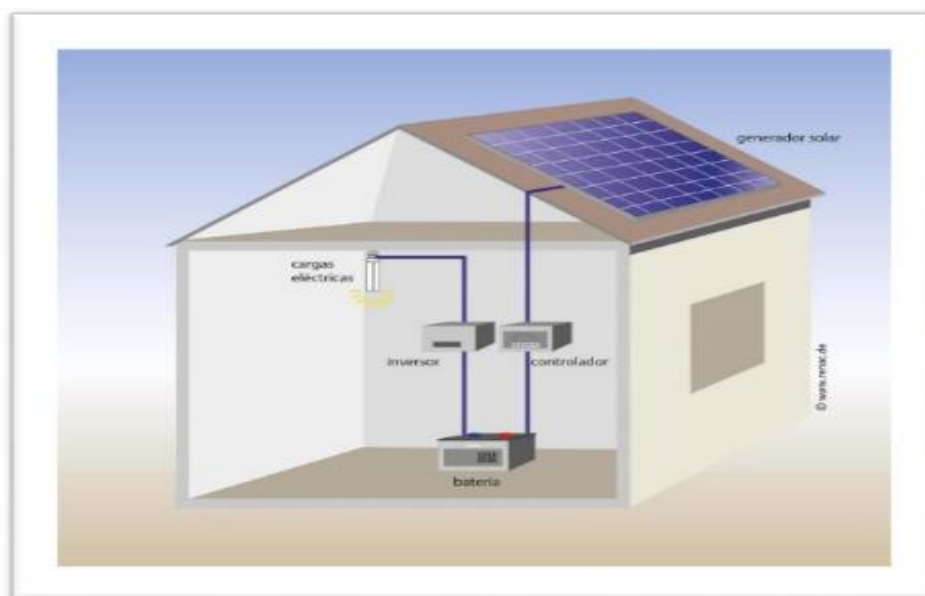


Ilustración 6. Izquierda: Esquema simplificado de micro red acoplada en CC. Derecha: mini red acoplada.

Fuente: (RENAC)

Componentes del sistema

Los sistemas fotovoltaicos fuera de la red son muy modulares; pueden ser pequeños o grandes dependiendo de la cantidad de cada componente que constituye el sistema. Los principales componentes son los mismos módulos fotovoltaicos, baterías, controladores de carga e inversores. Además de los componentes eléctricos, se requiere un sistema de montaje para los módulos fotovoltaicos y una carcasa segura para los inversores, cargadores y baterías.



*Ilustración 7. Componentes principales de un sistema fotovoltaico fuera de red.
Fuente: (RENAC)*

Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos basados en silicio son los más adecuados para sistemas fuera de la red. Se dividen por tipo de módulo en las siguientes categorías generales:

Tipo de módulo	Eficiencia del módulo	Área – m2 por 100 Wp
Mono cristalino	16 - 24%	0.4 – 0.6 m2
Poli cristalino	14 - 20%	0.5 – 0.7 m2
Silicio amorfo (unión múltiple)	9 - 12%	Hasta 1.1 m2 aproximadamente

*Tabla 4. Módulos fotovoltaicos basados en silicio para sistemas fuera de la red.
Fuente: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.2855/full>*

La gran mayoría de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red utilizan módulos cristalinos, asimismo se utilizan módulos de silicio amorfo. Los módulos cristalinos de 36 celdas o células son los más versátiles para su uso fuera de la red. Tienen una tensión de circuito abierto (VOC) de alrededor de 20 V. Se pueden conectar en paralelo para su uso en sistemas de 12 V CC, o en serie-paralelo para su uso en sistemas de 24 V CC. Los módulos de 60 celdas también se utilizan en sistemas fotovoltaicos fuera de la red. Tienen una VOC de alrededor de 36 V cc y se pueden conectar en paralelo para su uso en sistemas de 24 V CC, o en serie-paralelo para su uso en sistemas de 48 V CC.

Los módulos de 36 celdas se pueden utilizar directamente con controladores de carga estándar para 12 V CC, y los módulos de 60 celdas con controladores estándar para 24 V CC. No obstante, compruebe siempre que el rango de tensión del módulo FV a diferentes temperaturas se mantiene dentro de los límites de tensión admisible del controlador de carga. Los módulos con diferentes números de celdas, por ejemplo 72, por lo general, requieren controladores de carga con rastreadores de punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés) (ver más adelante). No se deben mezclar en un string o cadena de módulos diferentes tipos de módulos.

Los módulos que no son de silicio (como los módulos base de cadmio): estos requieren instalaciones de reciclaje especializadas al final de su vida útil. Tales instalaciones de reciclaje no están disponibles en la mayoría de las regiones del mundo donde se han instalado sistemas fuera de la red.



*Ilustración 8. Módulo fotovoltaico cristalino de silicio de 36 celdas.
Fuente(RENAC)*

Controladores de carga

Las principales funciones del controlador de carga en un sistema fotovoltaico fuera de la red son asegurarse de que las baterías se carguen de manera eficiente y protegerlas de sobrecarga o que se descarguen por completo. El controlador de carga dará lugar a una desconexión por bajo voltaje (LVD) para evitar que la batería se descargue demasiado (descarga profunda), o a una desconexión por alto voltaje (HVD) para evitar que la batería se sobrecargue. Muchos controladores de carga permitirán el ajuste del HVD para cada tipo de batería (por ejemplo, baterías selladas o baterías de plomo -ácido).

Desde el punto de vista de sus componentes electrónicos internos, hay varios tipos de controladores de carga: controladores de tipo derivación, controladores de tipo serie, controladores de modulación de duración de impulsos (PWM) (estos cargan las baterías con mayor eficiencia), y controladores de carga con MPPT integrado. Si bien es útil tener una comprensión de estas diferentes categorías, al final del día, se debe seleccionar un verdadero controlador de carga disponible en el mercado. Con el fin de hacer esto correctamente, es necesario estar familiarizado con las hojas informativas del controlador de carga y ser capaz de interpretarlas. Para aplicaciones especializadas, como las telecomunicaciones, se debe consultar a los proveedores. Los controladores de bombas solares son diferentes a los controladores de carga solar regulares.

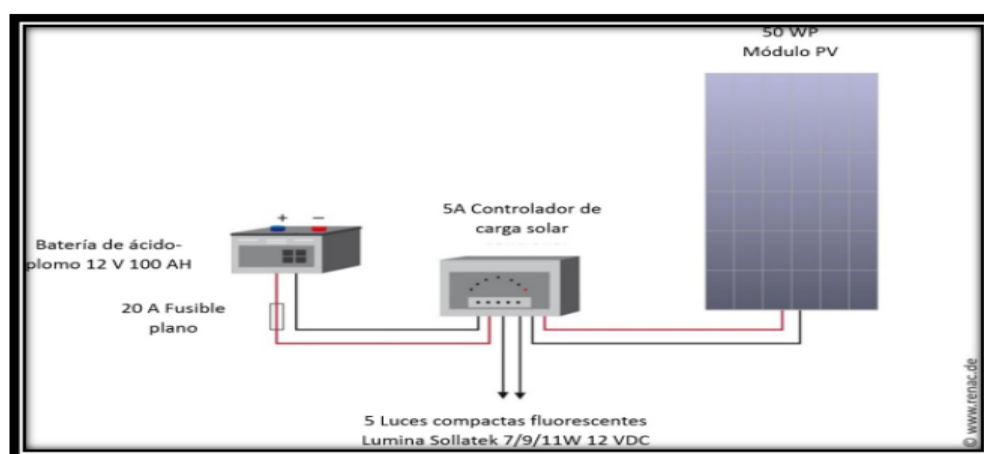


Ilustración 9. Cableado del controlador de carga conectado entre los módulos fotovoltaicos y las baterías.

Fuente: (RENAC)

Selección del controlador de carga

La selección de un controlador de carga es una importante tarea de diseño. En la mayoría de los sistemas fuera de la red es el único componente de control electrónico. Se debe considerar lo siguiente (lista no exhaustiva):

- ¿El regulador de carga es adecuado para la aplicación? Por lo general, no es un problema, pero se debe revisar.
- ¿Cuál es la tensión de funcionamiento? 12V,24V,48V CC.
- ¿Cuál es el tamaño? ¿Cuál es la corriente de entrada máxima del módulo(s) fotovoltaico que el controlador de carga puede procesar? La mayoría de los códigos especifican que, si un arreglo fotovoltaico produce, por ejemplo, 20A pleno sol (aproximadamente ISC), entonces el controlador de carga debe tener una capacidad de corriente de entrada de 1,25 veces mayor (es decir, 25A). El controlador también tendrá capacidad de corriente de salida (para las cargas).

La imagen siguiente muestra un controlador de carga Steca y uno Phocos. Tanto Steca y Phocos son los principales fabricantes de controladores de carga de alta calidad. Hay que tener en cuenta la pantalla muy clara del estado de carga (SOC) de la batería en el Steca PR3030 (izquierda). El Phocos CLM20 (derecha) tiene una pantalla más simple. La corriente de entrada máxima (del arreglo fotovoltaico) y la corriente de salida (para las cargas de CC) para el Steca es de 30A nominal y para el Phocos es de 20A. Esta diferencia entre los controladores de carga se verá reflejada en el precio.



Ilustración 10. Controladores de carga de Steca y Phocos.

Fuente(RENAC)

Rastreadores de punto de máxima potencia (MPPT)

Los rastreadores de punto de máxima potencia (MPPT) usan CC para los aparatos electrónicos de conversión de CC para "rastrear" el punto de máxima potencia (MPP) de un módulo fotovoltaico o curva de I-V del arreglo. Pueden aumentar el rendimiento de energía en un 10-35%. El uso de MPPT en sistemas fuera de la red tiene dos ventajas:

- El rastreo de MPP en un sistema fuera de la red asegura que el módulo funcione siempre a la máxima potencia posible.
- Al utilizar módulos fotovoltaicos con más de 36 celdas, por ejemplo, un módulo con 50 celdas, el MPPT asegurará que se recoja la energía producida por todas las 50 celdas. Sin un MPPT, la energía de las 14 celdas adicionales (50-36) se quedará sin utilizar.

Los MPPT se utilizan sobre todo en sistemas más grandes (por ejemplo, por encima de 200Wp). Actualmente, están integrados en el controlador de carga. Los MPPT trabajan de manera eficiente dentro de un rango de tensión especificado. Si el voltaje del arreglo fotovoltaico es demasiado bajo, no funcionarán (esto podría ser un problema cuando los módulos están funcionando a altas temperaturas). Si el voltaje del panel fotovoltaico es demasiado alto (baja temperatura del módulo), podrían resultar dañados. Los paneles trabajarán de forma más eficiente dentro del rango de voltaje especificado.

La siguiente ilustración muestra una curva I-V típica para un módulo fotovoltaico, donde se puede observar la ubicación del punto de máxima potencia (MPP). De la gráfica en la ilustración se puede observar que el voltaje en el punto de máxima potencia (MPP) es de alrededor de 19 V. Sin un MPPT, el voltaje del sistema fuera de la red se arrastra al voltaje de la batería, por lo general de 14-15 V. Esto significa que, sin el MPPT, el módulo produce menos que el óptimo teórico.



Ilustración 11. . Izquierda: Controlador de carga Steca Solarix con MPPT integrado Steca. Derecha: Curva IV típica de un módulo fotovoltaico con MPP marcado.

Fuente(RENAC)

Convertidores CC-CC

Los convertidores CC-CC son dispositivos electrónicos que convierten una tensión de corriente continua a otra. Pueden convertir, por ejemplo, 24V CC a 12V CC (muy útil ya que hay muchas más lámparas y electrodomésticos disponibles en 12V CC que en 24V CC), o de 12V CC a 24V CC. La calidad es importante ya que, en los sistemas fuera de la red, normalmente se utilizan durante varias horas todos los días. Los convertidores CC-CC modernos y ligeros están diseñados para aplicaciones fotovoltaicas utilizan conmutación de alta frecuencia y transformadores para convertir el voltaje de CC hacia arriba o hacia abajo.

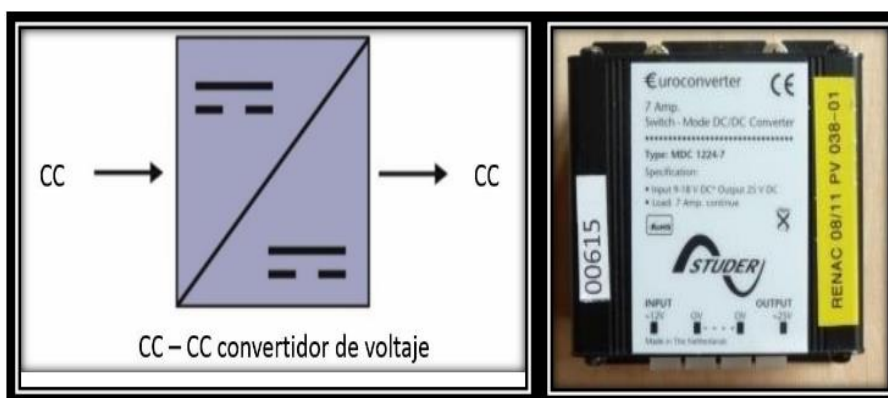


Ilustración 12. . Izquierda: Símbolo de un convertidor CC-CC. Derecha: Un convertidor CC-CC Studer de 12v a 24v.

Fuente(RENAC)

Inversores

Un inversor es un dispositivo electrónico que convierte la electricidad de CC en electricidad de CA, por ejemplo, de 12 V CC a 110 V AC. En los sistemas fotovoltaicos fuera de la red, la fuente de la electricidad de CC son las baterías. En los sistemas conectados a la red, la fuente de la electricidad de CC es un arreglo fotovoltaico. En sistemas fuera de la red, se utilizan inversores "conectados a la red" sólo en pequeñas redes acopladas en CA. Los tipos de inversores que pueden ser utilizados en sistemas fuera de la red:

- Inversores con baterías (unidireccional).
- Inversores con baterías y controlador solar de carga integrado.
- Inversores-cargadores para los sistemas acoplados en CC (a menudo llamados bidireccionales).
- Inversores-cargadores para sistemas acoplados en CA (también conocidos como bidireccionales y, a veces llamados inversores tipo isla).
- Inversores conectados a la red (también llamados en inglés "Grid-Tied") en sistemas fuera de la red.

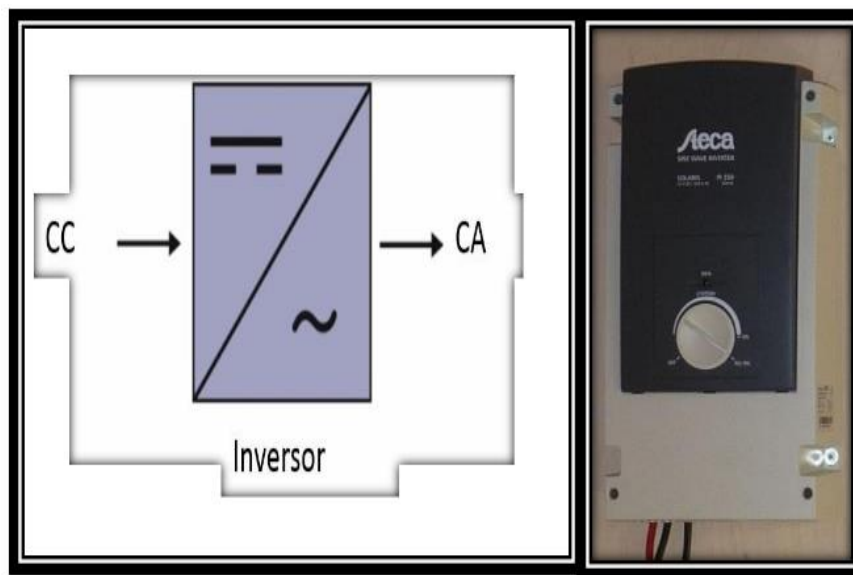


Ilustración 13. Izquierda: Símbolo para un inversor. Derecha: Un inversor de batería de 500w (una dirección) de Steca.

Fuente(RENAC)

Inversores con batería ("en una dirección" o "unidireccional")

Los inversores con batería ("en una dirección" o "unidireccional") son el tipo más básico y más común de inversor utilizado en sistemas fotovoltaicos fuera de la red. Estos simplemente están conectados de forma directa a la batería o al banco de baterías y suministran la energía en CA a las cargas. El inversor se apagará automáticamente si el voltaje de la batería es demasiado bajo. Sin embargo, este voltaje de corte suele ser demasiado bajo para proteger las baterías (típicamente 10 V o 10,5 V en un sistema de 12 V). Este corte se produce para proteger al inversor del bajo voltaje, no para proteger las baterías de una descarga profunda. Esto complica el uso de inversores en instalaciones fotovoltaicas fuera de la red. El sistema tiene que ser estrechamente gestionado por el usuario o se debe implementar una solución automática para proteger las baterías.

En la ilustración 14 se muestra un diagrama de cableado para un sistema provisto de un inversor de batería de 24 V. Las cargas de CC (por ejemplo, luces de CC) en el sistema pueden actuar como un mecanismo de alerta: si el estado de carga (SoC) de las baterías es demasiado bajo, el controlador de carga las desconectará. Algunos inversores con batería tendrán un controlador integrado de carga solar. En la imagen se muestra un ejemplo de 200 W de Studer. El nivel de protección que da a las baterías se indica en la hoja de datos. Este inversor tiene una salida de corriente alterna. Algunos de estos dispositivos también tienen una salida de CC.

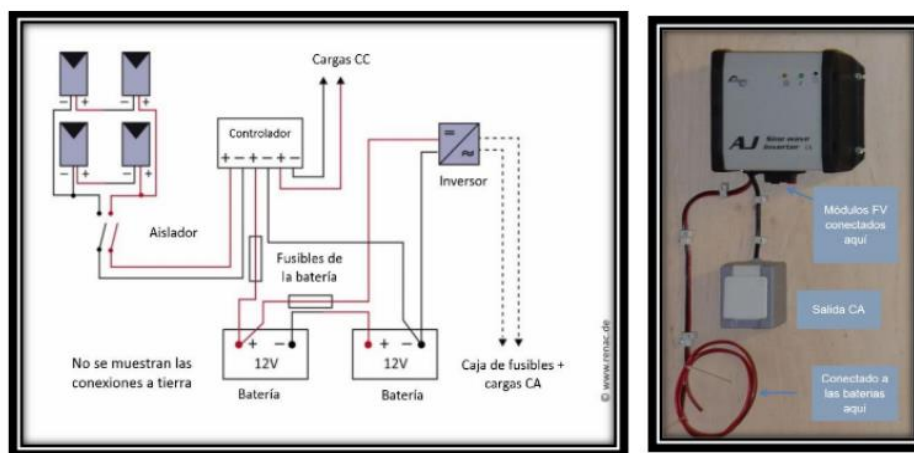


Ilustración 14. . Izquierda: Diagrama de conexiones de un sistema provisto de un inversor de batería de 24v "una dirección". Derecha: Inversor de batería de 200w con el controlador de carga solar integrado de Studer.

Fuente(RENAC)

Inversores-cargadores para sistemas fuera de la red acoplados en CC

Un inversor-cargador para sistemas fuera de la red acoplados en CC es un inversor con un cargador de batería integrado. Permite que el banco de baterías se cargue a través de un generador, de la red eléctrica (en sistemas de respaldo) o incluso de los módulos FV. Los módulos FV deben conectarse cerca de las baterías. En sistemas fuera de la red, son comúnmente utilizados los sistemas híbridos fotovoltaico-diésel. El tamaño más pequeño disponible es de aproximadamente 500 W. En sistemas más grandes, varios de estos convertidores se pueden conectar en paralelo para proporcionar una mayor potencia de salida de CA o para proporcionar una salida trifásica de CA. Las tres principales ventajas de este tipo de sistemas híbrido fotovoltaico-diésel que usan inversores- cargadores son:

- Los bancos de baterías pueden ser más pequeños: cuando el voltaje del banco de baterías cae por debajo de cierto nivel, el generador automáticamente comienza a cargar las baterías;
- Le pueden alimentar cargas más pesadas: por ejemplo, un inversor-cargador de calidad de 2.000 W quizás permitirá tomar 4.000 W directamente desde el generador cuando el generador está en funcionamiento, sin pasar por las baterías;
- Las cargas muy pesadas pueden ser alimentadas directamente desde el generador. Estos dispositivos son complejos, también son muy versátiles.



Ilustración 15. Izquierda: Símbolo de un inversor-cargador. Derecha: Inversor-cargador Compact C-1600-12 de 1600w de Steca

Fuente(RENAC)

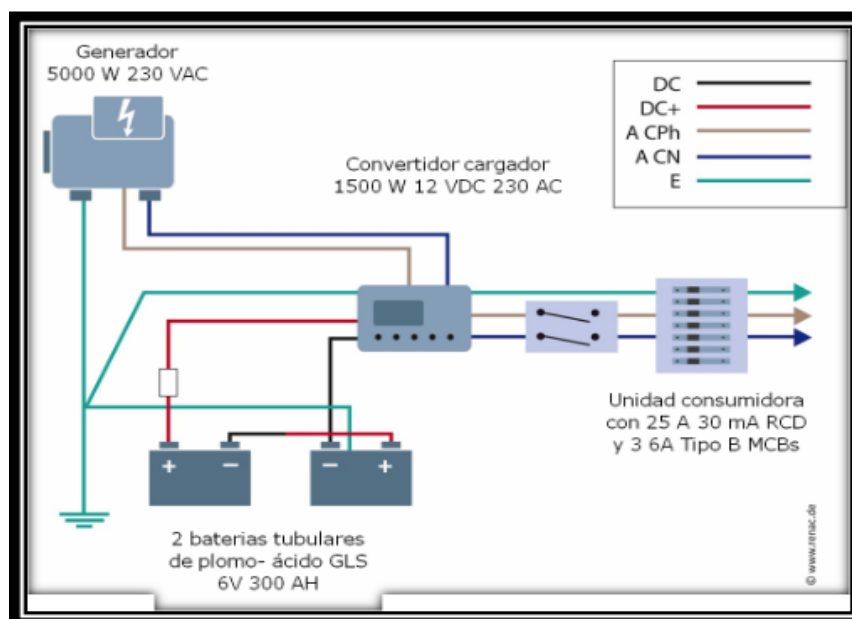


Ilustración 16. Diagrama de conexiones de un inversor-cargador en un circuito con un generador diésel.

Fuente(RENAC)

En un sistema fotovoltaico fuera de la red, el arreglo fotovoltaico se conecta directamente a las baterías a través de un controlador de carga. La alimentación para cargas más pesadas (monofásica o trifásica) se puede tomar directamente desde el generador. El inversor-cargador por lo general sólo requiere un suministro monofásico. (Fuente: RENAC)

Inversores-cargadores para sistemas fuera de la red acoplados en CA

Un inversor-cargador para sistemas fuera de red acoplados en CA es un inversor con un cargador de baterías integrado. La diferencia entre el inversor-cargador acoplado en CA y el acoplado en CC es que el primero genera la forma de onda compatible con la red eléctrica para que se sincronice el inversor de conexión a red, asimismo recibe la energía de CA generada en la mini-red de CA para cargar el banco de baterías, por ejemplo, se puede utilizar un conjunto fotovoltaico o una turbina eólica con inversores de conexión a red. El inversor-cargador acoplado en CA a menudo se utiliza en conjunto con un generador diésel; mientras que los

inversores cargadores acoplados en CC, que también pueden operar con un generador diésel, únicamente aceptan la energía proveniente de ésta fuente, y no son capaces de entregar energía a la red y mucho menos formar la mini-red tal y como lo hace el inversor cargador para mini-redes acopladas en CA. Estos dispositivos son complejos, también son muy versátiles en su uso. Su instalación y programación requieren un alto nivel de habilidad técnica. El tamaño más pequeño disponible es de aproximadamente 2.000 W. En sistemas muy grandes, los inversores se pueden conectar en paralelo para suministrar energía trifásica en CA.

La siguiente imagen muestra dos inversores en un sistema acoplado en corriente alterna. El dispositivo amarillo es un inversor-cargador SMA Sunny Island, el rojo es el inversor conectado a la red. El sistema se encuentra en un centro de capacitación en Mozambique.



Ilustración 17. Dos inversores en un sistema acoplado en CA: un inversor-cargador(amarillo) y un inversor conectado a la red(rojo).

Fuente: Carlos Munhá Freire, Inst Ind of Maputo

Inversores FV conectados a la red en sistemas fuera de la red

Los inversores FV de conexión a la red (llamados en inglés "Grid Tied") son inversores que permiten que la electricidad generada por el arreglo fotovoltaico sea inyectada a la red eléctrica con el voltaje, la frecuencia y la forma de onda correctas. En el caso de un sistema fuera de la red, esta será una mini-red creada por el inversor-cargador (sistemas acoplados en CA) descrita en la página anterior. En estos sistemas, tanto el inversor conectado a la red como el inversor-cargador deben ser compatibles, lo que, por lo general, significa que serán del mismo

fabricante. El inversor conectado a la red necesita ser programado (por el fabricante o el instalador) para su uso en una mini-red, ya que sus requisitos de funcionamiento serán diferentes. Por ejemplo, a veces se necesita inyectar menos que la potencia máxima en la mini-red cuando las baterías están llenas y los requisitos de energía son bajos.

Los inversores conectados a la red también están disponibles para pequeñas plantas eólicas e hidroeléctricas. En mini-redes acopladas en CA, deben ser compatibles con el inversor-cargador. Los inversores-cargadores SMA inician en aproximadamente 1.000 W. La imagen de la izquierda muestra un inversor conectado a la red SMA Sunny Boy, el tipo utilizado en mini-redes SMA. Este inversor está conectado a un arreglo fotovoltaico de 800Wp y proporciona electricidad a una mini-red en una isla del Pacífico. Tiene alrededor de 5 años.

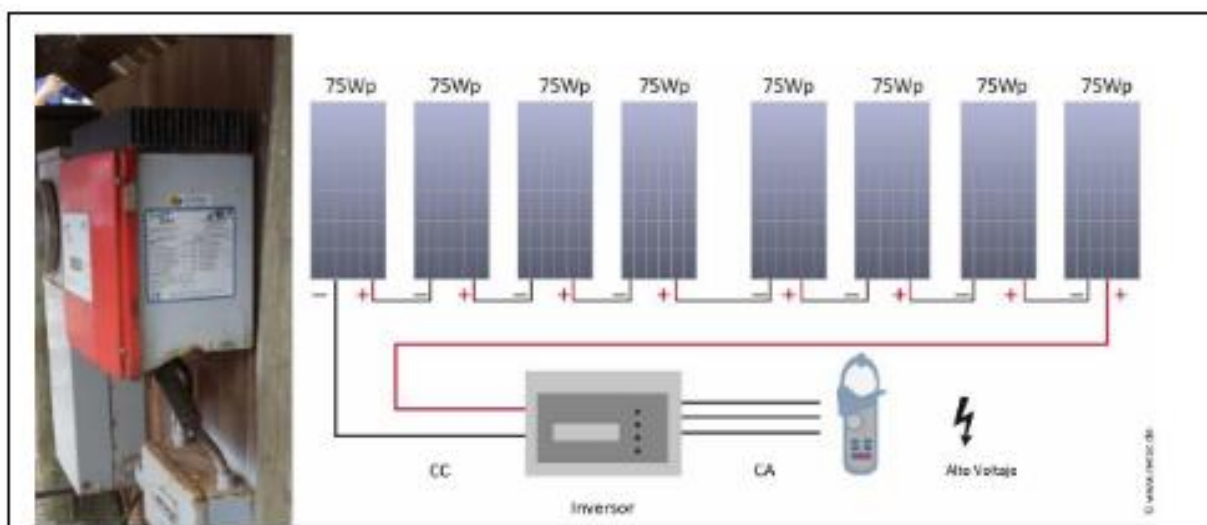


Ilustración 18. Izquierda: Inversor conectado a la red Sunny Boy conectado a un sistema de mini red acoplado en CA. Derecha: Inversor de conexión a la red conectado a una cadena en serie de módulos fotovoltaicos.

Fuente: (RENAC)

Baterías

En teoría, cualquier tipo de batería se puede utilizar en sistemas fotovoltaicos fuera de la red. Sin embargo, las baterías de plomo-ácido son, actualmente, la opción más económica y se encuentran en la gran mayoría de los sistemas fuera de la red. Además, la gran mayoría de los controladores de carga disponibles en el mercado están diseñados para cargar baterías de

plomo-ácido. Una excepción a esto son las baterías níquel e hidruro metálico que se usan en algunos sistemas de pico-solar y electrodomésticos portátiles. Las baterías a base de litio también son cada vez más habituales en los productos de pico-solar. Son mucho más caras que las baterías de plomo-ácido, pero los precios están bajando.

En la actualidad, otros tipos de baterías, como las de níquel-cadmio, níquel-metal, litio, o celdas de combustible de hidrógeno se pueden encontrar en algunas aplicaciones muy especializadas. Las tecnologías emergentes de baterías incluyen: baterías de flujo “redox” de vanadio (redox es un proceso químico de reducción-oxidación), zinc-bromuro, sodio-azufre y de iones de sodio.

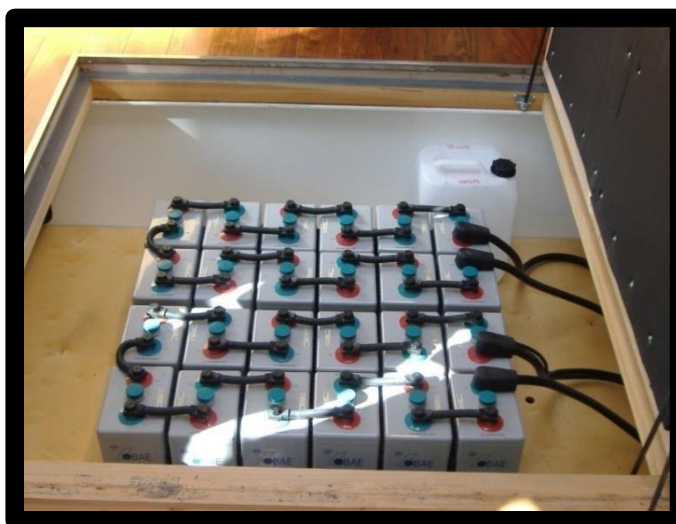


Ilustración 19. Baterías selladas en un barco de uso residencial en Berlín.

Fuente: (RENAC)

Baterías: puntos importantes por considerar

Cada modelo de batería tiene características diferentes, se deben consultar las hojas de datos para obtener información específica. Las baterías de alta calidad vienen con manuales detallados de instalación y puesta en marcha. Aquí se presentan algunos puntos importantes para tener en cuenta:

Las baterías nunca deben descargarse por completo. Para una batería de "ciclo profundo" de calidad, la profundidad máxima de descarga (DoD) es del 80%. Los bancos de baterías deben estar dimensionados para cubrir días con bajos niveles de radiación solar. Se requiere una capacidad

de almacenamiento adicional de 2 a 5 días, dependiendo del tipo de sistema, la aplicación y el clima. Es importante saber qué baterías están disponibles localmente (ya sea de fabricación nacional o importadas) y evaluar cuáles de estas baterías son adecuadas para su uso en sistemas fotovoltaicos fuera de la red. La importación de baterías es costosa y, muy a menudo, no es económicamente viable excepto para sistemas/proyectos más grandes. Las aerolíneas no transportan baterías de ácido activas, en general para cada tipo de baterías a transportar hay limitaciones ya que son considerados como materiales peligrosos. En la mayoría de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red, las baterías son el componente más caro. Un sistema puede utilizar varias baterías en el curso de su vida útil. Las baterías son el punto más débil de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red, por lo general, son el primer componente del sistema en fallar y, si los sistemas no son diseñados/gestionados adecuadamente, pueden fallar muy pronto.

El principal factor limitante en el tamaño de un sistema fotovoltaico fuera de la red es la batería. Un generador fotovoltaico muy grande puede ser instalado, puede durar 30 años con un mantenimiento mínimo. Las baterías se desgastan y tienen que ser reemplazadas. Esto puede ser muy costoso. Muchos sistemas no duran más de lo que duran las primeras baterías porque los propietarios de los sistemas no son capaces de reemplazarlas. Este problema de mantenimiento y reemplazo de las baterías debe ser abordado en la etapa inicial del desarrollo del proyecto/diseño del sistema.

Las baterías son peligrosas: Solo el personal calificado debe instalar y realizar mantenimiento a las baterías. Estas deben instalarse en lugares seguros, y con fusibles o interruptores automáticos (Breakers) adecuados. Es importante considerar cómo se puede desechar la batería al final de su vida útil (reciclado); por supuesto, esto se aplica a todos los componentes del sistema.



Ilustración 20. Instalación de un banco de baterías de gran tamaño, el trabajo puede ser peligroso y los técnicos deben estar debidamente capacitados.

Fuente: BSW-Solar/Bormann

Capacidad de la batería, coeficiente de descarga (“C-rate”), profundidad de descarga (“DoD”), ciclo de vida.

La capacidad de la batería se define en términos de amperios-horas (Ah). Por ejemplo, se dice que una batería que proporciona 1 A durante 100 horas tiene una capacidad de 100 Ah. Sin embargo, definir plenamente la capacidad de la batería es más complejo que esto. Por ejemplo, una batería puede suministrar 1 A durante 100 horas (capacidad de 100 Ah), pero la misma batería podría ofrecer 8 A durante sólo 10 horas (capacidad de 80 Ah).

Por lo tanto, la capacidad de la batería se da para coeficientes de descarga particulares, expresados como coeficiente de descarga C. El coeficiente de descarga C se refiere al número de horas en que una batería entregará una corriente específica. C100 se refiere a un periodo de descarga de 100 horas. C10 se refiere a 10 horas. Por ejemplo, una batería de 200 Ah a C100 entregará 2 A durante 100 horas, pero a C20 la misma batería entregará 9 A durante 20 horas (capacidad de 180Ah a C20). Por lo tanto, la capacidad total de la batería depende del coeficiente de descarga C.

El ciclo de vida de la batería es el número de veces que se descarga y se carga

Una batería de "ciclo profundo" tiene un máximo de profundidad de descarga (DoD) de 80%. Esto significa que se puede descargar en un 80% sin presentar daños. El estado de carga (SoC) de una batería puede ser medido para verificar que tanto se ha descargado la batería. Sin embargo, es recomendable verificar esta información en los datos del fabricante, especialmente en la garantía de la batería.

Si una batería de plomo-ácido de "ciclo profundo" se descarga en un 30% cada noche (y se recarga al día siguiente) puede tener un ciclo de vida de 4.000 ciclos. Sin embargo, la misma batería descargada en un 80% cada noche (y recargada al día siguiente) puede tener un ciclo de vida de sólo 1.200 ciclos. Esta información importante se muestra en forma de gráficos o tablas en las hojas de datos de la batería. La duración de la batería también se ve afectada por la temperatura. Por ejemplo, las baterías que funcionan a 10°C por encima de la temperatura especificada (por lo general 20°C o 25°C) pueden tener su vida útil reducida a la mitad.

La terminología para las baterías varía, se debe comprender exactamente lo que se entiende por cada término que se da en la ficha técnica de la batería.



Ilustración 21. . Baterías de plomo-ácido. Izquierda: una batería sellada de placa plana de 100Ah Sunset solar de 12v diseñada para sistemas pequeños. Derecha: Una pila plomo ácido Hoppercke de ciclo profundo.

Fuente: (RENAC)

Tipos de baterías de plomo-ácido y sus propiedades

La batería de plomo-ácido es el tipo de batería más común utilizado en sistemas fotovoltaicos fuera de red. La siguiente tabla proporciona una visión general de los tipos de baterías de plomo-ácido usadas en los sistemas fotovoltaicos fuera de la red:

Descripción común	SLI* (automotriz, camiones)	SLI modificado – a veces llamados "baterías solares"	Pilas de gel, libre de mantenimiento	Ciclo profundo libre de mantenimiento	Ciclo profundo con celdas de plomo inmersas en ácido
Construcción	Placas planas delgadas	Placas más gruesas que SLI	Libre de mantenimiento, sellado	Electrolito de gel, placas tubulares	Electrolito líquido, placas tubulares, contenedores transparentes
Propiedades	Se daña fácilmente si se descarga más de 20%	Pérdida de agua moderada a baja. Tasa de auto-descarga baja	Sin mantenimiento, puede soportar una descarga profunda	Bajo mantenimiento, puede soportar una descarga profunda	Bajo mantenimiento, construcción firme, carga bien con corrientes bajas
Tensiones de la Unidad	12V	12V	6V, 12V	2V, 6V, 12V	2V, 6V, 12V
Rango de Capacidad	60 – 200 Ah	60 – 260 Ah	10 – 130 Ah	200 – 2.000 Ah	20 – 2.000 Ah
Prof. de descarga máxima recomendada	20%, se daña fácilmente por debajo de ese valor	Ver las hojas de datos, menos que el "ciclo profundo"	Variable, depende del tipo	80%	80%
% profundidad de descarga - ciclo de vida (aproximado)	es posible 2 años de uso, pero por lo general es menos	20 % – 1000 40 % – 500	30 % – 800 50 % – 300 (puede ser menos)	30 % – 3000 80 % > 1000	30 % – 4500 80 % > 1200
Periodos de mantenimiento	3 meses aprox.	3 meses aprox.	Ninguno	Monitoreo y limpieza anual	3 – 6 meses aprox.
Comentario	Generalmente no se recomienda, pero puede ser sólo una opción práctica, utilice baterías de camiones, no baterías de automóvil	Una buena opción para los sistemas domésticos de energía solar y sistemas más pequeños, si está disponible	Propiedades muy variables - ver fichas técnicas para usos especiales	No es tan fácil de reciclar como las de ciclo profundo con celdas de plomo inmersas en ácido	Por lo general es la mejor opción, especialmente para sistemas más grandes, pero es la más cara

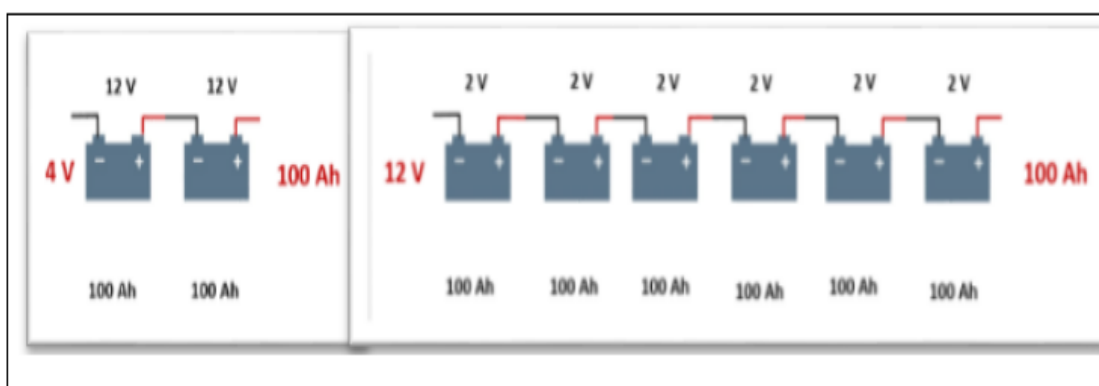
*SLI – Arranque, iluminación, encendido (del inglés "starting, lighting, ignition")

Tabla 5. Tipos de baterías de plomo-ácido usadas en sistemas fuera de red.

. Fuente: (RENAC)

Configuraciones de la batería de plomo-ácido

Las baterías pueden estar conectadas en serie, en paralelo y en serie-paralelo para lograr el voltaje y la capacidad de Ah necesarias. Siempre se prefiere la conexión en serie, entre otras razones porque una batería agotada se mostrará más rápido de esa manera, mientras que, en una configuración en paralelo, puede drenar las otras baterías. Otra razón es que las baterías en paralelo pueden producir corrientes de cortocircuito muy elevadas en caso de falla. Sin embargo, no siempre es posible conectar baterías en serie.



*Ilustración 22. . Conexión de baterías en serie.
Fuente: (RENAC)*

El voltaje total de la batería es la suma de todos los voltajes de las pilas/baterías individuales. La capacidad total de Ah de la batería es la misma que la de las pilas/baterías individuales.

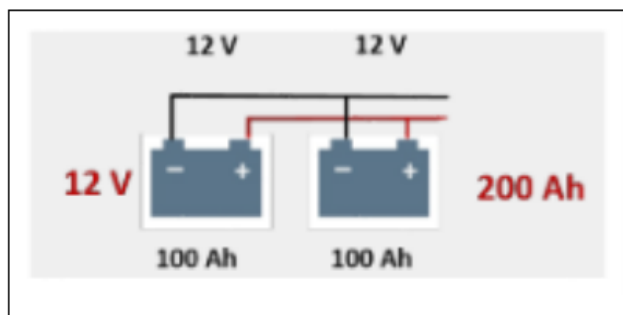


Ilustración 23. Baterías en paralelo.

Fuente: (RENAC)

El voltaje total de la batería es igual al voltaje a través de cada pila/batería individual. La capacidad total de Ah de la batería es la suma de todas las capacidades de Ah de las pilas/baterías individuales.

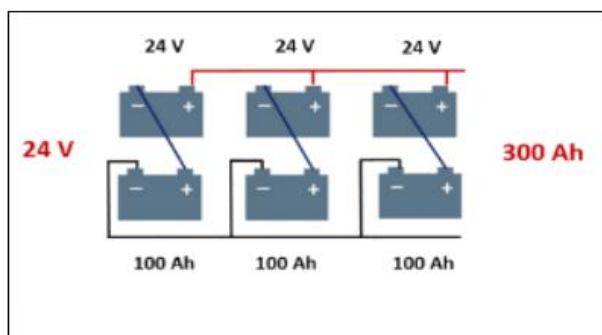


Ilustración 24. Baterías en serie paralelo

Fuente: (RENAC)

Las cadenas se componen de baterías en serie, se suma el voltaje. Las cadenas se conectan en paralelo, se suma la capacidad de Ah.

Requisitos para las estructuras de montaje para sistemas fuera de la red

Los módulos y los arreglos fotovoltaicos deben ser montados correctamente. Los requisitos fundamentales son:

- Orientación óptima.
- Ángulo de inclinación óptimo; como regla general, el ángulo de inclinación óptimo es el de latitud. Sin embargo, el ángulo de inclinación en todos los casos debe ser de al menos 10 para permitir la limpieza automática mediante la lluvia.
- Evitar toda sombra.
- Ventilación para evitar las altas temperaturas, los módulos no se deben montar directamente sobre techos de metal, debe dejar al menos 10 cm para su ventilación.
- La estructura debe soportar el peso de los módulos y debe resistir vientos fuertes.

- Generalmente, la estructura debe ser galvanizada o de aluminio; también se puede utilizar acero pintado y madera.
- Puede ser necesaria la conexión a tierra.

Puede ser necesaria la protección contra rayos (ver los códigos locales), si es posible, los arreglos de paneles no deben ser el punto más alto de un edificio.

Se debe tener en cuenta que la estructura de montaje deberá tener una vida útil, tal vez 20 o más años. Al elegir el material del marco de montaje deben tomarse en cuenta las condiciones locales (por ejemplo, una ubicación cerca del mar donde hay sal en el aire).



Ilustración 25. . Módulos montados en poste y en techo. Izquierda: Módulos fotovoltaicos montados en poste, Gales Reino Unido. Derecha: Módulos solares montados en el techo del centro de capacitación de la Universidad EARTH-Costa Rica. Tenga en cuenta que hay un espacio de aire entre los módulos y el techo de metal, material de la estructura de montaje es hierro dulce pintado.

Fuente: (RENAC)

Tipos de sistemas de montaje

Las estructuras de montaje de un arreglo fotovoltaico fuera de la red generalmente se dividen en las siguientes categorías:

- Estructuras montadas en tierra (independientes, generalmente fijas, a veces puestas en su lugar mediante pesos).
- Estructuras de montaje en techos planos (independientes, generalmente se mantienen en su sitio mediante pesos, no son fijas).

- Montadas en postes.
- Estructura de montaje en techos inclinados (más difíciles de instalar, la orientación del techo y la pendiente pueden no ser óptimas.
- Sistemas de rastreo - manual y automático (el sistema de rastreo manual es el más común en sistemas fuera de la red que el seguimiento automático). Para latitudes cercanas al Ecuador no es estrictamente necesario el uso de rastreadores, para sistemas fuera de la red es muy raro encontrar tejas fotovoltaicas integradas en el techo.

Para sistemas pequeños, la mayoría de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red estarán montados en suelo o en poste. Para el montaje en techo (ya sea en un techo plano o inclinado), se debe considerar la condición del techo y la calidad (si va a durar más de 20 años la instalación fotovoltaica), y si la estructura del techo es lo suficientemente fuerte para soportar el peso adicional, así como para soportar la carga del viento.



Ilustración 26. Estructura de montaje en suelo, Francia. Tenga en cuenta que el módulo del fondo está muy cerca del suelo y podría verse sombreado por el crecimiento de la hierba. El material de la estructura es de aluminio.

Fuente: (RENAC)



Ilustración 27. Izquierda: Estructura de seguimiento manual en centro de formación en Tanzania. Derecha: Módulos en un montaje en poste de fabricación local para un sistema de energía solar doméstico en la Francia rural. Ambas estructuras son hechas en hierro dulce y pintadas para su protección.

Fuente: (RENAC)

Diseño y dimensionamiento del sistema

Para el diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos fuera de la red generalmente se siguen los pasos que se muestran en la imagen a continuación. Esto es para un sistema acoplado en CC con inversor, pero sin ninguna otra fuente de energía, por ejemplo, un generador diésel. Para la mayoría de los sistemas más grandes, sobre unos cientos de Wp, se requerirá una inspección del lugar. Sin embargo, los sitios fuera de la red tienden a estar en zonas remotas, lo que hace que una inspección del lugar sea cara y lleve mucho tiempo, por lo tanto, es buena idea hacer un trabajo de inspección de escritorio; para esto se requiere, esencialmente, que el cliente llene un formulario, responda preguntas, proporcione fotografías, etc. Entonces es posible para el diseñador/instalador dar una estimación aproximada de costos para el sistema. Si esto es aceptable, entonces se puede realizar una visita real al sitio.

Se recomienda el uso de formularios para estudios preliminares del sitio. A veces, estos son proporcionados por los proveedores de equipos, pero idealmente, los diseñadores/instaladores deberían tener su propio formulario. Durante una inspección del lugar se debe investigar: detalles de cualquier sistema eléctrico existente (por ejemplo, generador

diésel), las posibles ubicaciones para los módulos y baterías solares, lugares que requieren iluminación, todos los requisitos de calentamiento de agua, un mapa aproximado del sitio, uso del edificio. Los formularios para estudios preliminares son también utilizados para recopilar información de las cargas.

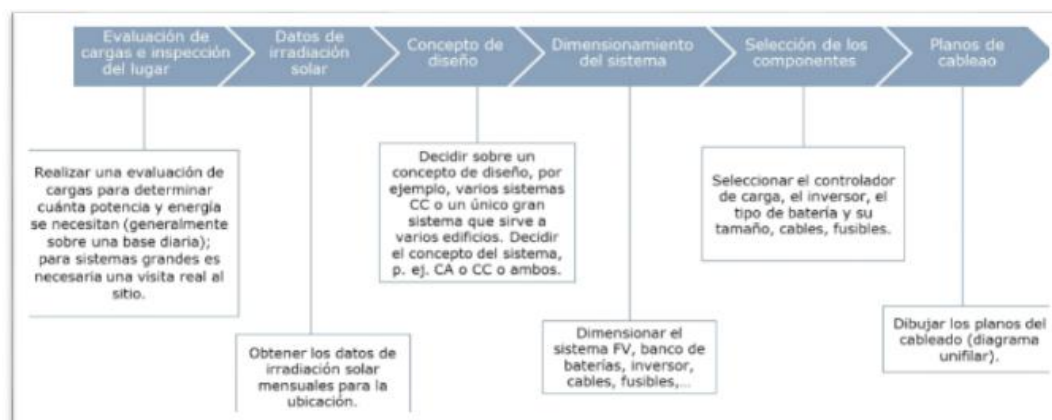


Ilustración 28. Procedimiento para dimensionar un sistema fotovoltaico.

Fuente: (RENAC)

Evaluación de cargas

El primer paso en el proceso de diseño es evaluar los requisitos de potencia y energía. Esto puede ser sencillo (se debe realizar una lista de todos los equipos, sus requerimientos de energía, horas de uso por día, etc.) pero con sistemas más grandes se recomienda una auditoría energética integral. Una auditoría energética se ocupará de cuestiones tales como la sustitución de algunos equipos por equipos más eficientes, es decir de menor consumo de energía, así como sugerir alternativas a la electricidad si corresponde, por ejemplo, sustituir el calentador de agua eléctrico con calentamiento solar de agua.

En la siguiente tabla se muestra una evaluación de cargas. El consumo total de energía es de aproximadamente 1kWh por día esto cuenta como un sistema fuera de red grande. La última columna de la tabla muestra el voltaje requerido, CA o CC. Solo la iluminación es de 12 V CC. Las otras cargas son de 230V CA, por lo que es necesario un inversor. Las cargas de CA totales son 211 W por lo que un inversor de 300 W debería ser suficiente. El diseño de todo el

sistema estará basado en esta evaluación de la carga, por lo que se debe hacer con la mayor precisión posible.

Aparato	Cantidad	Potencia (watts)	Horas	Energía (watt-horas)	Potencia total (watts)	Tensión
Luces de baja potencia	5	11 W		220Wh	55	12 VCC
Luces de camino LED	10	1 W		50Wh	10	12 VCC
Lámparas de escritorio	2	13 W		104Wh	26	230 VCA
Computadora portátil	1	30 W		240Wh	30	230 VCA
TV y video	1	80 W		160Wh	80	230 VCA
Impresora de computadora	1	20 W	.5	10Wh	20	230 VCA
Contestador	1	5 W	4	120Wh	5	230 VCA
Equipo musical	1	50 W		150Wh	50	230 VCA
Requerimiento energético diario				1054Wh		

Tabla 6. Requerimientos energéticos (12Vcc y 230Vac) para un sistema fotovoltaico grande fuera de red.

Fuente: (RENAC)

Evaluación del recurso solar

Para una instalación fotovoltaica fuera de la red, el diseñador necesita conocer el promedio mensual por día de la irradiación solar, medido en kWh/m²/día, durante un año completo. Un parámetro similar es el número promedio de horas solares pico para cada mes. Para la mayoría de aplicaciones fuera de la red, el "mes de diseño" es el mes con la menor irradiación diaria promedio.

Los datos de irradiación solar normalmente se proporcionan como la irradiación directa normal (es decir, la energía que cae en un plano horizontal). Sin embargo, los módulos fotovoltaicos no se deben instalar en horizontal, por tanto, se debe tener en cuenta el efecto en

la salida de energía provocado por la inclinación de los módulos. Las fuentes de los datos de irradiación solar son:

- PVGIS <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> (Actualmente solo disponible para Europa y África. Proporciona datos para todos los ángulos de inclinación).
- Meteorología de superficie y energía solar NASA.
- <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>
Hace predicciones de irradiación solar a partir de datos basados en modelos y del satélite. Proporciona datos de irradiación solar en ángulos de inclinación de 0°, ángulo de latitud, ángulo de latitud $\pm 15^\circ$, 90°, promedio anual de ángulo de inclinación óptimo).
- PV Watts <http://pvwatts.nrel.gov/> (Utiliza datos de irradiación solar desde estaciones meteorológicas internacionales. Proporciona datos de irradiación solar para el ángulo de inclinación que se ingresa).

Orientación, ángulo de inclinación, sombreado

Orientación:

Para un rendimiento óptimo, los módulos fotovoltaicos deben estar orientados hacia el ecuador (hacia el sur en el Hemisferio Norte y hacia el norte en el Hemisferio Sur). Sin embargo, en los trópicos, debido a que el sol está a veces en el norte y, a veces, en el sur, los módulos deben mirar hacia la parte del cielo donde el sol se ubica durante los meses menos soleados.

Inclinación (ángulo de inclinación):

El ángulo de inclinación óptimo para módulos fotovoltaicos en un sistema fuera de la red se determina por:

- La latitud.
- El tipo de sistema (sólo fotovoltaico, híbrido, bombeo de agua).
- El mes de diseño: en los sistemas fotovoltaicos desconectados de la red, este suele ser el mes con la irradiación solar más baja

Una variación de $\pm 10^\circ$ de la inclinación óptima teórica es aceptable en general. *El ángulo de inclinación óptimo de un módulo FV*, dependerá de la latitud donde estará instalado el sistema, de las condiciones meteorológicas del lugar y, en el caso de los sistemas no conectados a la red de su perfil de demanda anual. Como regla general, el módulo debe inclinarse con el mismo ángulo al de la latitud donde se encuentra. Sin embargo, un ángulo más bajo puede ser preferible en lugares con considerable nubosidad, ya que la irradiación difusa se capta mejor con ángulos de inclinación inferiores. Sin embargo, el ángulo de inclinación en todos los casos debe ser de al menos 10 para permitir su auto-limpieza mediante la lluvia.

Sombreado

Se debe evitar a toda costa el sombreado de módulos y arreglos fotovoltaicos. Esto resulta sencillo para los sistemas con uno o dos módulos. Sin embargo, para arreglos grandes o si hay árboles o edificios en los alrededores, se debe realizar un análisis adecuado de sombras para mostrar durante qué meses y en cuáles momentos del día el sitio está sombreado. Un dispositivo de bajo costo particularmente adecuado para realizar el análisis de sombras para sistemas fuera de la red es el Solar Pathfinder (ver enlace de video de cómo funciona: <http://www.solarpathfinder.com/video/6>). También hay aplicaciones móviles disponibles que mostrarán la posición del sol en el cielo durante todo el año (por ejemplo, Sun Seeker de ozPDA, o Sun Surveyor). Estas aplicaciones pueden utilizarse para determinar el sombreado en un sitio, pero requerirán un poco más de esfuerzo.



Ilustración 29. Módulos sombreados en un montaje en poste. La potencia de salida será muy baja, una falla de instalación común.

Fuente: (RENAC)

Concepto de diseño

Las configuraciones típicas de diseño son las siguientes:

- Pequeños sistemas fotovoltaicos fuera de la red.
- Sistemas fotovoltaicos fuera de la red que producen sólo energía de CC.
- Sistemas fotovoltaicos fuera de la red que sirven a un solo hogar (sistema solar doméstico).
- Sistema fotovoltaico híbrido fuera de la red.
- Sistema de micro red acoplado a CC.
- Sistema de mini red acoplado a CA.
- Sistema de "ahorro de combustible" (sistema híbrido fotovoltaico-diésel que sólo funciona cuando el generador diésel está en funcionamiento).

Al decidir sobre un concepto de diseño, es esencial tener una comprensión clara de las necesidades del cliente. Una buena filosofía de diseño tiene como objetivo producir o construir sistemas "sostenibles" sistemas que no sólo "funcionan" cuando se instalan por primera vez, sino que pueden ser manejados y mantenidos durante muchos años con éxito. Esto implica hacer preguntas como:

- ¿Dónde podrá el cliente obtener una batería de reemplazo cuando esta llegue al final de su vida útil?

- ¿El cliente (por ejemplo, una escuela o una clínica lejana) será capaz, económicamente, de comprar una batería de reemplazo de ese tipo y tamaño?
- ¿Sería mejor tener varios sistemas pequeños con baterías pequeñas (más fáciles de reemplazar y que no necesitan ser reemplazadas al mismo tiempo) que un sistema más grande de mini o micro red?
- ¿La experiencia local es suficiente para mantener el tipo de sistema que se propone?
- ¿Hay instalaciones locales para el reciclaje de las baterías?

Metodología para el dimensionamiento

Una vez que se ha realizado la evaluación de las cargas, se conoce el recurso solar y se ha seleccionado un concepto de diseño, se puede comenzar a dimensionar el sistema. La siguiente fórmula se puede utilizar para hacer una estimación inicial del tamaño del arreglo fotovoltaico para un sistema fuera de la red (suponiendo que no hay generador diésel u otra fuente de energía):

Ecuación 1:

$$P_{peak} = E \div PSH \times PR$$

Donde:

P_{peak} = energía máxima del arreglo FV [Wp]

E = el requerimiento energético diario en watt-hora [Wh]

PSH= número promedio diario de horas solares pico en el mes de diseño en la orientación e inclinación del arreglo FV

PR = relación de rendimiento del sistema expresada como un factor (1 es 100%). Para un sistema fuera de la red, comúnmente será de 0,6 (60%) hasta 0,7 si el sistema tiene un controlador con rastreador de máxima potencia (MPPT).

La siguiente fórmula se puede utilizar para hacer una estimación inicial del tamaño del banco de baterías para un sistema fotovoltaico fuera de la red (suponiendo que no hay generador diésel u otra fuente de energía):

Ecuación 2:

$$Q = \frac{E \times d}{V \times DoD \times \eta_{Cable} \times \eta_{INV}}$$

Donde:

Q = capacidad mínima del banco de baterías requerida en amperios-hora [Ah].

E = requerimiento energético diario en watt-hora [Wh]

d = número de días de almacenamiento requerido, 3 es común, pero puede oscilar entre 1 y 5.

V = Voltaje de CC del sistema [V]

DoD = profundidad máxima permisible de descarga de las baterías (de 0,3 a 0,8 en función del tipo de batería)

η_{INV} = eficiencia del inversor. Esto es 1 si no hay inversor o alrededor de 75% (0,75) para un inversor en un sistema fuera de la red, lo ideal es tomar los datos de eficiencia de la documentación técnica del inversor. También puede modificar este valor con la probabilidad de uso del sistema.

η_{CABLE} = la eficiencia de transmisión para cables debe ser alrededor de 95% (0,95) ya que el cable debe ser diseñado para limitar la caída de voltaje alrededor del 5%.

El uso de fórmulas como estas le dará al diseñador/instalador una buena idea del tamaño del arreglo fotovoltaico requerido y la capacidad requerida del banco de baterías. En esta etapa, sin embargo, no se han seleccionado los componentes reales. El diseño y dimensionamiento finales del sistema se deben hacer usando las especificaciones reales de las hojas de datos del producto.

Siempre se debe comprobar el tamaño y el diseño del sistema. Un buen proveedor debe ser capaz de ayudar con esto. Siempre se debe pensar que se ha cometido algún error o que falta algo. ¡Ni siquiera el mejor diseñador lo sabe todo!

Instalación, puesta en marcha, operación y mantenimiento

Todos los trabajos de instalación fotovoltaica fuera de la red deben cumplir con los códigos, reglamentos eléctricos nacionales, y deben ser realizados por personas debidamente calificadas. Los circuitos de distribución (tanto de CA como de CC) están cubiertos en los códigos nacionales; el cableado y montaje de generadores fotovoltaicos, la conexión a tierra de los sistemas e inversores, y la instalación de los fusibles para los bancos de baterías también.

Una de las tareas que enfrenta la industria fotovoltaica fuera de la red (u otro sector de energías renovables) es el desarrollo de normas y regulaciones apropiadas con el fin de que los sistemas sean instalados de manera segura, con altos estándares de calidad. Cuando se hace referencia a los códigos internacionales y nacionales existentes, se debe tener en cuenta que los sistemas eléctricos y condiciones ambientales varían de país a país.

Salud y seguridad

La salud y la seguridad son de suma importancia. Un lugar de instalación fotovoltaica es una obra de construcción y un sitio de instalación eléctrica, como tal, debe cumplir con todas las precauciones de salud, seguridad pertinente y las buenas prácticas de trabajo. Todo el personal que trabaja en el sitio de construcción debe recibir el entrenamiento adecuado de salud y seguridad.

Instalación de módulos fotovoltaicos: buenas y malas prácticas

La instalación de los módulos fotovoltaicos es una de las tareas más importantes para el instalador. Las siguientes imágenes muestran algunos ejemplos de buenas y malas prácticas en las instalaciones de módulos fotovoltaicos en sistemas fuera de la red.



Ilustración 30. Arreglo fotovoltaico de 1000wp en un techo verde plano. Izquierda: Tenga en cuenta que existe suficiente espacio en frente de los módulos fotovoltaicos para evitar el sombreado ocasionado por la pared baja. Derecha: tenga en cuenta que la estructura de montaje se sujeta por el lado de las losas de hormigón y no se han hecho fijaciones en techo.

Fuente: (RENAC)



Ilustración 31. Izquierda: Módulo fotovoltaico mal montado en una parada de autobús, simplemente fue puesto en el techo y no fue fijado en una estructura de soporte adecuada. Un fuerte viento podría despegarlo fácilmente y causar lesiones graves. Derecha: Módulos montados en un marco de madera mal construido. La madera no ha sido tratada, por lo que está pudriendo y la estructura está a punto de caer.

Fuente: (RENAC)

Instalación y dimensionamiento de los cables

El dimensionado y la instalación del cable debe cumplir con los códigos eléctricos nacionales con respecto a clasificaciones térmicas de corriente, etc. Los cables del arreglo fotovoltaico deben ser adecuados para uso a la intemperie (ser resistente a los rayos UV, o instalados en un conducto), clasificado para funcionamiento a 80 C y estar libre de halógenos se pueden permitir excepciones en sistemas muy pequeños donde el peligro de incendio es mínimo. Los cables de los arreglos fotovoltaicos, los cables de las baterías y los cables en los circuitos de distribución de bajo voltaje menores a 48 V, necesitan ser dimensionados para cumplir con los requisitos mínimos de caída de voltaje, como sigue:

- La caída de voltaje del controlador de carga a las baterías debe ser menor o igual al 1%
- La caída de voltaje del banco de baterías al inversor deberá ser menor o igual al 1%
- La caída de voltaje de los paneles hacia el controlador debe ser menor o igual al 3%
- La caída de voltaje del controlador de carga hacia las cargas en CD debe ser menor o igual al 5%
- La caída de voltaje del inversor hacia las cargas en CA debe ser menor o igual al 5%

Clasificaciones de cables de CA y CC

Los cables utilizados en circuitos de corriente continua tienen que estar homologados para CC, y los que se utilizan en circuitos de corriente alterna tienen que estar homologados para CA, tanto para voltaje como para corriente; la mayoría de los cables sirven ya sea para CC o para CA.

- Los cables de la batería deben ser resistentes a los ácidos y flexibles (multi-hilos). A menudo, los cables adecuados pueden ser proporcionados por los proveedores de las baterías y los inversores.
- El controlador de carga y el inversor se deben instalar lo más cerca posible de las baterías.
- El arreglo fotovoltaico se debe instalar lo más cerca posible del controlador de carga.

Conexión a tierra

En términos generales, el propósito de la conexión a tierra es:

- Mantener todo el metal asociado con el sistema eléctrico que podría llegar a estar "vivo o electrificado", en caso de fallas, al mismo "potencial eléctrico" de la masa general de la tierra.
- Asegurar que todos los fusibles y disyuntores o MCBs se activarán de forma rápida en el caso de que un conductor "vivo o electrificado" entre en contacto con la estructura metálica.
- Proporcionar una medida de protección contra rayos y sobre voltaje (cuando sea necesario) para proteger equipos, como inversores.
- Proporcionar una "conexión a tierra funcional" (cuando sea necesario) para permitir el correcto funcionamiento de algunos equipos electrónicos.

Los manuales de instalación del inversor pueden servir como una buena guía en lo que respecta a la conexión a tierra. En la práctica, la mayoría de los sistemas pequeños, por ejemplo, sistemas domésticos de energía solar (hasta 100Wp, proporcionando sólo alimentación de CC) no están conectados a tierra, y a menudo no están obligados a estarlo. Los dispositivos de corriente residual (RCD) interruptores de corriente de falla a tierra (GFI) pueden ser requeridos en los circuitos de distribución de corriente alterna procedentes del inversor. Estos proporcionan una medida adicional de protección contra descargas eléctricas o fuego.

Fusibles y disyuntores

Los bancos de baterías deben tener fusibles instalados. Un cortocircuito liberará, de un solo, toda la energía almacenada en la batería, pudiendo causar una explosión. El fusible de la batería está diseñado para evitar esto, así como para proteger el cable procedente del banco de baterías del sobrecalentamiento y del peligro de un posible incendio. Los fusibles o disyuntores de la batería deben: estar presentes en todos los conductores sin conexión a tierra procedentes de la batería; estar lo más cerca posible de terminales de la batería, generalmente fijados a la pared en un soporte para fusibles, disyuntores o MCBs (Normalmente rieles DIN); tener la capacidad nominal para el voltaje de CC apropiado; tener la capacidad nominal de corriente menor a la clasificación térmica de los cables de la batería; tener la capacidad de ruptura en kA mayor que la corriente de cortocircuito del banco de baterías. La capacidad de corriente de



Ilustración 33. Selección de los fusibles de la batería y disyuntores o MCBs.

Fuente: (RENAC)

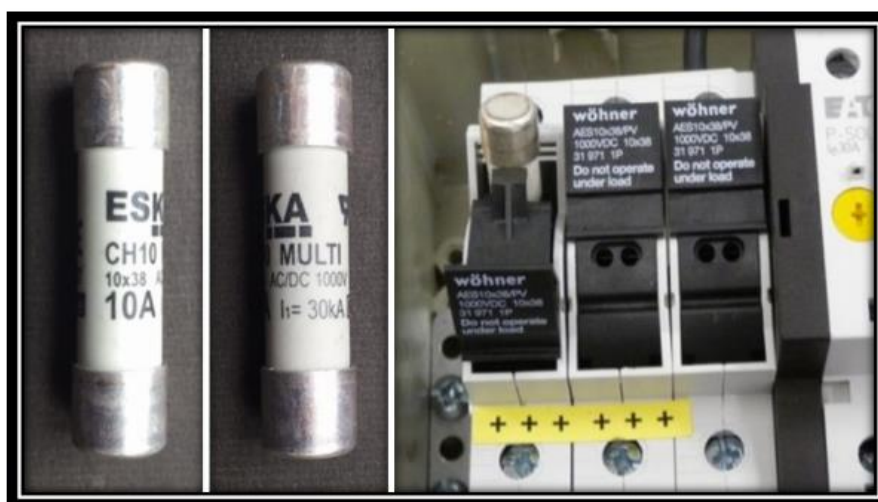


Ilustración 34.. Izquierda: Cadena de fusibles acoplados en CC- fíjese que este fusible acoplado en CC, tiene una capacidad nominal del fusible de 10A y una capacidad de ruptura de 30ka. Derecha: Porta fusibles para un mismo fusible en una caja de conexiones FV.

Fuente: (RENAC)

Protección contra rayos / sobre-voltajes

El tema de la protección contra rayos/sobre voltaje es particularmente complejo y se deben seguir los códigos locales. En un principio, hay dos formas en que un rayo puede dañar o destruir un sistema mediante un golpe directo (se puede tratar de evitar esto proporcionando un objetivo más atractivo para el rayo, éste es el principio del pararrayos); mediante la inducción eléctrica de sobre voltajes en equipos y cables (la protección ante esto es cara y el riesgo puede no ser lo suficientemente alto como para justificar el gasto). Hay dos tipos complementarios de sistemas para protección contra rayos: sistemas externos e internos. Un sistema externo por lo general se compone de uno o más pararrayos que atraen los rayos y permiten que fluyan de forma segura hacia la tierra. Un sistema interno reduce el riesgo de las fluctuaciones de voltaje inducidas en la instalación por la caída de rayos cercanos. Hay algunas medidas que deberían adoptarse en todo caso:

- Un arreglo fotovoltaico no debe ser el punto más alto de un edificio.
- Los cables de CC en una serie de módulos fotovoltaicos deben estar agrupados para evitar bucles en los que se pueda inducir un sobre voltaje.
- En ningún caso los instaladores deben trabajar en techos o en sistemas durante una tormenta, o incluso si un rayo se puede oír en la distancia.
- Puede necesitarse interconectar el sistema de protección contra rayos ya existente en un edificio con la instalación fotovoltaica.

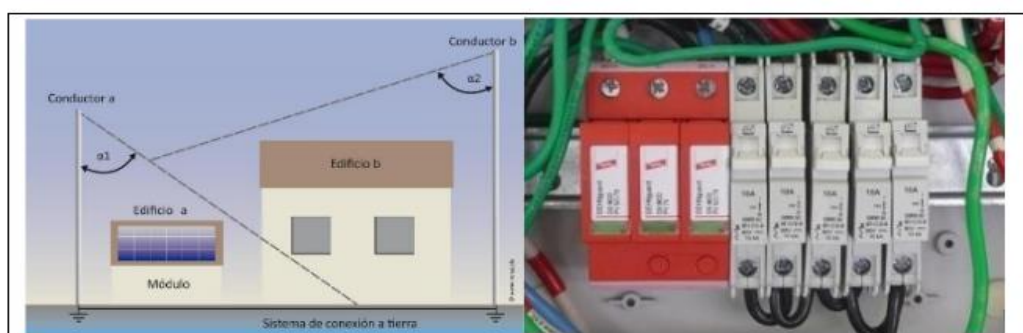


Ilustración 35. . Protección contra rayos/sobre-voltajes. Izquierda: Sistema de protección externo mediante pararrayos. Derecha: Sistema de protección interno que utiliza un protector contra

Fuente: (RENAC)

Instalación del banco de baterías: buenas y malas prácticas

Las baterías y los bancos de baterías deben ser instalados de forma segura, acorde con las normas y códigos. Los manuales de las baterías proporcionarán instrucciones que deberán seguirse cuidadosamente. Si un sistema tiene sólo una o dos baterías, entonces, una caja para baterías puede ser todo lo que se requiere. Si hay más baterías, entonces se necesita una sala de baterías. En la sala o cuarto de baterías con baterías de plomo-ácido (no baterías selladas) que liberan gas hidrógeno no debe haber componentes electrónicos, fusibles, interruptores, ni disyuntores ya que normalmente chispean durante el funcionamiento y una chispa puede causar una explosión del hidrógeno. La solución habitual es dividir la sala de baterías en dos compartimentos, uno con las baterías, el otro con los componentes eléctricos. En la sala de baterías de plomo-ácido se requiere una adecuada ventilación para dispersar el gas hidrógeno a la atmósfera.

Las baterías selladas se suministran con el electrolito, mientras que las baterías de plomo-ácido tendrán que ser llenadas con ácido sulfúrico. Algunas baterías ya estarán cargadas en seco, mientras que otras necesitarán una carga de puesta en marcha. Los manuales de instalación de la batería proporcionan los detalles.



Ilustración 36. . Ejemplos de buenas prácticas. Izquierda: Baterías de plomo-ácido de ciclo profundo de 2V en una sala de baterías. Derecha: Baterías instaladas en una caja hecha a la medida.

Fuente: (RENAC)

Inspección, prueba y puesta en marcha

Antes de realizar cualquier instalación eléctrica, se debe inspeccionar, probar para asegurarse de que funcione correctamente y con seguridad. Esto se aplica a los pequeños sistemas fotovoltaicos fuera de la red. Una vez más, los códigos eléctricos especificarán lo que se requiere, sobre todo cuando hay similitudes con las instalaciones convencionales. Además, existen requisitos legales en cuanto a quién está autorizado para llevar a cabo la inspección y las pruebas. La prueba de instalaciones eléctricas puede ser peligrosa tanto para el examinador como para otras personas, el equipo puede resultar dañado si los procedimientos no se realizan correctamente.

Pruebas requeridas

Arreglo fotovoltaico: consiste en revisar los voltajes y corrientes de salida de los módulos foto voltaicos, sus polaridades en de CC, resistencia del cable, aislamiento del cable, conexión a tierra; cableado de distribución, tanto de CC como de CA.

Batería/banco de baterías: Voltajes de las celdas/baterías (antes y después de la carga inicial de puesta en marcha de la batería), densidad específica del electrolito (antes y después de la carga inicial de la puesta en marcha de la batería), polaridad de CC, cables.

Instrumentos utilizados para la inspección y las pruebas

Los instrumentos básicos incluyen voltímetros, amperímetros y probadores de continuidad (todas estas funciones se encuentran en un multímetro de buena calidad) y probadores de aislamiento (el uso incorrecto de este último puede ser particularmente peligroso).



Ilustración 37. . Instrumentos de medición.

Fuente: (RENAC)

Operación y mantenimiento

Muchos de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red fallan debido a la falta de planificación y de mantenimiento rutinario. El objetivo principal de la administración o gestión del sistema es la protección de las baterías, principalmente de una descarga profunda. En los pequeños sistemas fotovoltaicos fuera de la red, el propietario normalmente gestiona el sistema. Por tanto, la educación del usuario es esencial.

Los sistemas fotovoltaicos fuera de la red no requieren de mucho mantenimiento. Sin embargo, si este mantenimiento no se lleva a cabo, los sistemas pueden deteriorarse rápidamente (normalmente se manifiesta como un banco de baterías dañado). Las tareas de inspección y mantenimiento de rutina se pueden dividir en tres categorías:

- **Mantenimiento de las baterías:**

Revisión periódica del estado de carga SoC de las baterías. El voltaje de la batería (medido con el multímetro) es un buen indicador del SoC. Una batería solar típica completamente cargada dará un voltaje de 12.6 V. Al 50% del SoC el voltaje será alrededor de 12.1 V y si la batería está completamente descargada (o muerta) el voltaje podrá ser de 11.5 o menos. El SoC puede ser medido con mayor precisión utilizando un densímetro.

Éste mide la densidad relativa del electrolito de ácido sulfúrico en la batería el cual está directamente relacionado con el SoC. Se debe tomar especial cuidado al medir la densidad relativa protegiendo los ojos y piel del ácido de la batería ya que puede causar daños severos al operador. Cada celda de la batería de plomo se mantenga con el nivel requerido de electrolito. Las baterías deben estar limpias. Cuando sea necesario se deberá limpiar los terminales corroídos y aplicar vaselina para su protección.

- El mantenimiento del arreglo fotovoltaico (incluyendo el cableado):

Consiste principalmente en mantener el arreglo limpio, cuando sea necesario, mediante el lavado con un paño húmedo (sólo agua, sin detergente).

- El mantenimiento de los circuitos de distribución de energía y las cargas:

Consiste en tareas de mantenimiento eléctrico normales, asegurándose de que no ha habido un deterioro y que el sistema no se ha vuelto peligroso debido a cables dañados, gabinetes dañados, etc.

La inspección y el mantenimiento deben realizarse con regularidad. Los sistemas deben ser diseñados e instalados de tal manera que sea posible el funcionamiento y el mantenimiento de forma fácil y eficaz.



Ilustración 38. Izquierda: Terminales de baterías corroídas. Daños por corrosión baterías de 2V ciclo profundo. Derecha: sistema totalmente abandonado.

Fuente: (RENAC)

Dispositivos de monitoreo

El monitoreo es importante para hacer un seguimiento del rendimiento del sistema. En grandes proyectos, los patrocinadores a menudo requieren que el sistema sea monitoreado. Esto permite la comparación entre las predicciones de rendimiento en la fase de diseño y el rendimiento real durante el funcionamiento. Sólo mediante el monitoreo del rendimiento se puede ver si el sistema y sus componentes están cumpliendo con los requisitos o si algunos aspectos deben ser mejorados. Una gama de dispositivos de monitoreo están disponibles en el mercado. Estos dispositivos generalmente se dividen en las siguientes categorías:

- Dispositivos específicos para un producto en particular, por ejemplo, para controladores de carga, inversores, e inversores-cargadores.
- Dispositivos que pueden utilizarse con cualquier sistema.
- Dispositivos que permiten el monitoreo remoto a través de Internet o por la red de telefonía móvil.

La ventaja principal de un dispositivo de monitoreo remoto es que el cliente del sistema puede ver cómo el sistema está funcionando sin tener que entrar en la sala de baterías. La información mostrada en la pantalla debe ser apropiada para lo que se requiere. Los registradores de datos (data loggers) también pueden ser útiles, especialmente en sistemas grandes.



Ilustración 39. Controlador de carga Phocos. Derecha: Monitor inversor Steca.

Fuente: (RENAC)

Aspectos económicos de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red

Costos del Sistema

El costo real de la compra e instalación de un sistema fotovoltaico fuera de la red varía considerablemente de un país a otro y de acuerdo al tipo de sistema. A continuación, se muestra un ejemplo de la estimación de costos de los componentes de un sistema fotovoltaico de 550 Wp fuera de la red en Europa. Esto no incluye el diseño, la instalación, el transporte, los impuestos, etc. A menudo, los distribuidores ofrecen descuentos considerables en función de las cantidades adquiridas, por ejemplo, en los módulos fotovoltaicos. Sin embargo, puede que no sea posible comprar todos los componentes al mismo proveedor.

COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD USD	TOTALES
Módulos solares 110Wp, Voc 20,7V, Isc 7,5A, silicio policristalino	7	175 USD	1.225 USD
Regulador de carga 45A	1	137 USD	137 USD
Inversor 550W 12VCC, 115VCA.	1	298 USD	298 USD
Baterías Trojan L16H-AC 6V 480 Ah.	2	421 USD	842 USD
Cuatro terminales de batería	4	4 USD	16 USD
Cable de puente de la batería AWG #2/0 10"	1	17 USD	19 USD
Refrigerador de CC 50L	1	502 USD	572 USD
Ventiladores de CC - controles de velocidad del ventilador y bajo consumo	6	237 USD	1.422 USD
Lámparas de CC	8	14 USD	112 USD
Enchufes y tapones de doble de superficie de CC	10	7 USD	70 USD
Disyuntores miniatura de CC (MCB)	12	7 USD	84 USD
MCB 50A (para instalar en controlador de carga hacia las baterías)	2	8 USD	16 USD
TOTAL			4.813 USD

Tabla 7. Ejemplo de los costos al por mayor de componentes para un sistema de 550w en

Fuente: (RENAC)

En la siguiente imagen se proporciona una composición típica del costo de un sistema fotovoltaico fuera de la red durante su vida útil, incluyendo los costos de instalación. Las

baterías son el componente más caro del sistema, ya que necesitan ser reemplazadas varias veces durante la vida del sistema. Los sistemas son diferentes, por consiguiente, los costos proporcionales pueden variar.

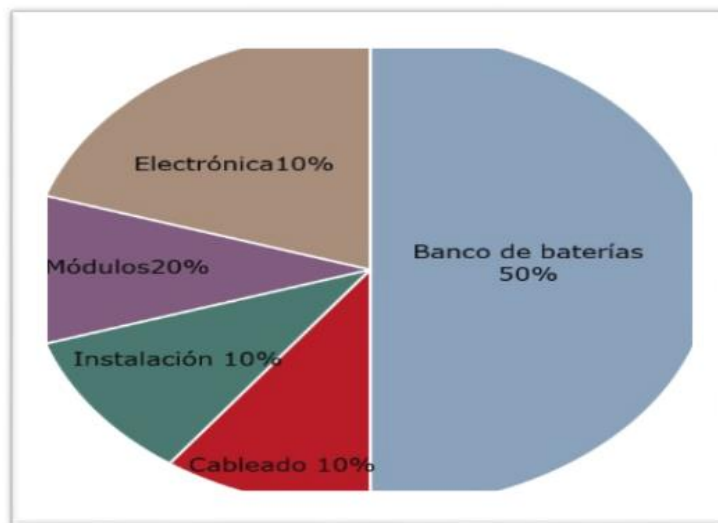


Ilustración 40. Desglose de los costos durante la vida útil de un sistema FV fuera de Red.

Fuente: (RENAC)

Costo unitario de la electricidad de una instalación fotovoltaica fuera de la red

El costo unitario de electricidad de un sistema fotovoltaico fuera de la red durante su vida útil dependerá: del costo del sistema inicial, el coste posterior de baterías de repuesto, y de lo bien que se opera y mantiene el sistema, así como el nivel de la radiación solar. El costo unitario de la electricidad podría compararse con el de un sistema de generador diésel (donde un factor de costo muy significativo será el consumo de combustible) para ver que es más atractivo económicamente.

Aquí un ejemplo simplificado para un sistema teórico de telecomunicaciones de 5 kWp con una expectativa de vida de 20 años:

El rendimiento del sistema, basado en datos de radiación y la relación de comportamiento solar, se espera que sea un promedio de 15kWh por día; El CAPEX (gastos de capital) inicial del sistema es de USD \$30.000. Durante un período de 20 años del proyecto, se

debe esperar dos reemplazos de batería y un reemplazo de los componentes electrónicos de potencia. Suponiendo los costos actuales, los OPEX (gastos operativos) serían de un total de alrededor de USD \$33.000, los costos totales durante la vida útil del sistema serán entonces de USD \$63.000. En ese período, el sistema podría ofrecer:

$$20 \text{ años} \times 365 \text{ días} \times 15 \text{ kWh/día} = 109.500 \text{ kWh}$$

$$\text{Costo unitario de electricidad} = \text{USD } \$63.000 / 109.500 \text{ kWh} = \text{USD } \$0,58/\text{kWh}.$$

Considerando que, en este caso, el costo compartido de la batería es de más o menos 70%.

Capítulo III. Marco Metodológico

Enfoque de la Investigación

El enfoque que se desarrollará en esta tesis es cuantitativo. Este proyecto requiere de visitas de campo para realizar mediciones, levantamientos de planos eléctricos, datos y características de equipos como refrigeradoras, enfriadores, ventiladores, hornos, computadoras, los cuales se convierten en insumos para poder realizar los análisis y estudios correspondientes, que arrojan un diseño acorde con las necesidades planteadas para poder realizar a posterior una compra de equipos y su puesta en marcha del proyecto.

Método de la Investigación

El método o diseño, según Hernández et al (2014).

El método se selecciona, según el problema planteado, objetivos, el tiempo e inclusive el presupuesto para la investigación.

Consta en un diagrama de flujo la estrategia, para la finalización exitosa del proyecto, sustentado en un diseño propuesto en este documento y el cual consta de las siguientes etapas:

- Definición y planteamiento del problema
- Recopilación de datos
- Desarrollo del proyecto
- Finalización del proyecto
- Defensa del proyecto

En el diagrama de flujo es la representación gráfica del proceso realizado en lo que respecta al presente proyecto y plasma en las actividades realizadas. A continuación, el diagrama con las acciones:

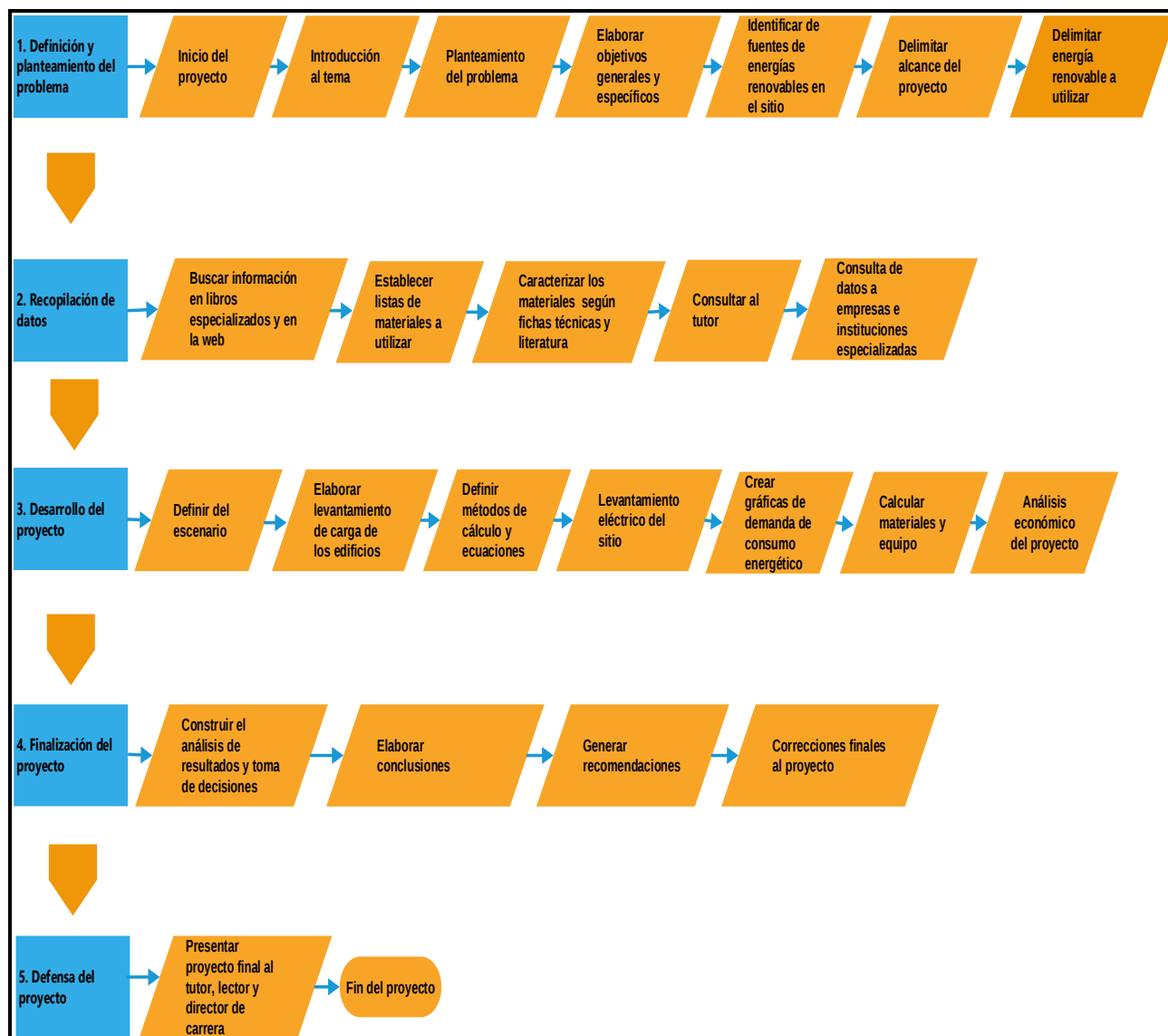


Ilustración 41. Diagrama de Flujo Proyecto Análisis Energético Hotel Ecolirios

Fuente: Creación Propia

Fuentes de Información

Las fuentes de información son de índole teórica y de análisis de campo.

- Renewables Academy (RENAC) AG, Curso de Energías Renovables
- Código Eléctrico de Costa Rica 2014.

Capítulo IV. Análisis de resultados

Diseño eléctrico del proyecto

Para realizar este proyecto se realizaron visitas de campo al sitio donde está ubicado el hotel, con el fin de poder analizar diferentes parámetros como se muestran en la siguiente tabla 1.

Control de visitas al Hotel Ecolirios Boutique					
Carlos Alpízar Barrantes					
# de visita	Fecha de visita	Hora de Inicio	Hora Final	Objetivo de la visita	Acciones de la vista
1	01/09/2018	07:00	13:00	Conocer el sitio del proyecto	Caminamos la finca para conocer posibles fuentes de energías renovable y ver la dimensión del proyecto.
2	22/09/2018	07:00	14:00	Analizar las fuentes de agua existentes para ver su potencial	Analizamos caudales para ver su pontencial, los mismos son muy pequeños para poder desarrollar una mini hidro, se descarta su uso, además, en verano se secan y en invierno son muy caudalosos y peligrosos lo cual destrosa cualquier infreestructura que se coloque en el río.
3	20/10/2018	07:00	14:00	Medir distancias con GPS	Se utilizan GPS para obtener medidas y ubicaciones de edificios, para realizar plano conjunto y buscar tablas de radiación solar.
5	03/11/2018	07:00	14:00	Realizar inspección eléctrica	Verificar que la elaboración de la instalación eléctrica es correcta.
6	19/01/2019	07:00	14:00	Realizar inspección eléctrica	Verificar que la elaboración de la instalación eléctrica es correcta.
7	02/02/2019	06:00	13:00	Realizar levantamiento de cargas	Realizar levantamiento de cargas para determinar la energía consumida por cada edificio
8	09/02/2019	06:00	13:00	Realizar levantamiento de cargas	Realizar levantamiento de cargas para determinar la energía consumida por cada edificio

Tabla 8. Control de visitas al Hotel Ecolirios

Fuente: (propia)

Para el caso en estudio, es necesario la ubicación exacta de los edificios, ubicación de fuentes de agua, lugares boscosos y potreros u otros lugares en específico que pueda brindar alguna ayuda en el desarrollo de este proyecto.

También se cuenta con vistas satelitales de *Google earth*, el cual se puede conseguir en la red de forma gratuita utilizando coordenadas del sitio o simplemente ayudándose con pantalla

de la computadora y el mouse, se realiza la ubicación del sitio y se toma una foto del mismo, como se ve en la siguiente figura 43.



Ilustración 42. Imagen satelital del punto donde se ubica el hotel Ecolirios Boutique.

Fuente: Google Earth.

Se puede observar que alrededor de esta propiedad no hay muchas edificaciones o pueblos cercanos, además, los edificios que conforman el hotel están a distancias relevantes unos de otros, pero en ciertos lugares pasa lo contrario, el factor distancia es de suma importancia porque hay que considerarlo en los diseños eléctricos.

Tener distancias más cortas para las acometidas eléctricas representan costos más bajos a la hora comprar conductores y tuberías que serán de menor calibre y menor tamaño respectivamente, lo contrario sucede cuando las distancias son largas, hay más pérdidas de energía en los conductores, los costos de los materiales son más elevados encareciendo los proyectos.

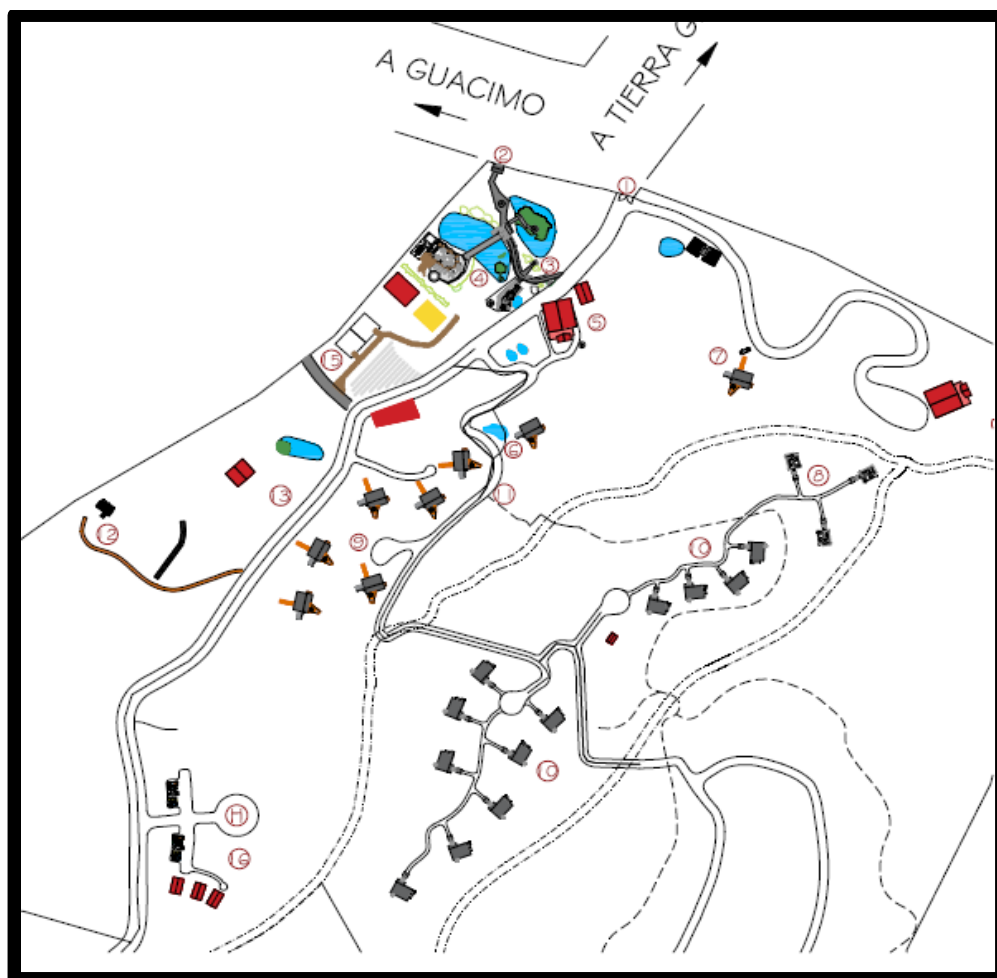


Ilustración 43. Plano conjunto del Proyecto Hotel Eco Lirios Boutique

Fuente: Arq. Rodolfo Vargas

En la ilustración 43 muestra el plano conjunto del proyecto a escala. Se observa lo que indicamos anteriormente respecto a la distancia de los edificios. En conveniente desarrollar diseños eléctricos agrupando edificios que se encuentren más cercanos y los que estén más lejos tratarlos de forma independientes, de esta forma se evita realizar acometidas en terrenos demasiados húmedos casi pantanosos como es nuestro caso, se disminuye la posibilidad de atravesar ríos pequeños o en dado caso hacer tirajes de cable de forma aérea, situación poco estética para un hotel boutique de montaña asociado a la afectación del paisaje, situación que se quiere eludir a como dé lugar.

Debido a estas condiciones se agrupan los edificios, que se encuentran cerca unos de otros, para realizar su diseño eléctricos quedando de la siguiente manera:

Grupo 1

- Restaurante
- Recepción
- Lavandería
- Casa de máquinas para sistema solar 1

Grupo 2

- Habitación 1
- Habitación 2
- Habitación 3
- Habitación 4
- Casa de máquinas para sistema solar 2

Grupo 3

- Spa

Los demás edificios se consideran independientes, por ello se diseñará un sistema eléctrico y fotovoltaico especial para cada uno de ellos, según los requerimientos energéticos demandados.

Un grupo de arquitectos generan las plantas arquitectónicas necesarias para desarrollar el diseño eléctrico. En estas plantas se ubican la toma corriente, luces, apagadores, salidas especiales y demás que se necesitan para la operación de cada edificio como se muestra en la Ilustración 44.

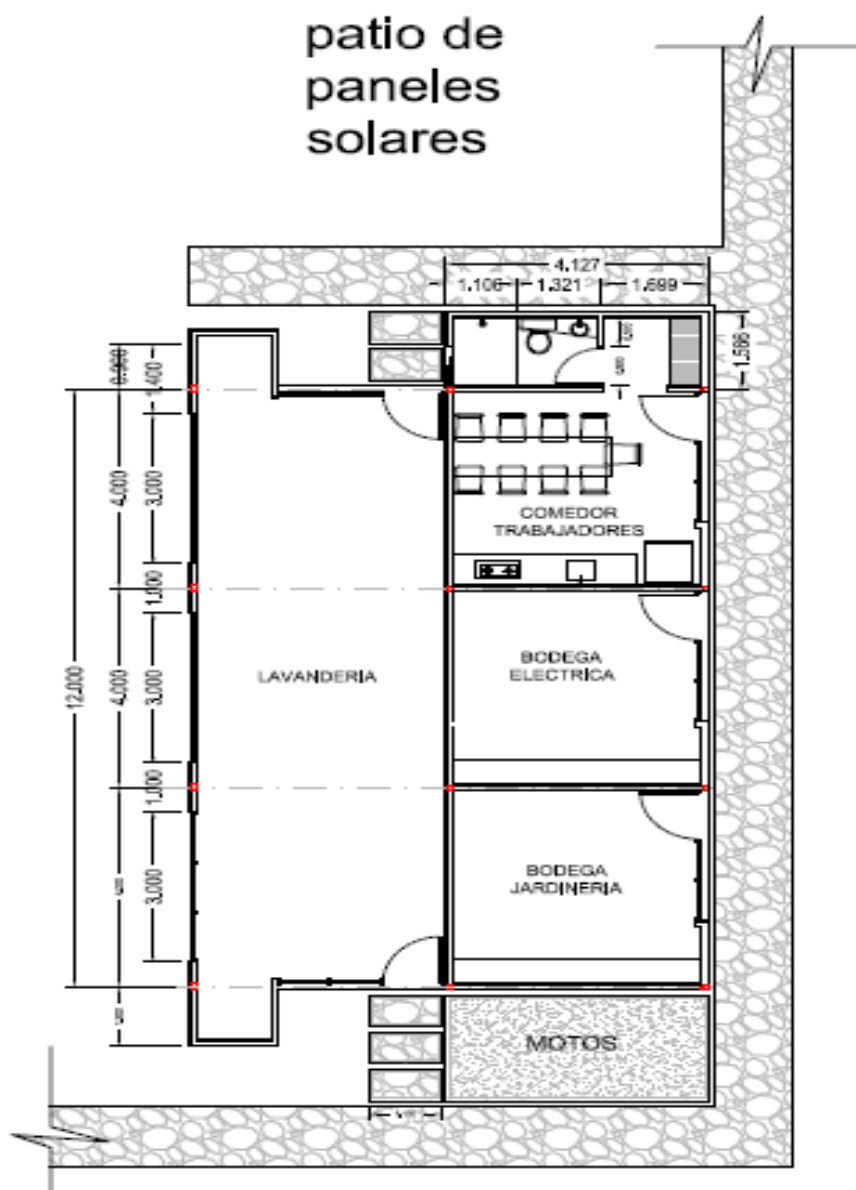


Ilustración 44. . Ejemplo de lámina tipo para ser utilizada para trazado de circuitos eléctricos

Fuente: Arq. Rodolfo Vargas.

Con esta planta se procede a aplicar el conocimiento profesional adquirido en la Universidad, así como los conceptos de diseño establecidos por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) y el Código Eléctrico Nacional (NEC 2014) y las normativas vigentes.

Este edificio tiene una cocineta, área designada para que los empleados del hotel puedan calentar sus alimentos y almorzar; cuenta con un microondas, una refrigeradora pequeña como electrodomésticos de mayor consumo. Además, una lavandería donde se colocarán las lavadoras y otros elementos requeridos para el mantenimiento diario del hotel.

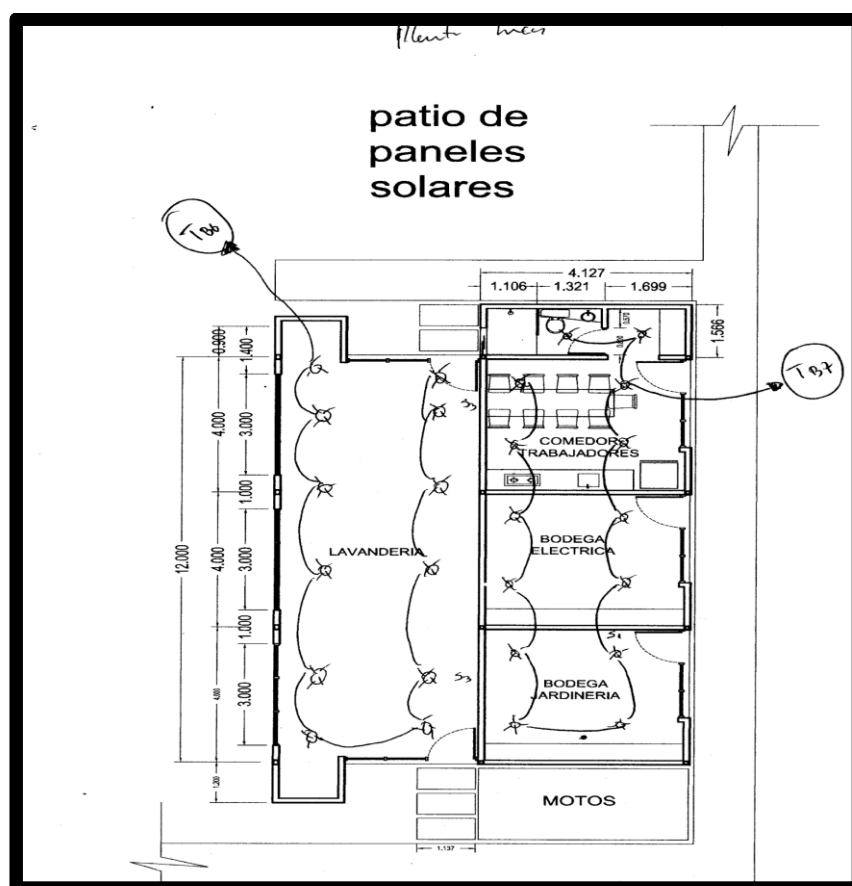


Ilustración 45. Trazado de circuitos a mano y ubicación de los elementos de salida.

Fuente: (Creación propia)

En la ilustración 46 se muestra como se colocarán las luminarias, los apagadores para luego ser agrupadas en un circuito eléctrico por medio de una línea continua en forma de curva. Se indica cuáles elementos pertenecen al circuito y al final de este se le coloca encerrado en un círculo el número correspondiente al circuito asignado, el cual va estar en la tabla descripciones eléctricas.

se agrupan dos por salida debido a la normativa del CFIA. Circuitos especiales o de un consumo mayor se suele asignar una salida por circuito, por ejemplo, para la refrigeradora, hornos pequeños o microondas.

Concluida esta labor de identificación de circuitos, se procede al llenado de una tabla de descripciones eléctricas previamente elaborada por el profesional y tomando en cuenta los requerimientos del CFIA:

TABLERO TB , Lavanderia												
Circuito	# Polo	Descripción del Circuito	# de salidas	Potencia	Voltaje	Protección	Tipo	Conductor (THHN)	Tubería	Material	Posición Barras	
				(Watts)	(volios)	(# pobs/Amp)		(# cond/calib.)	Dia. mm		A	B
TB1	P1	Tomas Generales	10	1500	120	CH 1/20	AFO	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500
TB2	P2	Tomas Lavanderia	1	1500	120	CH 1/20	GFO	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500	
TB3	P3	Tomas Lavanderia	1	1500	120	CH 1/20	GFO	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500
TB4	P4	Tomas Cocina	2	1500	120	CH 1/20	GFO	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500	
TB5	P5	Tomas Cocina	2	1500	120	CH 1/20	GFO	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500
TB6	P6	Luces Generales	12	120	120	CH 1/15	AFO	3/12 F,N,T	13	Conduit	120	
TB7	P7	Luces Generales	14	140	120	CH 1/15	AFO	3/12 F,N,T	13	Conduit		140
Potencia Total Kva				7,76	Balance de Potencia por Fase Kva						3,1	4,6
Factor de Demanda %				0,70								
Potencia Demandada en Kva				5,432								
Corriente por fase en (A)				22,63								
Cables de Acometida:				3 Cables # 4 AWG THHN F,F,N y 1 tierra # 8 AWG THHN color verde								
Centro de Carga:				CH12L125BS, monofásicos, 120/240V,								
Interruptor principal:												
Base e medidor con prevista tipo:												

Tabla 9. Tabla de descripciones eléctricas.

Fuente (elaboración Propia).

La Tabla 9, Tabla de Descripciones Eléctricas, es un diseño propio, diseñada siguiendo los requerimientos del CFIA, esta puede variar si el proyecto es monofásico o trifásica o según las variables de cada proyecto.

Se puede observar una columna con el nombre “**Circuito**”, que corresponde al nombre de Circuito ramal que se realizó anteriormente, es de suma importancia, sirve para guiar a un técnico en electricidad de forma fácil cuando está elaborando la instalación eléctrica. También le sirve de ayuda a cualquier persona que tenga un poco de conocimiento en el área de arquitectura, ingenieros civiles, industriales y demás involucrados en una obra. Es de suma importancia que, al finalizar la elaboración de la instalación eléctrica, se puedan identificar los

circuitos en el centro de carga, además, es requerimiento del código eléctrico y muy útil a la hora de una falla eléctrica o mantenimientos de las salidas que están en este circuito.

La columna que dice “# de Polo”, indica el polo del tablero eléctrico donde debe colocarse el breaker, esto permite trabajar de forma ordenada y que el centro de carga quede debidamente balanceado.

“Descripción del Circuito” indica el nombre del circuito correspondiente, necesario para orientar a los profesionales involucrados en la obra.

La columna que indica “# de salidas”, es para indicar cuántas salidas lleva este circuito, muchas veces se desea saber si en el desarrollo de la obra eléctrica se requiere de otra luminaria u otra salida para toma corriente. Se puede dar cuenta de forma fácil si se incluye en un circuito X, viendo el número de salidas que tiene, en el Código Eléctrico indica que para circuitos de cocina se deben colocar dos salidas de tomas por circuito ramal igual que en lavandería, esto porque en estas áreas se acostumbra a colocar electrodomésticos que demandan más corriente que los que se utilizan en un circuito de tomas generales, para ello el código indica que se debe asignar 200VA por salida del toma corriente y si se usa una simple ley de ohm combinadas con unas simples operaciones matemáticas, se puede usar en promedio 9 salidas de tomas por circuito general tomando en cuenta que el breaker no debe trabajar al 80% de su capacidad nominal.

Las columnas de potencia y voltaje corresponden a datos de los circuitos, por ejemplo, un circuito de 1500w, conectado a 120V, si se aplica la ley de ohm da una corriente de 12.5A, eso indica que hay que utilizar un breaker de 1 polo y de 15A, que se coloca en la columna que dice “**Protección**”. Seguido de la columna que indica el tipo de breaker, el cual puede ser AFCI, GFCI según corresponda a la ubicación donde está el circuito.

Con los datos obtenidos se buscan los calibres de conductores que requiere este circuito en la tabla de conductores, los cuales se puede encontrar en el Código eléctrico o en tablas de conductores eléctricos. Algunos proveedores ofrecen teniendo en cuenta los criterios técnicos y calidad de los mismos que el código eléctrico establece, además esta columna indica cuántos cables van en ese circuito.

En las columnas restantes se indica el diámetro de la tubería para esa cantidad de conductores, que, igual que los conductores se refieren a las tablas eléctricas del código eléctrico o tablas comerciales, como igual se indica el tipo de tubería que va a utilizar ya sea Conduit o EMT.

En las filas al final de la tabla se puede observar variables como potencia total instalada en el edificio, el factor de demanda por utilizar, la potencia demanda, la corriente total demanda por el inmueble que permite buscar los conductores de acometida, interruptor principal a utilizar y otros datos que en este caso no se van a utilizar debido a que los edificios no van a estar conectados a una red eléctrica externa.

Este cuadro resumen (Tabla 10) permite ver de forma ordenada las características eléctricas de cada acometida, por ejemplo, potencia de cada edificio, conductores de acometida y factor de demanda entre otros. En la columna **Total**, se suma y se obtiene las características de la acometida, la cual se va a utilizar para el diseño final conectado a los sistemas Foto Voltaicos.

Proyecto sin Transformador				
Tableros Monofasicos				
Tablero	TA	TB	TC	TOTAL
KVA Totales	21,24	7,76	3,11	32,11
KVA Demandados	14,87	5,43	6,75	27,05
Factor de Demanda	0,70	0,70	0,70	0,7
Factor de Potencia	1	1	1	1
Acometida	3# 4	3#4	3#4	3#2
Líneas Vivas	2# 4	2#4	2#4	2#2
Neutro	1# 4	1#4	1#4	1#2
Tierra	1# 8	1#8	1#8	1#6
Longitud	40	48	60,00	10
Voltaje Nominal	240	240	240	240
Voltaje Calculado	238,9	238,9	238,90	238,9
% de Caída	0,3	0,3	0,30	0,3

Tabla 10. Cuadro resumen para proyectos sin transformador

Fuente(CFIA)

Los cables de acometida para alimentar de los tres edificios es calibre #2 AWG, se usa un forro THHN, para las fases y neutro, un calibre #6 para el conductor de puesta a tierra. Esta información se utilizará cuando se tenga que salir de esos centros de carga al inversor del Grupo 1.

El formato que se aplica para todas las edificaciones, en este diseño las tablas eléctricas de los tres grupos quedan de la siguiente manera:

Tablas Eléctricas Grupo 1

TABLERO TA , RESTAURANTE RAICES																	
Circuito	# Polo	Descripción del Circuito	# de salidas	Potencia	Voltaje	Protección	Tipo	Conductor (THHN)	Tubería	Material	Posición Barras		F.D	Fp	Pérdida por Circuito		
				(Watts)	(volios)	(#polos/Amp)		(# cond/calib.)	Dia. mm		A	B				%	%
TA1	P1	Luces cocina y recepcion de alimentos	7	210	120	CH 1/15	AFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		210	80	98	0,95		
TA2	P2	Luces Baños, pasillos de baño y parrilla	22	110	120	CH 1/15	AFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		110	80	95	0,21		
TA3	P3	Luces Preparacion de bebidas y exteriores	23	230	120	CH 1/15	AFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		230	80	95	0,3		
TA4	P4	Luces Terraza frontal y pasillo interno	10	100	120	CH 1/15	AFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		100	80	95	0,21		
TA5	P5	Luces fogata	9	90	120	CH 1/15	AFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		90	80	90	0,25		
TA6	P6	Tomas cocina	2	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500		100	1	0,32		
TA7	P7	Tomas Recepcion de Alimentos	3	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500	100	1	0,33		
TA8	P8	Tomas Enfriador	1	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500		100	1	0,32		
TA9	P9	Tomas Terraza	4	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500	100	1	0,33		
TA10	P10	Tomas Barra	5	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500		100	1	0,32		
TA11	P11	Tomas Parrillas	2	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500		1	0,3		
TA12	P12	Tomas Generales	7	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500		100	1	0,32		
TA13	P13	Salida para Camara de frio	1	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500			0,31		
TA14	P14	Tomas Cocina	2	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500		100	1	0,32		
TA15	P15	Tomas Cocina	2	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500			0,31		
TA16	P16	Tomas Cocina	2	1500	120	CH 1/20	GFCI	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500		100	1	0,32		
TA17	P17	Salida especial 240V, monofasico	1	4000	240	CH2/20	AFCI	3#12 F,F,N,T	19	Conduit	2000	2000	100	1	0,25		
Potencia Total Kva				21,24	Balance de Potencia por Fase Kva							11,0	10,2				
Factor de Demanda %				0,70													
Potencia Demandada en Kva				14,868													
Corriente por fase en (A)				61,95													
Cables de Acometida:				3 Cables # 4 AWG THHN F,F,N y 1 tierra # 8 AWG THHN color verde													
Centro de Carga				CH24L125BS, monofásicos, 120/240V,													
Interrupor principal:																	
Base medidor con prevista tipo:																	

Tabla 11. Tablero de descripciones eléctricas del Restaurante.

Fuente (Propia)

TABLERO TB , Lavandería															
Circuito	# Polo	Descripción del Circuito	# de salidas	Potencia (Watts)	Voltaje (volts)	Protección (# polos/Amp)	Tipo	Conductor (THHN)	Tubería	Material	Posición Barras		F.D	Fp	Pérdida por Circuito
								(# cond/cab.)	Dia. mm		A	B			
TB1	P1	Tornes Generales	10	1500	120	QH 1/20	AFQ	3/12 F.N.T	13	Conduit		1500	80	95	0,95
TB2	P2	Tornes Lavandería	1	1500	120	QH 1/20	GFC	3/12 F.N.T	13	Conduit	1500		100	95	0,21
TB3	P3	Tornes Lavandería	1	1500	120	QH 1/20	GFC	3/12 F.N.T	13	Conduit		1500	100	95	0,3
TB4	P4	Tornes Cocina	2	1500	120	QH 1/20	GFC	3/12 F.N.T	13	Conduit	1500		80	95	0,21
TB5	P5	Tornes Cocina	2	1500	120	QH 1/20	GFC	3/12 F.N.T	13	Conduit		1500	100	90	0,25
TB6	P6	Luces Generales	12	120	120	QH 1/15	AFQ	3/12 F.N.T	13	Conduit	120		80	95	0,3
TB7	P7	Luces Generales	14	140	120	QH 1/15	AFQ	3/12 F.N.T	13	Conduit		140	80	0,98	
Potencia Total Kva				7,76		Balance de Potencia por Fase Kva					3,1	4,6			
Factor de Demanda %				0,70											
Potencia Demandada en Kva				5,432											
Corriente por fase en (A)				22,63											
Cables de Acometida:				3 Cables # 6 AWG THHN F.F.N y 1 tierra # 8 AWG THHN color verde											
Centro de Carga:				CH12L125BS, monofásicos, 120/240V.											
Interruptor principal:															
Base medidor con prevista tipo:															

Tabla 12. Tabla de descripciones eléctricas de Lavandería.

Fuente (Propia)

TABLERO TC , Recepcion															
Circuito	# Polo	Descripción del Circuito	# de salidas	Potencia	Voltaje	Protección	Tipo	Conductor (TH-N)	Tubería	Material	Posición Barras		F.D	Fp	Pérdida por Circuito
				(Watts)	(volts)	(# polos/Amp)		(# cond/cab.)	Dia. mm		A	B	%	%	
TC1	P1	Luces Generales	11	55	120	CH 1/15	AFQ	3/12 F,N,T	13	Conduit	55		80	98	0,95
TC2	P2	Luces Generales	11	55	120	CH 1/15	AFQ	3/12 F,N,T	13	Conduit		55	80	95	0,21
TA3	P3	Tornes Generales	8	1500	120	CH 1/20	AFQ	3/12 F,N,T	13	Conduit	1500		80	95	0,3
TA4	P4	Tornes Cocina	1	1500	120	CH 1/20	GFC	3/12 F,N,T	13	Conduit		1500	80	95	0,21
Potencia Total Kva				3,11	Balance de Potencia por Fase Kva						1,6	1,6			
Factor de Demanda %				0,70											
Potencia Demandada en Kva				2,18											
Corriente por fase en (A)				9,07											
Cables de Acometida:				3 Cables # 6 AWG THHN F,F,N y 1 tierra # 8 AWG THHN color verde											
Centro de Carga:				CH6L125BS, monofásicos, 120/240V.											
Interruptor principal:															
Base medidor con prevista tipo:															

Tabla 13. Tabla de descripciones eléctricas de Recepción.

Fuente (Propia)

Proyecto sin Transformador				
Tableros Monofasicos				
Tablero	TA	TB	TC	TOTAL
KVA Totales	21,24	7,76	3,11	32,11
KVA Demandados	14,87	5,43	6,75	27,05
Factor de Demanda	0,70	0,70	0,70	0,7
Factor de Potencia	1	1	1	1
Acometida	3# 4	3#4	3#4	3#2
Líneas Vivas	2# 4	2#4	2#4	2#2
Neutro	1# 4	1#4	1#4	1#2
Tierra	1# 8	1#8	1#8	1#6
Longitud	40	48	60,00	10
Voltaje Nominal	240	240	240	240
Voltaje Calculado	238,9	238,9	238,90	238,9
% de Caída	0,3	0,3	0,30	0,3

Tabla 14. Tabla resumen Grupo 1.

Fuente (Propia)

En este grupo también se muestra la tabla resumen donde condensa la información necesaria de los tres tableros (restaurante, lavandería y recepción) para ser tomada en cuenta en cálculos posteriores.

Tablas Eléctricas Grupo 2

TABLERO TA , Habitación															
Circuito	# Pol	Descripción del Circuito	# de salidas	Potencia (Watts)	Voltaje (volts)	Protección (# polos/Amp)	Tipo	Conductor (THHN) (# cond/calib.)	Tubería Dia. mm	Material	Posición Barras		F.D	Fp	Pérdida por Circuito
											A	B	%	%	
TA1	P1	Circuito de Luces	12	1500		CH 1/15	AFCI	3/12 F.N.T	13	Conduit		210	80	98	0.04
TA2	P2	Circuito de Tomas	8		1500	CH 1/20	AFCI	3/12 F.N.T	13	Conduit		110	80	95	0.04
Potencia Total Kva				1,50	Balance de Potencia por Fase Kva						0,0	0,3			
Factor de Demanda %				0,70											
Potencia Demandada en Kva				1,05											
Corriente por fase en (A)				4,38											
Cables de Acometida:				3 Cables # 10 AWG THHN F,F,N y 1 tierra # 12 AWG THHN color verde											
Centro de Carga:				CH2L125BS, monofásicos, 120/240V.											
Interruptor principal:															
Base medidor con prevista tipo:															

Proyecto sin Transformador					
Tableros Monofasicos					
Tablero	TA	TB	TC	TD	TOTAL
KVA Totales	1,50	1,50	1,50	1,50	4,50
KVA Demandados	1,05	1,05	1,05	1,05	3,15
Factor de Demanda	0,70	0,70	0,70	0,70	0,7
Factor de Potencia	1	1	1	1	1
Acometida	3# 8	3#8	3#8	3#8	3#
Líneas Vivas	2# 8	2#8	2#8	2#8	2#2
Neutro	1# 8	1#8	1#8	1#8	1#2
Tierra	1# 12	1#12	1#12	1#12	1#6
Longitud	15	15	15,00	15,00	10
Voltaje Nominal	240	240	240	240	240
Voltaje Calculado	238,9	238,9	238,90	238,90	238,9
% de Caída	0,3	0,3	0,30	0,30	0,3

Tabla 15. Tabla de descripciones eléctricas y tabla resumen de habitaciones.

Fuente (Propia)

El diseño de las habitaciones es igual por lo que se muestra una sola Tabla de Descripciones Eléctricas, pero en la tabla resumen, deben colocarse o reflejarse los cuatro, así se puede determinar los cables de acometida que requiere este grupo.

Tablas Eléctricas Grupo 3

TABLERO TA , Spa															
Circuito	# Polo	Descripción del Circuito	# de salidas	Potencia (Watts)	Voltaje (volts)	Protección (#polos/Amp)	Tipo	Conductor (THHN)	Tubería	Material	Posición Barras		F.D %	Fp %	Pérdida por Circuito
								(# cond./calib.)	Dia. mm		A	B			
TA1	P1	Circuito de Luces	12	1500		CH 1/15	AFCI	3/12 F.N.T	13	Conduit		210	80	98	0,04
TA2	P2	Circuito de Tomas	8		1500	CH 1/20	AFCI	3/12 F.N.T	13	Conduit		110	80	95	0,04
Potencia Total Kva				1,50	Balance de Potencia por Fase Kva						0,0	0,3			
Factor de Demanda %				0,70											
Potencia Demandada en Kva				1,05											
Corriente por fase en (A)				4,38											
Cables de Acometida:				3 Cables # 8 AWG THHN F.F.N y 1 tierra # 12 AWG THHN color verde											
Centro de Carga:				CH2L125BS, monofasicos, 120/240V.											
Interruptor principal:															
Base medidor con prevista tipo:															

Proyecto sin Transformador			
Tableros Monofasicos			
Tablero	TA	TOTAL	
KVA Totales	1,50	1,50	
KVA Demandados	1,05	1,05	
Factor de Demanda	0,70	0,7	
Factor de Potencia	1	1	
Acometida	3# 8	3#	
Lineas Vivas	2# 8	2#2	
Neutro	1# 8	1#2	
Tierra	1# 12	1#6	
Longitud	15	10	
Voltaje Nominal	240	240	
Voltaje Calculado	238,9	238,9	
%de Caída	0,3	0,3	

Tabla 16. Tabla de Descripciones Eléctricas y Tabla Resumen del Spa.

Fuente (Propia)

Al final toda esta información se incorpora en un plano, que debe cumplir con los siguientes requerimientos establecidos por el código eléctrico de Costa Rica y se muestran a continuación:

- Tablas de descripción eléctricas
- Plano conjunto y plantas arquitectónicas
- Diagrama Unifilar
- Simbología
- Cajetín

Concluido el diseño eléctrico del proyecto se deben tramitar ante las instituciones correspondientes CFIA, municipalidades, Ministerio de Salud, bomberos.

Cálculo de las demandas energéticas de los edificios.

El procedimiento por seguir es determinar la energía demanda por el hotel para calcular la dimensión de los sistemas solares que se requieren. Para tal efecto se construirá una Tabla en Excel, que permita ingresar datos como potencia, voltaje, horas de uso y determinar una energía estimada, esto debe quedar claro porque no se cuenta con un registro estadístico de consumos ya que el sistema es fuera de red. Esto podría ser fácil si hay una empresa que brinde el servicio eléctrico, ellos llevan registros de consumo digitalizados mes a mes, día a día, lo que facilitaría mucho las cosas.

Levantamiento de Equipos y Circuitos de Lavandería									
Ing. Carlos Alpizar Barrantes IME 8014									
Item	Descripción	Cantidad	Voltaje(V)	Potencia(W)	Factor de demanda	Potencia demandada (KW)	uso/horas	Horario	
1	Circuitos de luces TB6	12	120	60	0,5	0,03	6	14:00 - 20:00.	
2	Circuitos de luces circuito TB7	14	120	70	0,5	0,035	5	14:00 - 20:00.	
3	Circuito de Tomas TB1	8	120	1600	0,4	0,64	8	10:00 - 15:00	
4	Circuito TB2 salida para lavadora	1	120	1800	0,85	1,53	3	09:00 - 12:00	
5	Plancha de ropa	1	20	1800	1	1,8	3	13:00 - 16:00	
6	Horno microondas	1	20	700	0,2	0,14	3	7:00 - 8:00	12:00 - 13:00 17:00 - 18:00
				Total de W	6030				
				Kw	6,03				

Tabla 17. Ejemplo de un levantamiento de equipos de lavandería.

Fuente (creación propia)

La Tabla 17 es un ejemplo de cómo se puede simular una forma posible de usar la energía en la lavandería, pueden existir otras configuraciones, pero para este caso se usará esta.

Horario				00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Total KWh/día
Descripción	Potencia [KW]	Horario		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	2,13	2,29	2,01	2,11	2,2	2,64	2,54	2,11	1,95	1,95	1,95	2,87	3,3	3,3	2,77	2,77	2,77	0,83	47,422
Circuitos de luces extensiones	0,065	17:00 - 21:00																			0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065		
Circuitos de luces extensiones	0,065	17:00 - 21:00																			0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065		
Circuitos de luces extensiones	0,065	17:00 - 21:00																			0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065		
Circuitos de luces extensiones	0,065	17:00 - 21:00																			0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065		
Circuitos de luces extensiones	0,065	17:00 - 21:00																			0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065		
Luces del Salon	0,16	17:00 - 21:00																			0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
Luces Baños	0,016	17:00 - 21:00																			0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
Luces Cocina	0,18	17:00 - 21:00																			0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18		
Circuitos de Tomas Cocina	0,6	6:00 - 22:00								0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72		
Circuitos de Tomas Salon, baño	0,1	6:00 - 22:00								0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
Circuitos de Tomas generales	0,08	6:00 - 22:00								0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
Televisor de 55	0,156	7:00 - 9:00	11:00-13:00	17:00-22:00						0,156	0,156	0,156				0,156	0,156	0,156			0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156		
Refrigerador	0,90	00:00		23:00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Congelador	1,20					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Equipo de sonido	0,10	9:00-11:00	13:00-17:00										0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1								
Salida Especial	3,00																											
Vinera	0,00	00:00		23:00		0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	
Maquina de hacer hielo	0,30	00:00		23:00		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Batidora	0,00	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00																								
Procesador de alimentos	0,00	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00																								
Lijadora	0,00	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00																								
Olla Arrocera	0,07	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00						0,07	0,07				0,07	0,07						0,07	0,07					
Microondas	0,15	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00						0,15	0,15				0,15	0,15						0,15	0,15					
Extractor de Parrilla	0,10		10:00-12:00	18:00 - 20:00										0,25	0,25	0,25						0,25	0,25					
Horno Pequeño	0,00	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00																								
Maquina de café en capsulas	0,06	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00						0,06	0,06				0,06	0,06						0,06	0,06					
Tostador de pan	0,00	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00																								
Extractor de Jugos	0,00	6:00 - 07:00	11:00-12:00	18:00-19:00																								
Total Kw demandados:	0,0																											

Tabla 18. Levantamiento de cargas de Restaurante.

Fuente: (Creación propia)

En la tabla 18 están todas las cargas que requiere el restaurante para su operación, esta tabla puede ser muy extensa dependiendo de las cargas existentes.

Horario de Utilización				00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Total
Descripción	Potencia(KW)	Horario		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,09	0,25	0,25	0,25	0,58	0,63	0,63	0,63	0,23	0,02	0,02	5,1
Circuitos de luces	0,4	17:00-20:00																			0,4	0,4	0,4	0,4				
Tomas	0,16	8:00-12:00	13:00-21:00									0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16			
Televisor	0,054	10:00-12:00	18:00-21:00											0,05	0,05	0,05						0,05	0,05	0,05	0,05			
Refrigerador	0,16	00:00-23:00			0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Equipo de sonido	0,07	8:00-16:00										0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07								
Total:	0,844																											

Tabla 19. Tabla de Demandas de Recepción.

Fuente (Propia).

Hasta este punto están los levantamientos de las cargas de forma individual, ahora se colocará en una hoja de Excel los datos y se va a obtener una Tabla Resumen de Demandas para este grupo 1, como se muestra en la tabla 20.

Horas	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Horas
Total	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	2,15	2,30	2,25	3,88	4,35	4,79	4,68	4,04	4,12	4,12	3,80	3,51	4,00	4,00	3,47	3,00	2,78	0,85	67,19
Restaurante	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	2,13	2,29	2,01	2,11	2,2	2,64	2,54	2,11	1,95	1,95	1,95	2,87	3,3	3,3	2,77	2,77	2,77	0,83	47,422
Recepción	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,09	0,25	0,25	0,25	0,58	0,63	0,63	0,63	0,23	0,02	0,018	5,116
Lavandería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,53	1,85	1,85	1,85	1,85	1,92	1,92	1,6	0,07	0,07	0,07	0,07	0	0	0	14,65

Tabla 20. Tabla Resumen de demandas del Grupo 1

Fuente (Propia)

Ahora se construirán las tablas de demanda de las habitaciones de forma individual y grupal, este grupo es el 2

Horario de Utilización				00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Total
Descripción	Potencia(KW)	Horario		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,38	0,38	0,38	0,08	0,08	0,38	0,38	0,08	0,08	0,08	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11	0,41	0,41	0,08	4,242
Circuitos de Luces	0,025	17:00 - 21:00																			0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
Circuito de Tomas	0,05	06:00 - 08:00	11:00 - 12:00	21:00 - 22:00						0,25	0,25	0,25			0,25	0,25									0,25	0,25		
Ventiladores	0,05	06:00 - 08:00	11:00 - 12:00	21:00 - 22:00						0,05	0,05	0,05			0,05	0,05									0,05	0,05		
Refrigerador	0,083	00:00		23:00	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Total:	0,208																											

Tabla 21. Tabla de Demandas de una Habitación.

Fuente (Propia).

Total KWh/día	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Horas
16,97	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,77	0,77	0,77	0,17	0,17	0,77	0,77	0,17	0,17	0,17	0,17	0,22	0,22	0,22	0,22	0,82	0,82	0,17	Total
4,2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,38	0,38	0,38	0,08	0,08	0,38	0,38	0,08	0,08	0,08	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11	0,41	0,41	0,083	Habitación 1
4,2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,38	0,38	0,38	0,08	0,08	0,38	0,38	0,08	0,08	0,08	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11	0,41	0,41	0,083	Habitación 2
4,2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,38	0,38	0,38	0,08	0,08	0,38	0,38	0,08	0,08	0,08	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11	0,41	0,41	0,083	Habitación 3
4,2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,38	0,38	0,38	0,08	0,08	0,38	0,38	0,08	0,08	0,08	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11	0,41	0,41	0,083	Habitación 4

Tabla 22. Tabla Resumen Demandas del Grupo 2.

Fuente (Propia).

El último de los grupos por realizar el levantamiento pertenece a este grupo pequeño, consta de un solo edificio, el Spa.

Horario de Utilización				00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Total
Descripción	Potencia(KW)	Horario		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,45	0,45	0,45	0	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0	0	0	4,95
Circuitos de luces	0,05	9:00-12:00	13:00-20:00										0,05	0,05	0,05		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05				
Tomas	0,4	9:00-12:00	13:00-20:00										0,4	0,4	0,4		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4				

Tabla 23. . Tablas de Demanda Eléctrica Gupo3

Fuente (Propia).

La tabla 23, representa dos tablas en una por ser un solo edificio. Con esto se termina el proceso de levantamiento de demandas de todos los edificios del hotel.

Construcción de curvas de demanda de todos los edificios.

Concluidos los levantamientos carga de cada edificio se puede utilizar una herramienta para visualizar el comportamiento de la energía y graficar las curvas de demanda. Los ingenieros son dados a utilizar este tipo de herramientas para analizarlas al máximo y ver el comportamiento del uso de la energía. Se puede apreciar donde se dan los puntos críticos o de mayor consumo, cuál es el pico más importante de consumo y también determinar la energía consumida estimada del edificio, calculando el área bajo la curva.

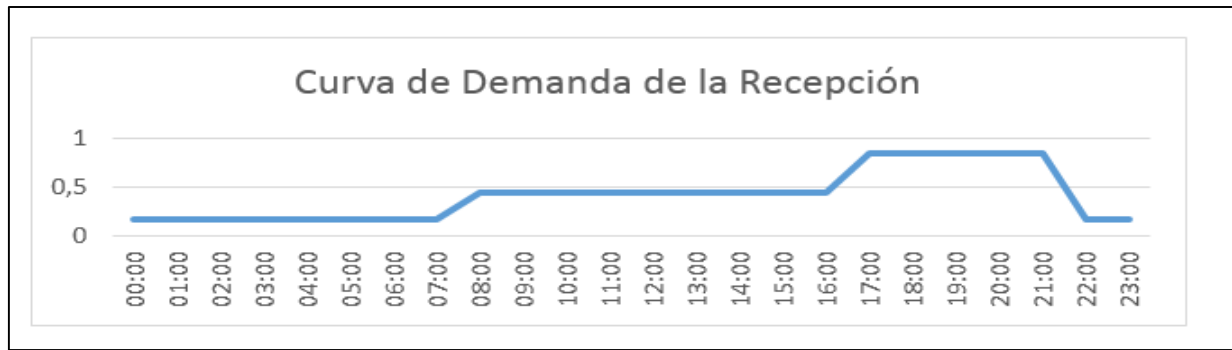


Ilustración 47. Ejemplo de Comportamiento estimado de la energía diario de la Recepción.

Fuente (elaboración propia)

En la ilustración 47 se muestra el comportamiento de consumo de energía en la recepción. Se puede apreciar que desde las 00:00 horas hay una carga base que es producto de los sistemas de frío (vinera y una pequeña refrigeradora) conectados en el edificio, después de las 07:00 horas hay un incremento en la demanda de energía, la cual se debe al ingreso del personal para laborar, conectan sus equipos electrónicos como laptop, celulares, impresoras, equipo de sonido, pantallas y demás. Cuando llegan las 16:00 horas se observa otro pequeño incremento debido al ingreso de los sistemas de iluminación, a partir, de las 21:00 el personal deja de laborar y se apaga todo lo que no se requiere, vuelve a la carga inicial. Este proceso es una estimación del consumo de ese edificio, que puede variar con el tiempo y el uso que los trabajadores le den.

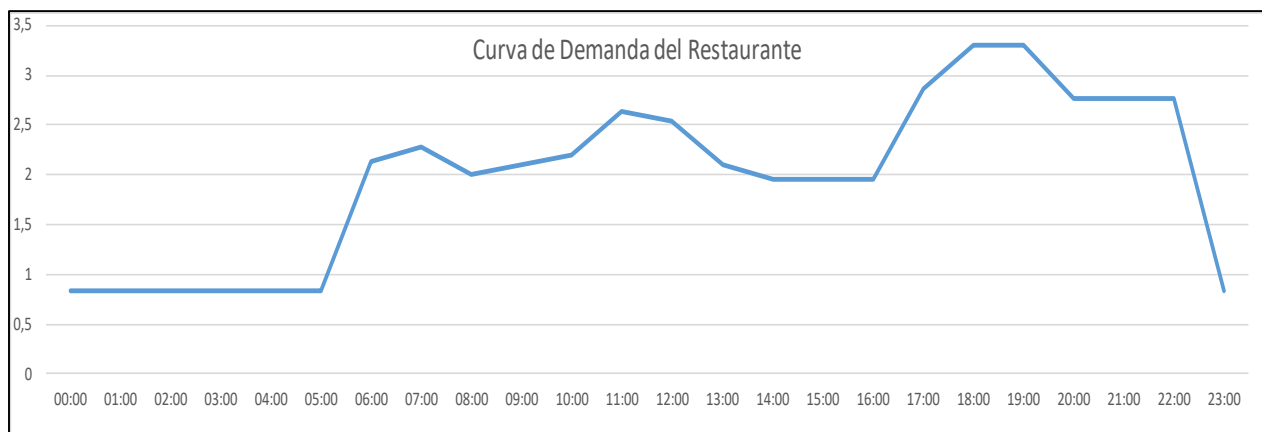


Ilustración 48. Curva estimada de consumo de energía diario

Fuente (elaboración propia)

En la ilustración 48 se puede apreciar que hay una carga base de 0,7kw durante la mañana que corresponde a los equipos de frío como cámaras de frío y congeladores, después de las cinco de la mañana se da el primer pico de la curva que corresponde al tiempo de desayuno, este incremento responde al uso de electrodomésticos luces y tomacorrientes, este aumento se mantiene a su punto máximo como a las 7:00 de la mañana luego desciende un poco y nuevamente tiene incremento a partir de las 10:00 am y tiene su punto máximo a las 11:00 am, luego baja un poco y a las 4:00 pm vuelve a incrementarse, es el pico de la tarde donde las personas van a comer y se encienden todas las luces y demás elementos de consumo, baja un poco hasta las 8:00 pm donde ya muchos equipos de cocina no se utilizan. Se mantiene un tiempo estable a las 10:00 pm, posteriormente hay un descenso considerando que es cuando el restaurante deja de operar y solo quedan los equipos necesarios.

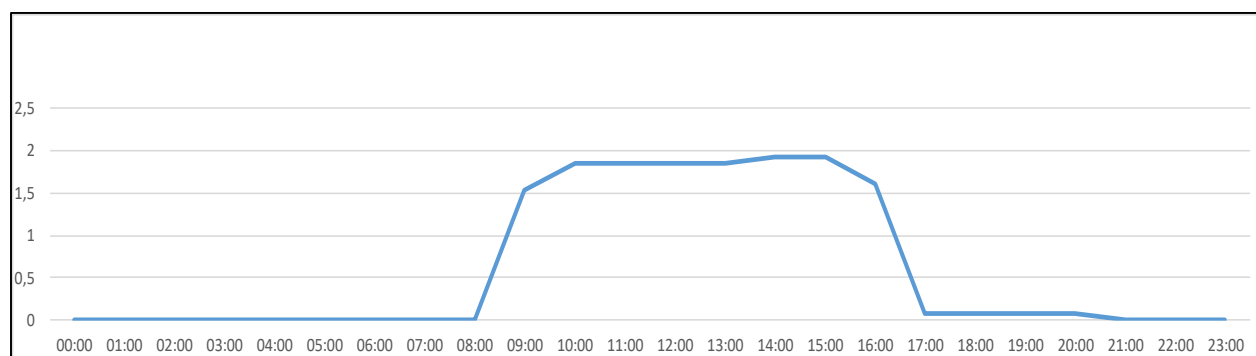


Ilustración 49. Gráfica de demanda estimada de Lavandería.

Fuente (propia)

En la ilustración 49, se observa un estimado de la curva de demanda de lavandería, vemos un comportamiento muy diferente a los dos anteriores, ya que se estimó que la carga de lavandería sea utilizada cuando las horas pico solar son más altas, ahí es donde se va a utilizar los equipos con lo cual se garantizará el buen uso de la energía solar foto voltaica.

Con las gráficas de demanda estimadas individuales de cada edificio, se puede ver cómo se consume la energía. Ahora se deben sumar estas tres gráficas y obtener una gráfica total que represente todo el grupo 1.

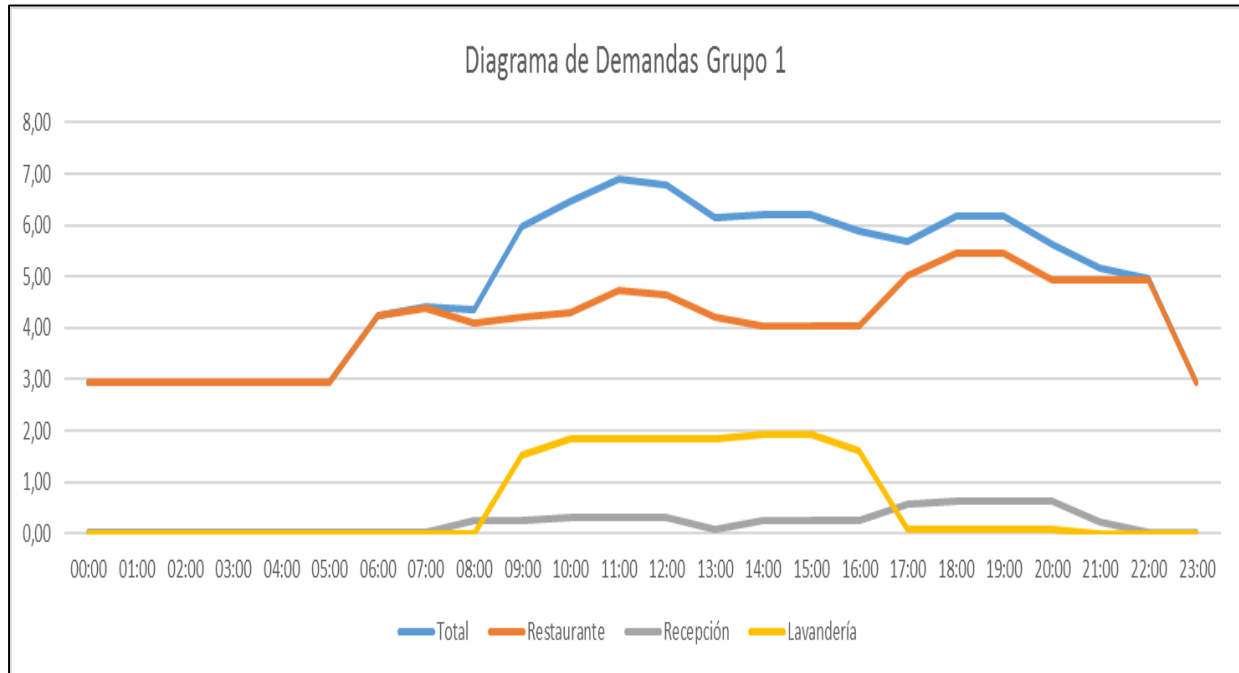


Ilustración 50. . Ejemplo de grafica de demanda estimada del Grupo 1.

Fuente:(Diseño propio)

En la ilustración 50 se observa una línea de color gris correspondiente a la línea de demanda de energía de la recepción, la curva amarilla es la línea de lavandería, la de color marrón es la curva de demanda del restaurante y la curva azul es el resultado de la suma de todas las demandas energéticas de los tres edificios antes mencionados. Con la curva azul se va a determinar la energía total consumida durante un día típico estimado del Grupo 1 y así determinar el tamaño de un equipo fotovoltaico.

Cuadro Resumen de consumos energéticos de cada edificio construido				
Nombre del edificio	Demanda de Energía en (KW/h-día)	Ppeak (W)	Q (Ah)	Grupo
Restaurante	47,422	16262,6	5592,0	Grupo 1
Lavandería	14,65	5813,5	2570,2	Grupo 1
Recepción	5,116	2030,2	2393,5	Grupo1
Habitación 1	4,242	1442,9	2976,8	Grupo 2
Habitación 2	4,242	1442,9	2976,8	Grupo 2
Habitación 3	4,242	1442,9	2976,8	Grupo 2
Habitación 4	4,242	1442,9	2976,8	Grupo 2
Spa	4,95	1683,7	2315,8	Grupo 3
Total	89,106	31561,3	24778,8	

Tabla 24. Cuadro resumen de demandas de energía

Fuente (diseño propio)

Este procedimiento se repite para el grupo 2, Grupo 3 y otros edificios de menor relevancia no incluidos en este diseño como se aprecia en la tabla 24.

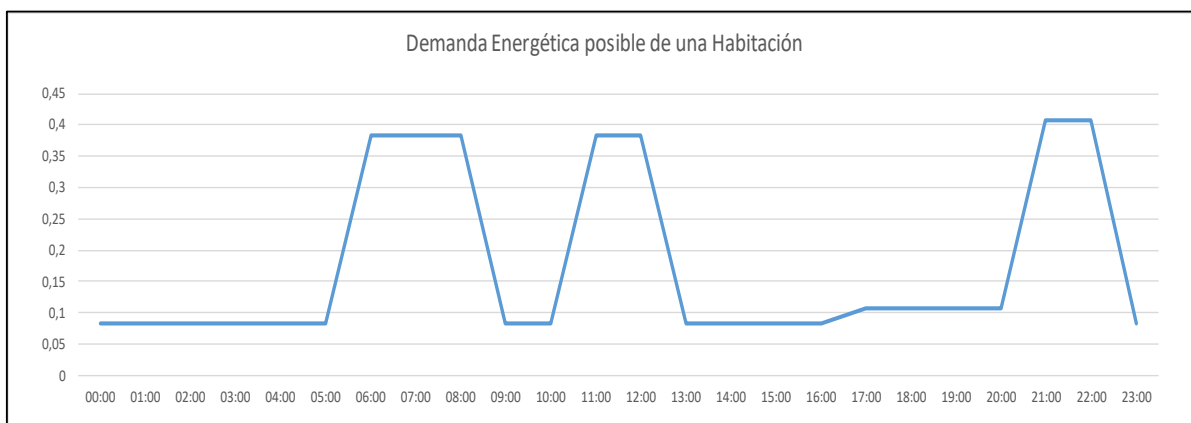


Ilustración 51. Gráfica de demanda estimada de una Habitación.

Fuente (diseño propio)

En la ilustración 51 se determina el comportamiento diario de consumo estimado de energía, hay tres picos pronunciados: uno en la mañana, medio día y noche, debido a que en la mañana los huéspedes se despiertan y se preparan para ir al desayuno. Alrededor de las 11:00 am vuelven para alistarse al almuerzo; se trasladan al restaurante, pasan la mayor parte del tiempo de la tarde con bajo consumo; esa carga corresponde a la pequeña nevera que existe en cada habitación. En la noche después de las 20:00 horas hay otro pico ya que las personas regresan a sus habitaciones, usan las luces, computadores, cargan sus teléfonos, luego se duermen, ahí es donde la curva se viene en picada y se repite el proceso para cada día, Como se ha indicado esto es una proyección del consumo, la cual se establece para poder tener un dato y usarlo para poder calcular un sistema de energía renovable.

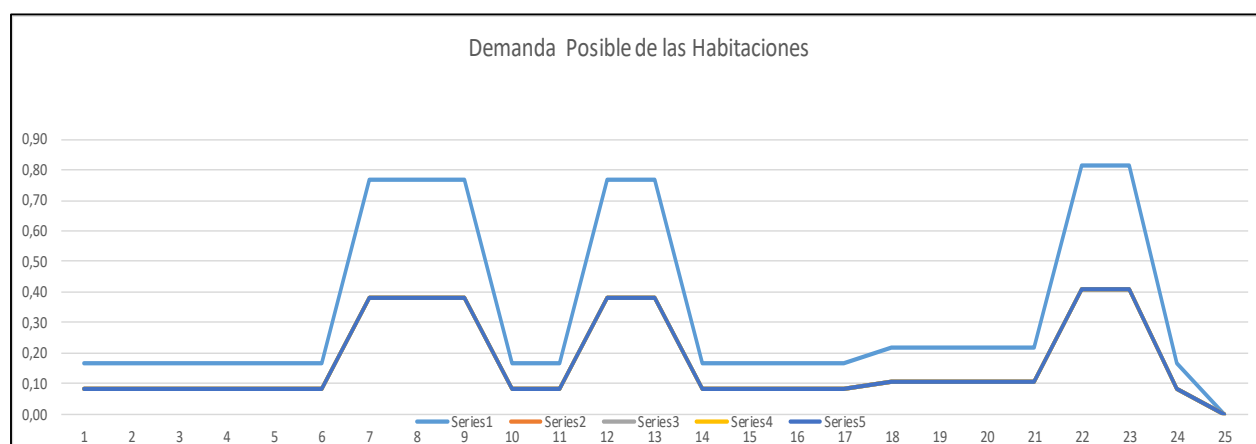


Ilustración 52. Gráfica conjunto de demanda estimada del Grupo 2

Fuente (diseño propio)

El comportamiento de la energía total estimada del grupo 2 se muestra en la ilustración 52. Se determina que el comportamiento es muy similar a la curva de la ilustración 3, solo que aumentada ya que se suma de las cuatro habitaciones, curva de color azul.

El grupo 3 se va a presentar en la ilustración 54. El punto máximo de energía requerida es de 0,45kw una carga muy pequeña, ya que en este edificio no hay cargas muy altas son un equipo de sonido y equipos de masajes de muy bajo consumo.

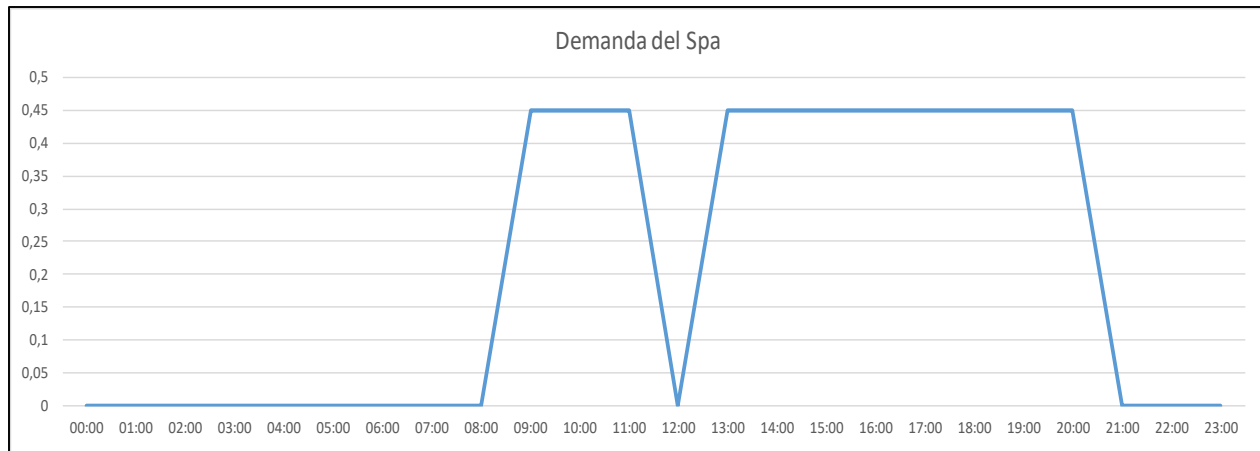


Ilustración 53. Gráfica de demanda estimada del Grupo 3

Fuente (diseño propio)

Las gráficas que permite ver el comportamiento de la energía de todas las edificaciones de los grupos con este insumo podemos utilizarlo para poder determinar el tamaño del Sistema Fotovoltaico correspondiente a cada grupo.

Cálculo del tamaño de los Sistemas FV

Para determinar el tamaño de los Sistemas FV hay que tener insumos como la irradiación del lugar para lo cual se van a utilizar datos obtenidos del Instituto Meteorológico Nacional y las siguientes coordenadas, CRTM05, E00533106, N01119509, altura: 633msnm.

Mes	Radiación Horizontal Diaria KWh/m2/día
Enero	4,6
Febrero	4,7
Marzo	4,7
Abril	4,7
Mayo	4,5
Junio	3,4
Julio	3,4
Agosto	4,0
Septiembre	4,1
Octubre	3,7
Noviembre	3,7
Diciembre	4,3
Promedio Anual	4,2

Tabla 25. Datos de Radiación solar en estación meteorológica de Diamantes, Limón.

Fuente: (IMN)

Para todo el diseño se va a utilizar el valor de 4,2 correspondiente al promedio anual, lo cual implica que en algunos meses del año que el sistema producirá más energía y en otros meses menos.

Se utilizarán las ecuaciones 1 y 2 de este documento para determinar los tamaños de los sistemas. Además, se usará para el cálculo tres días de autonomía, esto para tener un margen de seguridad amplio, ya que en la zona hay días de mucha lluvia, lo cual puede afectar la producción de los sistemas solares foto voltaicos.

Cálculo del Grupo 1

Utilizando la ecuación 1 resulta lo siguiente:

Calculo de los Paneles Solares			
$P_{peak} = E / (PSH * PR)$			
E	Requerimiento energético diario (Wh)	67188	Kwh
HSP:	Horas solar Pico	4,2	Kwh/m2/día
PR:	Coefficiente de rendimiento del Sistema	0,7	
Ppeak=	Energía Máxima del Sistema	22853,1	Wp

Tabla 26. Tabla para calcular la Ppeak del Grupo1

Fuente (RENAC)

La energía estimada requerida por el grupo 1 es de 67,188 KWh, para lo cual requiere de una potencia $P_{peak} = 22,853.1W$. Este valor se divide entre la potencia del panel solar y se obtiene la cantidad de paneles por utilizar.

Utilizando la Ecuación 2, se obtiene lo siguiente:

Calculo del banco de Baterías		
$Q = (E * d) / (V * DoD * H_{inv} * H_{cab}) =$		
Datos		
E=	Energía Requerida (Wh)	67188
d=	días de autonomía oscila (1-5)	3
V=	Voltaje de las baterías (V)	48
DoD=	Profundidad de descarga de las Baterías (0,3 - 0,8)	0,5
η_{inv} =	Eficiencia del Inversor (75%)	0,75
η_{cab} =	Eficiencia de los cables (95%)	0,95
Q=	Capacidad mínima del banco de baterías (Ah)	11787,4

Tabla 27. Capacidad mínima del banco de baterías

Fuente (RENAC)

Se divide **Q** entre el tamaño de las baterías, lo que da la cantidad de baterías que requiere este grupo.

Cálculo del Grupo 2:

Utilizando la ecuación 1 aparece lo siguiente:

Calculo de los Paneles Solares			
$P_{peak} = E / (PSH * PR)$			
E:	Requerimiento energético diario (Wh)	16968,00	Kwh
HSP:	Horas solar Pico	4,2	Kwh/m2/dia
PR:	Coeficiente de rendimiento del Sistema	0,6	
Ppeak=	Energía Máxima del Sistema	6733,33	w

Tabla 28. Cálculo de la Ppeak Grupo 2

Fuente (RENAC)

La energía requerida por este grupo es de 8,319.00wh, esto significa una potencia Ppeak de 3,300.79 w, de igual forma se divide entre la potencia del panel y da la cantidad de paneles.

Utilizando la Ecuación 2 se logra lo siguiente:

Calculo del banco de Baterías		
$Q = (E * d) / (V * DoD * \eta_{inv} * \eta_{cab})$		
Datos		
E=	Energía Requerida (Wh)	8318
d=	días de autonomía oscila (1-5)	3
V=	Voltaje de las baterías (V)	12
DoD=	Profundidad de descarga de las Baterías (0,3 - 0,8)	0,5
η_{inv} =	Eficiencia del Inversor (75%)	0,75
η_{cab} =	Eficiencia de los cables (95%)	0,95
Q(A)=	Capacidad mínima del banco de baterías (Ah)	5837,2

Tabla 29. Capacidad mínima del banco de baterías

Fuente (RENAC)

El resultado obtenido se divide entre la capacidad de las baterías y da como resultado la cantidad de baterías del sistema Fotovoltaico.

Cálculo del Grupo 3:

Para este grupo se realiza el mismo proceso que en los dos anteriores:

Cálculo de los Paneles Solares			
$P_{peak} = E / (PSH * PR)$			
E:	Energía requerida	4950	Kwh
HSP:	Horas solar Pico	4,2	Kwh/m2/dia
PR:	Coeficiente de rendimiento del Sistema	0,6	
Ppeak=	Energía Máxima del Sistema	1964,29	w

Tabla 30. Cálculo de energía máxima que requiere el Sistema.

Fuente (RENAC)

Cálculo del banco de Baterías		
$Q = (E * d) / (V * DoD * \eta_{inv} * \eta_{cab})$		
Datos		
E=	Energía Requerida (Wh)	4950
d=	días de autonomía osicila (1-5)	2
V=	Voltaje de las baterías (V)	12
DoD=	Profundidad de descarga de las Baterías (0,3 - 0,8)	0,5
η_{inv} =	Eficiencia del Inversor (75%)	0,75
η_{cab} =	Eficiencia de los cables (95%)	0,95
Q(A)=	Capacidad mínima del banco de baterías (Ah)	2315,8

Tabla 31. Cálculo de la capacidad del banco de baterías.

Fuente (RENAC)

Requerimientos grupales

Una vez reunidos los datos se registran en una tabla resumen de los tres grupos para poder ver los detalles importantes como se muestra en la *tabla 20*.

Tabla Resumen de Edificios para Diseño de Sistema FV										
Nombre del edificio	Demanda de Energía en (KW/h-día)	Ppeak (W)	Q (Ah)	Días de autonomía	HSP (KWh/Mz/día)	Cantidad de Paneles de 300w	Cantidad de Baterías de 250 Ah	Voltaje Monofasico de operación (V)	Tamaño minimo del controlador 25% mas de carga	Tamaño del Inversor minimo en KW
Grupo 1	67,19	22853,1	11787,4	3	4,2	76	47	240	119	30
Grupo 2	16,97	6733,3	5837,2	3	4,2	22	23	240	35	10
Spa	4,95	1964,3	2315,8	2	4,2	6	9	240	10	3
Total=	89,106	31550,7	19940,4			104	80			

Tabla 32. Cuadro resumen de requerimientos grupales.

Fuente (diseño propio)

En la tabla 31 se concentra toda la información necesaria para poder tener el tamaño base de los sistemas FV que se requiere, no está demás indicar que tanto el controlador como el inversor tienen un margen de seguridad adicional de 30% de su valor. Esto con el fin de evitar que el mismo trabaje al 100% de su capacidad nominal, además guardar un margen de crecimiento de los edificios o que en algún momento se instale otro equipo y el sistema se vea limitado.

Otra característica importante es que los sistemas van a estar montados a nivel de suelo, los dueños del hotel Ecolirios pretenden potenciar su negocio mostrando las energías renovables a los turistas en giras en donde conozcan los sistemas, situación que motiva a más personas a utilizar este tipo de energías limpias, y desde luego potencia al hotel en su imagen ecoturística, como fue pensado en el inicio de ese proyecto familiar.

Con esta información resumida en la tabla 20, se puede cotizar con diferentes empresas que brinden el servicio de ventas de sistemas foto voltaicos tanto dentro como fuera del país y buscar la que brinde las mejores condiciones. En este proyecto no se detallan ciertos aspectos

de diseño, debido a que el proveedor tiene ofertas y sistemas diferentes de montaje que hay que evaluar cuando las ofertas sean recibidas.

De esta misma tabla se van a retomar datos importantes para ser analizados como: la energía, se utiliza un valor promedio para calcular los sistemas, pero hay que identificar qué sucede si se utilizan los índices de radiación solar mensual y ver cuánta energía se podría conseguir en un año con los tres sistemas juntos.

Análisis Económico

Cálculo de la energía utilizando el método de RENAC:

El rendimiento de un sistema está basado en los datos de irradiación y la relación de comportamiento solar promedio.

Se proyecta que la vida de este proyecto dura 20 años, se espera dos reemplazos de baterías durante este periodo y un reemplazo de componentes electrónicos de potencia. Para este proyecto se asumirían los siguientes costos:

- Gastos Capex (gastos de Capital) = \$57,686.19
- Gastos Opex (gastos operativos) = \$63,454.81

El costo total durante la vida útil del sistema será de = **\$121,140.90.**

La energía requerida por el sistema durante este tiempo es:

$$20 \text{ años} \times 365 \text{ días} \times 67,188.00 \text{ KWh} = \mathbf{650,430KWh}$$

El costo unitario de la electricidad= $\$121,140.99 / 490,472 \text{ KWH} = \mathbf{\$0,19}$

Costo Unitario de la Eletricidad	
Capex=	\$ 57.686,19
Opex=	\$ 63.454,81
Total=	\$ 121.140,99
Costo de la energía producida=	\$ 0,19
	₡ 114,12

Tabla 33. Costo Unitario de la Energía

Fuente: (RENAC)

Se comparará este dato con el costo de hacer la extensión de línea en media tensión de 8 km de distancia, este es el punto más cercano de conexión del proyecto.

Descripción	Costo x Poste	Distancia Total (m)	Distancia entre postes (m)	Total postes	Costo Total:
Costo del tendido eléctrico	\$ 2.500,00	8000	75	107	\$ 266.666,67

Tabla 34. Costo de una extensión de línea de media tensión.

Fuente: (Creación Propia)

Para este cálculo se utilizarán datos suministrados por el experto Ing. Mariano Solís, con más 20 años en el mercado, propietario de una empresa de servicios eléctricos de diseño y desarrollo en la zona Atlántica especializada en construcción de redes eléctricas y de suministros.

Se realizará la resta de este costo comparado con el costo del sistema fotovoltaico:

$$\text{Diferencia} = \$266,666.67 - \$121,140.90$$

$$\text{Diferencia} = \$145,525.77$$

Definitivamente la diferencia es mucha por consiguiente propondrán los sistemas fotos voltaicos como solución al problema planteado.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

A partir de la elaboración del diseño eléctrico para el Hotel Ecolirios Boutique, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. La energía fotovoltaica es la más favorable en el caso específico del Hotel Ecolirios Boutique, constituye una energía limpia, que se puede obtener prácticamente en cualquier lugar del país. Valga aclarar que su costo inicial es elevado, pero es una inversión que a mediano plazo puede significar un ahorro importante en la factura eléctrica, asimismo la vida útil de los equipos encargados de producir este tipo de energía es de un promedio de 20 o 25 años, cuando recibe el mantenimiento apropiado. Como se puede ver en la tabla 31 la demanda en energía del hotel es de 89,1 kw/h-día, la potencia instantánea o pico es de 31,550 w, las características del diseño en condiciones máximas de irradiación es de 4.2 kw/h-día con 104 paneles de 300w con lo que se logra obtener una producción de 117.9 KWh-día, con esta energía se cubre la demanda energética requerida en el hotel para su operación, la diferencia entre la energía requerida y la producida es de 28,8 kWh que representa un 24,4%, que va a cargar las baterías del sistema, así en condiciones de oscuridad (noche) el banco de baterías podrá suplir la energía requerida por el hotel.
2. El diseño eléctrico correcto garantiza el desempeño del sistema, sirve para establecer las cargas eléctricas, para así balancearlas y aumentar la eficiencia del mismo. También posibilita conocer las mejores rutas para las acometidas, evitando así las pérdidas de energía por conducción.
3. La tabulación de las cargas eléctricas en el Hotel Ecolirios Boutique permite determinar la demanda energética de cada edificio o recinto, a partir de esta información, es posible obtener el requerimiento energético de la edificación y las curvas de demanda.
4. La elaboración del diseño de un sistema fotovoltaico para el Hotel Ecolirios Boutique es la respuesta óptima que logra satisfacer el requerimiento energético de

la edificación, a esto se suman las condiciones geográficas de la zona de Los Lirios de Guácimo, que se caracteriza por una elevada radiación solar, los amplios espacios abiertos del terreno que evitan la sombra y favorecen la colocación de los paneles solares requeridos en este caso.

5. La creación del diseño con energía fotovoltaica solventará la necesidad de energía eléctrica necesario para el funcionamiento óptimo del hotel Ecolirios Boutique, hotel de montaña.

Recomendaciones

1. Como se evidenció en la zona de los Lirios de Guácimo, donde se ubica el hotel el clima es variable, típico del Trópico Húmedo, por ejemplo: hace sol y llueve, esta condición de tanta variabilidad puede afectar el funcionamiento correcto del sistema y bajar su eficiencia. Por lo que se recomienda instalar un generador (diésel o gal LPG) de 10kw como mínimo, conectar las cargas más sensibles como los sistemas de frío y congelación de alimentos y luces, asimismo los que se consideren necesarios para la operación correcta del hotel. En la ilustración 6, se muestra el diagrama unifilar de conexión para este equipo.
2. El peso estimado de un panel de 300w es de 21kg, y sus dimensiones son de 1956x 992mm. En la hoja resumen se indica que para el grupo1 se requieren 76 unidades, con estos datos se puede recomendar que los mismos se instalen en el piso en un área despejada, lo más cerca de los edificios de mayor consumo, esto para evitar pérdidas por condición y dimensionar conductores de menor área transversal bajando los costos de la instalación de los equipos.
3. Se recomienda hacer una estructura metálica fuerte para soportar las baterías. Cada una pesa 59kg y tiene unas dimensiones de 532x206x216mm, para el grupo 1 se requieren 76 unidades, lo cual implica construir un recinto bajo techo, bien ventilado para evitar los gases generados por el funcionamiento de las baterías.

Este debe estar separado de los demás equipos con el fin de no verse afectado por estos gases y se dañen por corrosión antes de tiempo, diezmando la vida útil de los equipos. Además, debe tener un acceso restringido, ya que las baterías tienen puntos expuestos como los bornes que son el punto de conexión entre ellas por medio de conductores eléctricos, puede hacer contacto con los metales y causar un corto circuito y daños irreparables a los sistemas.

4. En esta zona se pueden presentar tormentas muy fuertes con descargas eléctricas atmosféricas (rayos), esto puede provocar daños en los sistemas eléctricos y electrónicos, por lo cual se recomienda instalar un sistema de pararrayos combinado con un buen sistema integrado de puesta a tierra como lo establece el Código Eléctrico Nacional para minimizar los daños, así resguardar la inversión, además, se recomienda una resistencia del sistema de puesta a tierra menor a los 5 ohms.
5. El mantenimiento de los sistemas Fotovoltaicos al inicio de su operación es mínimo, no obstante, con el tiempo los paneles se van llenando de polvo y suciedad, la batería en sus contactos le aparece sarro, los cables se pueden aflojar y tener problemas de efecto joule (calentamiento en puntos flojos), por lo cual se recomienda diseñar un programa de mantenimiento preventivo periódico, para mantener los equipos en excelentes condiciones y su factor de planta lo más alto posible.
6. Se propone estudiar y analizar la empresa a la cual se le va a realizar la compra de los equipos, para garantizar un respaldo sólido, en el momento que un equipo falle, las garantías sean cumplidas a cabalidad y así evitar que el sistema salga de operación por estas condiciones. Establecer una relación sana entre ambas partes es muy importante para la seguridad de todos.

Capítulo VI. Propuestas

Planteamientos de diseño

El análisis realizado hasta el momento indica que la energía fotovoltaica es la candidata más apta para poder suplir la energía requerida por el Hotel Ecolirios Boutique para su funcionamiento y resolver el problema planteado en un 100%.

La distancia entre los edificios es una variable que perjudica o beneficia dependiendo del lado que se observe, con un sistema fotovoltaico se beneficia, se podrá colocar un sistema independiente para cada grupo evitando pérdidas de energía por distancia, lo cual es una gran ventaja ya que se bajan los costos significativamente.

Esta propuesta contemplará todos estos aspectos y cumplirá con las necesidades planteadas.

Propuesta de diseño

Se establecen tres grupos para implementar el sistema fotovoltaico, ya que las condiciones estructurales del hotel, según el análisis realizado, van a ser idealmente un punto de ventaja en el funcionamiento y la inversión.

El aspecto económico es relevante, marca la diferencia entre el uso de este sistema y el de red eléctrica pública pues se demostró la viabilidad monetaria en comparación una con otra. La ubicación geográfica del hotel no permite otro tipo de soluciones alternas por el momento.

El diagrama unifilar permitirá conocer a detalle simplificado todo el diseño eléctrico y sus componentes: cantidad de paneles, tableros, interruptores, conductores y sus calibres, baterías, convertidores, inversores, protecciones, centros de carga.

A continuación, se presentará los diagramas unifilares de cómo quedaría esta propuesta de diseño para los tres grupos, la misma puede cambiar de los datos que se expresaron en el cuadro resumen de la tabla 20, estos cambian de cantidad o dimensión ajustándose a lo que ofrece el mercado. En este caso, se van a utilizar elementos de la empresa Bluesun, que es la que ha proporcionado información sobre paneles, equipos y precios como se muestra en el

apéndice A y B. Esto pasa la mayoría de las veces que se desarrolla un diseño de esta índole; se suponen datos, pero luego hay que ir al mercado a ver qué hay disponible y ajustar el diseño. Esto es lo que procede a continuación con los datos suministrados y basados con las fórmulas e información que se brindó en este documento.

Se presentará los diagramas unifilares de los tres grupos que se desarrollaron inicialmente:

Diseño del Grupo 1: Es contempla el restaurante, la recepción y la lavandería

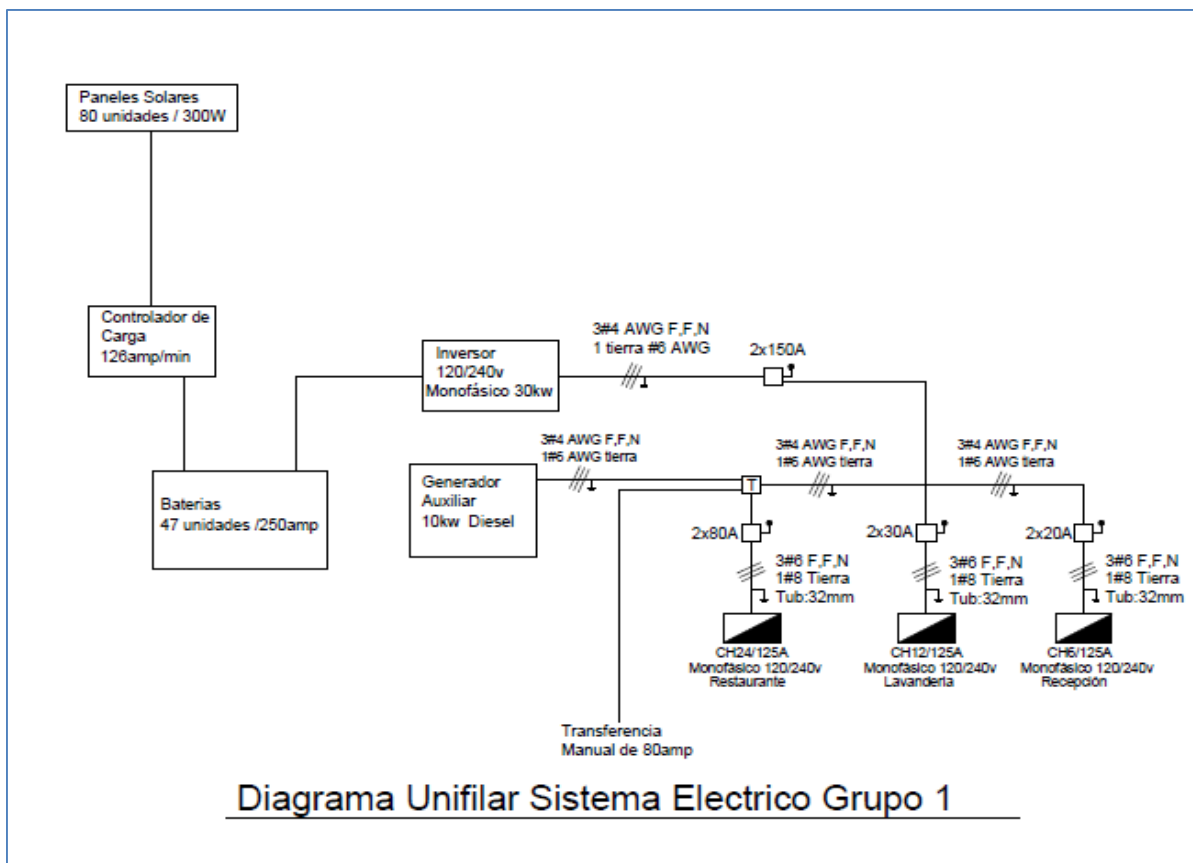


Ilustración 54. Propuesta para el diagrama unifilar eléctrico fotovoltaico del Grupo 1

Fuente (Diseño propio)

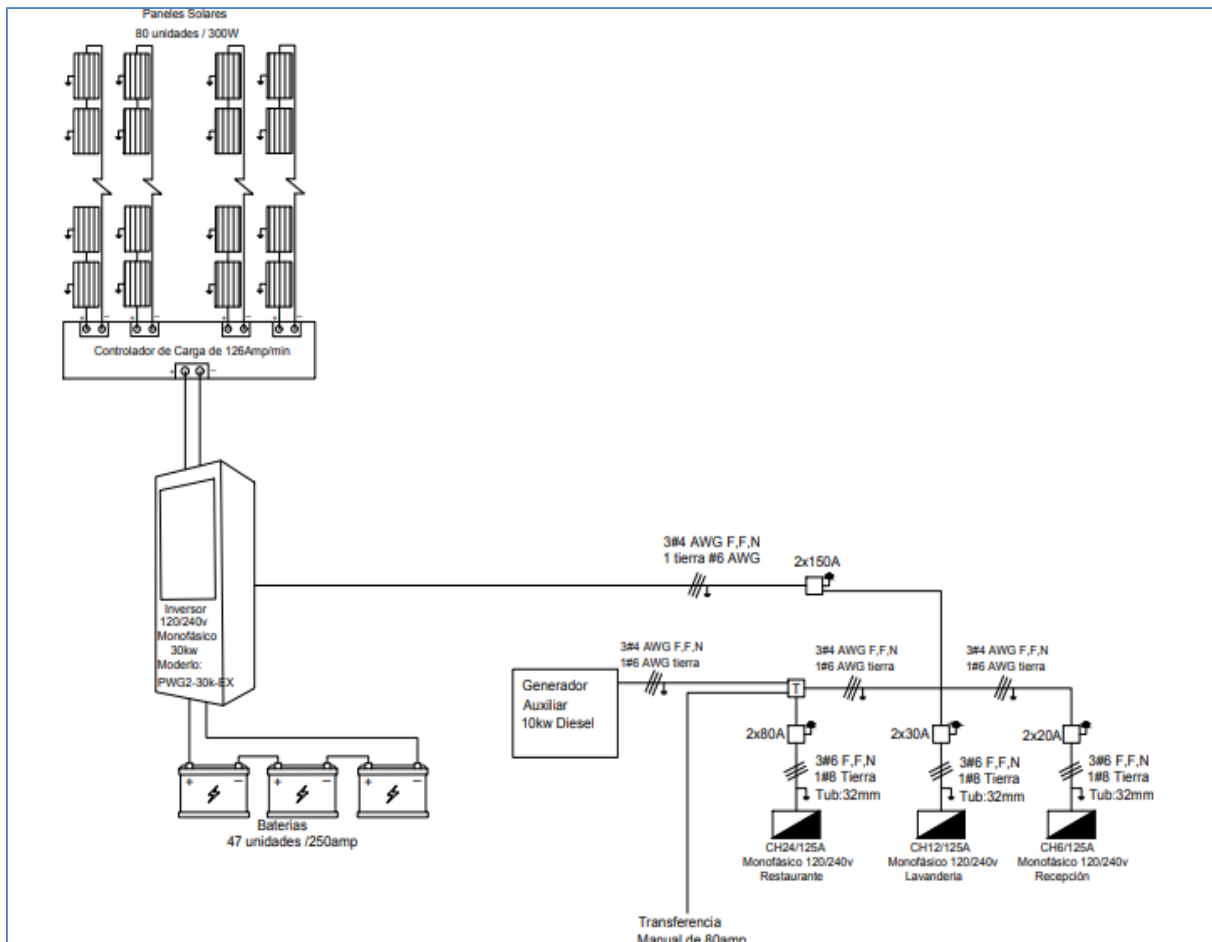


Ilustración 55. Diseño de propuesta utilizando equipos marca Bluesun Company.

Fuente (diseño combinado de Bluesun y Propia)

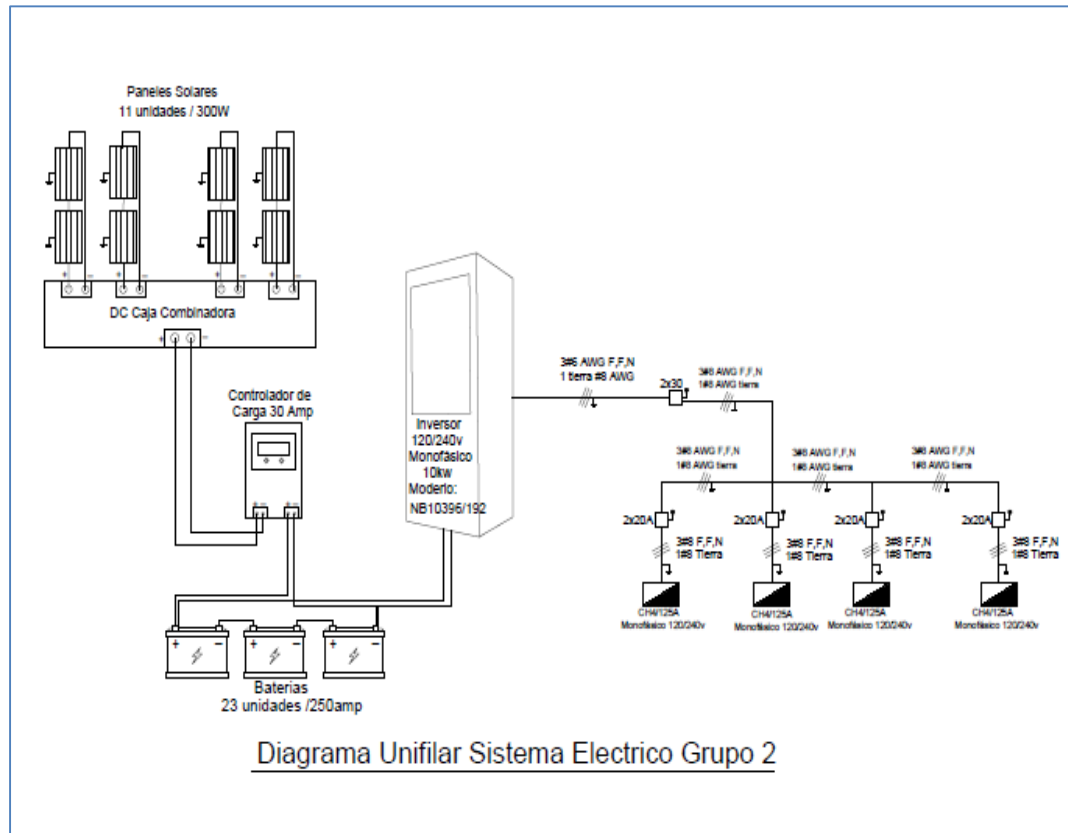


Ilustración 57. Propuesta de diseño utilizando equipos Bluesun

Fuente (diseño combinado de Bluesun y Propia)

Diseño del Grupo 3: El Spa

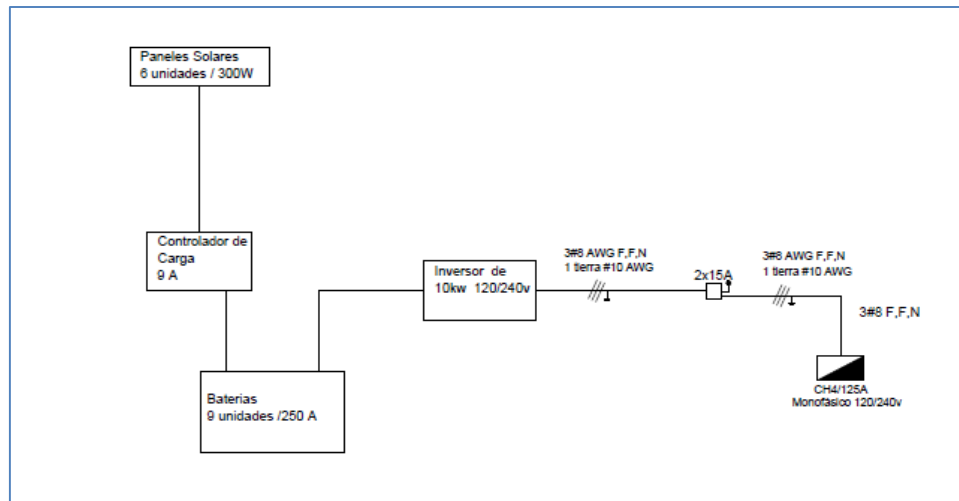


Ilustración 58. Diagrama unifilar de sistema eléctrico del Spa

Fuente (diseño propio)

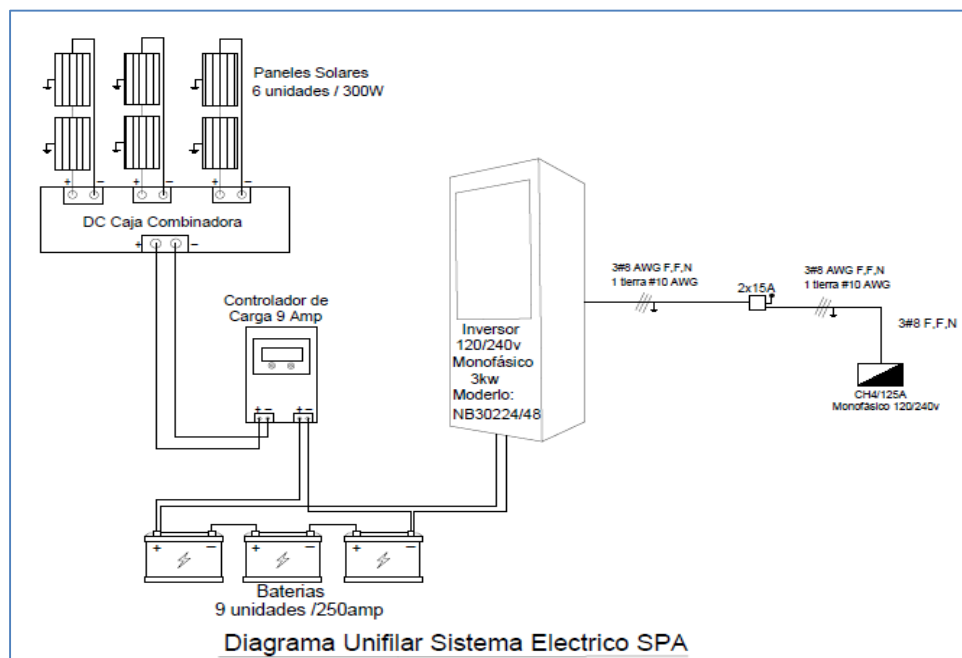


Ilustración 59. Diseño de propuesta utilizando equipos de Bluesun

Fuente (diseño combinado de Bluesun y Propia)

Bibliografía

- National Fire Protection Association (2014). NFPA 70® Código Eléctrico Nacional. Edición 2014. Costa Rica.
- OneShore Energy GmbH (2015). The bussiness case for off-grid renewables and energy storage. Dusseldorf, Germany.
- P. Blechinger R. Seguin, C. Cader, P. Bertheau, Ch. Breyer (2014). Assessment of the global potential for Renewable Energy Storage Systems. Berlin.
- Electrical Engineering Portal (2011). Recuperado 24 de enero 2019: <http://www.renusol.com/en/company/news/news-imgvid/article/973.html>.
- Renewables Academy Online. Recuperado 12 enero 2019: <http://renewables-online.de/>
- Henrich, K., Pacheco, R., Solera, M. y Alfaro, M. (2013). Series de Brillo Solar. Recuperado el 31 de enero 2019: <http://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/series+de+brillo+solar+en+costa+rica>
- Acciona(“SF”): Recuperado 22 diciembre 2018: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- Online Library(“SF”): Recuperado 22 2018: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.2855/full>
- JRC(“SF”): Recuperado 20 diciembre 2018: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- EOS Web(“SF”): Recuperado 6 diciembre 2018: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>
- PV WATTS(“SF”): Recuperado 02 enero 2019: <http://pvwatts.nrel.gov/>
- Solar Pathfinder(“SF”): Recuperado 17 enero 2019: <http://www.solarpathfinder.com/video/6>)
- Mario Bermúdez, (2017). Análisis de datos aportados por CEPAL, sobre el consumo y producción de energías eléctricas limpias en Costa Rica en los últimos años. Gobierno de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Roberto Dobles, (2018). Costa Rica no aprovecha su gran potencial de energía solar para reducir los costos de la electricidad. San José, Costa Rica.

Garzón Soria Carlos Pablo, (2010). Evaluación de alternativas de Generación de electricidad desde el punto de vista de su impacto ambiental para sectores no conectados a redes eléctricas. Tocopaxi, Ecuador

Vélez Hernández Ángel Manuel, (2012). Propuesta metodológica para un estudio de prospectiva del sector energético mediante el uso de sistemas fotovoltaicos en conjunto con los nanos materiales. México D.F.

Apéndices

Apéndice A. Cotizaciones de los diferentes tamaños de equipos FV.

Cotización 1:



Bluesun Solar Energy Tech. Co., Ltd
 No.3 General Electric Park Wenshui Road, New Industrial Park, Shushan District Hefei China
 Mob/Whatsapp: +86-15655516357 Fax: +86-551-6520 3669
 Attn: Monica Email: solar36@bluesunpv.com Skype: Monica Yin



3KW Off Grid Solar Power System



Model: BSM3KW-OFF

PV Capacity: 3.45KW

Daily Power Generation: 10-17KWH

Battery Capacity: 12KWH

AC Voltage: 110/220V 50HZ Single Phase

Items	Model	Picture	Description	Quantity	Unit Price	Amount
1	Bluesun Poly 350w solar panel 25years warranty		Voltage:36V Weight:21KG Size:1956*992*40mm A Grade Cells	10	\$84.32	\$843.20
2	MPPT Solar Charge Controller 5years warranty		48V 60A	1	\$113.75	\$113.75
3	3KW Off Grid Inverter 5years warranty		Rated Output power: 3KW DC Voltage: 48V AC Voltage: 110/220V Single Phase 50Hz	1	\$337.50	\$337.50
4	PV Combiner Box 5years warranty		5 input, 1 output (DC Breaker, SPD, Switch)	1	\$285.00	\$285.00
5	Bluesun Deep Cycle Solar Battery 3years warranty		12V 250AH Free Maintenance	4	\$252.00	\$1,008.00
6	PV Cable 5years warranty		PV 4mm2	100	\$1.00	\$100.00
7	MC4 Connector 5years warranty		Rated current: 30A Rated voltage: 1000VDC	5	\$1.00	\$5.00
8	Solar Panel Mounting System 25years warranty			1	\$340.00	\$340.00
Total EXW Cost						\$3,032.45

[Gross weight : 754.00kg Measurement : 1.89 cbm]

Remark:

1. Payment terms: T/T; Paypal; Alibaba Trade Assurance; Western Union
2. Shipment(ETD. Estimated date of delivery) 30days after receive deposit.
3. Quote Validity: 30 days.
4. Package: Standard export package, Composite material box
5. Certificate: CE/ TUV/ETL, ETL for US Market.



Cotización 2:



Bluesun Solar Energy Tech. Co., Ltd
 No.3 General Electric Park Wenzhou Road, New Industrial Park, Shushan District Hefei China
 Mob/Whatsapp: +86-15655516257 Fax: +86-551-6520 3669
 Attn: Monica Email: solar36@bluesunpv.com Skype:Monica Yin



8KW Off Grid Solar Power System



Model: B088KW-077
 PV Capacity: 8.4KW
 Daily Power Generation: 42KWH
 Battery Capacity: 240KWH
 AC Voltage: 110/220V 50HZ Single Phase

Items	Model	Picture	Description	Quantity	Unit Price	Amount
1	Bluesun Poly 340w solar panel 25years warranty		Voltage:36V Weight:21KG Size:1956*992*40mm A Grade Cells	24	\$84.32	\$2,023.68
2	MPPT Solar Charge Controller 5years warranty		192V 50A	1	\$622.50	\$622.50
3	8KW Off Grid Inverter 5years warranty		Rated Output power: 8KW DC Voltage:192V AC Voltage: 110/220V Single Phase 50Hz	1	\$1,039.35	\$1,039.35
4	PV Combiner Box 5years warranty		3input, 1output (DC Breaker, SPD, Switch)	1	\$205.00	\$205.00
5	Bluesun Deep Cycle Solar Battery 3years warranty		12V 200AH Free Maintenance	16	\$205.00	\$3,280.00
6	PV Cable 5years warranty		PV 4mm2	300	\$1.00	\$300.00
7	MC4 Connector 5years warranty		Rated current: 30A Rated voltage: 1000VDC	5	\$1.00	\$5.00
8	Solar Panel Mounting System 25years warranty			1	\$816.00	\$816.00
(Gross weight : 1618.00kg Measurement : 3.95cbm)						
Total EXW Cost						\$8,291.53

Remarks:

1. Payment terms: T/T, Paypal, Alibaba Trade Assurance, Western Union
2. Shipment(ETD, Estimated date of delivery) 30days after receive deposit.
3. Quote Validity: 30 days.
4. Package: Standard export package, Composite material box
5. Certificate: CE/ TUV/ETL, ETL for US Market.



Cotización 3:



Bluesun Solar Energy Tech. Co., Ltd
 No.3 General Electric Park Wenzhou Road, New Industrial Park, Shushan District Hefei China
 Mob/Whatsapp: +86-15655516397 Fax: +86-551-6529 3668
 Attn.: Monica Email: solar36@bluesun.com Skype: Monica Yin



10KW Off Grid Solar Power System



Model: EGM10KW-OFF

PV Capacity: 11.2KW

Daily Power Generation: 33-55KWH

Battery Capacity: 48 KWH

AC Voltage: 110/220V 50HZ Single Phase

Items	Model	Picture	Description	Quantity	Unit Price	Amount
1	Bluesun Poly 350w solar panel 25years warranty		Voltage:36V Weight:21KG Size:1956*992*40mm A Grade Cells	32	\$84.32	\$2,698.24
2	MPPT Solar Charge Controller 5years warranty		192V 50A	1	\$597.60	\$597.60
3	10KW Off Grid Inverter 5years warranty		Rated Output power: 10KW DC Voltage: 192V AC Voltage: 110/220V 50HZ Single Phase	1	\$1,226.40	\$1,226.40
4	PV Combiner Box 5years warranty		4input, 1output (DC Breaker, SPD, Switch)	1	\$300.00	\$300.00
5	Bluesun Deep Cycle Solar Battery 3years warranty		12V 250AH	16	\$252.00	\$4,032.00
6	PV Cable		PV 4mm2	400	\$1.00	\$400.00
7	MC4 Connector		Rated current: 30A Rated voltage: 1000VDC	15	\$1.00	\$15.00
8	Ground/Roof Solar Panel Mounting System 25years warranty			1	\$1,120.00	\$1,120.00
Shipping To Cost Puerto Limon Cost						\$785.00
(Gross weight : 2469.98kg Measurement : 6.25 cbm)						
Total CFR Cost						\$11,174.24

Remark:

1. Payment terms: 30% D/T At advance , paid the balance before shipment (paid the balance against copy of B/L)
 Alibaba Trade Assurance , etc

2. Shipment(ETD. Estimated date of delivery) 30days after receive deposit .

3. Quote Validity: 30 days.

4. Package: Standard export package, Composite material box

5. Certificate: CE/ TUV/IEC, ETL for US Market.



Cotización 4:

 Bluesun Solar Energy Tech. Co., Ltd OFFICIAL QUOTATION SHEET						
To: Hotel EcoRico Attn: Carlos Alberto Add: Costa Rica Tel: +00006-6888-4554 E-mail: calpizarb61@gmail.com			From: Bluesun Solar Energy Tech.Co., Ltd Attn: Monica Yin Add: Wanshui Road, New Industrial Park, Shuichen District, Hefei, China Tel: +0086-156-5551-6357 E-mail: solar56@bluesunpv.com			
Date: 2019-8-16						
Commercial 30KW Hybrid Solar Power System						
Item	Article	Picture	Description	Quantity	Unit Price	Amount (USD)
1	BSM250P-72 (Polycrystalline 350W solar panel) 18pcs 1 string, totally 18strings Average Daily Power Production: 125kwh		Voltage: 36V Weight: 21KG Dimension: 1956*992*40mm Application Class: A Warranty: 25 years	90	\$84.32	\$7,588.80
2	DC Combiner Box (Breaker, SPD, Switches)		5 input 1 output Warranty: 5 years	1	\$375.00	\$375.00
3	30KW Hybrid Inverter & Transformer (Pure network status) Single Phase		Rated 30KW AC Voltage: 120/240V/50Hz Size: 600*2800*600mm Weight: 450kg Warranty: 10 years	1	\$6,130.00	\$6,130.00
4	GEL Battery (With Cable) Capacity: 90kwh Depth Of Discharge: 50% 30pcs one string, total 1 strings		12V 150Ah Size: 346*188*219mm Weight: 73kg Warranty: 3 years	30	\$258.00	\$7,740.00
5	PV Cable		PV 4mm2 Warranty: 5 years	1000	\$1.00	\$1,000.00
6	MC4 Connector		Rated current: 30A Rated voltage: 1000VDC	40	\$1.00	\$40.00
7	Ground Mounting System		Customize for all 90pcs PV modules Warranty: 25 years	1	\$2,886.50	\$2,886.50
Ocean freight to port Puerto Limon Cost						\$3,880.00
Total CFR Puerto Limon Amount						\$27,940.30
Remarks: Payment term: 30% deposit in advance, pay the balance before shipping Delivery time: 20 working days after receiving deposit Quote Validity: 30 days Package: Standard export package, Composite material box						
BLUESUN --Your Best PV Supplier						
						

Apéndice B: Fichas Técnicas de los Equipos.

Baterías:



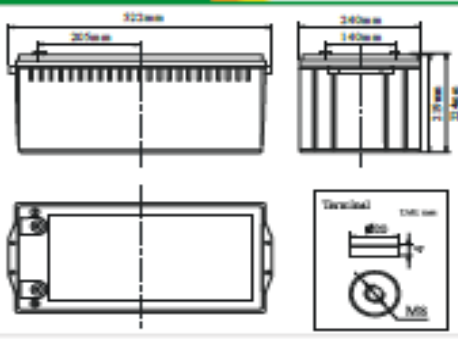



FC12-200AT

Product Image



Product Dimensions



Cycle Service Life(25°C/77°F)

Characteristics

Nominal Voltage		12V
Nominal Capacity (10 hour rate)		200Ah
Capacity 25°C (77°F)	20 hour rate (11.0A)	220Ah
	5 hour rate (35.4A)	177Ah
	1 hour rate (132A)	132Ah
	Internal Resistance	Full Charged Battery 25°C 40°C (104°F) 25°C (77°F) 0°C (32°F) -15°C (5°F)
Capacity affected by Temperature (10 hour)	after 3 month storage	90%
	after 6 month storage	80%
	after 12 month storage	62%
	Self-Discharge 25°C (77°F) Capacity	
Charge (Constant Voltage) 25°C (77°F)	Float	Initial Charging Current Less than 40A Voltage 13.6-13.8V
	Cycle	Initial Charging Current Less than 40A Voltage 14.4-14.9V

Packaging

Battery Dimensions	Length	522mm
	Width	240mm
	Height	219mm
	Total Height	224mm
Box Dimensions	Length	537mm
	Width	255mm
	Height	299mm
Quantity Per Box		1 PC per box
Net weight Per Cell		60.0 kg±500g
Net weight Per Box		60.0kg
Gross Weight		60.8kg

Discharge Constant Current per Cell (Amperes at 77°F 25°C)

FV/Time	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V	577.9	371.6	309.5	206.4	148.1	132.0	81.8	55.0	37.4	24.6	22.0	12.1
1.65V	567.4	364.8	303.9	202.6	145.4	129.6	80.4	54.0	36.7	24.2	21.6	11.9
1.70V	556.9	358.1	298.3	198.9	142.7	127.2	78.9	53.0	36.0	23.7	21.2	11.7
1.75V	546.4	351.3	292.7	195.1	140.0	124.8	77.4	52.0	35.4	23.3	20.8	11.4
1.80V	525.4	337.8	281.4	187.6	134.6	120.0	74.4	50.0	34.0	22.4	20.0	11.0

Discharge Constant Power per Cell (Watts at 77°F 25°C)

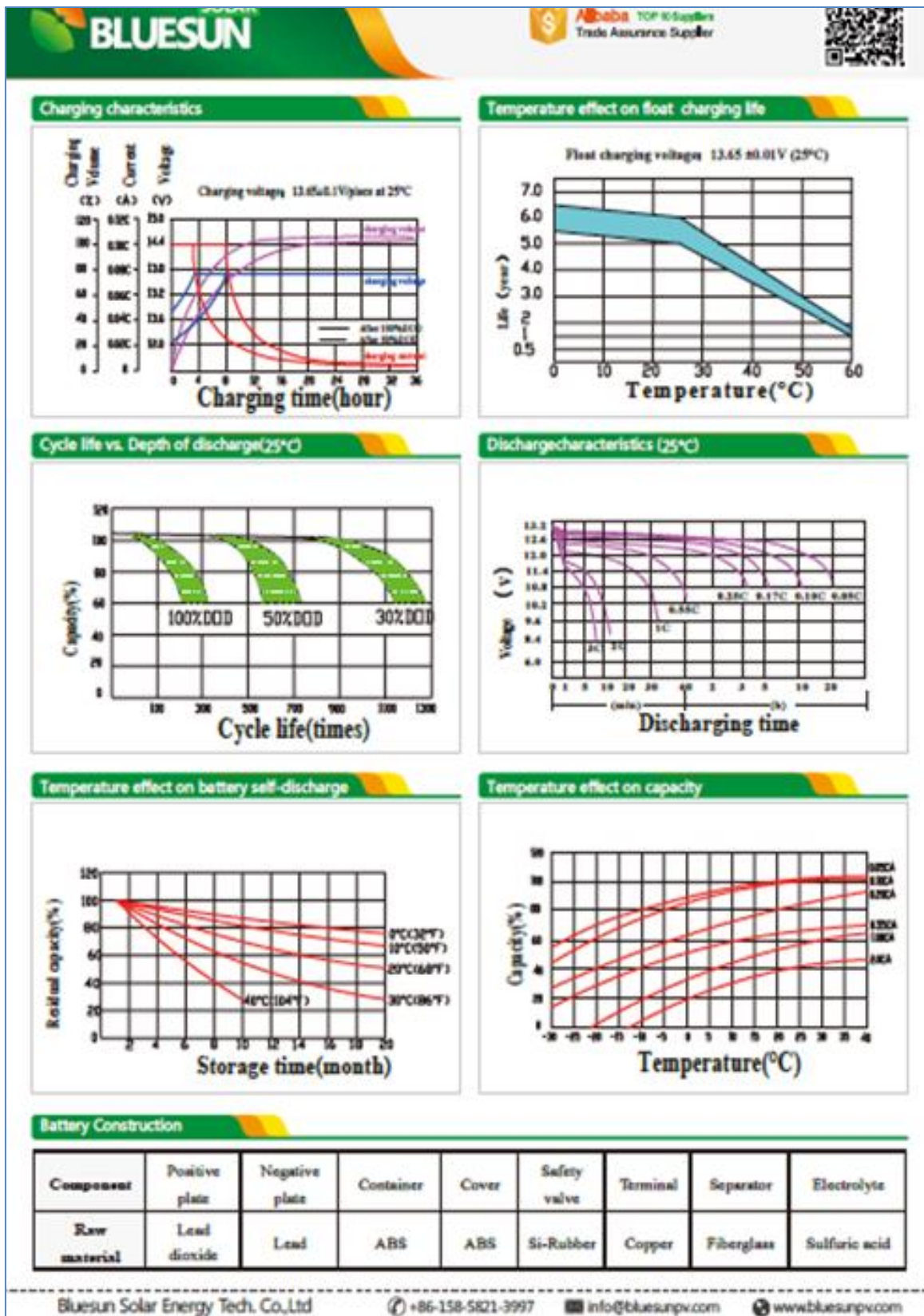
FV/Time	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V	1112.5	715.3	595.9	397.2	285.0	254.1	157.5	105.9	72.0	47.4	42.4	23.3
1.65V	1092.3	702.3	585.0	390.0	279.8	249.5	154.7	104.0	70.7	46.6	41.6	22.9
1.70V	1072.1	689.3	574.2	382.8	274.7	244.9	151.8	102.0	69.4	45.7	40.8	22.4
1.75V	1051.9	676.3	563.4	375.6	269.5	240.2	148.9	100.1	68.1	44.8	40.0	22.0
1.80V	1011.4	650.3	541.7	361.1	259.1	231.0	143.2	96.3	65.5	43.1	38.5	21.2

Bluesun Solar Energy Tech. Co.,Ltd

+86-158-5821-3997

info@bluesunpv.com

www.bluesunpv.com



Controlador Solar MPPT:

TS192S50ML Technical parameters:

Grade	TS192S50ML
Rated current	50A
Battery input	
Rated voltage (V _{oc})	192.0
MIN start voltage (V _{oc})	≥160.0
Input voltage range (V _{oc})	160.0 — 260.0
Under protect voltage (V _{oc})	≤173.0
Under-voltage recovery (V _{oc})	≥197.0
Over voltage (V _{oc})	≥255.0
Over-voltage recovery (V _{oc})	≤248.0
Rated battery capacity	500A · h
Solar input	
MAX open circuit voltage(V _{oc})	450.0
Number of solar (N)	1
MAX charge current (A)	50
Mppt voltage range(V _{oc})	240.0 — 400.0
Float voltage (V _{oc})	225.0
Charge protection voltage (V _{oc})	≥235.0
Recovery charge voltage (V _{oc})	≤215.0
Protect	Battery over-charge、Battery reversed、Reversed charge、Solar input over current、Overheating
Cooling	Forced air cooling
Dielectric strength	3000V _{oc}
Communication (optional)	RS485 (A、B)
Display mode	LCD
General data	
Dimensions (D x W x H)	350mm x 440mm x 190mm
Reference weight (Kg)	15
Protection grade	IP20
Noise (dB, 1m)	≤60
Altitude (m)	≤3000
Working temperature (°C)	-25 — +65
Storage temperature (°C)	-30 — +70

TS192S100ML-2T Technical parameters:

Grade	TS192S100ML-2T
Rated current	100A
Battery input	
Rated voltage (V _{DC})	192.0
MIN start voltage (V _{DC})	≥160.0
Input voltage range (V _{DC})	160.0 — 260.0
Under protect voltage (V _{DC})	≤173.0
Under-voltage recovery (V _{DC})	≥197.0
Over voltage (V _{DC})	≥256.0
Over-voltage recovery (V _{DC})	≤248.0
Rated battery capacity	1000A · h
Solar input	
MAX open circuit voltage(V _{DC})	450.0
Number of solar (N)	2
MAX charge current (A)	2 * 50
Mppt voltage range(V _{DC})	240.0 — 400.0
Float voltage (V _{DC})	225.0
Charge protection voltage (V _{DC})	≥235.0
Recovery charge voltage (V _{DC})	≤215.0
Protect	Battery over-charge、Battery reversed、Reversed charge、Solar Input over current、Overheating
Cooling	Forced air cooling
Dielectric strength	3000V _{DC}
Communication (optional)	RS485 (A、B)
Display mode	LCD
General data	
Dimensions (D x W x H)	560mm x 480mm x 190mm
Reference weight (Kg)	23
Protection grade	IP20
Noise (dB, 1m)	≤60
Altitude (m)	≤3000
Working temperature (°C)	-25 — +65
Storage temperature (°C)	-30 — +70

Controlador Solar:

TS96S50ML Technical parameters:

Grade	TS96S50ML
Rated current	50A
Battery input	
Rated voltage (V _{oc})	96.0
MIN start voltage (V _{oc})	≥80.0
Input voltage range (V _{oc})	80.0 — 130.0
Under protect voltage (V _{oc})	≤86.4
Under-voltage recovery (V _{oc})	≥98.4
Over voltage (V _{oc})	≥128.0
Over-voltage recovery (V _{oc})	≤120.0
Rated battery capacity	500A · h
Solar input	
MAX open circuit voltage(V _{oc})	300.0
Number of solar (N)	1
MAX charge current (A)	50
Mppt voltage range(V _{oc})	120.0 — 260.0
Float voltage (V _{oc})	110.0
Charge protection voltage (V _{oc})	≥118.0
Recovery charge voltage (V _{oc})	≤105.0
Protect	Battery over-charge、Battery reversed、Reversed charge、Solar input over current、Overheating
Cooling	Forced air cooling
Dielectric strength	3000V _{oc}
communication (optional)	RS485 (A、B)
Display mode	LCD
General data	
Dimensions (D x W x H)	350mm x 440mm x 190mm
Reference weight (Kg)	15
Protection grade	IP20
Noise (dB, 1m)	≤50
Altitude (m)	≤3000
Working temperature (℃)	-25 — +65
Storage temperature (℃)	-30 — +70

Inversores:

Inverter Charger/Solar Inverter Charger

Feature

- Pure sine wave output ;
- Wide AC voltage input range, AVR output;
- Adopt traditional EI transformer , stable performance;
- LCD real-time display, concise and straightforward;
- Working modes: AC first or battery first optional, intelligent charging;
- Built-in MPPT or PWM charge controller optional;
- RS232 communication port optional.



Application Area

- Office and public facilities, household system, network transmission equipment, manufacturing, control system, solar energy system, oil field, drilling field operation, etc.
- Provide stable, reliable and safe solutions for families, islands, ships and other small photovoltaic power systems

System Application Diagram



Technical Parameters

Model No	8111/24	9011/24	70114	70112	10111/24	11214/48	20114	20214	3021A/48	4011A/48
Rated Power	850W	900W	700W	700W	1000W	1500W	2000W	2000W	3000W	4000W
Battery Voltage	12/24VDC	24VDC	24VDC	12VDC	12/24VDC	24/48VDC	48VDC	24VDC	24/48VDC	48/96VDC
Inside Solar controller(Optional)	30A-30A(PWM)			10A-60A(PWM or MPPT)						
Size(L*W*Hmm)	235*210*122			430*143*223		400*280*320		420*208*348		460*245*440
Package Size(L*W*Hmm)	385*270*185			460*200*278		460*240*380		480*300*400		515*320*505
N.W(kg)	6.5	8	30	11	13	18	21	23	29	46
G.W(kg)(Carton Packing)	7.5	9	31	12	14	19	22	24	30	48
Model No	5024A/48	6024A/48	7029A/192	1019A/192	1219A/240	15119A/240	20119A/240	25124A	30124A	40133A
Rated Power	5000W	6000W	7000W	1000W	1200W	1500W	2000W	2500W	3000W	4000W
Battery Voltage	48/96VDC	48/96VDC	96/192VDC	96/192VDC	96/192VDC	192/240VDC	192/240VDC	240VDC	240VDC	384VDC
Inside Solar controller(Optional)	10A-60A(PWM)(MPPT)			30A/100A(PWM)				50A/100A/150A/200A(PWM)		
Size(L*W*Hmm)	480*245*445			485*300*646		600*300*880		720*420*1120		
Package Size(L*W*Hmm)	530*315*550			550*385*785		660*365*830		790*505*1260		
N.W(kg)	52	53	62	66	102	108	113	119	131	160
G.W(kg)(Wooden Packing)	58	59	72	76	115	121	130	136	158	180
Input	Voltage Range	71VAC~138VAC / 145VAC~275VAC (150W~7500W) ; 98VAC~125VAC/195VAC~250VAC(800W~400W)								
	Frequency Range	45Hz~65Hz								
Output	Voltage Range	110VAC±2% / 220VAC±2%								
	Frequency Range	50/60Hz±1%								
Inside Solar controller (Optional)	Charging Mode	MPPT or PWM								
	Charging Current	12V/24V/48V System : 10A,20A,30A,40A,50A,60A ; 96V/192V/240V/384V System : 50A,100A,150A,200A								
	PV Input Voltage Range	12V System: 15V~40V; 24V System: 30V~80V; 48V System: 60V~80V; 96V System: 120V~170V; 192V System: 240V~352V; 240V System: 300V~440V; 384V System: 480V~704V								
	Max PV Input Voltage (At 25°C)	12V/24 System:30V; 48V System:180V; 96V System:200V; 192V System:400V; 240V System:500V; 384V System:720V								
	PV Array Maximum Power	12V System: 140W / 280W / 420W / 560W / 700W / 840W ; 24V System: 280W / 560W / 840W / 1120W / 1400W / 1680W; 48V System: 560W / 1120W / 1680W / 2240W / 2800W / 3360W ; 96V System: 1120W / 2240W / 3360W*2 / 4480W*2; 192V System: 2240W / 4480W / 6720W*2 / 8960W*2; 240V System: 340W / 680W / 1020W*2 / 1360W*2; 384V System: 2240W / 4480W / 6720W*2 / 8960W*2								
Output Wave		Pure Sine Wave								
Total Harmonic Distortion		≤3%(linear load)								
Transfer Time		≤4ms								
Efficiency		≥85%								
Working Mode		Battery First/AC First/Saving Energy Mode								
AC Charging current		Max 15A								
Battery Type		According to Customer Requirements								
Display		LCD								
Thermal method		Cooling fan in intelligent control								
Communication		RS232(Optional)								
Protection	Overload	Overload exceeds 110% , automatic shutdown in 30 secs ; Overload exceeds 120% , automatic shutdown in 2 secs (Under mains supply mode, it will not shutdown if overload, just keeping sound)								
	Short circuit	Output short circuit, automatic shutdown after keeping sound 20 secs								
	Battery	High or low voltage protection								
	Reverse Polarity	Reverse Polarity protection(Optional)								
Environment	Noise	≤55dB								
	Temperature	-10°C~40°C								
	Humidity	0%~95% (No condensation)								
Alarm	A	Under normal working situation, buzzer without alarm sound								
	B	When battery are fault or under overload protection, buzzer keeping sound 4 times each second								
	C	When inverter starts in normal situation, buzzer reminds 5 times								

Note: 1. Specifications are subject to change without prior notice;

2. Special voltage and power requirements can be customized according to the actual situation of users.

PWG2-30K-EX



Features

- Modular design and wide power range in single cabinet
- Bi-directional Power Conversion System
- Built-in transformer
- Grid-support functions
- Flexible configuration
- Support PV access

Specification

Model	PWG2-30K-EX
Utility-interactive Mode	
Battery voltage range	400V(250~520V)
Batter DC Max Current	90A
PV Voltage Range	520~900V (MPPT 320V~800V)
PV DC. Max Current	116A
(In case of completely consumption)	
AC voltage	400V(340V~460V)
AC current	44A
Nominal power	30KW
AC frequency	50/60Hz(±2.5Hz)
Output THDI	≤3%
AC PF	Listed: 0.8~1 leading or lagging (Controllable) Actual: 0.1~1 leading or lagging (Controllable)
Stand-alone Mode	
Battery voltage range	250~520V
Battery DC Max Current	90A
PV Voltage Range	520~900V (MPPT 320V~800V)
PV DC. Max Current	116A

(In case of completely consumption)

AC output voltage	400V(±10% configurable)
AC output current	44A(Max 48A)
Nominal AC output power	30KW
AC Max Power	33KW
Output THDu	≤2%
AC frequency	50/60Hz
AC PF	Listed: 0.8~1 leading or lagging (Load-depend) Actual: 0.1~1 leading or lagging (Load-depend)
Overload Capability	105%~115% 10min; 115%~125% 1min; 125%~150% 200ms

Physical

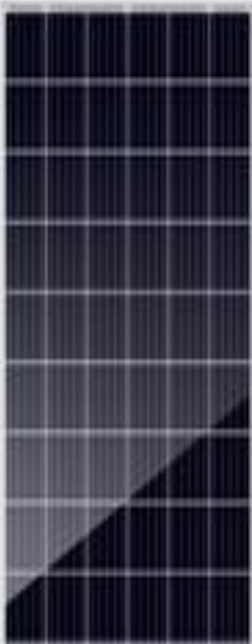
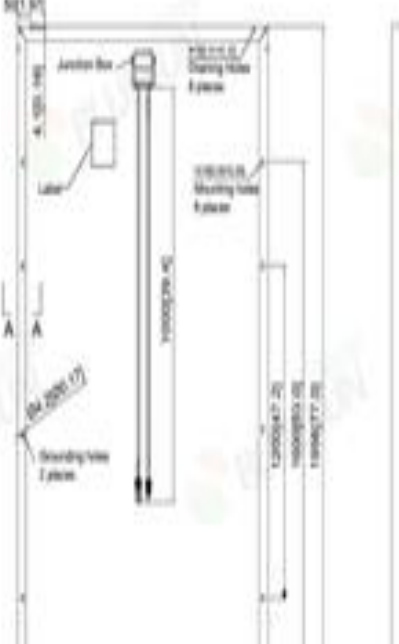
Cooling	Forced air cooling
Noise	70dB
Enclosure	IP20
Max elevation	3000m/10000feet (> 2000m/6500feet derating)
Operating temp.	-20°C to 50°C (De-rating over 45°C)
Humidity	0~95% (No condensing)
Size (W*H*D)	600*1600*600mm
Weight	400kg
Installation	Floor standing

On grid-Off grid switch

Switching time	1S
Other	
Peak efficiency	95.50%
CEC efficiency	-
Protection	OTP, AC OVP/UVP, OPFI/UFP, EPO, AC Phase Reverse, Fan/Relay Failure, OLP, GFDI, Anti-Islanding
Configurable protection limits	Upper/Lower AC Voltage/Frequency limit, Battery EOD voltage.
AC connection	3P4W
Display	Touch Screen
Communication	RS485,CAN,Ethernet
Isolation	Built-in Transformer
Compliance	

Paneles Solares:

Model	BSM335P	BSM340P	BSM345P	BSM350P	BSM355P
Rated Maximum Power at STC	335	340	345	350	355
Open Circuit Voltage(Voc/V)	46.3	46.5	46.7	46.9	47.0
Maximum Power Voltage(Vmp/V)	37.9	38.2	38.4	38.5	38.7
Short Circuit Current(Isc/A)	8.84	8.90	9.00	9.09	9.17
Maximum Power Current(Imp/A)	9.36	9.45	9.50	9.60	9.69
Module Efficiency(%)	17.3	17.5	17.8	18.0	18.3
Power Tolerance	-0~+5%				
Standard Test Condition(STC)	Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5				

Units: mm (inch)

A-A

Apéndice C: Datos de Instituto Meteorológico Nacional.

TABLA 1. LISTA DE ESTACIONES CON MEDICIONES RADIOMÉTRICAS.

NUMERO	NOMBRE	ACT.	HEL	LAT.	LONG.	ELEV
69309	El Chato		78-83	10 26	84 42	740
69314	Arenal	71-73	70-76	10 28	84 31	320
69328	Palmira		68-80	10 13	84 23	2010
69333	Centro Rural		81	10 21	RU 24	600
69339	Udala	84-85	84-85	10 34	85 01	50
69340	La Fortuna		78-81	10 16	84 11	250
69354	Muelle Sn Cari		82-84	10 28	34 28	60
69383	Nva Tronadora	77-83	80	10 30	84 33	380
69339	rida Alemania		88-82	11 07	85 27	290
71003	Carolina Tica		71-75	10 23	83 42	30
71002	La Mola		80-84	10 21	83 4 6	70
72101	Nicova	71-84	71-80	10 09	85 27	120
72106	Sta Rosa	72-74	71-79	10 30	85 37	315
72114	Plaza Panama	77-81	77-80	10 35	85 40	3
73008	La Marcarita		77-82	9 34	83 43	1080
73010	Turrialba	66-82	57-80	9 33	83 38	602
73013	Diamantes	71-79	71-84	10 13	83 46	249
73017	Hda Cachi		78-82	9 30	83 48	1100
73023	Las Delicias		69-74	10 10	83 35	200
73071	Atirro		64-73	9 30	83 39	900
73076	Agua Caliente		66-74	9 30	83 33	1325
73078	Volcán Irazú	70-81	70-80	9 39	83 31	3400
73081	Cobal		70-76	10 15	83 40	55
73080	Cerro de la M.	72-84	71-82	9 33	83 44	3365
73091	El Carmen	79-82	74-82	10 12	83 29	15
74020	Liberia		67-82	10 37	85 26	144
76003	Cañas		71-78	10 23	85 03	95
76008	Taboga	71-77	71-84	10 21	85 09	40
76009	Baños	73-82	76-84	10 32	85 18	90
76034	La Fortuna		81-84	10 41	85 12	430
77002	La Lola	74-82	72-82	10 06	83 23	40
78003	Puntarenas	70-82	70-80	9 38	84 30	3
79007	Boston		78-84	10 01	83 15	16
81003	Limón	70-82	69-80	10 00	83 03	5
84001	San José	72-82	56-81	9 36	84 03	1172
84012	Turrúcaros		73-75	9 38	84 19	639
84021	Aerop. Juan S.		59-80	10 00	84 12	932
84023	Fabio Baudrit	63-83	61-80	10 01	84 16	840
84030	Frailanes	76-82	80-82	10 08	84 12	1640
84074	Pavas		76-83	9 38	84 08	1132
84111	Sta Lucía		83	10 02	84 07	1200
87003	Bribri		78-81	9 38	82 30	32
88001	Puriscal	73-78	77-79	9 31	84 19	1102
90007	Damas	83-85	83-85	9 30	84 13	6
96001	Tinamaste		82-84	9 18	83 47	680
98002	Palmar Sur	73-84	74-82	8 37	83 28	16
98009	Repunta		62-80	9 18	83 39	380
98010	Cedral		80-84	9 22	83 33	1450
98012	Potrero Gde	80-84		9 01	83 11	183
98022	La Hiera	70-83	67-80	9 11	83 20	350
98037	Terraba		80-84	9 04	83 17	360
100012	Finca 12		76-84	9 44	83 01	15
100035	Coto 47	84-85	84-85	8 36	82 39	8
100039	Finca 43	80-81		8 36	82 38	12
100608	Experim. 05	77-81		8 37	83 31	10
100609	Experim. 43	77-81		8 36	82 38	12
100610	Experim. 39	77-81		8 38	83 02	15

TABLA 2: PROMEDIOS DE BRILLO SOLAR DIARIO, EN HORAS Y DECIMOS

loc num	Estacion	per	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	prom
1 69509	EL CHATO	78-83	4.0	4.2	5.2	3.9	4.4	2.8	3.0	3.2	3.4	2.6	2.6	3.1	3.6
2 69514	ARENAL	70-76	4.9	5.8	6.4	5.9	5.3	3.9	3.3	4.0	4.0	3.8	3.9	4.6	4.6
3 69520	PALMIRA	68-80	6.3	7.2	6.9	6.4	4.9	3.7	4.0	4.0	3.5	3.6	3.6	5.2	4.9
4 69535	CTRO RURAL	81-81*	6.5	7.8		2.9	4.9	3.2	2.9	3.1	3.7	2.4	1.8		3.9
5 69536	CARIBLANCO	78-82	5.0	4.6	4.8	2.6	3.5	2.7	2.6	2.9	3.4	2.7	2.4	3.7	3.4
6 69540	LA FORTUNA	78-81*	3.5	3.8	4.0	3.8	4.5	3.3	3.8	3.6	3.8	3.2	2.7	2.5	3.5
7 69539	UPALA	84-86*	4.5	5.1	6.7	6.7	5.6	2.8	3.0	3.4	3.8	3.2	3.6	4.1	4.4
8 69554	MUELLE S CAP	82-94*	4.8	5.8	6.4	5.3	5.3	4.8	4.2	3.1	4.1	3.7	4.4	4.5	4.7
9 69585	N TRONADORA	80-80*	5.9	7.0	6.1	7.2	6.9		4.6	4.8	3.9	3.9	3.5	4.4	5.3
10 69593	H ALEMANIA	80-82*	6.6	7.8	8.1	7.9	5.9	5.9	4.0	4.6	4.7	4.6	4.5	5.6	5.8
11 71001	CAROL TICA	71-75	4.1	5.2	5.7	5.3	4.1	3.4	2.5	3.7	4.2	4.0	3.9	4.2	4.2
12 71002	LA MOLA	80-84*	4.5	5.3	5.4	5.2	4.8	3.7	3.8	3.9	4.4	3.9	3.4	3.6	4.3
13 72101	NICOYA	71-80	8.6	9.2	8.7	8.3	6.3	5.1	5.8	5.9	4.7	4.9	6.1	7.9	6.8
14 72106	STA ROSA	71-79	8.9	10.0	9.9	9.3	6.5	5.5	5.8	5.7	5.2	5.3	6.7	8.1	7.2
15 72114	PYA PANAMA	77-81	9.7	10.2	9.5	8.8	7.3	5.0	6.7	5.9	5.5	5.6	6.7	8.4	7.4
16 73008	LA MARGARITA	79-82*	5.3	5.0	5.2	4.0	4.6	3.9	3.8	4.3	4.5	4.5	3.8	4.5	4.5
17 73010	TURRIALBA	57-80	4.7	5.1	5.2	5.1	4.8	4.2	3.8	4.3	4.5	4.7	4.3	4.2	4.6
18 73013	DIAMANTES	71-84	4.6	4.7	4.7	4.7	4.5	3.4	3.4	4.0	4.1	3.7	3.7	4.3	4.2
19 73017	HDA CACHI	78-82	5.3	5.4	5.9	4.2	5.3	4.2	4.4	4.7	4.5	4.5	4.1	4.4	4.7
20 73025	LAS DELICIAS	6-9-71*	5.6	6.3	5.2	4.9	4.5	4.0	4.0	4.0	4.4	4.6	3.7	4.1	4.6
21 73071	ATIRRO	64-75	3.3	3.9	4.5	4.2	3.6	2.6	2.8	3.6	3.6	3.9	3.1	3.3	3.5
22 73076	AGUA CALIEN	66-74	5.0	5.7	5.9	5.3	4.0	3.2	3.3	3.8	3.7	3.4	3.9	4.4	4.3
23 73078	COLIBLANCO	68-80	4.2	4.5	4.5	4.1	3.2	2.5	2.4	2.9	2.9	2.7	3.0	3.8	3.4
24 73081	V IRAZU'	70-80	7.0	8.0	8.0	6.5	4.6	3.0	3.5	3.9	3.8	3.8	4.5	5.7	5.2
25 73082	COBAL	70-76	4.1	4.9	5.5	5.0	4.8	3.8	3.2	4.0	4.5	4.8	3.8	3.8	4.3
26 73080	C DE LA MUER	72-82	6.6	7.5	7.3	5.7	3.5	3.2	3.5	3.5	3.2	3.3	3.7	6.1	4.8
27 73091	EL CARMEN	74-82	5.6	5.5	5.7	5.4	5.5	4.0	4.0	4.3	5.1	4.9	4.1	4.7	4.9
28 74020	LIBERIA	67-82	9.1	9.9	9.5	8.9	6.2	4.8	5.9	5.6	5.1	5.2	6.3	8.1	7.0
29 76005	CANAS	71-78	8.1	9.1	9.0	8.4	5.6	3.8	4.2	5.2	4.7	4.9	6.1	7.1	6.4
30 76008	TABOGA	71-84	9.2	9.9	9.4	8.5	6.3	5.1	5.5	5.7	5.2	5.3	6.4	8.1	7.0
31 76009	BAGACES	76-84	9.5	9.9	9.9	8.8	7.0	5.1	5.8	5.4	5.4	5.5	7.1	7.3	7.2
32 76034	LA FORTUNA	80-84	8.4	8.7	9.4	8.0	5.2	4.1	4.2	3.6	4.7	4.8	6.2	7.5	6.2
33 77002	LA LOLA	72-82	4.6	5.1	5.3	4.8	5.0	4.0	3.4	3.9	4.6	4.6	3.8	3.8	4.4
34 78003	PUNTARENAS	70-83	8.3	9.0	8.9	8.5	6.6	5.3	5.4	6.2	5.3	5.3	5.9	7.4	6.8
35 79007	BOSTON	78-84	4.1	4.4	4.9	4.4	4.4	3.6	3.8	4.1	4.6	4.1	3.2	3.4	4.1
36 81003	LIMON	69-80	5.1	5.2	5.6	5.8	5.5	4.3	3.7	4.8	4.9	5.4	4.5	4.7	5.0
37 84001	SAN JOSE	56-81	6.6	7.5	7.7	6.8	5.1	3.9	3.8	4.3	4.5	4.3	4.4	5.5	5.4
38 84012	TURRUCARES	73-75*	8.9	8.9	8.2	8.1	5.7	4.0	4.4	4.8	4.1	4.5	5.5	7.5	6.2
39 84021	AEROP J SANT	49-80	8.8	9.5	9.2	8.0	6.0	4.7	4.9	5.3	5.0	5.1	5.7	7.8	6.7
40 84023	F BAUDRIT	61-80	8.7	9.5	8.9	7.8	6.0	4.9	4.8	5.1	4.9	5.0	5.7	7.6	6.6
41 84030	FRAIJANES	80-82*	8.0	8.6	7.7	6.1	4.2	3.1	3.8	3.7	3.4	3.2	4.1	6.4	5.2
42 84059	LA LUISA	78-81*	8.0	7.8	8.2	6.4	4.6	3.1	4.1	4.0	3.8	3.2	3.9	6.2	5.3
43 84074	PAVAS	76-83	8.5	8.7	8.2	6.9	5.5	4.0	4.3	4.7	4.2	4.5	5.1	6.9	6.0
44 84111	STA LUCIA	83-83*	8.5	7.9	9.2	8.3			4.7	5.7	5.2	4.5	4.7	6.4	6.5
45 87005	BRIBRI	78-81*	5.4	4.5	5.4	3.3	5.1	4.3	4.3	4.5	4.7	4.5	4.0	4.1	4.5
46 88001	PURISCAL	77-79*	7.9	8.5	8.2	5.1	4.1	3.8	4.9	4.9	3.4	2.8	4.8	6.3	5.4
47 90007	DAMAS	83-86*	4.0	7.9	8.3	7.8	4.6	3.4	4.6	4.8	4.7	4.9	4.4	5.7	5.4
48 96001	TINAMASTE	82-84*	5.6	5.5	4.8	4.2	3.1	3.0	3.2	3.2	3.0	2.2	3.5	4.5	3.8
49 98002	PALMAR SUR	74-82	8.5	9.3	8.0	6.5	5.4	4.5	4.9	4.9	4.6	4.5	4.9	7.5	6.1
50 98010	CEDRAL	80-84	5.0	5.2	4.9	3.8	2.8	2.3	2.4	2.5	2.6	2.2	2.7	3.6	3.3
51 98009	REPUNTA	62-80	6.9	7.8	6.4	5.6	4.5	4.1	4.1	4.2	4.1	4.1	4.2	5.4	5.1
52 98022	LA PINERA	67-82	6.9	7.8	6.8	5.5	4.5	3.2	3.7	4.0	3.6	3.8	4.0	5.4	4.9
53 98057	TERRABA	80-84	6.7	6.7	6.0	5.2	3.9	2.9	3.4	3.4	3.6	3.6	4.0	5.2	4.5
54 100012	FINCA 12	76-84	5.6	5.2	6.0	6.1	5.7	4.2	4.4	4.7	5.4	5.5	5.0	4.9	5.2
55 100035	COTO 47	84-86*	4.4	9.2	8.3	6.1	5.1	3.6	4.2	4.2	4.1	4.0	4.3	7.6	5.4

* Estación con menos de 5 años de registro.

Apéndice D. Generadores.



ENERGÍA



GENERADOR
10000E-110/220V-1P

Todas las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso

Modelo	10000E-110/220V-1P
Tipo de generador	Con motor 2V77P 20 HP
Tipo de Arranque	Marcha eléctrica
Voltage (V)	110-220 V Monofásico
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad promedio (RPM)	3,600
Salida promedio (KW)	10 (Salida máxima 11)
Factor de potencia	1.0
Altitud óptima (mts)	1,000
Temperatura máxima (°C)	40
Capacidad de combustible (Lts)	27.5
Consumo de combustible (Lts x Hr)	4.6
Operación continua (Hr)	6
Ruido (dB)	60 a 7m de distancia
Capacidad de aceite (Lts)	1.4
Kil de Llantas	Incluido
Tipo de motor	4-Tiempos- Dos cilindros en V
Velocidad	A la calma
Peso neto (Kg)	185
Dimensiones L x A x A (mm)	1,090 x 730 x 520

FICHA TÉCNICA

www.MPOWER.com.mx

¡Únete al equipo MPOWER!



Generador Residencial a Gas 7.5 Kw. Transferencia Incluida



El generador Prepackaged 7.5 kW provee protección esencial a los circuitos de tu hogar, asegurando los artículos de primera necesidad durante un apagón. Este asequible generador estacionario automático ofrece protección por cerca de la mitad del costo de una central de aire acondicionado.

Descargar Ficha técnica

Peso (kg): 163
Largo (cm): 122
Ancho (cm): 64
Alto (cm): 73
Potencia (kw) (psi): 8
Motor: OHVI
Combustible: Gasolina

Apéndice E. Memorias de Cálculo

Estimado de Costos de los Sistemas Fotovoltaicos						
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Sub total	Otros costos	Total:	Tipo cambio
\$ 19.763,93	\$ 10.500,00	\$ 3.033,00	\$ 33.296,93	\$ 24.389,26	\$ 57.686,19	₡ 612,76
					₡ 35.347.788,43	

Otros costos:		
Preparación de los terrenos	0,12-0,15 \$/W	\$ 4.328,60
Costos de importación	14,50%	\$ 4.828,05
Obras civiles (Casetas para baterías, bases y otros)		\$ 8.500,00
Transporte de Limón al sitio		\$ 2.000,00
Costos de mano de Obra	0,15 \$/W	\$ 4.732,60
Total:		\$24.389,26

Nota : Si se realiza el tramite de exoneracion de equipos el monto baja