

COD. ID Servicio_CONSINERMA: CSL2-03-2019

ESTUDIO DEL RECURSO SOLAR: MBOMO

Guinea Ecuatorial está enriquecida con un amplio potencial de generación de energía solar debido a su ubicación en la región del ecuador. Con el casi 70% de su territorio recibiendo una insolación global promedio anual de más de 4kWh/m²/ se justifica su aprovechamiento para la generación eléctrica mediante este recurso inagotable. La localidad de Mbomo, ubicada en la región continental de Guinea Ecuatorial, ha sido seleccionada para evaluar la factibilidad técnica para la instalación de una Planta Solar Fotovoltaica con la finalidad de proporcionar electricidad a las familias de este poblado.

Julio 2019

Estudio realizado a petición del PNUD Guinea Ecuatorial en el marco del Proyecto “Energía Sostenible para Todos”,



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

El Proyecto Energía Sostenible Para Todos pretende hacer realidad el desarrollo de las Energías Renovables en Guinea Ecuatorial. SE4ALL está elaborado por el Gobierno de Guinea Ecuatorial, financiado por el Fondo Mundial para el Medioambiente (GEF, por sus siglas en inglés) e Implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

Preámbulo

Este estudio se realiza a petición del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Guinea Ecuatorial como organización implementadora del proyecto **Energía Sostenible para todos** (SE4ALL), que es coordinado de forma conjunta entre el Gobierno de Guinea Ecuatorial, El fondo Mundial para el Medio ambiente (*GEF, Global Environment Found*) y el PNUD. El proyecto SE4ALL pretende sentar las bases políticas-sociales y generar los conocimientos técnico-ambientales que favorezcan el desarrollo y uso de las energías de fuentes renovables en el Guinea Ecuatorial.

El proyecto se encuentra vinculado a la iniciativa global “Energía Sostenible para Todos” lanzada en 2011 por el ExSecretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki Moon, cuyo objetivo es movilizar a diferentes sectores representativos del conjunto de la sociedad para conseguir tres objetivos relacionados entre sí para el 2030, que son: (a) Proporcionar el acceso universal a los servicios modernos de energía, (b) Doblar el ratio de mejora de eficiencia energética y, (c) doblar la cuota de energía renovable en el mix energético global. Objetivos, todos ellos, en línea y reforzados mediante el Acuerdo de París, que exige reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el calentamiento del planeta a menos de 2° centígrados.

A la iniciativa SE4All se han comprometido más de 100 países, entre ellos Guinea Ecuatorial, aportando contribuciones financieras o en especie, o trabajando en estrategias nacionales y planes de inversión personalizados para cumplir los objetivos de SE4All.

El Gobierno de Guinea Ecuatorial, apoyado mediante esta plataforma y en colaboración con el GEF y el PNUD, pretende desarrollar la estrategia nacional que posibilite adaptar los objetivos de esta iniciativa a las necesidades energéticas del país. Las bases de esta estrategia se concretan a través del proyecto “Energía Sostenible para Todos” en su aplicación en el país y se desarrolla a través de cuatro componentes fundamentales: (1) La Planificación de políticas para la implementación y expansión, cuya finalidad es la de establecer el marco normativo y la estructura administrativa necesaria sobre la que se desarrolle el sector de las energías renovables en el país, (2) El reforzamiento y consolidación del uso demostrado de la generación hidroeléctrica, enfocado en rehabilitar y remodelar las minicentrales hidroeléctricas existentes en el país y la generación de datos sobre el recurso hidroeléctrico localizado en emplazamientos a lo largo de los ríos, (3), Demostración de tecnologías para energías limpias, destinado a abordar la falta de experiencias

con el resto de las fuentes renovables de energía y (4), capacitación e información, cuya finalidad es la implicación de todos los actores sociales y políticos sobre soluciones energéticas sostenibles.

Dentro del componente 3 se enmarca el presente trabajo, cuyo objetivo es generar la base de información técnico-económica, social y ambiental en la localidad de Mbomo, que es necesaria previa al desarrollo de una instalación solar fotovoltaica en dicha ubicación. Consinerma S.L. plantea en este estudio el proceso de desarrollo que sigue una instalación solar fotovoltaica, así como el análisis de los factores técnicos que optimizan la producción y el rendimiento de dicha instalación.

GLOSARIO

BT	Baja Tensión
SE4ALL	Sustainable Energy For All
SEGESA	Sociedad de Electricidad de Guinea Ecuatorial, S.A,
kWp	kW= kilovatio, la “p” se refiere a “pico de máximo rendimiento”, sin embargo, éste no corresponde al rendimiento máximo, sino al rendimiento nominal bajo Condiciones Estándar de Medida (CEM).
DC/AC	“Direct current/Alternative current”; corriente continua/corriente alterna.
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
MPPT	Maximun Power Point Tracking/ Seguidor del Punto de Máxima Potencia

DEFINICIONES

Radiación solar

Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Generador fotovoltaico

Asociación en paralelo de ramas o series fotovoltaicas

Rama o Serie Fotovoltaica

Subconjunto de módulos conectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador

Potencia nominal del generador

Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos

Potencia de la Instalación fotovoltaica o potencia nominal

Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

Inversor

Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna

Célula solar o fotovoltaica

Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica

Módulo o panel fotovoltaico

Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que la protegen de los efectos de la intemperie.

Bloque Modular

Generador fotovoltaico con potencia nominal definida

Contenido

- 1. Introducción6
- 2. Sobre la Energía Solar Fotovoltaica.....8
- 3. OBJETIVO DEL ESTUDIO 11
- 4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO 12
- 5. ESTUDIO DEL RECURSO SOLAR EN MBOMO..... 13
 - 5.1. Localización 13
 - 5.2. Recurso solar en Mbomo 17
 - 5.3. Global Horizontal Insolation (GHI) 17
 - 5.4. Insolation Clearness Index 19
 - 5.5. Daylight Hours 19
 - 5.6. Air Temperature at 2 meter 20
 - 5.7. Relative Humidity at 2 meters..... 21
 - 5.8. Mapa Solar en Guinea Ecuatorial 23
- 6. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA PLANTA SOLAR..... 25
 - 6.1. Estudio de la Demanda..... 25
 - 6.2. Especificaciones de diseño de la instalación..... 28
 - 6.3. Parámetros de diseño adicionales..... 29
- 7. Análisis económico 30
 - 7.1. Costo de Inversión 31
 - 7.2. Costo de Oym 32
- 8. Sistema de conexión 33
 - 8.1. Conexión Aislada con Utilización de Baterías y Generador diésel de respaldo..... 33
 - 8.2. Condiciones de instalación 34
 - 8.3. Control de la Instalación: Monitorización 34
 - 8.4. Estructura Soporte 36
- 9. OBJETO DEL PROYECTO..... 38
- 10. DATOS DEL PROYECTO 40



10.1. Localización	40
10.2. Imágenes.....	40
11. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	41
11.1. Características del terreno	41
11.2. Propiedad del terreno y permiso de explotación	41
11.3. Acceso a la Instalación	41
12. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	42
12.1. Potencia a Instalar	42
12.2. Panel considerado.....	42
12.3. Inversores	45
12.4. Estructura soporte	55
12.5. Reguladores de carga	56
12.6. Sistema de almacenamiento: Baterías	59
12.7. Red de Conexión.....	61
12.7.1. Cableado Eléctrico de CC/CA.....	61
13. RENDIMIENTO DEL SISTEMA FV.....	64
13.1. Ajustes del Sistema.....	65
13.2. Distancia mínima entre filas de paneles	66
13.3. Simulación PVSyst.....	67
14. AUTONOMÍA Y NÚMERO DE BATERÍAS.....	73
15. SUPERFICIE PREVISTA DE LA INSTALACIÓN.....	75
16. RED DE DISTRIBUCIÓN.....	76
17. ESTUDIO ECONÓMICO	78
17.1. Coste del Generador FV DE 30kW.....	78
17.2. Ingresos por venta de energía eléctrica.....	79
17.3. Análisis financiero.....	80
17.4. Comparativa de escenarios	81
17.5. Interés de una inversión privada.....	83
17.6. Viabilidad Financiera	84

17.6.1	Valor Actualizado Neto (VAN).....	84
17.6.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	85
17.7.	Emisiones de CO2 evitadas.....	86
18.	PROPUESTA DE PLAN DE OBRA	87
19.	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	90
19.1.	Presupuesto de ejecución por subcontrata	90
20.	SEGURIDAD	91
21.	MANTENIMIENTO	91
22.	REVISIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO	92
23.	CONCLUSIÓN.....	93
24.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	95
25.	LEGISLACIÓN APLICABLE.....	95
25.1.	Normativa internacional.....	95
25.2.	Normativa Nacional.....	95
26.	ALCANCE Y METODOLOGÍA.....	96
27.	PLANTA SOLAR EN MBOMO	97
28.	FACTORES A ANALIZAR	97
29.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	98
30.	PRINCIPALES IMPACTOS.....	100
31.	CUADRO GENERAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	101
32.	Conclusión EIA.....	102

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS GENERADOR DE 30 kW

ANEXO II. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS COSTE TOTAL DEL PROYECTO (300 kW)

Figuras

Figura 1. Tecnología de Energía Renovable en Guinea Ecuatorial. Fuente: IRENA	8
Figura 2. Tendencias en la generación mediante la solar fotovoltaica	9
Figura 3. Evolución de los costos totales ponderados de instalaciones solares. Fuente: IRENA.	10
Figura 4. Localización de la zona de estudio. Fuente: GPS	13
Figura 5. Imagen aérea de la ubicación de Mbomo. Fuente: Google Earth.....	14
Figura 6. Imagen del pueblo de Mbomo. Fuente: Bing	15
Figura 7. Imágenes del pueblo de Mbomo realizadas en el terreno	16
Figura 8. Promedio anual de la radiación solar en Mbomo	17
Figura 9. Promedio mensual de la radiación solar en Mbomo.....	18
Figura 10. Índice de claridad de insolación.....	19
Figura 11. Horas de sol durante el día en Mbomo.....	20
Figura 12. Promedio mensual de la temperatura en Mbomo.....	21
Figura 13. Humedad relativa registrada en Mbomo y medida a 2 metros de la superficie ...	21
Figura 14. PV Power Potential of Equatorial Guinea. Source: SolarGis	23
Figura 15. GHI Equatorial Guinea. Source: SolarGis.....	24
Figura 16. Datos de diseño de la instalación en Mbomo	33
Figura 17. Sistema de Monitoreo y Control de la planta. Fuente: SMA.....	34
Figura 18. Sistema de monitoreo y control. SMA	35
Figura 19. Estructura Soporte para suelo. Fuente: AutoSolar	36
Figura 20. Vista aérea de Mbomo. Cortesía de Bing Maps.....	40
Figura 21. Especificaciones técnicas panel SunPower	44
Figura 22. Inversor fotovoltaico SUNNY Tripower del fabricante SMA.....	48
Figura 23. Especificaciones técnicas Inversor batería SUNNY ISLAND. Fuente: SMA	51
Figura 24. Unidad de control Multicluster Box.....	54
Figura 25. Modelo de estructura soporte. Fuente: Autosolar	55
Figura 26. Especificaciones técnicas regulador de carga solar Xantrex.....	58
Figura 27. Batería solar OPzS Victron Energy	60
Figura 28. Especificaciones de cables recomendados del fabricante PRYSMIAN.....	63
Figura 29. Inclinación de los paneles recomendado para Mbomo.....	65
Figura 30. Interfaz para la configuración del Sistema en Mbomo con PVSyst.....	66
Figura 31. Resultado simulación Generador FV de 30kW en Mbomo	72
Figura 32. Dimensiones del panel considerado	75
Figura 33. Estimación de costes asignados en el cálculo económico.....	79
Figura 34. Cálculo de las emisiones de CO2 evitadas	86

Tablas

Tabla 1. Puntos en los que trabajar en el estudio en Mbomo	11
Tabla 2. Parámetros meteorológicos estudiados en Mbomo	17
Tabla 3. Horas de sol diarias en Mbomo	20
Tabla 4. Temperatura registrada en Mbomo (°C).....	21
Tabla 5. parámetros meteorológicos para la instalación solar.....	22
Tabla 6. Estimación del consumo eléctrico por electrodomésticos en Mbomo.....	26
Tabla 7. Lectura Factura Eléctrica SEGESA en una vivienda	27
Tabla 8. Consideraciones de carga realizados para Mbomo	27
Tabla 9. Estimación del consumo de energía eléctrica en Mbomo	27
Tabla 10. Coste de energía por kWh en Mbomo.....	28
Tabla 11. Puntos que se analizan en base a los TdR del proyecto.....	39
Tabla 12. Parámetros para el cálculo económico.....	80
Tabla 13. Resultados de escenarios por variación de tarifa eléctrica	81
Tabla 14. Coste estimado de ejecución del proyecto.....	83
Tabla 15. Escenarios del VAN	84
Tabla 16. Escenarios de la TIR.....	85

1. Introducción

Las fases en la planificación de un proyecto de ejecución de una instalación de generación eléctrica solar, según la consideración de la IRENA, comprende las actividades de selección de la ubicación, los estudios de factibilidad técnica y económica, la ingeniería de diseño y el desarrollo del proyecto o la construcción de la instalación. Las dos primeras actividades están relacionadas con la medición del potencial del recurso y la estimación de los impactos sociales y medioambientales asociados al desarrollo de una planta solar en el sitio seleccionado.

La fase de ingeniería de diseño envuelve la identificación de los aspectos técnicos de los sistemas mecánicos y eléctricos, la infraestructura y el trabajo de ingeniería civil, el plan de construcción y el modelo de operación y mantenimiento de la instalación. Entre estas fases, se distinguen las actividades de desarrollo, que consisten en las tareas administrativas tales como, la obtención de derecho de propiedad del terreno, los permisos y licencias aprobadas por diferentes autoridades, la gestión de asuntos regulatorios, etc.

En esa misma línea, Consinerma s.l. pretende llevar a cabo este estudio, donde contempla principalmente las fases de análisis de factibilidad y parte de las actividades incluidas en la ingeniería de diseño referente a los modelos de gestión de las instalaciones. La selección de la ubicación ha sido propuesta por el PNUD, por lo que el estudio se centra en la localidad identificada. Respecto a la fase de desarrollo, queda fuera del alcance de estudio y será de aplicación en caso de que se decida la construcción de la instalación solar.

De forma específica, en el caso de la energía solar, Consinerma s.l. estudia los siguientes aspectos:

- Potencial de generación solar en la ubicación seleccionada
- Demanda energética en la localidad de consumo
- Precio de la energía vertida a la red o la tarifa eléctrica local
- Los canales de distribución de energía
- Legislación y regulación de las energías renovables

Una vez se ha analizado estos detalles y se toma la decisión de comenzar la búsqueda de terrenos aptos para la instalación del parque fotovoltaico, comienza una segunda fase en la que Consinerma s.l. analiza los siguientes aspectos:

- Mapa del recurso solar de la localidad seleccionada
- Parámetros de diseño de la instalación
- Propuesta del sistema de conexión de la instalación
- Infraestructura de la instalación
- La red de distribución existente y la propuesta de alternativas de energía en dicha localidad
- Área y análisis geográfico del terreno seleccionado.

Para concretar el planteamiento descrito, se ha realizado una expedición en el terreno y utilizado la información global disponible, ya que no se disponen de datos históricos de estaciones de medición en el país. Una vez recabada la información necesaria en la ubicación seleccionada, Consinerma s.l. estudia cuál es el potencial real de dicha instalación y la demanda prevista en la localidad, ya que constituyen la base o punto de partida de la producción energética de la instalación y el dimensionado de la misma.

2. Sobre la Energía Solar Fotovoltaica

El desarrollo de la generación eléctrica con tecnología solar es una opción atractiva en Guinea Ecuatorial. A falta de estaciones de medición nacional que presenten datos precisos sobre los niveles de radiación en el país, son buenos los registros que se obtienen de otras fuentes para el caso de Guinea Ecuatorial.

Por ello, y con el objetivo de hacer realidad la estrategia del Gobierno de permitir que toda la población tenga acceso a la energía, tener en cuenta el potencial que ofrece el recurso solar en el país es un paso imprescindible. La flexibilidad que ofrece el desarrollo de plantas solares fuera de la red es la alternativa para reducir la dependencia en la generación con combustibles fósiles que está siendo muy utilizada en los pueblos del país y una opción de reducción de costes por la ampliación de la Red Eléctrica Nacional a las poblaciones alejadas de la misma.

Pero a pesar de ello, el acceso al mercado de este sector tiene todavía importantes barreras en el país, tales como las leyes y políticas que a menudo son confusas, no muy transparentes y poco fiables, lo que habitualmente suele preocupar a los inversores internacionales. Otra consecuencia de este hecho es que sólo el 3,8% (porcentaje resultante de la capacidad de la planta solar de 5MW que está en construcción en la región de Annobón) de la energía eléctrica de fuente renovable producida en Guinea Ecuatorial proviene de la energía solar, a pesar de los buenos niveles de radiación registrados en el país. Esta realidad invita a tomar cartas al asunto y establecer las actuaciones que permitan aprovechar un recurso energético que incrementará el porcentaje de población con acceso a la energía eléctrica y generada mediante una fuente inagotable y más respetuosa con el medioambiente.

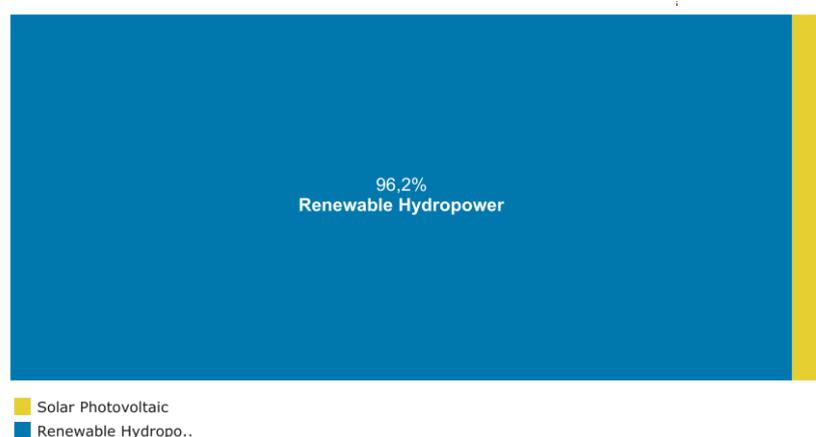


Figura 1. Tecnología de Energía Renovable en Guinea Ecuatorial. Fuente: IRENA

Como solución a estas barreras y en base a los objetivos de la iniciativa “Energía Sostenible para Todos”, este trabajo se enmarca en un proyecto que pretende abordar y dar respuesta a las mismas, con el objetivo de incentivar y favorecer el desarrollo de dicho sector en Guinea Ecuatorial y en el que, como viene a demostrar este trabajo, es especialmente atractiva la inversión en generación eléctrica con la solar fotovoltaica.

En otro sentido, la utilización de la solar fotovoltaica es una excelente manera de proporcionar acceso a la electricidad a las personas que no viven cerca de las líneas de transmisión de energía, como es el caso de Mbomo, que resulta especialmente atractivo al estar localizado en una zona con excelentes recursos de energía solar. Por ello, y desde hace una década, el crecimiento de la solar fotovoltaica a nivel global está siendo exponencial a todos los niveles: potencia instalada, nuevas empresas especializadas, acciones políticas encaminadas a fortalecer la estructura normativa, la creación de un mercado competitivo y unas perspectivas de futuro que aconsejan una inversión en este sector, etc.

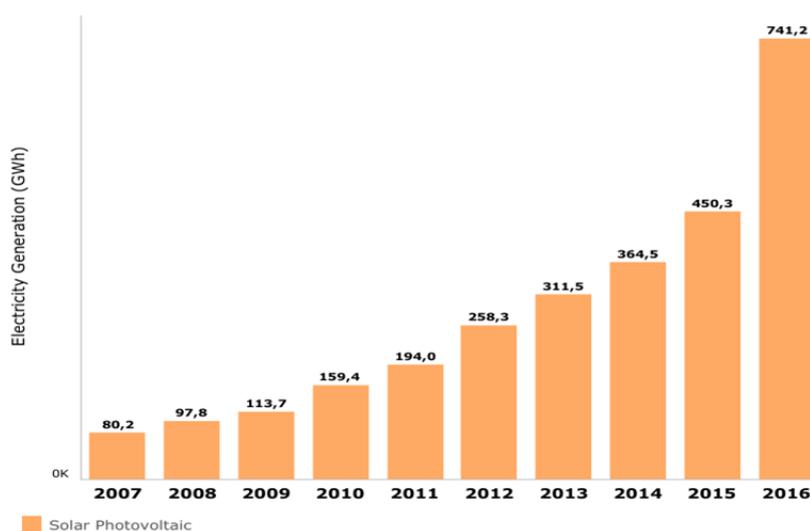


Figura 2. Tendencias en la generación mediante la solar fotovoltaica en África (Capacidad Instalada). Fuente: IRENA

Este incremento se ha visto favorecido por la considerable reducción de los costos de fabricación de los paneles solares en la última década y del resto de componentes para una instalación solar, lo que hace que esta tecnología no solo sea asequible sino que a menudo se establezca como la forma más barata de electricidad en muchas localidades.

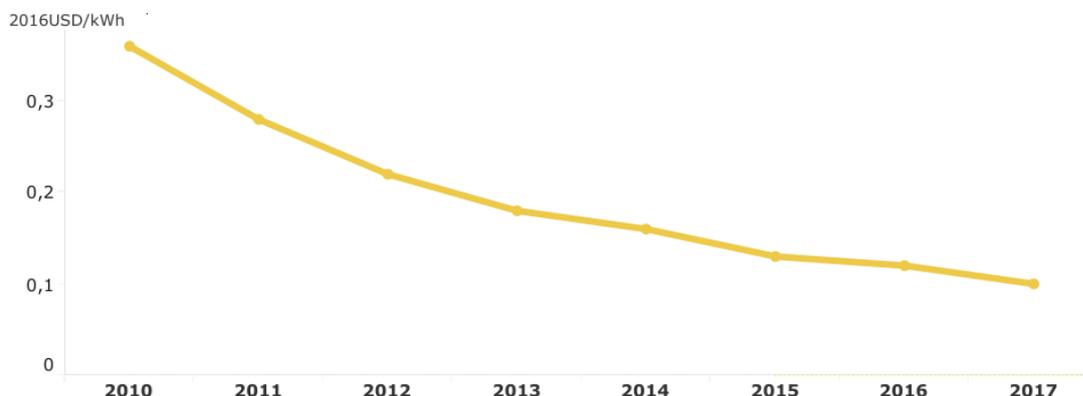


Figura 3. Evolución de los costos totales ponderados de instalaciones solares. Fuente: IRENA

El fortalecimiento de la legislación y el desarrollo de políticas de promoción que faciliten el acceso de las empresas privadas a nuevas fuentes de financiamiento constituyen los pasos que han de tomarse para el éxito en la implementación de este tipo de energía en Guinea Ecuatorial.

Cuanto mayor sea el peso relativo de estas barreras económico-financieras y político-institucionales determina la competitividad del desarrollo de esta tecnología frente a la generación eléctrica con combustibles fósiles asentada en el país.

Por ello, la evolución a la baja de los costos de inversión de la energía solar debido a las mejoras tecnológicas tiene que ir acompañada por un respaldo por parte de las autoridades en la implementación de políticas estatales para que las empresas privadas tengan acceso a las fuentes de financiamiento disponibles, además de desarrollar programas energéticos que orienten al desarrollo de las energías renovables, así como la sensibilización para promover el uso racional y eficiente de la energía en un contexto en el que el acceso a la misma es limitada y dificultades en la seguridad de suministro.

3. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio es determinar la viabilidad de la instalación de una planta de energía solar fotovoltaica en Mbomo – Guinea Ecuatorial.

El trabajo ha sido categorizado por el PNUD dentro del componente 3 denominado “Evaluación de recursos solares; Islas y otras regiones”, donde se han definido las actuaciones enumeradas en la tabla 1 siguiente:

Tabla 1. Puntos en los que trabajar en el estudio en Mbomo

Recopilación de datos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudio de la Información disponible 2. Viaje de Campo 3. Análisis de los condicionantes geográficos, recurso solar, disponibilidad de otros recursos 4. Análisis socioeconómico y escenarios de demanda 5. Escenarios de explotación y posibles planes de negocio
Diseño básico de la infraestructura solar
<ol style="list-style-type: none"> 1. Dimensionado de la infraestructura 2. Presupuesto referencial 3. Planos constructivos 4. Evaluación del Impacto Ambiental
Modelo de gestión de la instalación y la memoria global de ingeniería
<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de negocios
INFORME PRELIMINAR
<p>La zona sombreada en verde muestra los puntos analizados en este documento y conforman el informe preliminar solicitado.</p> <p>Este informe ha sido realizado por el equipo técnico de Consinerma S.L. y bajo el nombre de esta firma los autores muestran su disposición por las sugerencias y comentarios constructivos que contribuyan a enriquecer este trabajo.</p> <p>Bajo ningún concepto lo descrito en este documento debe considerarse como la opinión personal de sus autores. Todas las variables analizadas han sido comprobadas mediante expedición en el terreno o han sido debidamente referenciadas a sus respectivas fuentes.</p>

4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El enfoque de investigación utilizado por Consinerma S.L. en este estudio es el de análisis exploratorio y descriptivo. Se trata de una investigación de fondo útil para establecer el marco actual e inicial de viabilidad para la construcción de una planta solar en Mbomo. Se ha realizado un viaje a dicha localidad para adquirir conocimiento en aspectos como: Localización exacta, datos censales, plan urbanístico del pueblo, demanda energética, actividad económica, etc...

También se ha adquirido información sobre el procedimiento para establecer una planta solar, que incluye la expropiación del terreno donde se ubicaría la instalación, los requisitos legales, el coste del combustible y su transporte hasta la localidad.

Esta información se ha recopilado de fuentes locales, mediante interacción con las autoridades locales o de forma directa con los pobladores de la localidad. Se realizaron preguntas para obtener más conocimiento sobre las tasas del suelo, el sistema de iluminación actual del pueblo, la comprobación de que los propietarios de los terrenos que satisfacían los requisitos para una planta solar estaban dispuestos a su concesión para esta finalidad, etc. Respecto a los datos del potencial de recurso solar se han obtenido de fuentes secundarias, mediante bases de datos de fuentes de medición globales particularizados para la ubicación de Mbomo, los informes de las organizaciones de investigación sobre energía renovable, así como las políticas de energía solar del gobierno en la interacción con el PNUD.

Este planteamiento metodológico permite disponer de una comprensión fundamental de cómo concebir y configurar una planta solar fotovoltaica en Mbomo. En su aplicación se analizan los datos de la Radiación Global en Plano Horizontal (GHI) como el principal parámetro que determinará la factibilidad técnica de la instalación fotovoltaica. También se tendrá en cuenta la temperatura y la altitud, como las variables determinantes de la eficiencia del sistema.

En base a este trabajo se le concede a cualquier inversor público o privado de una información útil para desarrollar un proyecto de construcción de una instalación solar en Mbomo.

5. ESTUDIO DEL RECURSO SOLAR EN MBOMO

Para el conocimiento del recurso solar, Consinerma s.l obtiene los datos históricos que permiten estimar la radiación esperada en la localización de Mbomo. Para ello se han recopilado y analizado los parámetros meteorológicos a largo plazo de Mbomo (Meteorología de Superficie y la Energía Solar). Dichos datos se han obtenido de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), para estudiar el comportamiento de la radiación solar: Irradiación Global Horizontal, horas de luz diurna, temperatura ambiente y la humedad relativa de Mbomo, para determinar la idoneidad para la instalación de una planta de energía fotovoltaica.

5.1. Localización

El estudio se lleva a cabo en Mbomo, poblado situado a 20 km de la ciudad de Bata, provincia de Litoral (Guinea Ecuatorial), en la carretera convencional que une Bata con Mbini.

De forma exacta, sus coordenadas son las siguientes:

- Latitud: **1° 39' 52" N**
- Longitud: **9° 43' 05" E**
- Altitud: **36 m**



Figura 4. Localización de la zona de estudio. Fuente: GPS

Con una estimación realizada a pie de campo, Mbomo es un pueblo de 400 viviendas y unos 1700 habitantes aproximadamente. La agricultura y la pesca de subsistencia son las principales actividades económicas y la mayoría de los ingresos proceden de aquellos familiares que residen en las grandes ciudades, como Mbini, Bata o Malabo. Los locales comerciales, principalmente bares, son alrededor de 30 y las ventas se ven incrementadas sobre todo en los días festivos del pueblo. Adicionalmente, cuenta con una iglesia que está en construcción y no dispone de instalaciones administrativas municipales. La Administración del pueblo lo lleva el presidente de la comunidad en su vivienda privada.



Figura 5. Imagen área de la ubicación de Mbomo. Fuente: Google Earth

Como en el resto de los pueblos situados en la carretera que une Bata con Mbini, no se dispone de ningún tipo de servicio eléctrico. El sistema de iluminación es mediante pequeños generadores diésel de uso particular, que también sirven para mantener refrigerados los alimentos perecederos y la bebida, en el caso de los bares.

Los que disponen de dichos generadores compran el combustible a precio de mercado desde Bata o Mbini, siendo el precio de la gasolina de 480 XAF/L y el del diésel de 350 XAF/L. Por el transporte a las gasolineras más cercanas de Mbini o Bata, se estima un coste 3000FCFA y un consumo adicional de 150L de combustible, por lo que en Mbomo, el coste final del combustible sería de 500 XAF/L por la gasolina y de 370 XAF/L por el diésel.

Los habitantes muestran una enorme disposición por pagar la factura eléctrica si se les proporciona este servicio, siendo su capacidad real de pago no superior a los 10.000XAF.



Figura 6. Imagen del pueblo de Mbomo. Fuente: Bing



Figura 7. Imágenes del pueblo de Mbomo realizadas en el terreno

5.2. Recurso solar en Mbomo

Se muestran en la tabla siguiente los parámetros meteorológicos considerados para la ubicación de Mbomo. El análisis de esos parámetros permite conocer el interés de llevar a cabo una instalación fotovoltaica en esa localidad.

Tabla 2. Parámetros meteorológicos estudiados en Mbomo

Pueblo	Latitud	Longitud	GHI (kWh/m ² /día)	KT	DH (h)	T (°C)	Humedad (%)
Mbomo	1° 39' 52" N	9° 43' 05" E	4,17	0.55	>12	25	88

Estos parámetros se analizan individualmente en los apartados siguientes:

5.3. Global Horizontal Insolation (GHI)

En la figura siguiente se muestra la evolución a largo plazo de la insolación incidente en una superficie horizontal en Mbomo. Los valores considerados comprenden un periodo que parte desde el año 1984 hasta el año 2017, lo que supone un excelente rango que permite tener mayor conocimiento sobre la insolación esperada en Mbomo.

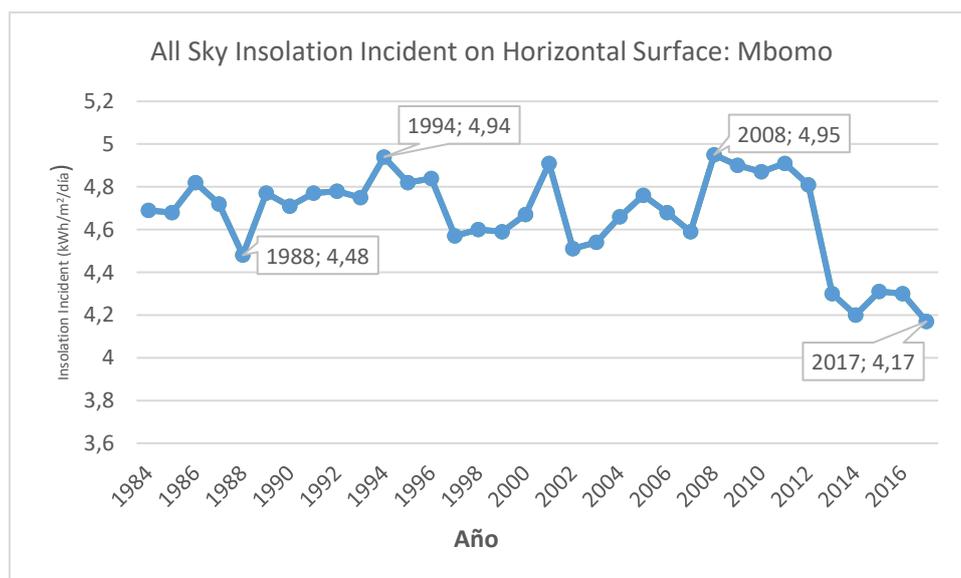


Figura 8. Promedio anual de la radiación solar en Mbomo

Según la Figura 8, la radiación solar global varía en Mbomo desde un valor mínimo de 4,17 kWh/m²/día, que es el promedio anual del año 2017, hasta un valor máximo de 4,95 kWh/m²/día registrado en el año 2008.

Basándose en los valores de figura 8, queda claro que la media de radiación solar en Mbomo es de más de 4 kWh/m²/día en todo el año. Por lo que, Mbomo puede considerarse como una excelente ubicación para un proyecto de energía solar.

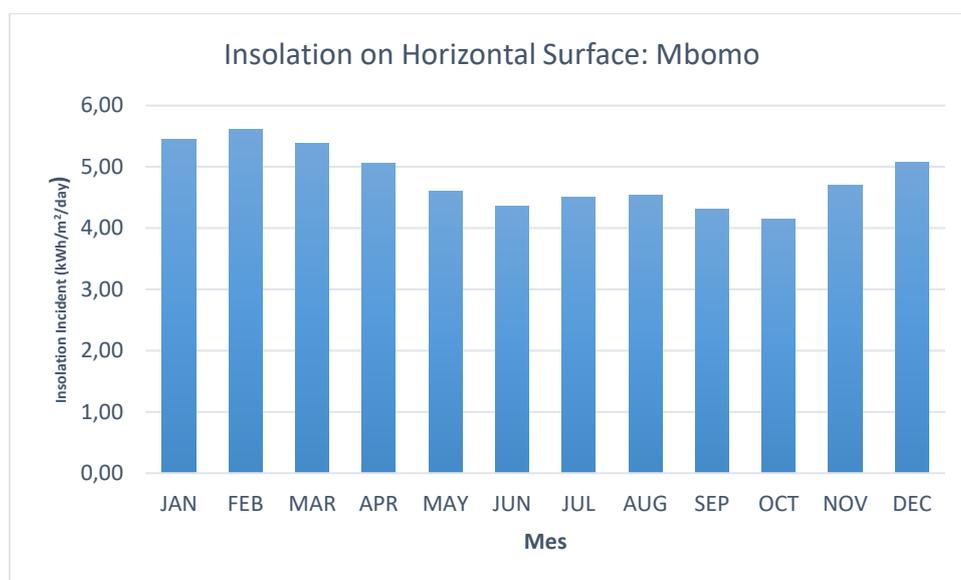


Figura 9. Promedio mensual de la radiación solar en Mbomo

De acuerdo con la figura 9, se observa poca variación en los valores mensuales de radiación en Mbomo. Sin embargo, los valores superiores se registran en los meses de enero hasta abril y en el mes de diciembre; mientras que los valores más bajos se registran en el mes de octubre. El mayor registro mensual se da en el mes de Marzo, con un valor de insolación de 5,61 kWh/m²/día, y el mínimo en el mes de Octubre de 4,14 kWh/m²/día. Esta variación coincide con los periodos estacionales en esa localidad, en el que la época seca va desde el mes de diciembre hasta abril, y la época lluviosa, en los meses de mayo hasta octubre.

5.4. Insolation Clearness Index

El índice de claridad de insolación es un parámetro adimensional que toma valores desde 0 a 1. Un valor alto del índice de Claridad de Insolación indica una buena cantidad de radiación incidente en la superficie. La figura 10 muestra un índice de claridad para Mbomo que varía desde el 0,40 y el 0,55. El mayor valor se registra en el mes de enero, lo que indica que durante este mes buena parte de la radiación llega al suelo, lo cual es un dato de interés para el aprovechamiento de la radiación incidente para una instalación solar fotovoltaica.

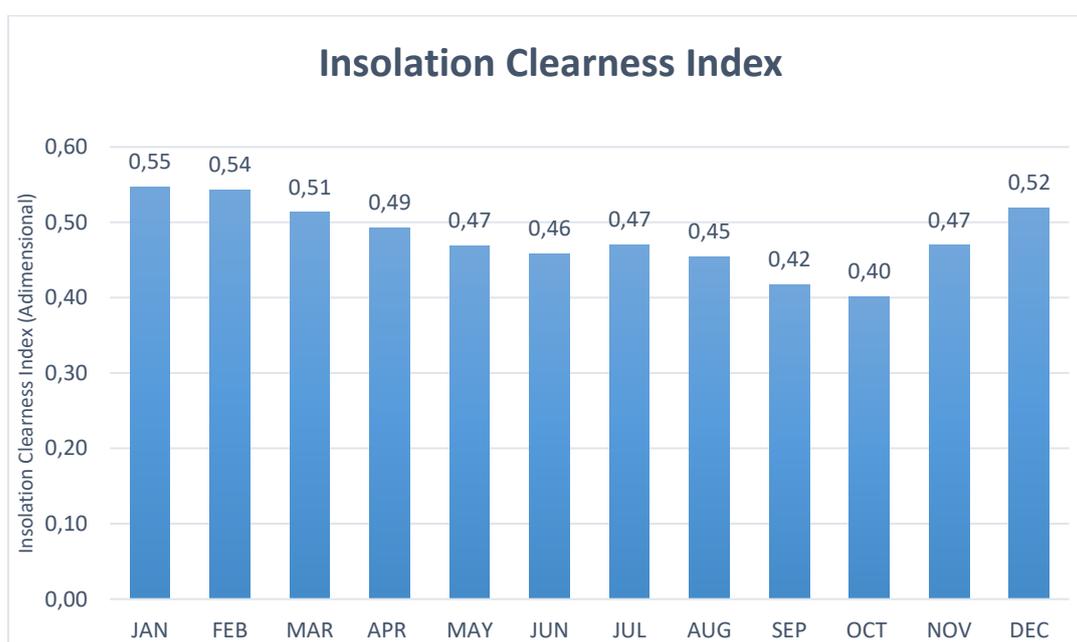


Figura 10. Índice de claridad de insolación

5.5. Daylight Hours

Se ha considerado las horas de sol diurnas en Mbomo dado que resulta de interés en el caso de una planta solar. En la figura 11 se observa que se dispone de luz solar durante más de 12 horas al día. En Junio se dispone del máximo de horas de sol diarias, con 12,22 horas, y en los meses de diciembre hasta enero, se dispone del mínimo de horas de sola, que es de 12,03 horas.

En general la variación es mínima y la media de horas de sol que se tiene en Mbomo es 12.15 horas, lo cual es un dato atractivo para una posible instalación solar.

Tabla 3. Horas de sol diarias en Mbomo

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
12,03	12,07	12,12	12,15	12,2	12,22	12,2	12,17	12,13	12,08	12,03	12,03

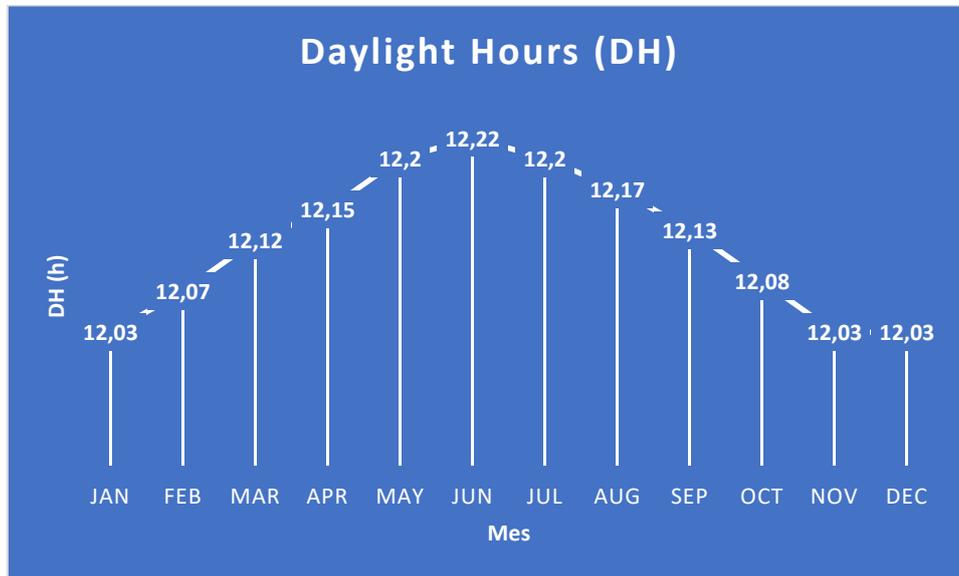


Figura 11. Horas de sol durante el día en Mbomo

5.6. Air Temperature at 2 meter

Para garantizar la eficiencia de los paneles solares resulta fundamental hacer una revisión del promedio mensual a largo plazo de la temperatura. Los datos Obtenidos de la NASA muestran unos valores de la temperatura registrada a 2 metros de la superficie de 23 a 26 °C. La media de temperatura es de 25°C. el mayor registro, de 26,07°C ocurre en Abril, y el menor, de 23,75°C, en el mes de Agosto.

La temperatura es uno de los parámetros más importantes que afectan al rendimiento de los paneles solares a largo plazo. El máximo rendimiento energético suele reducirse a medida que aumenta la temperatura de operación. Dado que el rendimiento suele referirse a las condiciones estándares (25°C), se observa en la figura 12, que los valores de la temperatura en Mbomo son especialmente atractivos para el óptimo funcionamiento de los paneles.

Tabla 4. Temperatura registrada en Mbomo (°C)

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
25.55	25.88	26.06	26.07	25.69	24.59	23.78	23.75	24.19	24.60	25.08	25.38	25.05

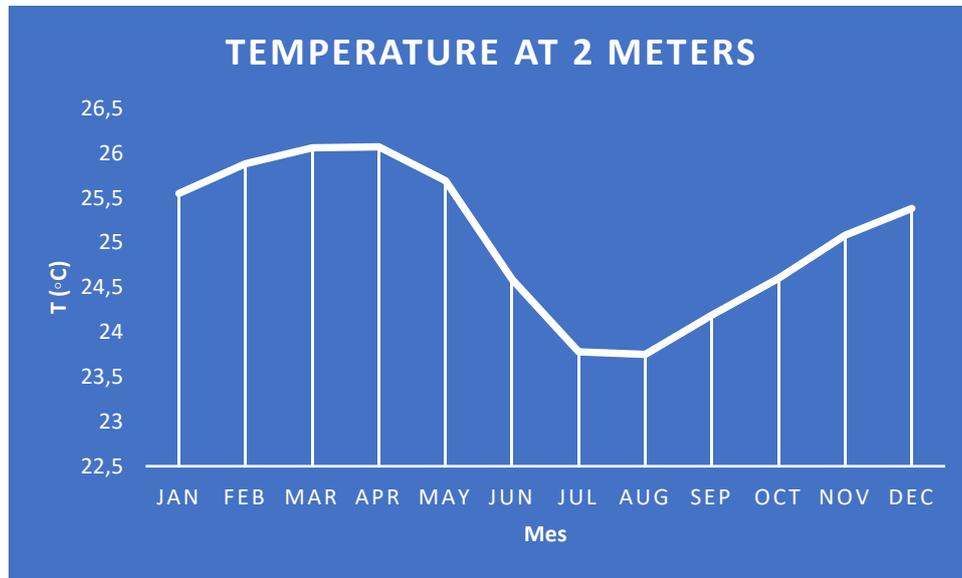


Figura 12. Promedio mensual de la temperatura en Mbomo

5.7. Relative Humidity at 2 meters

La humedad es un parámetro que causa degradación de los módulos fotovoltaicos. El valor máximo de la humedad se registra en el mes de octubre, que alcanza el 90%. El valor mínimo se registra en enero, al 86,5%. Generalmente puede considerarse que Mbomo es dispone de valores altos de humedad relativa.

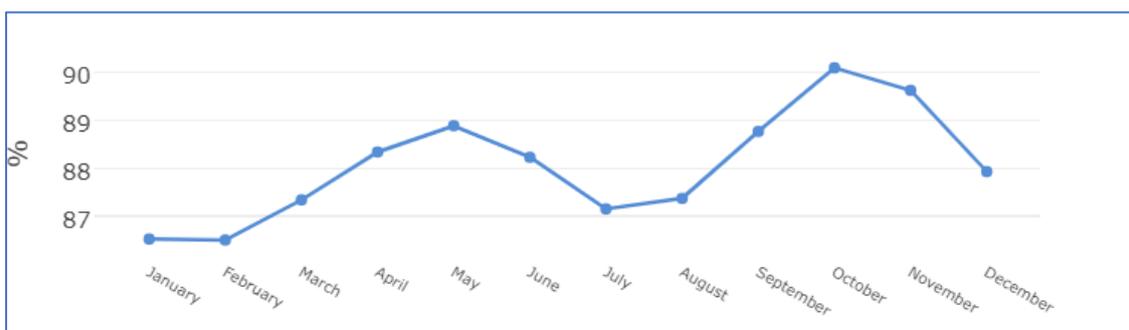


Figura 13. Humedad relativa registrada en Mbomo y medida a 2 metros de la superficie

Una vez analizado el recurso solar y el resto de los parámetros meteorológicos, conviene conocer el rango por el que los mismos son adecuados para poder asegurar que Mbomo es un sitio apto para una instalación solar fotovoltaica. Esto es, el rango adecuado para el funcionamiento óptimo de la instalación PV y mejor aprovechamiento de la energía solar.

Para ello, y en base a las experiencias de campo, Consinerma S.l. aplica los rangos de la tabla siguiente para comprobar que los parámetros meteorológicos registrados en Mbomo se encuentran dentro de dicho rango y, por tanto, hacen factible una posible instalación solar en esa localización.

Tabla 5. parámetros meteorológicos para la instalación solar

Valoración del recurso solar en Mbomo			
Parámetro	Rango	Valor registrado en Mbomo	Consideración
GHI	$\geq 1,8$	> 4	√ bueno
KT	$\geq 0,55$	$0,40 \geq 0,55 \leq$	Regular
DH	≥ 12	> 12	√ bueno
T	$\leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	$25 \text{ }^\circ\text{C}$	√ bueno
RH	$44 \leq RH \leq 55$	> 80	X Malo

Se concluye, en base a la Tabla 3, que en Mbomo es factible llevar a cabo una instalación solar. Los valores de radiación son especialmente buenos y se encuentran en un rango óptimo para una instalación FV. Se dispone de suficientes horas de luz solar que favorecen el aprovechamiento de la radiación solar durante la mayor parte del día y el rango de temperatura es, como se ha comentado anteriormente, bueno. Sin embargo, si se decide llevar a cabo la instalación, es recomendable utilizar paneles de alta calidad que puedan mantener un funcionamiento óptimo cuando se dispone de un índice de claridad ajustado al rango adecuado y, sobre todo, con niveles de humedad relativa bastante altos.

Todos los parámetros analizados aseguran la factibilidad de la instalación solar FV en Mbomo en unas condiciones de operación seguras para los módulos PV. Teniendo en cuenta esos parámetros a la hora de diseñar la instalación, se dispone de un importante conocimiento que repercutirá en el potencial de generación energética solar que tendrá la misma.

5.8. Mapa Solar en Guinea Ecuatorial

La información presentada sirve de base para comprender el potencial de energía que es aprovechable para la ubicación de Mbomo. Tras haber analizado los mismos, se muestra en la figura 14, los mapas solares para Guinea Ecuatorial, en los que la zona de Mbomo se encuentra en unos niveles atractivos para el aprovechamiento de la energía solar.

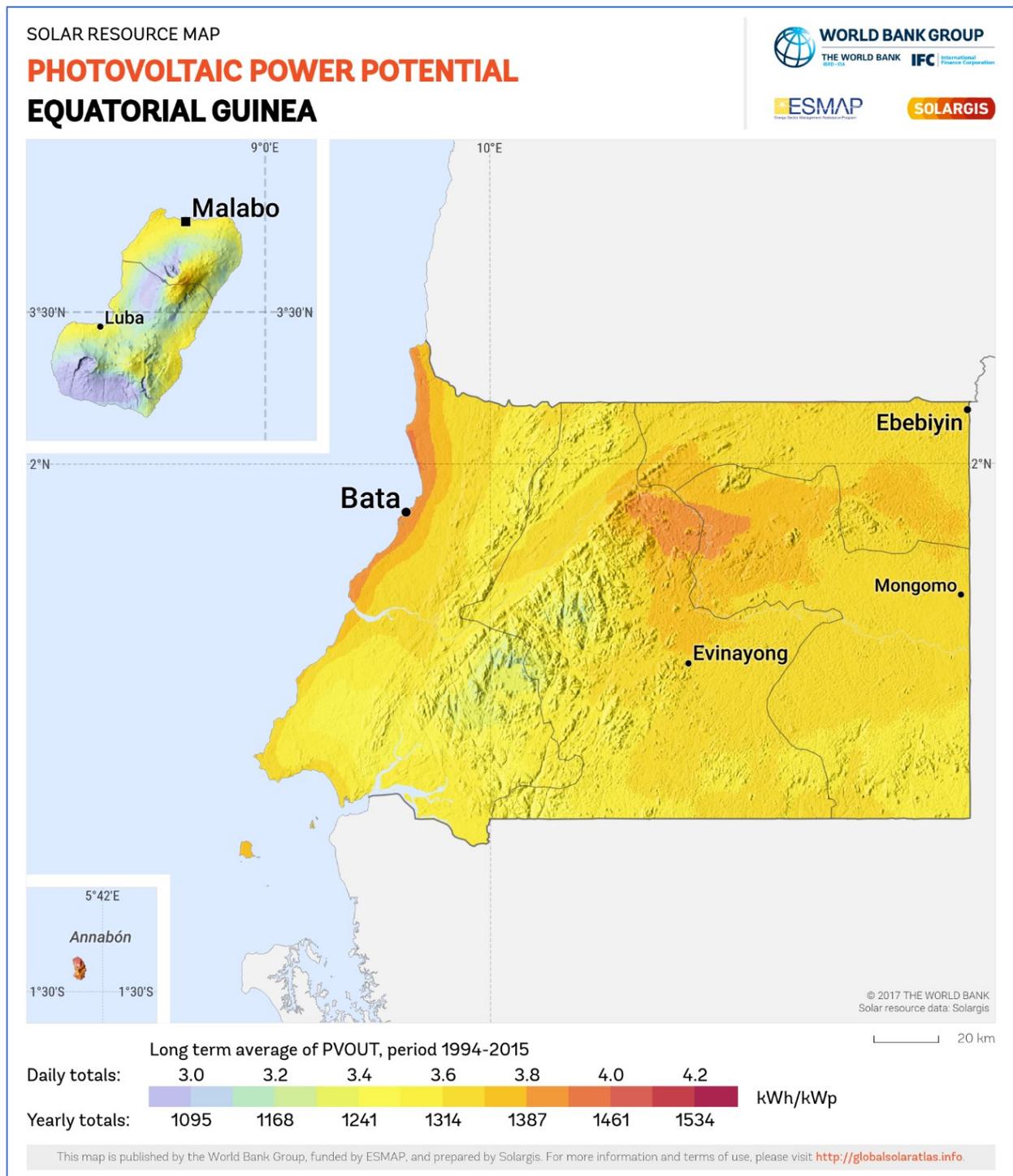


Figura 14. PV Power Potential of Equatorial Guinea. Source: SolarGis

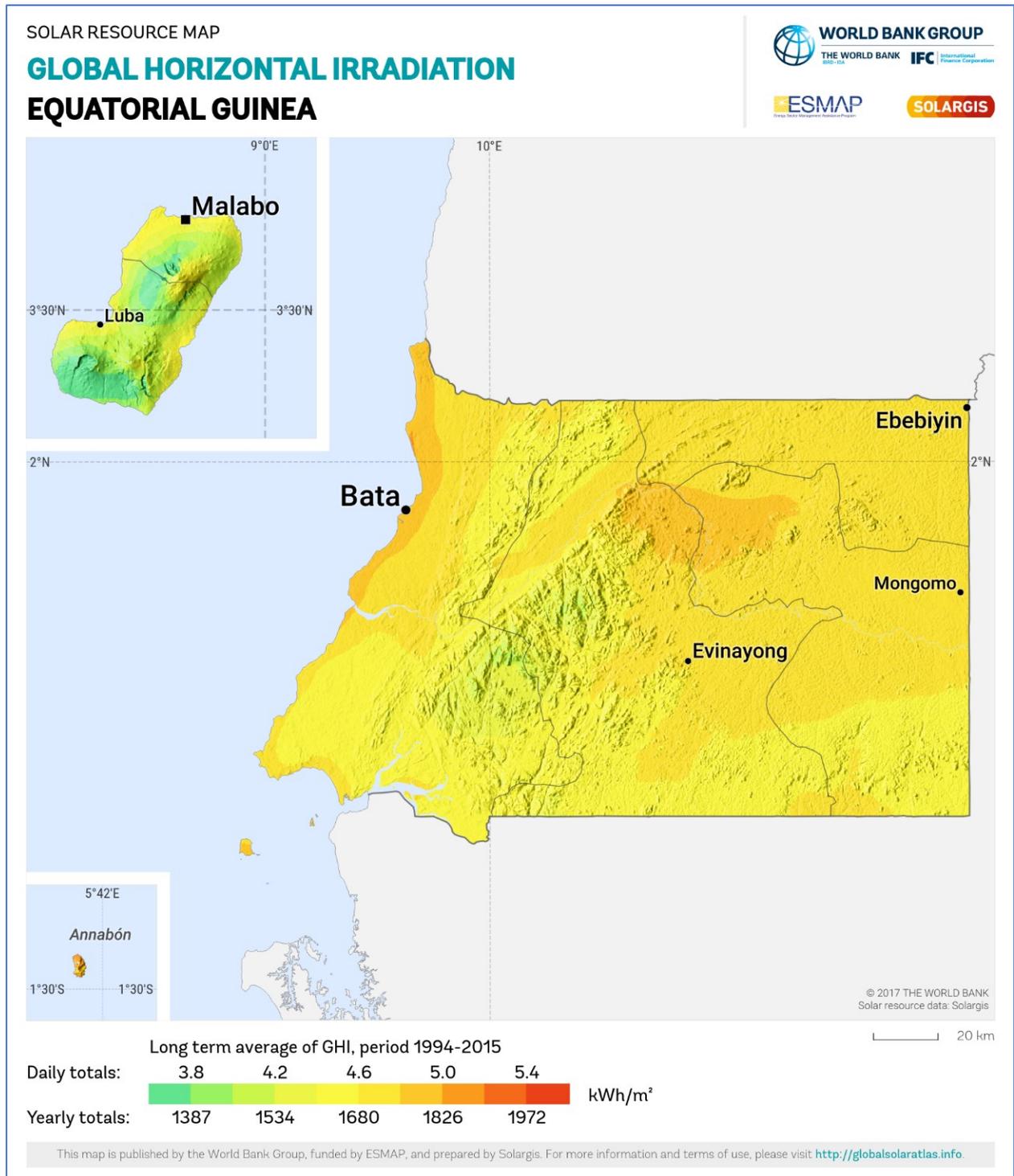


Figura 15. GHI Equatorial Guinea. Source: SolarGis

6. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA PLANTA SOLAR

Son varios los parámetros a tener en cuenta a la hora de diseñar la instalación solar. Dichos parámetros se encuentran relacionados entre sí y la elección de uno u otro dependerá de los diferentes factores que presente cada proyecto.

Para Mbomo, Consinerma s.l. ha considerado tener en cuenta los parámetros en base a los siguientes fundamentos:

- a. Proporcionar el acceso a la energía a todos los habitantes del pueblo, cubriendo su demanda actual y estimando un previsible incremento de consumo.
- b. Inversión económica que supone la instalación
- c. Modelos de gestión de la instalación

6.1. Estudio de la Demanda

Estimar el consumo energético que representa un enclave poblacional es uno de los parámetros fundamentales para maximizar el rendimiento de la instalación y definir toda la red de suministro energético que deberá plantearse, buscando en función del consumo previsto, dimensionar de forma adecuada el sistema de generación.

Como ha sido comprobado en el viaje al terreno, la carga relacionada con Mbomo es de tipo residencial y comercial a un nivel básico de consumo y que puede dividirse en consumo por iluminación y consumo por equipamientos o electrodomésticos. Se pretende con ello, conocer la curva de carga de cada grupo de los mencionados demandantes energéticos.

En este apartado Consinerma S.l. realizará una estimación del consumo asociado a una vivienda y extenderá la misma para el resto del pueblo de Mbomo. La base de esta estimación tiene su fundamento en que en toda casa se usan más o menos los mismos electrodomésticos. Algunos cuantos se repiten sistemáticamente, como pueden ser la nevera y la TV. En la siguiente tabla 6 se muestra aproximadamente el consumo habitual por horas de utilización, donde el sumatorio de las mismas dará una idea del consumo en la vivienda.

Tabla 6. Estimación del consumo eléctrico por electrodomésticos en Mbomo

Equipo	Potencia Aproximada (W)	Tiempo de uso mensual aproximado (horas)	Consumo mensual aproximado (kWh)
Nevera con congelador	180	720	129,6
TV (En función del tamaño)	35 – 500	240	8,4 ~ 120
Luminarias	41	360	14,76
Aire acondicionado	1300	120	156
Plancha	1500	40	60
Cargador de móvil	4,8	240	1,15
Horno eléctrico	1200	120	144
Lavadora estándar	1000	30	30
Lavavajillas	1050	30	31,5
Laptop	60	150	9
Ordenador de sobremesa (Torre y Monitor)	400	150	60

Tomando como base los datos de las facturas eléctricas emitidas por SEGESA para una vivienda media en las grandes ciudades, se aplicará el 50% de dicho consumo para Mbomo, ya que se estima que el consumo medio en el pueblo es menor que el registrado en las ciudades.

Los electrodomésticos utilizados en la vivienda considerada se muestran en el listado siguiente:

- TV
- Un equipo de sonido
- Calentador
- Microondas
- 3 cargadores de telefonía
- 3 ordenadores de mesa
- 2 equipos de aire acondicionado
- Un congelador
- Una Nevera con congelador
- 10 luminarias

Respectivo a las viviendas de tipo residencial, se ha considerado 3 tipos modalidades:

- **Residenciales de Tipo 1:** Se les aplica el 50% del consumo estimado, consideradas de consumo alto.
- **Residenciales de Tipo 2:** De consumo medio
- **Residenciales de tipo 3:** De consumo bajo

La lectura en la factura utilizando los electrodomésticos anteriores en un mes de un consumo intenso se muestran a continuación:

Tabla 7. Lectura Factura Eléctrica SEGESA en una vivienda

Nueva Lectura (Mes actual)	Lectura previa (Mes anterior)	Coefficiente	Consumo (kWh/mes)	Precio (XAF/kWh)	Total (XAF)
5688.0 kWh	5247 kWh	1.0	441	80.0	35280

Considerando los datos mostrados en la tabla 7, se toma la mitad del consumo medido en una vivienda típica en la ciudad de Malabo para el caso de Mbomo, ya que se presupone un consumo inferior en el pueblo que en la ciudad.

Adicionalmente, se han tomado estimaciones de consumo para los 30 bares, la escuela y la iglesia del pueblo como porcentajes adicionales en función del consumo residencial. También, se ha considerado consumos adicionales que pudieran producirse debido al acceso de la energía y que sean elevados. Por lo que se obtienen los siguientes valores de consumo:

Tabla 8. Consideraciones de carga realizados para Mbomo

Descripción	N° considerado	Consumo estimado (kWh/mes)	Demanda total (kWh/mes)
Residencial Tipo 1	50	225	22000
Residencial Tipo 2	250	200	50000
Residencial Tipo 3	100	180	18000
Bares y comercios	30	200	6000
La escuela	1	400	400
La iglesia	1	400	400
Otros	3	700	2100
Total			98900

Tabla 9. Estimación del consumo de energía eléctrica en Mbomo

Estimación del consumo en Mbomo		% incremento	Total demanda de diseño
Consumo mensual	98900 kWh/mes	50%	148350 kWh/mes
Consumo anual	1186800 kWh/año		1780200 kWh/año
Carga punta	280 W		300 kW

Para la demanda de diseño se ha aplicado un 50% de previsión para un incremento de consumo los años siguientes tras la puesta en marcha de la instalación solar.

Debido a la imposibilidad de caracterizar de forma personalizada la curva de carga horaria en cada vivienda, se ha realizado una estimación en función de grupos de equipos eléctricos, asignando un número horas de utilización de los equipos.

Respecto al resto de cargas se ha considerado porcentajes adicionales en base a la factura eléctrica considerada, ya que Mbomo no cuenta con edificios para gestiones administrativas ni otras instalaciones que pueden suponer mayor incremento en el consumo eléctrico. Se considera en esa estimación el centro escolar del pueblo y la iglesia.

6.2. Especificaciones de diseño de la instalación

Teniendo la posterior evaluación económica, se ha consultado el costo de la energía por unidad de consumo (kWh).

En Guinea Ecuatorial, la operadora eléctrica nacional es SEGESA y ofrece un precio del kWh a 80 FCFA, aplicando adicionalmente costes por el mantenimiento y la potencia instalada en las residencias. A este coste se le añade el IVA, que es del 15%.

Para el caso de Mbomo, al no contar con la línea nacional de electricidad, se desconocen el coste de la energía en ese poblado, por lo que se han tenido en cuenta la tarificación de la energía a nivel nacional.

Por otra parte, no se ha podido determinar si el estado aplica un subsidio para los consumidores alejados de las grandes ciudades, ya que suelen tener unos ingresos promedios más bajos que los residentes en los grandes núcleos urbanos.

En base a estas consideraciones se han aplicado diferentes escenarios para conocer el coste promedio de una instalación en Mbomo. En la tabla 9 se muestran los valores de la tarificación aplicado por SEGESA.

Tabla 10. Coste de energía por kWh en Mbomo

Pueblo de Mbomo	Residencial	Bares	Otros
Coste del kWh (C_{kWh})	80	80	80

Valor resultante de las consultas con SEGESA

6.3. Parámetros de diseño adicionales

Se analizan el resto de los parámetros de diseño para el rendimiento óptimo del sistema:

- Ángulo óptimo de inclinación de los paneles solares en Mbomo a partir de: [Mascarón, 2015]

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69[\varphi] = 3,7 + 0,69 * [1,6644] = 4,85^\circ$$

El ángulo de inclinación óptimo para la latitud de Mbomo es de 4,85°. No obstante, resulta recomendable operar con una inclinación mínima de 10 grados, con la finalidad de evitar la acumulación de partículas en los paneles y el estancamiento del agua.

- Perfil de carga:

Se estima un perfil de carga para un pueblo sin actividades industrial o plantas de producción. La estimación del consumo anual es de 286255 kWh. Se ha tomado un potencial pico de 70 kW en 30 min.

El resto de las consideraciones técnicas se muestra en el análisis simulado en la sección siguiente.

7. Análisis económico

Aparte de la viabilidad técnica del sistema, resulta igualmente fundamental el análisis económico correspondiente cuando se estudian proyectos energéticos, dada su importancia en la toma de decisión para la inversión. Una vez evaluada cuánta energía se espera producir y cuál sería la eficiencia de la posible instalación, es conveniente conocer el coste de generación de dicha energía y, por consiguiente, la facturación previsible para la recuperación de la inversión.

Para la evaluación económica se ha utilizado el Método LCOE, que es la métrica financiera común para comparar los costos de generación de diferentes tecnologías de generación. En este caso, se trataría de comparar el costo de generación en la instalación solar prevista en Mbomo, respecto al costo del kWh de la facturación eléctrica nacional.

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{t,e}}{(1+i)^t}}$$

LCOE	Levelized Cost of Electricity en XAF/kWh
I ₀	Costo de inversión en XAF
N	Vida útil del proyecto en años. Se han considerado 25 años
A _t	Coste total anual en XAF (Operación y Mantenimiento)
M _{t,e}	Cantidad total de energía producida en kWh/año
I	Tasa de interés real en %
T	Año considerado (1, 2...n)

Las consideraciones de los anteriores parámetros aplicadas por Consinerma S.I. para mbomo son las siguientes:

7.1. Costo de Inversión

El costo de inversión se constituye principalmente por la suma de:

- Coste de los paneles solares
- Coste de inversores
- Coste de las baterías
- Coste de la estructura soporte
- Costo de instalación
- Otros (Consinerma S.I. considera un 10% del coste total de las partidas anteriores)

Para una estimación más realista de los costes de inversión, se ha decidido revisar los costos de esos componentes a diferentes compañías que los venden, ya que son varias las ofertas de equipos similares en muchas compañías, por lo que se ha tomado valores promedios de los consultados.

En el caso de los **paneles**, se han considerado las dos principales tecnologías de mayor utilización mundial, la monocristalina y la policristalina, teniendo en cuenta su precio por unidad de potencia, que es así como se oferta en el mercado. Se han tomado paneles de 320W, considerando las mejoras en las potencias que existen en la actualidad y la gran cantidad de ofertas con ese promedio de potencia.

	Policristalino	Mocrystalino	Unidad
Paneles solares	700	870	XAF/W

Con los **inversores** se ha utilizado un procedimiento similar. No obstante, se ha limitado el rango de potencia de los inversores a los de 135 kW de potencia nominal en CA para el óptimo funcionamiento en las condiciones de diseño.

	SB 1.5 – 1VL-40	Unidad
Inversores	700	XAF/W

Se comparan igualmente el coste promedio de las **baterías** por unidad de energía de las ofertas disponibles actualmente en el mercado. Se muestran el rango de precios de cada tipo de batería debido a que los precios de las baterías son muy dispares dependiendo del modelo y la tecnología.

	AGM	GEL	Litio	Unidad
Baterías	2500-5000	3000- 4000	4000 - 6000	€

Se ha tomado valores de la **estructura soporte** prefabricadas teniendo en cuenta el coste de montaje de esta en el terreno.

		Unidad
Estructura Soporte	300.000 – 400.000	XAF/W

La mano de obra en la **instalación** viene expresada en las horas de dedicación necesarias para el montaje de todo el sistema. La estimación se realiza en base a las consultas realizadas a operadores de instalación de sistemas solares en el país.

	Policristalino	Unidad
Instalación	150.000 – 250.000	XAF/h

Teniendo en cuenta la evaluación anterior, se estima un coste de inversión inicial. El detalle de todos los componentes se muestra en detalle en el anexo Apéndice, en los resultados de simulación.

7.2. Costo de OyM

Los costos anuales de operación y mantenimiento incluyen principalmente los sueldos y salarios del personal a cargo de la posible instalación. Básicamente, la labor del personal consistirá en la limpieza regular de los paneles y la comprobación de las conexiones eléctricas. Considerando la mano de obra en Mbomo para esta función, se estima un coste de 650 XAF/hora, ajustándose al rango salarial del pueblo.

Se considera igualmente el coste de aprovisionamiento de combustible, en el caso de utilizar un sistema híbrido con generadores diésel, así como el coste por sustitución de aquellos componentes que por su uso, han de ser reemplazados.

Dado que en Mbomo se plantea un sistema aislado, los equipos que requerirán reemplazo son los inversores y las baterías al finalizar su vida útil. No se considera el reemplazo de los paneles, ya que la estimación de la vida útil de los mismos supera en ocasiones a los 25 años, que es el periodo considerado para la instalación.

Por lo anterior, se considera que los costes de operación y mantenimiento representan el 1,5% de la inversión inicial aplicada a la instalación.

8. Sistema de conexión

Con sistema de conexión hacemos referencia al modo de configuración de la conexión recomendada en la generación solar aplicable para Mbomo. El fundamento de estos radica en que se necesita un suministro ininterrumpido sin la utilización de combustibles fósiles. No obstante, se tiene en cuenta la utilización de generador diésel en el mismo para proporcionar opciones de inversión factibles desde el punto de vista económico.

Respecto a la problemática medioambiental, no se considera el sistema de generación eléctrica basada sólo en la utilización de generadores con combustibles fósiles, ya que es el sistema que pretende evitar el proyecto para el que se realiza este estudio.

Consinerma ha evaluado factible, desde el punto de vista técnico, el siguiente sistema de conexión en base a la ubicación de Mbomo:

8.1. Conexión Aislada con Utilización de Baterías y Generador diésel de respaldo

Cada unidad modular contará de 99 módulos de 320 Wp en configuración serie-paralelo. Éstos se conectarán a 10 inversores de 30 kW de potencia nominal en CA, que será vertida a la red de distribución.

Los esquemas de conexión de los componentes serán las recomendadas por el fabricante y según la normativa española sobre conexiones eléctricas.

Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	457	Rendimiento energético específico*:	1481 kWh/kWp
Potencia pico:	146,24 kWp	Pérdidas de línea (% de la energía):	0,81 %
Número de inversores fotovoltaicos:	53	Carga desequilibrada:	2,00 kVA
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	106,00 kW	Energía fotovoltaica utilizada:	214,88 MWh
Potencia activa de CA:	102,00 kW	Porcentaje de energía fotovoltaica utilizada:	99,2 %
Relación de la potencia activa:	69,7 %	Porcentaje de energía fotovoltaica en el suministro de energía (a lo largo del día):	149,6 %
Energía fotovoltaica máx. disponible*:	216,61 MWh	Grado de cobertura solar medio anual:	68,6 %
Factor de aprovecham. de energía:	97,4 %		

Figura 16. Datos de diseño de la instalación en Mbomo

8.2. Condiciones de instalación

Toda la instalación se limitará en un perímetro vallado y debidamente señalizado. se colocarán dentro de esta parcela los módulos solares y se construirá a una distancia prudencial la caseta de los inversores, las del sistema de almacenamiento y el cuadro de protecciones.

El circuito de CC saldrá desde el generador fotovoltaico hasta la caseta de los inversores mediante una canalización en tubo con protección contra el deterioro y una mayor ventilación garantizando su seguridad.

Se utilizarían conductores de doble aislamiento de Polietileno Reticulado que son adecuados para soportar la intemperie y especificados por la normativa UNE 21123.

El circuito de CA partirá desde los inversores hasta el cuadro eléctrico en la caseta anexa mediante cableado en pared y entubamiento. En esa caseta saldrán las líneas de la red de consumo.

8.3. Control de la Instalación: Monitorización

El control de la instalación se llevará a cabo mediante un portal de monitorio virtual desde un ordenador que serán habilitado en la caseta de control de la instalación, por lo que será necesario disponer de conexión a internet.

El sistema de intercambio de información de datos mediante interfaz basada en Ethernet permitirá la monitorización, control y regulación fiable de la instalación. Uno de los sistemas actualmente en el mercado es el Sunny Portal desarrollado por SMA, aunque es posible disponer de otros.

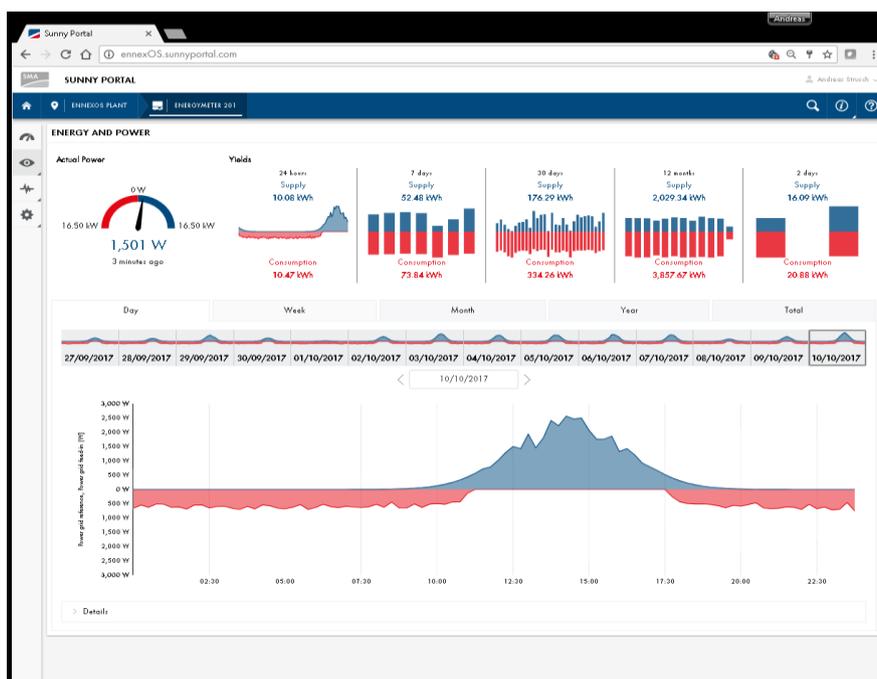
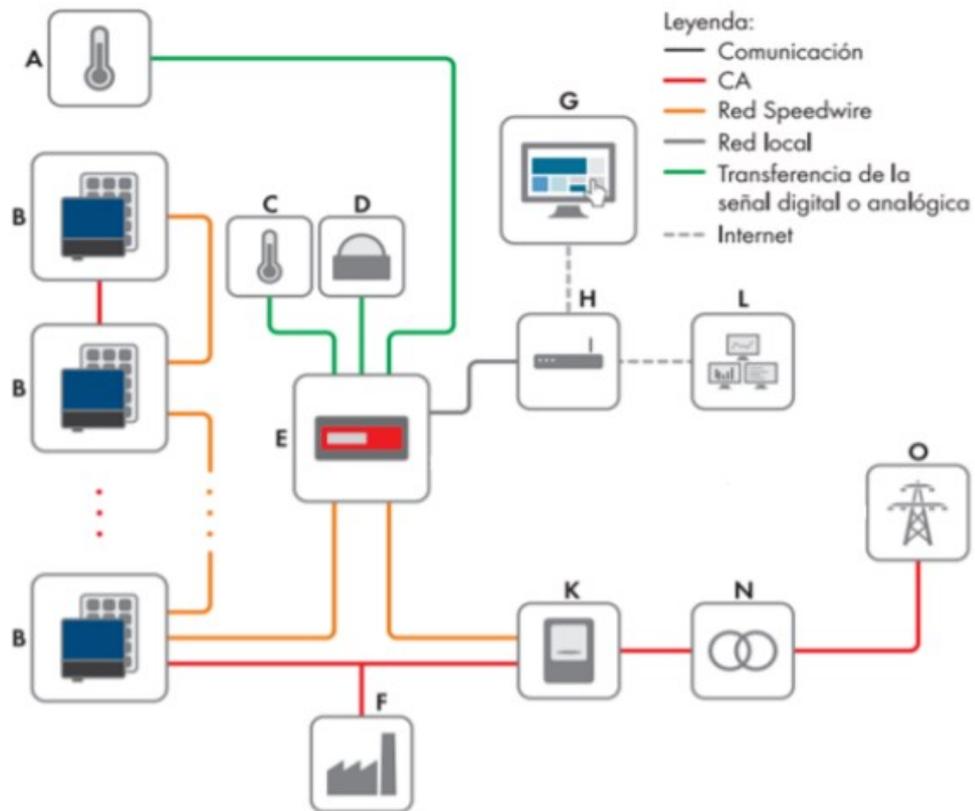


Figura 17. Sistema de Monitoreo y Control de la planta. Fuente: SMA



Esquema de monitorización de planta fotovoltaica con controlador al que se le conecta una estación meteorológica con sensores de temperatura y piranómetros

Posición	Denominación
A	Termistor del módulo
B	Planta fotovoltaica
C	Termistor externo
D	Sensor de irradiación
E	Cluster Controller
F	Carga industrial
G	Sunny Portal
H	Rúter
I	Receptor estático de telemando centralizado o equipo de telecontrol
K	Contador de energía
L	Puesto de mando

Figura 18. Sistema de monitoreo y control. SMA

8.4. Estructura Soporte

Se utilizarán estructuras para paneles solares sobre suelo que permitan asegurar una correcta sujeción de los paneles y pudiendo, así mismo, modificar su orientación y/u orientación.

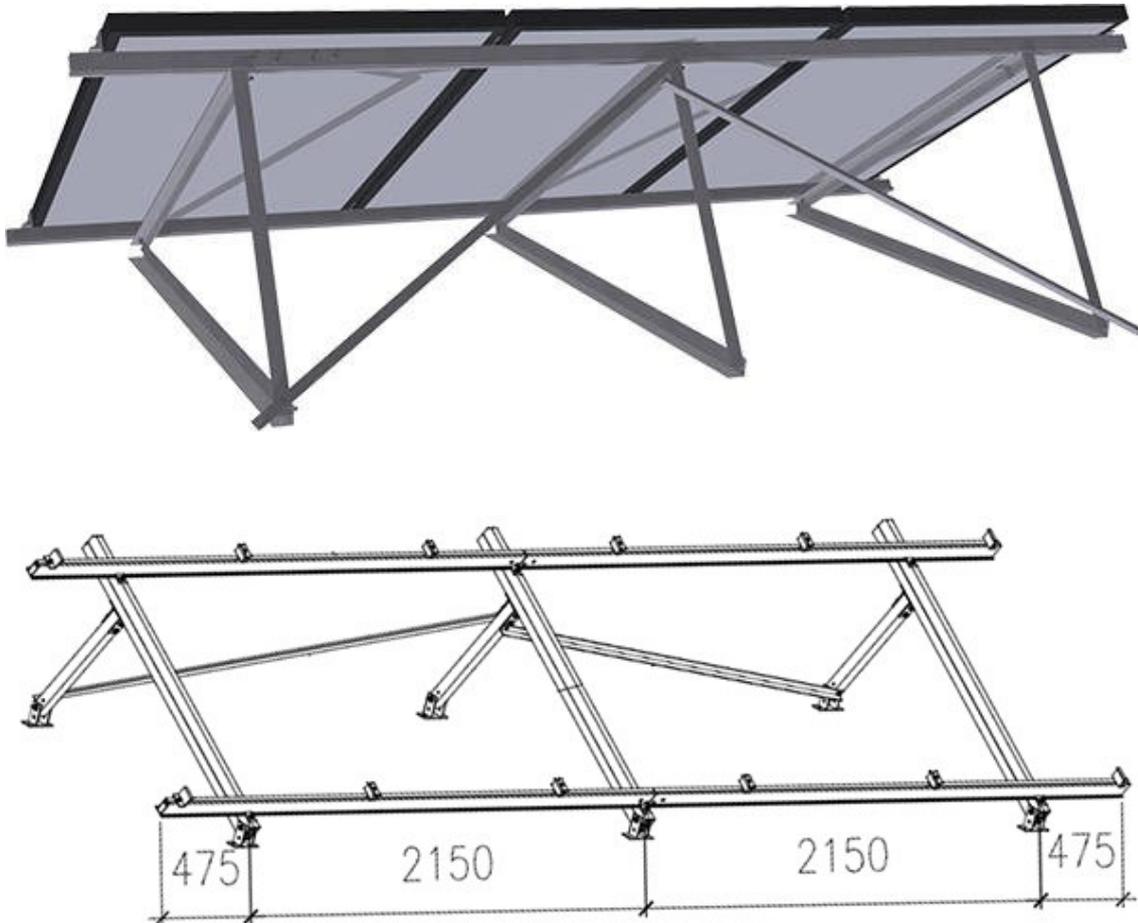


Figura 19. Estructura Soporte para suelo. Fuente: AutoSolar

Se adjuntan las fichas técnicas de estos componentes en los apartados siguientes. Pueden ser los que se utilicen en la instalación u otros con especificaciones similares.

PROYECTO:

**INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA AISLADA DE 300 kW EN MBOMO**

9. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es definir el documento técnico para la realización de una planta solar fotovoltaica de 300 kW en Mbomo, poblado ubicado en la región continental de Guinea Ecuatorial, a 20 Km de la ciudad de Bata, provincia de Litoral.

Con base a esta definición técnica es posible llevar a cabo la construcción de la planta por parte de una empresa constructora.

La vida útil del proyecto se estima en 25 años. No obstante, al término de este periodo se evaluará mantener en operación la planta proyectada, siendo posible alargar su vida útil sensiblemente.

El objetivo que se persigue es ofrecer a los pobladores de Mbomo el acceso a la energía eléctrica de forma autoabastecida y reducir el uso de combustibles fósiles, contribuyendo con los compromisos del proyecto SE4ALL correspondientes a proporcionar el acceso a la energía de fuentes limpias en las regiones aisladas de la red nacional de electricidad.

En otro sentido, este documento constituye la base técnica para la solicitud de los permisos correspondientes a la legalización de la instalación y la autorización para su ejecución por parte de las autoridades pertinentes.

Se determina el análisis económico para conocer la viabilidad o el interés desde el punto de vista de una inversión privada, incluyendo el presupuesto estimado para la ejecución, tanto para la instalación general como de las unidades modulares definidas en el mismo.

Este trabajo es posterior a la evaluación favorable del recurso solar en la localidad de Mbomo, donde se ha determinado que los niveles de radiación solar y demás variables meteorológicas, los condicionantes geográficos, la condición de estar alejada de la red eléctrica nacional, etc, aportan evidencias significativas que justifican la construcción de una planta solar fotovoltaica.

Finalmente, se realiza un estudio de Impacto Ambiental del proyecto proyectado como parte de los requerimientos especificados en los términos de referencia definidos para este trabajo.

Tabla 11. Puntos que se analizan en base a los TdR del proyecto

Recopilación de datos
<ul style="list-style-type: none">6. Estudio de la Información disponible7. Viaje de Campo8. Análisis de los condicionantes geográficos, recurso solar, disponibilidad de otros recursos9. Análisis socioeconómico y escenarios de demanda10. Escenarios de explotación y posibles planes de negocio
Diseño básico de la infraestructura solar
<ul style="list-style-type: none">5. Dimensionado de la infraestructura6. Presupuesto referencial7. Planos constructivos8. Evaluación del Impacto Ambiental
Modelo de gestión de la instalación y la memoria global de ingeniería
<ul style="list-style-type: none">2. Plan de negocios
INFORME FINAL DEL PROYECTO
<p>La zona sombreada en verde muestra los puntos analizados en este documento y conforman la entrega final de los servicios.</p> <p>Este documento ha sido realizado por el equipo técnico de Consinerma S.L. y bajo el nombre de esta firma los autores muestran su disposición por las sugerencias y comentarios constructivos que contribuyan a enriquecer este trabajo.</p> <p>Bajo ningún concepto lo descrito en este documento debe considerarse como la opinión personal de sus autores. Todas las variables analizadas han sido comprobadas mediante expedición en el terreno o han sido debidamente referenciadas de sus respectivas fuentes.</p>

10. DATOS DEL PROYECTO

10.1. Localización

La instalación objeto de este proyecto se localiza en un terreno del pueblo de Mbomo, a 20 km de Bata.

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones para la elección del terreno:

- El terreno tenía que estar situado lo más cerca posible al núcleo del pueblo.
- Es conveniente que estuviese cerca de los viales de accesos al pueblo.
- La superficie debiera ser lo más horizontal posible sin excesivos desniveles, para evitar los costes por nivelación de tierra.
- El área total del terreno debe permitir instalar la potencia prevista.

Resumen de datos de la localización del proyecto:

✓ País:	Guinea Ecuatorial
✓ Región:	Continental
✓ Provincia:	Litoral
✓ Pueblo:	Mbomo
✓ Latitud:	1° 39' 52" N
✓ Longitud:	9° 43' 05" E
✓ Altitud:	36 m

10.2. Imágenes

Vistas aéreas de la zona, cortesía de Bing Maps:



Figura 20. Vista aérea de Mbomo. Cortesía de Bing Maps

11. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Durante la visita al poblado se pudieron comprobar las siguientes condiciones en el terreno:

11.1. Características del terreno

El terreno donde se llevaría a cabo la instalación es llano sin la presencia de zonas montañosas o desniveles considerables. No obstante, la presencia de zonas arbóreas en la cercanía invita a la posibilidad de tener en cuenta la presencia de sombras que pueden afectar al rendimiento de los paneles.

El suelo en cuestión está cubierto de hierbas de menos de 20 centímetros de altura, lo cual ayuda a que los paneles se mantengan limpios ya que no es de arena. En todo caso, que el suelo fuese de arena, la suciedad esperada en los paneles tampoco sería de especial relevancia.

Por todo ello, el paisaje, la vegetación y la infraestructura que rodea el emplazamiento parecen adecuados para la construcción de la instalación de un proyecto solar fotovoltaico.

11.2. Propiedad del terreno y permiso de explotación

Dado que es un proyecto que cuenta con la participación del gobierno del país, se ha considerado que se dispone de los permisos correspondientes para la explotación del terreno. No obstante, se considera que la propiedad del terreno es de los vecinos del poblado, por lo que el constructor deberá llegar a un acuerdo con ellos. Se considera que dicha negociación sería relativamente fácil dado el deseo mostrado por los pobladores de contar con esta instalación. El coste por metro cuadrado de terreno se estima no superior a los 5000 XAF.

11.3. Acceso a la Instalación

El acceso a la instalación es bueno y cercano a los puntos de interés para el traslado de materiales y del personal clave en la construcción.

Se llega al poblado a través de una carretera pavimentada desde la ciudad de Bata y el pueblo se encuentra atravesado por la misma, lo que facilitara los desplazamientos hacia la instalación.

Se prevé que la planta se situará a una distancia prudencial cercana a la carretera, en el centro del poblado.

12. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

12.1. Potencia a Instalar

De acuerdo con el consumo esperado (Ver Informe Preliminar: Tomo 1_2) se propone una potencia a instalar de unos 300 kWp. Esta potencia se plantea en base a tres configuraciones diferentes, de las cuales, el constructor podrá seleccionar en base al acuerdo con la parte contratante:

- Configuración 1: Sistema Aislado con Baterías
- Configuración 2: Sistema Aislado Sin Baterías
- Configuración 3: Sistema Híbrido. Con otro tipo de generación eléctrica. En ese caso se considera la disponibilidad de un generador diésel de respaldo.

En dichas configuraciones se aplican los siguientes parámetros comunes:

- **Potencia nominal:** 300 kW. La potencia nominal estará determinada por el resultado de multiplicar la potencia de cada panel por el número de paneles correspondientes.
- **Inversores:** Los inversores serán función de la potencia nominal deseada. Dado que el diseño se hace sobre la base de 30 kW, se recomienda utilizar un inversor de esa potencia por generador fotovoltaico.
- **Estructura soporte fija**

El resto de los componentes definidos para cada configuración se describen a continuación:

12.2. Panel considerado

Constituyen uno de los principales costes del proyecto, por lo que se recomienda al inversor realizar una comparativa de los precios disponibles en el mercado, siempre que se proporcione la potencia planteada. Esta acción puede variar el número de módulos necesarios.

En ese caso se ha considerado el panel del fabricante SunPower de la serie E19 de 320Wp, por disponer de paneles que ofrecen mayores potencias y niveles altos de eficiencia en operación. El coste del modelo varía entre los 0.35 – 0.50\$/vatio. Por ello, para el análisis económico de este proyecto, se ha considerado 0.50\$/vatio como el precio más desfavorable.

Se adjunta la documentación técnica del fabricante del panel considerado.



SunPower® E-Series Residential Solar Panels | E20-327

More than 20% Efficiency

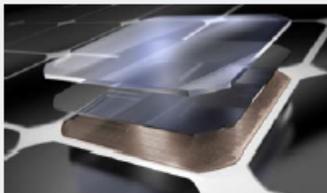
Ideal for roofs where space is at a premium or where future expansion might be needed.

High Performance

Delivers excellent performance in real-world conditions, such as high temperatures, clouds and low light.^{1,2,4}

Proven Value

Designed for residential rooftops, E-Series panels deliver the features, value and performance for any home.



Maxeon® Solar Cells: Fundamentally better
Engineered for performance, designed for durability.

Engineered for Peace of Mind

Designed to deliver consistent, trouble-free energy over a very long lifetime.^{3,4}

Designed for Durability

The SunPower Maxeon Solar Cell is the only cell built on a solid copper foundation. Virtually impervious to the corrosion and cracking that degrade conventional panels.³

#1 Rank in Fraunhofer durability test.⁹
100% power maintained in Atlas 25+ comprehensive durability test.¹⁰

High Performance & Excellent Durability



SPR-E20-327



High Efficiency⁵

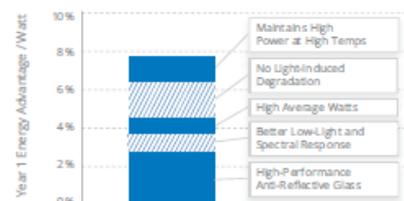
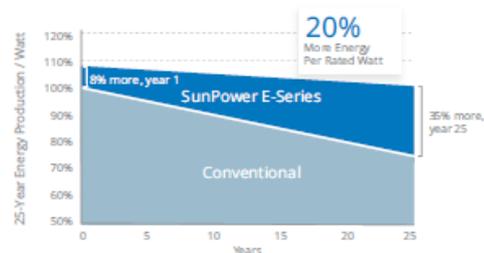
Generate more energy per square foot

E-Series residential panels convert more sunlight to electricity by producing 31% more power per panel¹ and 60% more energy per square foot over 25 years.^{1,2,3}

High Energy Production⁶

Produce more energy per rated watt

High year-one performance delivers 7-9% more energy per rated watt.² This advantage increases over time, producing 20% more energy over the first 25 years to meet your needs.³



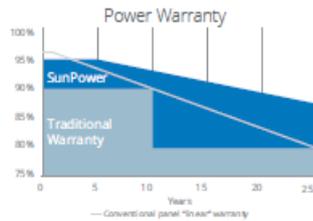
Datasheet

SUNPOWER®

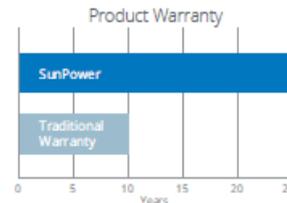


SunPower® E-Series Residential Solar Panels | E20-327

SunPower Offers The Best Combined Power And Product Warranty



More guaranteed power: 95% for first 5 years, -0.4%/yr. to year 25⁷



Combined Power and Product defect 25-year coverage⁸

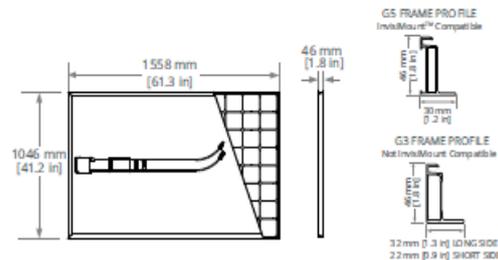
Electrical Data	SPR-E20-327	SPR-E19-320
	Nominal Power (P _{nom}) ¹¹	327 W
Power Tolerance	+5/-0%	+5/-0%
Avg. Panel Efficiency ¹²	20.4%	19.9%
Rated Voltage (V _{mpp})	54.7 V	54.7 V
Rated Current (I _{mpp})	5.98 A	5.86 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	64.9 V	64.8 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	6.46 A	6.24 A
Max. System Voltage	600 V UL & 1000 V IEC	
Maximum Series Fuse	15 A	
Power Temp Coef.	-0.35% / °C	
Voltage Temp Coef.	-176.6 mV / °C	
Current Temp Coef.	2.6 mA / °C	

REFERENCES:

- All comparisons are SPR-E20-327 vs. a representative conventional panel: 250 W, approx. 1.6 m², 15.3% efficiency.
- Typically 7-9% more energy per watt, BEWDNV Engineering "SunPower Yield Report," Jan 2013.
- SunPower 0.25%/yr degradation vs. 1.0%/yr conv. panel. Campeau, Z. et al. "SunPower Module Degradation Rate," SunPower white paper, Feb 2013; Jordan, Dirk "SunPower Test Report," NREL, Q1-2015.
- "SunPower Module 40-Year Useful Life" SunPower white paper, May 2015. Useful life is 99 out of 100 panels operating at more than 70% of rated power.
- Second highest, after SunPower X-Series, of over 3,200 silicon solar panels, Photon Module Survey, Feb 2014.
- 8% more energy than the average of the top 10 panel companies tested in 2012 (151 panels, 102 companies), Photon International, Feb 2013.
- Compared with the top 15 manufacturers. SunPower Warranty Review, May 2015.
- Some restrictions and exclusions may apply. See warranty for details.
- 5 of top 8 panel manufacturers tested in 2013 report, 3 additional panels in 2014. Ferrara, C., et al. "Fraunhofer PV Durability Initiative for Solar Modules: Part 2", Photovoltaics International, 2014.
- Compared with the non-stress-tested control panel. Atlas 25+ Durability test report, Feb 2013.
- Standard Test Conditions (1000 W/m² irradiance, AM 1.5, 25° C). NREL calibration Standard: SOMS current, LACCS FF and Voltage.
- Based on average of measured power values during production.
- Type 2 fire rating per UL1703-2013, Class C fire rating per UL1703-2002.
- See salesperson for details.
- Only SPR-E20-327 has JET certification.

Tests And Certifications	
Standard Tests ¹³	UL1703 (Type 2 Fire Rating), IEC 61215, IEC 61730
Quality Certs	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	RoHS, OHSAS 18001:2007, lead free, REACH SVHC-163, PV Cycle
Sustainability	Cradle to Cradle Certified™ Silver (eligible for LEED points) ¹⁴
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	Potential-Induced Degradation free: 1000 V ⁹
Available Listings ¹⁵	UL, TUV, JET, MCS, FSEC, CEC

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40° F to +185° F (-40° C to +85° C)
Impact Resistance	1 inch (25 mm) diameter hail at 52 mph (23 m/s)
Appearance	Class A
Solar Cells	96 Monocrystalline Moxeon Gen II
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-65, MC4 compatible
Weight	41 lbs (18.6 kg)
Max. Load	G5 Frame: Wind: 62 psf, 3000 Pa front & back Snow: 125 psf, 6000 Pa front
	G3 Frame: Wind: 50 psf, 2400 Pa front & back Snow: 112 psf, 5400 Pa front
Frame	Class 1 black anodized (highest AAMA rating)



G5 frames have no mounting holes. Please read the safety and installation guide.

Document # 504860 Rev F /LTR US

See www.sunpower.com/facts for more reference information.
For more details, see extended datasheet: www.sunpower.com/datasheets.

©December 2016 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER, the SUNPOWER logo, MAXEON, SIGNATURE and InvisMount are trademarks or registered trademarks of SunPower Corporation. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

SUNPOWER®

Figura 21. Especificaciones técnicas panel SunPower

12.3. Inversores

Un componente importante que precisa el diseño de la instalación es el inversor. La función que proporcionan de convertir la potencia generada en corriente continua por los paneles fotovoltaicos, en corriente alterna a 50 Hz, resulta esencial para que la energía generada pueda utilizarse para los fines esperados.

Aunque pueden emplearse diferentes modelos de inversores dependiendo de sus respectivas características, se recomienda la utilización de inversores compatibles en voltaje con el sistema de baterías y capaces de operar con la potencia entregada por el generador fotovoltaico.

Dada la existencia de una gran variedad de inversores, la condición es que cumplan las normas de seguridad y protecciones a las personas, con el resto de los equipos eléctricos y la red de distribución existente.

Pueden utilizarse inversores de mediana potencia (10 kW a < 100 kW) en configuración trifásica, que permiten la conexión de una cadena de módulos por inversor, con un único Punto de Máxima Potencia. No obstante, los inversores de gran potencia (> 100 kW) ofrecen una reducción de costes a potencias elevadas, constituyéndose en la opción recomendada para la instalación.

Para este proyecto se propone la utilización del inversor SMA SUNNY ISLAND que proporcionará una corriente alterna independiente, a la que también pueden conectarse tanto los generadores de energía como los equipos consumidores. Gracias a su configuración modular y flexible Multicluster, están diseñados para operar sistemas fotovoltaicos que parten de 20 a 300 kW. Estas unidades permiten la conexión, en un único sistema integrado, de varias líneas de módulos, cada uno de ellos formados por tres inversores. Se trata de un sistema compacto que proporciona un montaje previo desde fábrica y que permite una conexión principal para generadores, la distribución de la carga y la planta fotovoltaica.

El inversor debe cumplir con las normativas en materia eléctrica y compatibilidad electromagnética que cuente con protecciones frente a cortocircuitos en corriente alterna, tensión fuera de rango, frecuencia de red fuera de rango, etc... El inversor propuesto cumple con la normativa europea.

Se recomienda este inversor debido a su previa configuración desde fábrica, lo que reduce los impactos debidos a construcciones adicionales y el mantenimiento necesario para su operación.

Se adjuntan las especificaciones técnicas del fabricante del inversor seleccionado.

SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL



Rentable	Seguro	Flexible	Innovador
<ul style="list-style-type: none">• Rendimiento máximo del 98,4 %	<ul style="list-style-type: none">• Descargador de sobretensión de CC integrable (DPS tipo II)	<ul style="list-style-type: none">• Tensión de entrada de CC hasta 1000 V• Diseño de plantas perfecto gracias al concepto de multistring• Pantalla opcional	<ul style="list-style-type: none">• Innovadoras funciones de gestión de red gracias a Integrated Plant Control• Suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7)

SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL

El especialista flexible para plantas comerciales y centrales fotovoltaicas de gran tamaño

El Sunny Tripower es el inversor ideal para plantas de gran tamaño en el sector comercial e industrial. Gracias a su rendimiento del 98,4 %, no solo garantiza unas ganancias excepcionalmente elevadas, sino que a través de su concepto de multistring combinado con un amplio rango de tensión de entrada también ofrece una alta flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos disponibles.

La integración de nuevas funciones de gestión de energía como, por ejemplo, Integrated Plant Control, que permite regular la potencia reactiva en el punto de conexión a la red tan solo por medio del inversor, es una firme apuesta de futuro. Esto permite prescindir de unidades de control de orden superior y reducir los costes del sistema. El suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7) es otra de las novedades que ofrece.

SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL

Datos técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	27000 Wp
Potencia asignada de CC	15330 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	240 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A;3; B:3
Salida (CA)	
Potencia asignada [a 230 V, 50 Hz]	15000 W
Potencia máx. aparente de CA	15000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE, 220 V / 380 V 3 / N / PE, 230 V / 400 V 3 / N / PE, 240 V / 415 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/21,7 A
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo
THD	≤ 3%
Fases de inyección/conexión	3/3
Rendimiento	
Rendimiento máx./europeo	98,4%/98,0%
Dispositivos de protección	
Punto de desconexión en el lado de entrada	•
Monitorización de toma a tierra/de red	• / •
Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II	○
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	• / • / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	•
Clase de protección [según IEC 62109-1]/categoría de sobretensión [según IEC 62109-1]	I / AC: III; DC: II
Datos generales	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)
Peso	61 kg (134,48 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)
Emisión sonora, típica	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W
Topología/principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Tipo de protección [según IEC 60529]	IP65
Clase climática [según IEC 60721-3-4]	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa [sin condensación]	100%
Equipamiento / función / accesorios	
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne de conexión por resorte
Pantalla	○
Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / •
Interfaz de datos: SMA, Modbus / SunSpec Modbus	• / •
Relé multifunción/Power Control Module	○ / ○
OptiTrac Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	• / • / •
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	• / •
Garantía: 5/10/15/20 años	• / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones previstos	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11.2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, DENA 2.0, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-6, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 0973-1, REA 2013, RRC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n.º 7:2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014
* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438	
Modelo comercial	STP 15000TL-30

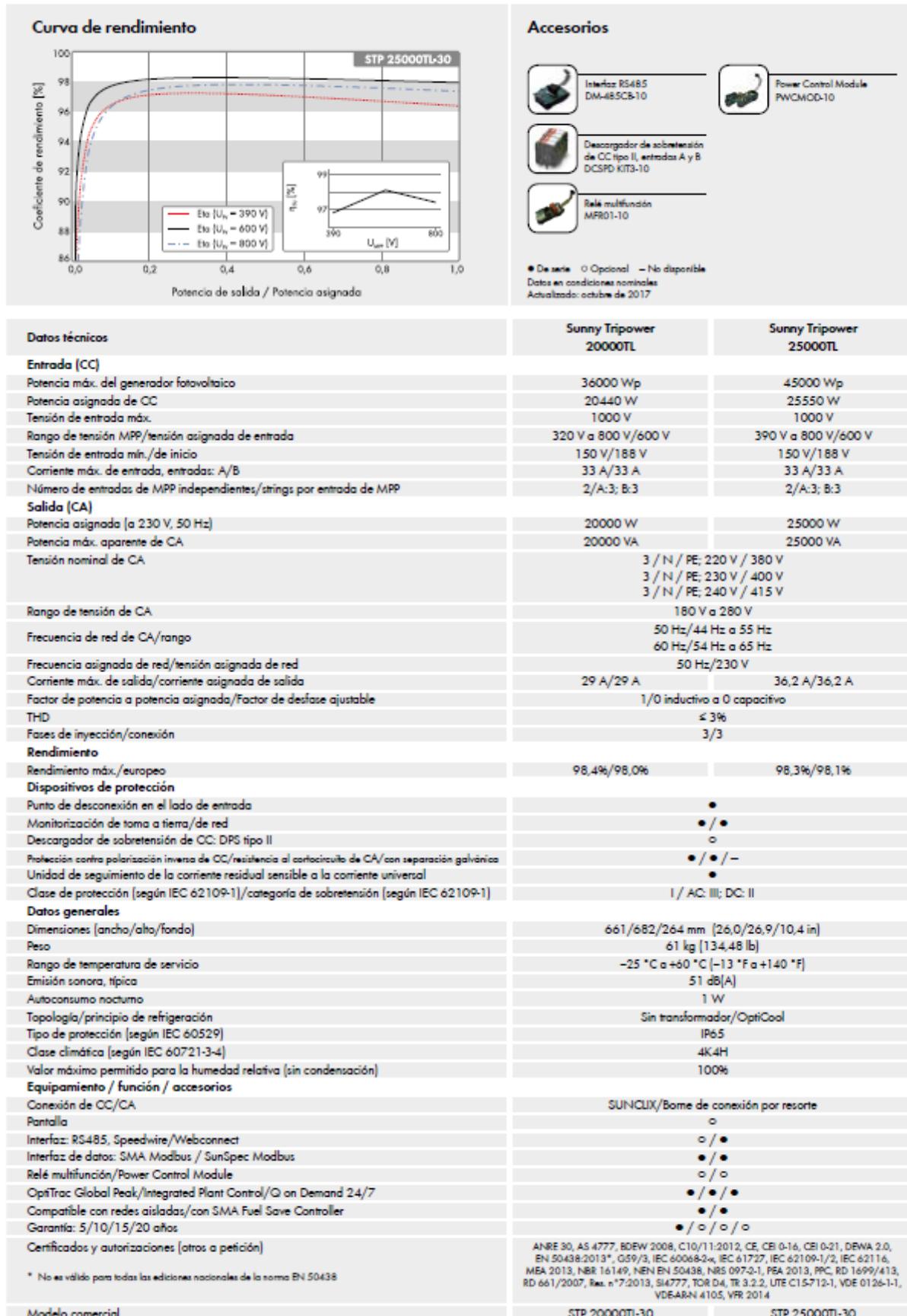


Figura 22. Inversor fotovoltaico SUNNY Tripower del fabricante SMA

SUNNY ISLAND 4.4M / 6.0H / 8.0H

PARA APLICACIONES CONECTADAS A RED Y PARA SISTEMAS AISLADOS



SIA 4.4M-12 / SIA 6.0H-12 / SIB 8.0H-12

**Ahora con comunicación
WLAN incluida**

<p>Comunicativo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comunicación mediante ethernet y WLAN • Webconnect • Registro de datos optimizado 	<p>Fiable</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 años de garantía • Una gran capacidad de sobrecarga • IP54 para un funcionamiento fiable en condiciones extremas 	<p>Flexible</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para sistemas de autoconsumo, sistemas eléctricos de repuesto y sistemas aislados • Integrable y ampliable de forma modular en sistemas monofásicos y trifásicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Compatible con todas las baterías de plomo y más de 20 baterías de iones de litio diferentes
--	--	--	--

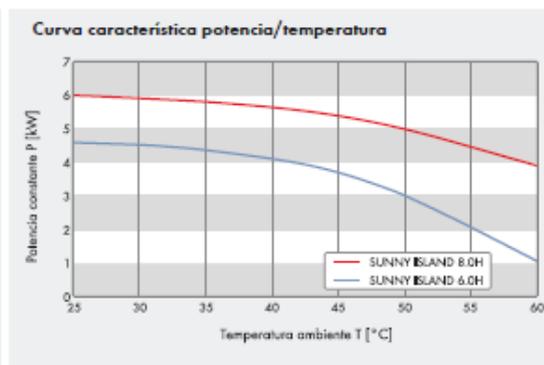
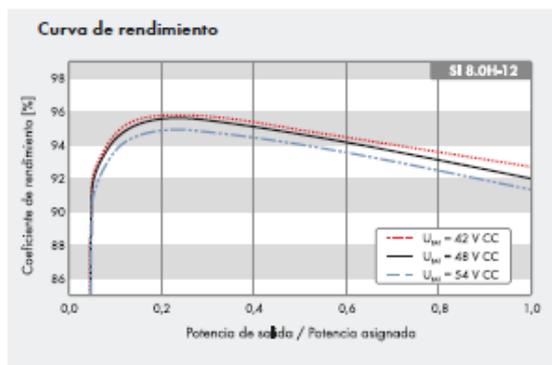
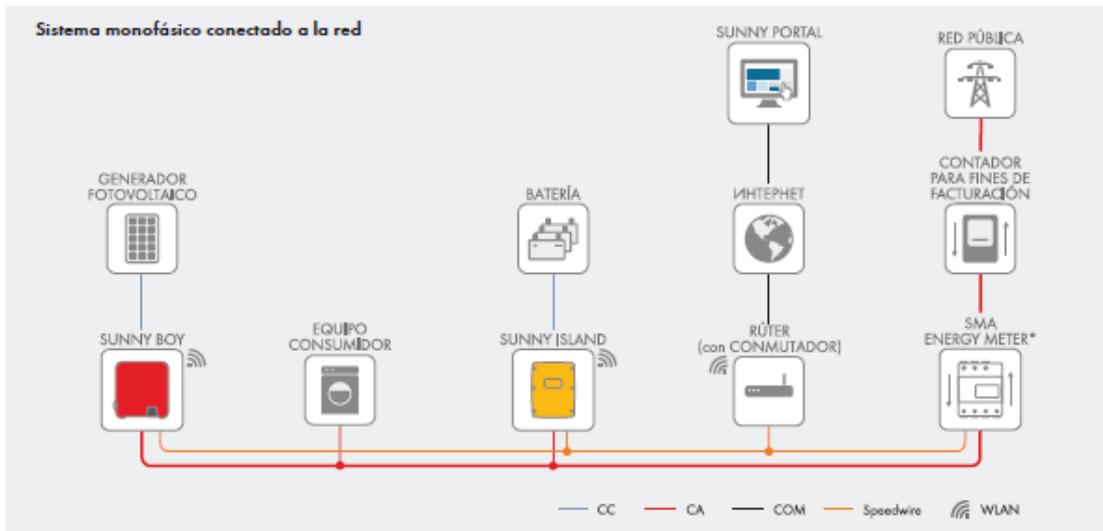
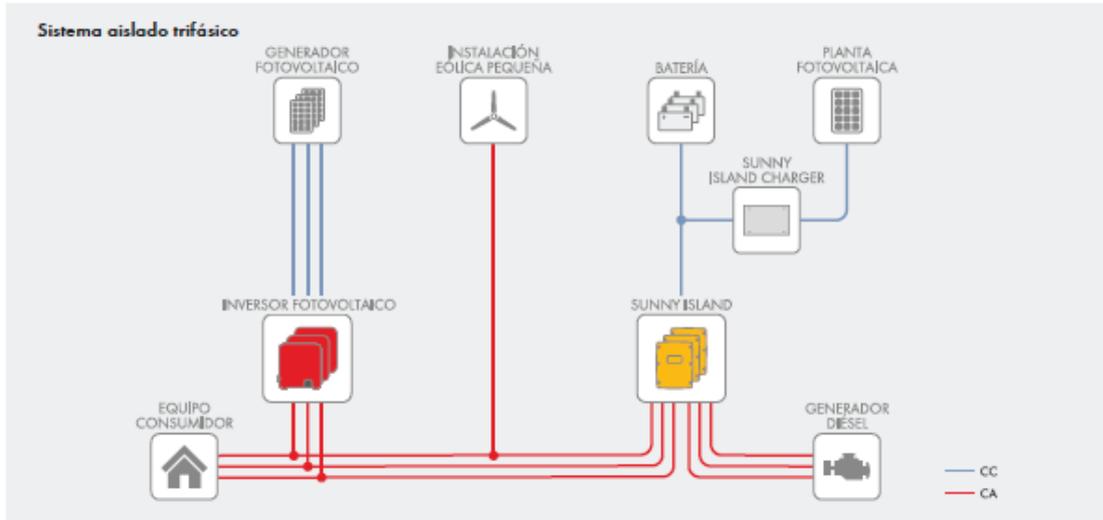
SUNNY ISLAND 4.4M / 6.0H / 8.0H

La solución más fiable para todas las necesidades: más sencillo que nunca

En regiones alejadas de la red o en la red pública en propiedades privadas: el inversor de batería Sunny Island es la mejor solución tanto en instalaciones conectadas a la red como aisladas. Los usuarios se benefician de la experiencia de los más de 70.000 Sunny Island instalados en todo el mundo. Gracias a la interfaz web integrada y a las interfaces estándar WLAN y ethernet, el Sunny Island 4.4M/6.0H/8.0H puede configurarse y monitorizarse fácilmente a través de Smartphone o de tablet. Como elemento clave del SMA Flexible Storage System, el Sunny Island almacena temporalmente la corriente auto-generada y permite utilizar la corriente fotovoltaica en cualquier momento del día.

Su alta clase de protección, su amplia gama de temperaturas y su excepcional capacidad de sobrecarga garantizan siempre la seguridad necesaria. La gestión inteligente de la carga y de la energía asegura el funcionamiento también en situaciones críticas.

El Sunny Island es la solución más fiable y fácil para todas las necesidades e incluye una garantía de 10 años.



Datos técnicos	Sunny Island 4.4M	Sunny Island 6.0H	Sunny Island 8.0H
Funcionamiento en la red pública o generador fotovoltaico			
Tensión asignada de red/Rango de tensión de CA	230 V/De 172,5 V a 264,5 V		
Frecuencia asignada de red/Rango de frecuencia admisible	50 Hz/De 40 Hz a 70 Hz		
Corriente alterna máx. para optimizar el autoconsumo [funcionamiento de red]	14,5 A	20 A	26 A
Potencia de CA máx. para optimizar el autoconsumo [funcionamiento de red]	3,3 kVA	4,6 kVA	6 kVA
Corriente máxima de entrada de CA	50 A	50 A	50 A
Potencia máxima de entrada CA	11500 W	11500 W	11500 W
Funcionamiento en red aislada o como sistema de respaldo			
Tensión asignada de red/Rango de tensión de CA	230 V/De 202 V a 253 V		
Frecuencia nominal/Rango de frecuencia [ajustable]	50 Hz/De 45 Hz a 65 Hz		
Potencia asignada [a Unom, fnom/25 °C/cos φ = 1]	3300 W	4600 W	6000 W
Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s	4400 W/4600 W/5500 W	6000 W/6800 W/11000 W	8000 W/9100 W/11000 W
Potencia de CA a 45 °C	3000 W	3700 W	5430 W
Corriente asignada/Corriente de salida máxima [pico]	14,5 A/60 A	20 A/120 A	26 A/120 A
Coefficiente de distorsión de la tensión de salida/Factor de potencia con potencia asignada	<5 % /De -1 a +1	<1,5 % /De -1 a +1	<1,5 % /De -1 a +1
Batería de entrada de CC			
Tensión asignada de entrada/Rango de tensión CC	48 V/De 41 V a 63 V	48 V/De 41 V a 63 V	48 V/De 41 V a 63 V
Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/de descarga asignada de CC	75 A/63 A/75 A	110 A/90 A/103 A	140 A/115 A/130 A
Tipo de batería/Capacidad de la batería (rango)	Iones litio ¹⁾ , FLA, VRLA/ De 100 Ah a 10000 Ah (plomo) De 50 Ah a 10000 Ah [iones litio]		
Regulación de carga	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas		
Rendimiento/Autoconsumo del equipo			
Rendimiento máximo	95,5 %	95,8 %	95,8 %
Consumo sin carga/En espera	18 W/6,8 W	25,8 W/6,5 W	25,8 W/6,5 W
Dispositivo de protección (equipo)			
Cortocircuito de CA/Sobrecarga de CA	● / ●		
Protección contra polarización inversa de CC/Fusible de CC	- / -		
Sobretensión/Descarga total de la batería	● / ●		
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1	III		
Datos generales			
Dimensiones [ancho/alto/fondo]	467 mm/612 mm/242 mm [18,4 inch/21,1 inch/9,5 inch]		
Peso	44 kg [97 lb]	63 kg [138,9 lb]	63 kg [138,9 lb]
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)		
Clase de protección según IEC 62103	I		
Clase climática según IEC 60721	3K6		
Tipo de protección según IEC 60529	IP54		
Equipamiento/Función			
WLAN, Speedwire/Webconnect/SI-SYSCAN [multiclúster]	● / ● / -	● / ● / ○	● / ● / ○
Tarjeta de almacenamiento micro SD para un registro de datos ampliado	○		
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil/Relé multifunción	● / 2		
Sistemas trifásicos [con campo giratorio]/Función de alimentación de repuesto	● / ●		
Cálculo del nivel de carga/Carga completa/Carga de compensación	● / ● / ●		
Sensor de temperatura de la batería/Cables de datos	○ / ●		
Certificados y autorizaciones	www.SMA-Solar.com		
Color de la cubierta amarillo/aluminio blanco	○ / ○		
Garantía 5/10 años	● / ● ³⁾		
Para sistemas aislados			
Detección automática de campo giratorio/Asistencia de generador	● / ●		
Conexión en paralelo/Multiclúster	- / -	● / ●	● / ●
Arranque suave integrado	●		
Accesorios			
Para sistemas aislados			
Fusible de batería ¹⁾	○		
Sunny Island Charger SIC50-MPT ²⁾ / SMA Cluster Controller	○ / ○		
Para aplicaciones conectadas a la red			
Sunny Home Manager/SMA Energy Meter/Equipo de conmutación para corriente de repuesto ³⁾	○ / ○ / ○		
● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible			
1) Consulte la "lista de baterías de iones de litio homologadas" en www.SMA-Solar.com			
2) De proveedor externo			
3) Si se registra a través de la ficha informativa adjunta			
Todas las especificaciones actualizadas a julio de 2017			
Modelo comercial	SI4.4M-12	SI6.0H-12	SI8.0H-12

Figura 23. Especificaciones técnicas Inversor batería SUNNY ISLAND. Fuente: SMA



MULTICLUSTER BOXES PARA SUNNY ISLAND



Flexibles

- Potencias de entre 20 kW y 300 kW
- Para redes aisladas
- La MC-Box 12.3-20 también puede acoplarse a la red para optimizar el autoconsumo y la electricidad de repuesto

Senllas

- Distribución integrada de CA para Sunny Island, generadores, plantas fotovoltaicas
- Contactor de deslastre de carga integrado

Seguras

- Derivación automática para el generador
- Protección activa contra el funcionamiento en isla
- Monitorización de corriente inversa

Resistentes

- Clases de protección altas
- Cinco años de garantía de SMA

Multiclustercabinets para SUNNY ISLAND

Montaje sencillo de aplicaciones potentes conectadas a la red y aisladas

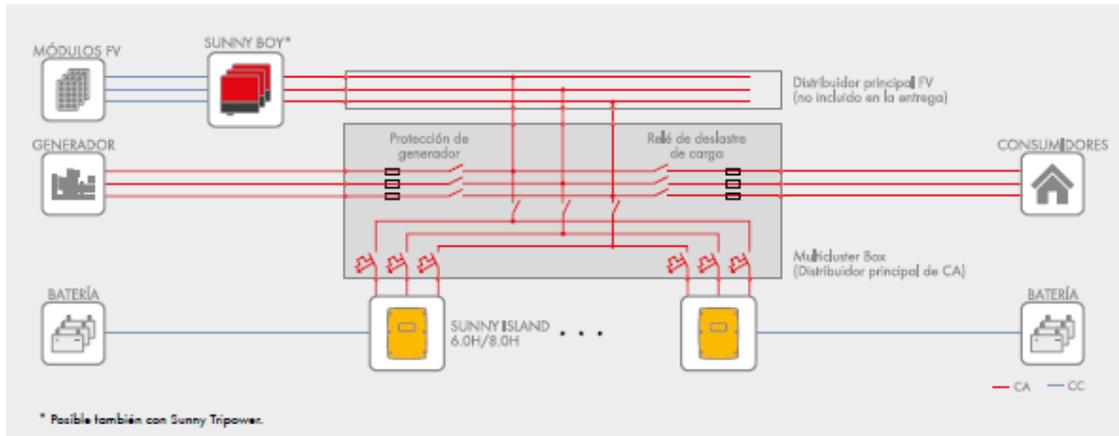
Con las Multiclustercabinets de SMA para el inversor de batería Sunny Island pueden diseñarse tanto sistemas aislados como plantas fotovoltaicas conectadas a la red de forma sencilla y eficiente en cuanto a costes. En zonas rurales sin acceso a la red, pueden crearse sistemas aislados e híbridos potentes con un principio acreditado de entre 2 y 12 clústeres trifásicos de tres inversores Sunny Island cada uno con hasta 360 kilovatios de potencia fotovoltaica conectable.

En plantas de la red pública pueden alcanzarse aplicaciones de autoconsumo y de electricidad de repuesto de hasta 138 kilovatios pico. Para que el montaje resulte todavía más sencillo, todas las Multiclustercabinets vienen completamente cableadas de fábrica y cuentan con una conexión principal para generadores, la distribución de la carga y las plantas fotovoltaicas o eólicas.

Las Multiclustercabinets son perfectas para industrias y para el suministro de corriente de zonas rurales, con o sin acceso a la red.

Multicluster Boxes para SUNNY ISLAND

Datos técnicos	Multicluster-Box 6	Multicluster-Box 12
Conexión de equipos consumidores		
Tensión asignada	230 V [L, N], 400 V (L1, L2)	230 V [L, N], 400 V (L1, L2)
Rango de tensión de CA	De 172.5 V a 250 V De 300 V a 433 V	De 172.5 V a 265 V De 300 V a 433 V
Frecuencia nominal/Rango de frecuencia	50 Hz/De 40 Hz a 70 Hz	50 Hz, 60 Hz/De 45 Hz a 65 Hz
Cantidad	1 (trifásico)	1 (trifásico)
Potencia asignada	55 kW	138 kW
Corriente de CA con valores nominales	3 x 80 A [AC1]	3 x 200 A [AC1]
Fusibles	NH00	NH1
Conexiones del Sunny Island		
Número máximo de equipos	6	12
Corriente de CA en potencia asignada/Corriente de CA con valores nominales	36 kW/3 x 52 A	72 kW/12 x 26 A
Potencia de CA a 45 °C/Corriente de CA a 45 °C	32 kW/3 x 46 A	65 kW/3 x 94 A
Potencia de CA (25 °C, 30 min)	48 kW	96 kW
Potencia de CA (25 °C, 5 min)	55 kW	110 kW
Fusibles	6 x disyuntor C 40A	12 x disyuntor C 40A
Conexión del generador		
Cantidad	1 (trifásico)	1 (trifásico)
Potencia de entrada asignada	55 kW	138 kW
Corriente de entrada CA	3 x 80 A	3 x 200 A
Fusibles	NH00	NH1
Conexión de la planta fotovoltaica		
Cantidad	1 (trifásico)	1 (trifásico)
Potencia fotovoltaica asignada	55 kW	138 kW
Corriente de CA con valores nominales	3 x 80 A	3 x 200 A
Fusibles	–	–
Datos generales		
Número de fases	Trifásico	Trifásico
Sistema de distribución autorizado	TN-S	TN-S, TN-C-S y TT
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	760/760/210 mm	1200/1600/435 mm
Tipo de montaje	Colgante	Vertical sobre zócalo
Peso	55 kg	200 kg
Temperatura ambiente	De -25 °C a +50 °C	De -25 °C a +60 °C
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65	IP55
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	Del 0 % al 100 %	Del 0 % al 100 %
Garantía (5 años)	●	●
Cables de comunicación	●	●
Certificados	CE	CE
Conexión a la red pública (autoconsumo optimizado y función de alimentación de repuesto) NA-BOX/GRID-BOX necesaria	–	●
● Equipamiento de serie ○ Opcional – No disponible		
Modelo comercial	MC-Box-6.3-11	MC-Box-12.3-20



Datos técnicos	Multiclustor-Box 36	
Conexión de equipos consumidores		
Tensión asignada	230 V [L, N], 400 V [L1, L2]	
Rango de tensión de CA	De 172.5 V a 250 V De 300 V a 433 V	
Frecuencia nominal/Rango de frecuencia	50 Hz/De 40 Hz a 70 Hz	
Cantidad	1 (trifásico)	
Potencia asignada	300 kW	
Corriente de CA con valores nominales	3 x 435 A (AC1)	
Fusibles	NH3	
Conexiones del Sunny Island		
Número máximo de equipos	36	
Corriente de CA en potencia asignada/Corriente de CA con valores nominales	216 kW/3 x 313 A	
Potencia de CA a 45 °C/Corriente de CA a 45 °C	195 kW/3 x 283 A	
Potencia de CA [25 °C, 30 min]	288 kW	
Potencia de CA [25 °C, 5 min]	328 kW	
Fusibles	36 x disyuntor C 40A	
Conexión del generador		
Cantidad	1 (trifásico)	
Potencia de entrada asignada	300 kW	
Corriente de entrada CA	3 x 435 A (AC1)	
Fusibles	NH3	
Conexión de la planta fotovoltaica		
Cantidad	1 (trifásico)	
Potencia fotovoltaica asignada	360 kW	
Corriente de CA con valores nominales	3 x 522 A (AC1)	
Fusibles	-	
Datos generales		
Número de fases	Trifásico	
Sistema de distribución autorizado	TN-S	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	1200/2000/800 mm	
Tipo de montaje	Vertical sobre zócalo	
Peso	400 kg	
Temperatura ambiente	De -25 °C a +60 °C	
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP54	
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	Del 0 % al 100 %	
Garantía [5 años]	•	
Cables de comunicación	•	
Certificados	CE	
Conexión a la red pública (autoconsumo optimizado y función de alimentación de repuesto) NA-BOX/GRID-BOX necesaria	-	
• Equipamiento de serie ◻ Opcional - No disponible		
Modelo comercial	MC-Box-36.3-11	

Figura 24. Unidad de control Multiclustor Box

12.4. Estructura soporte

Se plantea la utilización de una estructura fija en plano inclinado cuya elevación puede graduarse mediante pernos, permitiendo ajustar la inclinación de acuerdo con un mayor aprovechamiento de la radiación solar. Se recomienda esta estructura debido a su coste bajo respecto a los seguidores solares, cuya ventaja es seguir la trayectoria del sol en todo momento.

La estructura fija es adecuada para la localización del proyecto si adicionalmente se tienen en cuenta los siguientes aspectos. (Chinchilla, 2013):

- Pueden soportar vientos con una velocidad de 150 Km/h. el análisis del viento en Mbomo muestra una media muy inferior a esos niveles, lo cual resulta adecuado.
- Permite que los módulos puedan situarse a una altura sobre el suelo mayor de 1 metro. Esto favorece un mantenimiento sencillo de los paneles, ya que pueden limpiarse fácilmente por el operario.
- Estar formada por materiales resistentes a la corrosión. La mejor calidad-precio se han conseguido con acero galvanizado en caliente y aluminio anodizado.
- Utilizar para la sujeción de los módulos, tornillería de acero inoxidable o acero anodizado.
- Asegurar un buen contacto eléctrico entre el marco del panel y la estructura, con la finalidad de permitir la protección frente a descargas eléctricas.
- Estar eléctricamente unida a una toma de tierra, la cual cumpla las especificaciones del Reglamento de Baja Tensión.
- Ser estática y cerciorar la integración del generador en el medio en el que funciona.



Figura 25. Modelo de estructura soporte. Fuente: Autosolar

12.5. Reguladores de carga

Estos dispositivos sirven para cortar la corriente entrante de los paneles solares cuando las baterías se encuentran a plena carga. Son capaces de cargar las baterías desde los paneles fotovoltaicos.

Las necesidades de potencia fotovoltaica también dependen directamente de la eficiencia del regulador de carga. Se requiere una tensión en paneles superior a la tensión nominal de batería para poder realizar la carga de estas.

Para una configuración correcta de la instalación con los reguladores de carga se ha de tener en cuenta la colocación de los paneles, tanto las conexiones en serie y las del paralelo, y en función de la tensión de las baterías para operar el sistema de forma segura.

Para el proyecto se recomienda la utilización de reguladores de tipo MPPT, que alcanzan eficiencias del 98 - 99%, pudiendo ayudar a que se precise de varios módulos menos. Este tipo de reguladores de carga o reguladores de batería, además de cortar el paso de la corriente de los paneles solares cuando la batería se encuentra en plena carga, estos son capaces de adaptar el voltaje de salida del panel solar al voltaje de la batería.

En el proceso de selección del regulador se deberá tener en cuenta la potencia máxima del campo fotovoltaico, esto es, que cada regulador limitará la cantidad de W que suman todos los paneles que se tengan en el sistema. Como ejemplo, dado que contamos con paneles de 320 W, se deberá tener en cuenta que si el sistema fuese de 2 paneles, contaríamos con 640 W de campo fotovoltaico.

Otro aspecto que ha de tenerse en cuenta con los reguladores son los amperios de entrada desde los paneles, nunca debe superarse los amperios máximos de regulador de carga. En la colocación a serie de los paneles, se suman voltaje y no amperios, por lo que el amperaje de bajada de un grupo de paneles a serie será igual que la de un panel pero al doble de voltaje. En esa línea, tampoco ha de superarse el límite de voltaje del regulador, para evitar problemas con el funcionamiento del mismo.

Como pieza clave y situado entre los paneles y las baterías, es el encargado de controlar la tensión y la intensidad con la que se cargan las baterías; o lo que es lo mismo, cuida de las baterías y, de este modo, alarga su vida útil.

Para el proyecto se ha seleccionado el regulador seguidor MPPT Schneider Xantrex de 80A, que es un avanzado dispositivo de seguimiento de la máxima potencia, cargador de batería para instalaciones solares aisladas.

Aúna varias características exclusivas como la tensión de entrada elevada hasta 600VDC. Este regulador MPPT dispone de protección ante sobretensiones, cargador de batería de dos y tres etapas con ecualización.

Se adjunta las especificaciones técnicas del mencionado regulador.

Especificaciones

Especificaciones eléctricas

Máxima tensión del campo FV en circuito abierto	600 V CC
Intervalo de tensión de funcionamiento del campo FV	195 a 550 V CC
Intervalo de tensión del campo FV a potencia máxima ^a	230 a 550 V CC
Intervalo de seguimiento del punto de máxima potencia	195 a 510 V CC
Tensión de entrada inicial del campo FV	230 V CC
Intensidad máxima de funcionamiento	23 A
Intensidad máxima de cortocircuito del campo en condiciones STC	28 A
Intensidad máxima de cortocircuito del campo FV absoluta en cualquier situación	35 A (Véase el aviso en la página siguiente para más información)
Tensión nominal de la batería	24 y 48 V CC (por defecto, 48 V)
Intervalo de tensión de funcionamiento de la batería	16 a 67 V CC
Intensidad máxima de carga	80 A
Potencia máxima de carga	2560 W (banco de baterías de 24 V) 4800 W (banco de baterías de 48 V)
Eficiencia de conversión de energía máxima	94% (banco de baterías de 24 V) 96% (banco de baterías de 48 V)
Salida auxiliar	Conmutación de contacto seco hasta 60 V CC, 30 V CA, 8 A
Método de regulación del cargador	Tres etapas (en bruto, absorción, flotación) Dos etapas (en bruto, absorción) Ecualización manual
Pérdidas de consumo ^b	menos de 1,0 W (alimentación Xanbus activada) menos de 0,5 W (alimentación Xanbus desactivada)

a. No se garantiza la potencia máxima de salida a tensiones inferiores a 230 V. Consulte "Funcionamiento por debajo del intervalo de tensión para funcionamiento a máxima potencia del campo FV" en la página A-4 para obtener más información.

b. Estos valores se basan en las siguientes especificaciones:

- La tensión nominal de la batería es de 48 V
- El suministro de energía auxiliar se desconecta por la noche. Consulte "Reducción de pérdidas de consumo" en la página 2-17 para obtener más información.

Parámetros de carga de la batería por defecto

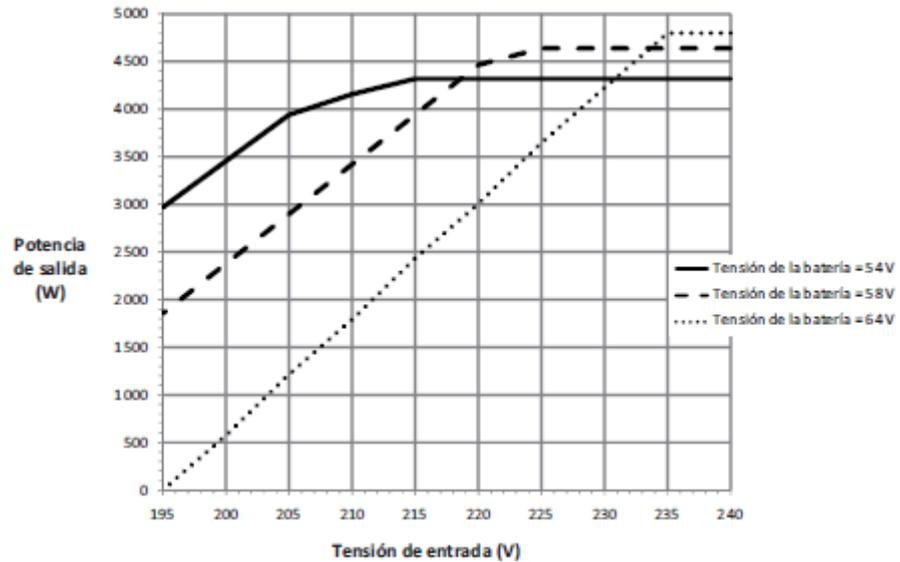


Figura A-3 Máxima potencia de salida esperada según la tensión de entrada

Parámetros de carga de la batería por defecto

Todos los parámetros de de la tabla que se muestra a continuación se basan en un banco de baterías de 48 V. Para un banco de baterías de 24 V, los valores de tensión indicados deben dividirse entre dos.

Parámetro	Tipo de batería		
	Electrolito líquido ^a	Gel	AGM
Tensión de ecualización	64,0 V	n/a	n/a
Tensión de recarga	50,0 V	50,0 V	50,0 V
Tensión etapa en bruto	57,6 V	56,8 V	57,2 V
Tensión de absorción	57,6 V	56,8 V	57,2 V
Tensión en flotación	54,0 V	55,2 V	53,6 V
Tiempo de absorción	360 min	360 min	360 min
Comp. de temp. de la batería	-108 mV/°C	-108 mV/°C	-84 mV/°C

a. Si selecciona un tipo de batería personalizada (Custom), sus parámetros de configuración por defecto se basarán en los del tipo de batería de electrolito líquido.

Figura 26. Especificaciones técnicas regulador de carga solar Xantrex XW MPPT 80 600 Schneider Electric

12.6. Sistema de almacenamiento: Baterías

Para el proyecto se recomienda utilizar un banco de baterías que opere a una tensión de 48V. Son las baterías de mayor voltaje y son muy adecuadas para usos en instalaciones solares fotovoltaicas de mediano y gran tamaño.

Dada la variedad de tipo de baterías, se priorizará en su elección los aspectos relacionados con el mantenimiento, las consideraciones medioambientales y el coste.

A tal efecto, se dispondrá de un banco de acumuladores formado por 24 vasos de 2V, con capacidad nominal de 3040 Ah (120hr/ 20°C) del modelo OPzS Solar 3040.

Estas baterías son adecuadas para usos en instalaciones fotovoltaicas ya que se caracterizan por una larga vida útil. Sus ciclos de descarga profundos ofrecen resultados notables para cualquier tipo de consumo. Además, tienen una elevada capacidad de funcionamiento en regímenes de carga y descarga lentas.

Las Baterías Estacionarias se mantienen permanentemente cargadas mediante el uso de un regulador. Es muy importante que la batería se descargue con muy poca frecuencia, que posteriormente sea el regulador el encargado de recargarla, tras una descarga y que la mantenga cargada y compense de esta manera su autonomía interna.

De conformidad con la normativa DIN 40736, EN 60896 y IEC 896-1, el modelo de batería propuesto es de placa tubular inundada de larga duración. Dependiendo de la temperatura de operación de 20°, 30° ó 40°, su vida útil puede variar a 20, 10 ó 5 años respectivamente, con una cantidad de ciclos posibles de 1500 al 80% de descarga.

Respecto a su mantenimiento y en condiciones normales de funcionamiento y a 20°C, se deberá añadir agua destilada cada 2 ó 3 años.

Se adjuntan las especificaciones técnicas del modelo de batería seleccionado.



Baterías solares OPzS

www.victronenergy.com



OPzS Solar batteries 910

Baterías de placa tubular inundada de larga duración

Vida útil: >20 años a 20°C, > 10 años a 30°C, >5 años a 40°C.
Cantidad de ciclos posibles: más de 1.500 ciclos al 80 % de descarga.
Fabricada según las normas DIN 40736, EN 60896 y IEC 61427.

Mantenimiento reducido

En condiciones normales de funcionamiento, se deberá añadir agua destilada cada 2 – 3 años a 20°C.

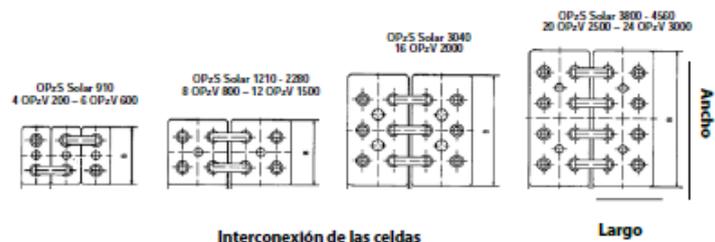
Baterías de carga en seco o de electrolitos listas para usar

Las baterías están disponibles rellenas de electrolito o cargadas en seco (para almacenamiento prolongado, transporte en contenedor o transporte aéreo). Las baterías cargadas en seco deben rellenarse con ácido sulfúrico diluido (densidad 1,24kg/l @ 20°C).
Las de electrolito pueden ser más resistentes en climas fríos y más frágiles en climas calientes.

Aprenda más sobre baterías y cargas

Para saber más sobre baterías y carga de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Energy Unlimited" (disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com).

Tipo OPzS	OPzS Solar 910	OPzS Solar 1210	OPzS Solar 1520	OPzS Solar 1830	OPzS Solar 2280	OPzS Solar 3040	OPzS Solar 3800	OPzS Solar 4560
Capacidad nominal (120 hr / 20°C)	910 Ah	1210 Ah	1520 Ah	1830 Ah	2280 Ah	3040 Ah	3800 Ah	4560 Ah
Capacidad (10 hr / 20°C)	640 Ah	853 Ah	1065 Ah	1278 Ah	1613 Ah	2143 Ah	2675 Ah	3208 Ah
Capacidad 2 / 5 / 10 horas (% de capacidad de 10 hr.)	60 / 85 / 100 / 120 / 150 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacidad 20 / 24 / 48 / 72 horas (% de capacidad de 120 hr.)	77 / 80 / 89 / 95 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacity 100 / 120 / 240 hours (% de capacidad de 120 hr.)	99 / 100 / 104 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Autodescarga @ 70°F/20°C	3% mensual							
Tensión de absorción (V) @ 70°F/20°C	2,35 a 2,50 V/celda (28,2 a 30,0 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de flotación (V) @ 70°F/20°C	2,23 a 2,30 V/celda (26,8 a 27,6 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de almacenamiento (V) @ 70°F/20°C	2,18 a 2,22 V/celda (26,2 a 26,6 V para una batería de 24 voltios)							
Vida útil en flotación (V) @ 70°F/20°C	20 años							
Cantidad de ciclos @ 80% de descarga	1500							
Cantidad de ciclos @ 50% de descarga	2800							
Cantidad de ciclos @ 30% de descarga	5200							
Dimensiones (al x an x p en mm.)	145 x 206 x 711	210 x 191 x 711	210 x 233 x 711	210 x 275 x 711	210 x 275 x 861	212 x 397 x 837	212 x 487 x 837	212 x 576 x 837
Dimensiones (al x an x p en pulgadas.)	5,7 x 8,1 x 28	8,3 x 7,5 x 28	8,3 x 9,2 x 28	8,3 x 10,8 x 28	8,3 x 10,8 x 33,9	8,4 x 15,6 x 32,9	8,4 x 19,2 x 32,9	8,4 x 22,7 x 32,9
Peso sin ácido (kg. / libras)	35 / 77	46 / 101	57 / 126	66 / 146	88 / 194	115 / 254	145 / 320	170 / 375
Peso con ácido (kg. / libras)	50 / 110	65 / 143	80 / 177	93 / 205	119 / 262	160 / 253	200 / 441	240 / 530



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Figura 27. Batería solar OPzS Victron Energy

12.7. Red de Conexión

Se adjuntas las fichas de los conductores especiales empleados. La sección de transporte de los conductores se ha determinado según la normativa UNE HD 60364-5-52: 2011, atendiendo a su tipología de montaje y disposición de cableado.

12.7.1. Cableado Eléctrico de CC/CA

El cable de conexión es el principal componente que transporta la energía eléctrica entre los diferentes elementos del sistema fotovoltaico, por lo que conviene prestar gran atención al cálculo de las secciones de este, dado que la mala elección de este se traduciría en mayores pérdidas de energía y, por consiguiente, en pérdidas económicas que podrían evitarse.

Se recomienda cumplir con los siguientes criterios a la hora de seleccionar los conductores para la instalación:

- Criterio de caída de tensión: la finalidad es que la caída de tensión debido al conductor seleccionado no sea superior a la especificada por las condiciones de diseño.
- Criterio de cortocircuito
- Criterio térmico: El conductor ha de ser capaz de disipar el calor generado por la intensidad que circula por el mismo durante el régimen permanente, teniendo en cuenta los factores de corrección por temperatura, profundidad, resistividad del terreno y agrupamiento.

Siendo la sección del conductor el criterio más restrictivo, la elección se realiza en base a esta variable.

Por ello, se recomienda utilizar la sección de cableado recomendada por el fabricante capaces de operar en condiciones seguras con los elementos del sistema fotovoltaico.

Esta elección se realizará para el bloque modular de 30 kW. Bloque formado por 99 paneles.

Se adjuntan las especificaciones del cableado recomendado para la instalación. Debe tenerse en cuenta las diferencias entre los cables para el circuito en corriente continua y la alterna.

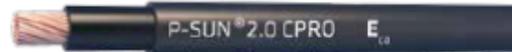
CABLES PARA INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS

BAJA TENSIÓN

P-SUN 2.0 CPR
ZZ-F



Tensión asignada: 1/1 kV (1,8/1,8 kVcc)
Norma de referencia: DKE-VDE AK 411.2.3
Designación genérica: ZZ-F



CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS



NO PROPAGACIÓN DE LA LLAMA
EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2
NFC 32070-C2

LIBRE DE HALÓGENOS
EN 60754-1
IEC 60754-1
BS 6425-1

BAJA OPACIDAD DE HUMOS
EN 61034-2
IEC 61034-2



DESCÁRGATE la DoP (Declaración de Prestaciones) en este código QR.
www.prysmianclub.es/cprlog/DoP



Nº DoP 1006545



NULA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS
EN 60754-2
IEC 60754-2
pH ≥ 4,3; Cs ≤ 10 uS/mm



RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DEL AGUA



RESISTENCIA AL FRÍO



CABLE FLEXIBLE



RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETA



RESISTENCIA A LOS AGENTES QUÍMICOS



RESISTENCIA A LAS GRASAS Y ACEITES



RESISTENCIA A LOS GOLPES



RESISTENCIA A LA ABRASIÓN



ENSAYOS ADICIONALES CABLE FV P-SUN 2.0 CPR

Vida útil 30 años	SI
Verificación Bureau Veritas	SI
Servicios móviles	SI
Temperatura máxima 120 °C en el conductor	20000 h
Resistencia al ozono	EN 50396, test B
Resistencia a los rayos UVA	UL 1581 (Xenotest); ISO 4892-2 (Método A) HD 605/A1-2.4.20
Resistencia a la absorción del agua	EN 60811-1-3
Protección contra el agua	A07 (inmersión)
Resistencia al frío	doblado a baja temperatura EN 60811-1-4
Presión a temperatura elevada	EN 60811-3-1
Dureza	DIN 53505 Shore A ≤ 85
Resistencia a los aceites minerales	EN 60811-2-1, 24 h, 100 °C
Resistencia a los ácidos y bases	EN 60811-2-1, 7 días, 23 °C ácido n-oxálico, hidróxido sódico
Doble aislamiento (clase II)	SI

- Temperatura de servicio: -40 °C, +120 °C (20000 h); -40 °C, +90 °C (30 años). (Cable termoestable).
 - Tensión continua de diseño: 1,5/1,5 kV.
 - Tensión continua máxima: 1,8/1,8 kV.
 - Tensión alterna de diseño: 1/1 kV.
 - Tensión alterna máxima: 1,2/1,2 kV.
 - Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 6,5 kV.
 - Ensayo de tensión continua durante 5 min: 15 kV.
- Radio mínimo de curvatura estático (posición final instalado):
4D (D = diámetro exterior del cable máximo).

- Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:**
- Clase de reacción al fuego (CPR): Eca.
 - Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
 - Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
 - Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
 - Métodos de ensayo: EN 60332-1-2.

- Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:**
- No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
 - Libre de halógenos: EN 60754-1; IEC 60754-1; BS 6425-1.
 - Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.
 - Nula emisión de gases corrosivos: EN 60754-2; IEC 60754-2; pH ≥ 4,3; Cs ≤ 10 uS/mm.

CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR

Metal: cobre electrolítico.

Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: 120 °C (20000 h); 90 °C (30 años)
250 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: Goma tipo E16 según UNE-EN 50363-1.

CUBIERTA

Material: mezcla libre de halógenos tipo EMS según UNE-EN 50363-2-2 ó EM8 según UNE-EN 50363-6.

Colores: negro, rojo o azul.

Doble aislamiento (clase II).



V-2018.11.2

CABLES PARA INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS

BAJA TENSIÓN

**P-Sun 2.0 CPRO
ZZ-F**



Tensión asignada: 1/1 kV (1,8/1,8 kVcc)
Norma de referencia: DKE-VDE AK 411.2.3
Designación genérica: ZZ-F



APLICACIONES

• Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores)... Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos.

DATOS TÉCNICOS

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm ²	DIÁMETRO MÁXIMO DEL CONDUCTOR mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE (VALOR MÁXIMO) mm	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A 20 °C Ω/km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE T AMBIENTE 60 °C y T CONDUCTOR 120 °C (3)	CAIDA DE TENSIÓN W (A·km) (2)
1 x 1,5	1,8	4,5	31	13,3	24	30	30,48
1 x 2,5	2,4	5	43	7,98	34	41	18,31
1 x 4	3	5,6	59	4,95	46	55	11,45
1 x 6	3,9	6,2	79	3,30	59	70	7,75
1 x 10	5,1	7,2	122	1,91	82	98	4,60
1 x 16	6,3	8,6	182	1,21	110	132	2,89
1 x 25	7,8	10,1	274	0,780	146	176	1,83
1 x 35	9,2	11,3	374	0,554	182	218	1,32
1 x 50	11	12,8	508	0,386	220	276	0,98
1 x 70	13,1	15,6	709	0,272	282	347	0,68
1 x 95	15,1	16,4	900	0,206	343	416	0,48
1 x 120	17	18,6	1153	0,161	397	488	0,39
1 x 150	19	20,4	1452	0,129	458	566	0,31
1 x 185	21	22,4	1713	0,106	523	644	0,25
1 x 240	24	24,0	2245	0,0801	617	775	0,20

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,9.
→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).
Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C.
Valor que puede soportar el cable, 20000 h a lo largo de su vida útil (30 años).



V-2018.11.2

Figura 28. Especificaciones de cables recomendados del fabricante PRYSMIAN

13. RENDIMIENTO DEL SISTEMA FV

Una vez descrito los elementos recomendados para la instalación, la previsión de la energía producida por la planta proyectada se ha calculado con el software de simulación PVSyst, en el que se ha optimizado la inclinación a los 10° y 0° de acimut.

La planta de 300 kW de potencia se ejecutará por bloques modulares de 30 kW para simplificar el proceso de diseño de la instalación. La elección de esta potencia modular es debido a diferentes factores:

- **Flexibilizar la inversión:** La posibilidad de contar con opciones de inversión diferentes para llevar a cabo la instalación justifica el diseño de unidades modulares para inversiones moderadas en cada una de ellas, permitiendo la asignación de partes de inversión a un número determinado de generadores fotovoltaicos.
- **Ejecución parcial de bloques:** Si se decidiera contar con un generador diésel con mayor tiempo de operación, se podría ejecutar parcialmente bloques modulares en función de la potencia ofrecida por dicho generador.
- **Aplicabilidad en otras localidades:** Muchas poblaciones aisladas presentan unas necesidades de generación equivalente a esa potencia, por lo que su diseño puede replicarse en ellas cuando se dispongan de niveles de radiación similares o superiores, lo cual se traduciría en una reducción de costes.
- **Capacidad modular:** la adición de unidades equivalentes aumentará la producción global de la instalación. Estas unidades pueden colocarse de tal forma que se optimice el aprovechamiento de la parcela, permitiendo opciones de visualmente atractivas en el terreno.
- **Impacto medioambiental:** contar con varias opciones de colocación por campo generador permite opciones de reducción del impacto visual por colocación de los paneles mucho más adaptado al entorno.

Por todo lo anteriormente descrito se decide diseñar bloques de 30 kW por generador fotovoltaico, en el que se requerirán 10 unidades equivalentes para alcanzar la potencia de 300 kW recomendada para satisfacer las necesidades eléctricas del poblado.

13.1. Ajustes del Sistema

Se ha configurado el sistema en base a los datos meteorológicos registrados en Mbomo y las necesidades energéticas específicas de los pobladores. Con ello, se han contado con los componentes principales descritos en los apartados anteriores y que permiten un aprovechamiento óptimo del sistema.

Al tratarse de una instalación con estructura fija, la inclinación de los módulos se calcula con la finalidad de maximizar la captación anual de irradiación y obtener la máxima producción anual de energía. Esta producción anual se puede llevar a cabo mediante una aproximación (Mascarón, 2015) por la cual, para obtener el máximo de producción anual en una instalación con estructura fija, los paneles han de tener una inclinación de:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69[\varphi] = 3,7 + 0,69 * [1,6644] = 4,85^\circ$$

El ángulo de inclinación óptimo para la latitud de Mbomo es de $4,85^\circ$. No obstante, resulta recomendable operar con una inclinación mínima de 10 grados, con la finalidad de evitar la acumulación de partículas en los paneles y el estancamiento del agua.

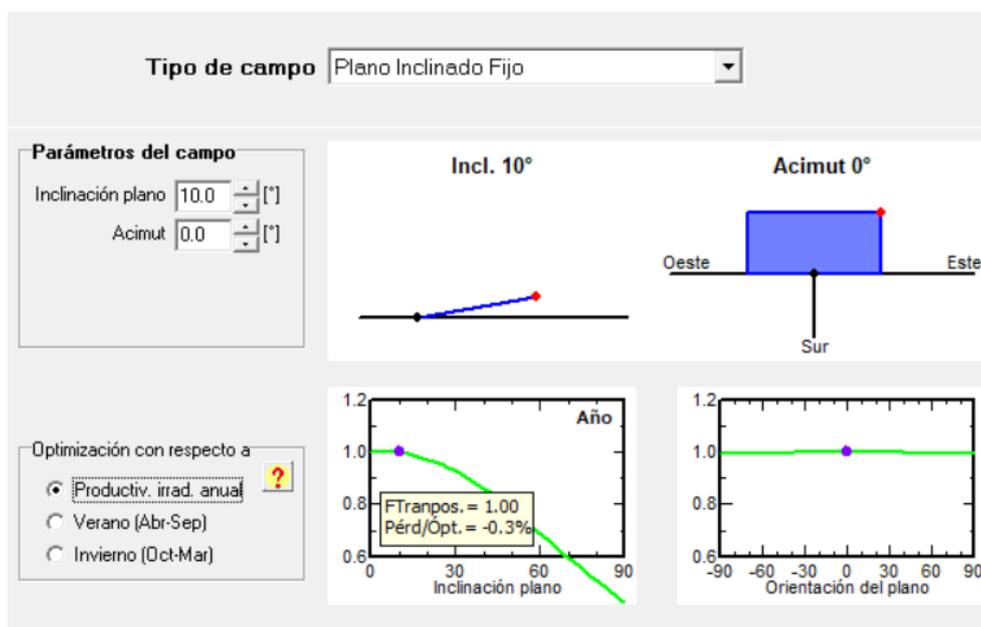


Figura 29. Inclinación de los paneles recomendado para Mbomo

De este modo se ha realizado la simulación con el programa PVSyst en torno a este valor de inclinación calculado y se obtienen los valores de producción anual para el generador fotovoltaico de 30kW.

Figura 30. Interfaz para la configuración del Sistema en Mbomo con PVSyst

13.2. Distancia mínima entre filas de paneles

La distancia mínima entre paneles para evitar el sombreado de una fila sobre la siguiente se obtiene a partir del cálculo siguiente:

$$d = h / \tan(61 - \text{latitud})$$

$$k = 1 / \tan(61 - \text{latitud}) = \frac{1}{\tan(61 - 1)} = 0,58, \text{ coeficiente adimensional}$$

La altura h , se obtiene por trigonometría en función de la inclinación

$$d = k * h = 0,58 * 1,82 = 1,05 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta la D_T , que es la distancia entre el principio de una fila y el principio de la siguiente, se tiene que:

$$D_T = d_1 \text{ (Proyección horizontal del panel en su inclinación final)} + d = 1,46 + 1,05 = 2,5 \text{ m}$$

13.3. Simulación PVSyst

PVSYST V6.70		19/05/19	Página 1/6
Sistema Aislado: Parámetros de la simulación			
Proyecto :	Planta FV_MBOMO_30 kW		
Lugar geográfico	MBOMO	País	Equatorial Guinea
Ubicación	Latitud 1.65° N	Longitud	9.72° E
Hora definido como	Hora Legal	Altitud	36 m
	Albedo 0.20		
Datos climatológicos:	Bata	Meteonorm 7.1, Sat=100% - Síntesis	
Variante de simulación : Mbomo NU5_1			
	Fecha de simulación	19/05/19 13h15	
Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Stand-alone system	
Orientación Plano Receptor	Inclinación	10°	Acimut 0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
Características generador FV			
Módulo FV	Si-mono	Modelo	SPR-E19-320
Original PVsyst database		Fabricante	SunPower
Número de módulos FV		En serie	9 módulos
N° total de módulos FV		N° módulos	99
Potencia global generador		Nominal (STC)	31.7 kWp
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	439 V
Superficie total		Superficie módulos	161 m²
		En paralelo	11 cadenas
		Phom unitaria	320 Wp
		En cond. funciona.	28.75 kWp (50°C)
		I mpp	66 A
		Superf. célula	146 m²
Factores de pérdida Generador FV			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	111 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de Tensión	0.7 V	Fracción de Pérdidas 0.1 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -1.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, perfil definido por el usuario (IAM): User defined IAM profile			
	0°	50°	60°
	1.000	1.000	0.990
		65°	70°
		0.970	0.940
			75°
			0.890
			82°
			0.770
			88°
			0.620
			90°
			0.000
Parámetro del Sistema	Tipo de sistema	Sistema Aislado	
Batería	Modelo	OPzS Solar Batteries 910	
	Fabricante	Victron Energy	
Características del banco de baterías	Tensión	48 V	Capacidad Nominal 6080 Ah
	N° de unidades	24 en serie x 2 en paralelo	
	Temperatura	Media entre fijo (25°C) y Exterior	
Regulador	Modelo	SMA SUNNY ISLAND	
	Fabricante	SMA	
	Tecnología	MPPT converter	Coef. temp. -5.0 mV/°C/elem.
Convertidor	Eficiencias Máx. y EURO	97.0 / 95.0 %	
Umbrales de Regulación Baterías Threshold commands as	SOC calculation		
	Carga	SOC = 0.92 / 0.75	i.e. approx. 54.4 / 50.1 V
	Descarga	SOC = 0.20 / 0.45	i.e. approx. 47.0 / 48.9 V

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

PVSYST V6.70	19/05/19	Página 3/6
--------------	----------	------------

Sistema Aislado: Necesidades detalladas del usuario

Proyecto : Planta FV_MBOMO_30 kW

Variante de simulación : Mbomo NU5_1

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado	
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	SPR-E19-320	Pnom 320 Wp
Generador FV	N° de módulos	99	Pnom total 31.7 kWp
Batería	Modelo	OPzS Solar Batteries 910	Pb-ácido, abierta, tubular
Banco de baterías	N° de unidades	48	Tensión/Capacidad 48 V / 6080 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Especificaciones mensualesGlobal	88.3 MWh/año

Cons. domésticos diarios, Especificaciones mensuales, media = 242 kWh/día

Enero y Febrero

	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Lamps (LED or fluo)	6	10 W/lámpara	4 h/día	240 Wh/día	6	10 W/lámpara	240 h/día	240 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	75 W/art.	3 h/día	225 Wh/día	1	75 W/art.	225 h/día	225 Wh/día
Domestic appliances	1	200 W/art.	3 h/día	600 Wh/día	1	200 W/art.	600 h/día	600 Wh/día
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/día	799 Wh/día	1		799 Wh/día	799 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	240000 Wh/día			240000 h/día	240000 Wh/día
Energía total diaria				241864 Wh/día				241864 Wh/día

Marzo y Abril

	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Lamps (LED or fluo)	6	10 W/lámpara	4 h/día	240 Wh/día	6	10 W/lámpara	240 h/día	240 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	75 W/art.	3 h/día	225 Wh/día	1	75 W/art.	225 h/día	225 Wh/día
Domestic appliances	1	200 W/art.	3 h/día	600 Wh/día	1	200 W/art.	600 h/día	600 Wh/día
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/día	799 Wh/día	1		799 Wh/día	799 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	240000 Wh/día			240000 h/día	240000 Wh/día
Energía total diaria				241864 Wh/día				241864 Wh/día

Mayo y Junio

	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Lamps (LED or fluo)	6	10 W/lámpara	4 h/día	240 Wh/día	6	10 W/lámpara	240 h/día	240 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	75 W/art.	3 h/día	225 Wh/día	1	75 W/art.	225 h/día	225 Wh/día
Domestic appliances	1	200 W/art.	3 h/día	600 Wh/día	1	200 W/art.	600 h/día	600 Wh/día
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/día	799 Wh/día	1		799 Wh/día	799 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	240000 Wh/día			240000 h/día	240000 Wh/día
Energía total diaria				241864 Wh/día				241864 Wh/día

Julio y Agosto

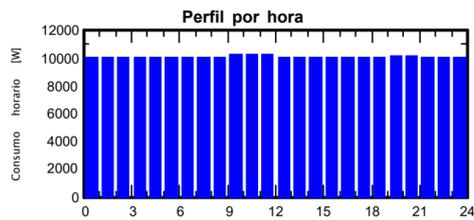
	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Lamps (LED or fluo)	6	10 W/lámpara	4 h/día	240 Wh/día	6	10 W/lámpara	240 h/día	240 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	75 W/art.	3 h/día	225 Wh/día	1	75 W/art.	225 h/día	225 Wh/día
Domestic appliances	1	200 W/art.	3 h/día	600 Wh/día	1	200 W/art.	600 h/día	600 Wh/día
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/día	799 Wh/día	1		799 Wh/día	799 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	240000 Wh/día			240000 h/día	240000 Wh/día
Energía total diaria				241864 Wh/día				241864 Wh/día

Septiembre y Octubre

	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Lamps (LED or fluo)	6	10 W/lámpara	4 h/día	240 Wh/día	6	10 W/lámpara	240 h/día	240 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	75 W/art.	3 h/día	225 Wh/día	1	75 W/art.	225 h/día	225 Wh/día
Domestic appliances	1	200 W/art.	3 h/día	600 Wh/día	1	200 W/art.	600 h/día	600 Wh/día
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/día	799 Wh/día	1		799 Wh/día	799 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	240000 Wh/día			240000 h/día	240000 Wh/día
Energía total diaria				241864 Wh/día				241864 Wh/día

Noviembre y Diciembre

	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Lamps (LED or fluo)	6	10 W/lámpara	4 h/día	240 Wh/día	6	10 W/lámpara	240 h/día	240 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	75 W/art.	3 h/día	225 Wh/día	1	75 W/art.	225 h/día	225 Wh/día
Domestic appliances	1	200 W/art.	3 h/día	600 Wh/día	1	200 W/art.	600 h/día	600 Wh/día
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/día	799 Wh/día	1		799 Wh/día	799 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	240000 Wh/día			240000 h/día	240000 Wh/día
Energía total diaria				241864 Wh/día				241864 Wh/día



Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

PVSYST V6.70	19/05/19	Página 4/6
--------------	----------	------------

Sistema Aislado: Resultados principales

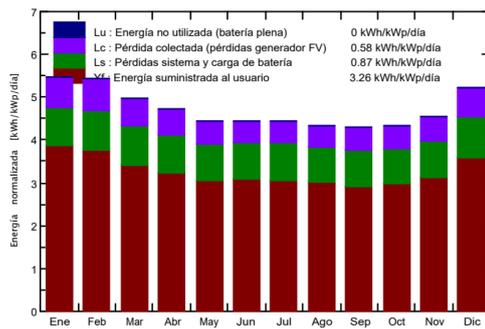
Proyecto : Planta FV_MBOMO_30 kW
Variante de simulación : Mbomo NU5_1

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	SPR-E19-320	Pnom	320 Wp
Generador FV	N° de módulos	99	Pnom total	31.7 kWp
Batería	Modelo	OPzS Solar Batteries 910		Pb-ácido, abierta, tubular
Banco de baterías	N° de unidades	48	Tensión/Capacidad	48 V / 6080 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Especificaciones mensuales	Global	88.3 MWh/año

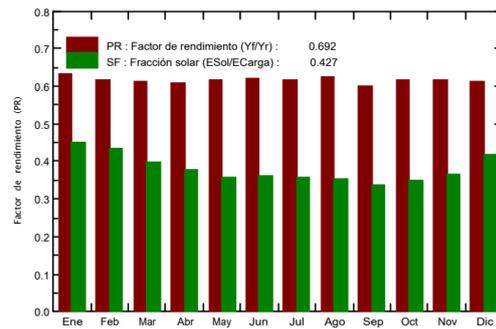
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	Energía disponible	45.69 MWh/año	Produc. específico	1442 kWh/kWp/año
	Energía utilizada	37.73 MWh/año	Exced. (inutilizado)	0.00 MWh/año
	Factor de rendimiento (PR)	69.24 %	Fracción solar SF	42.74 %
Pérdida de carga	Fracción de tiempo	55.7 %	Energía faltante	50.55 MWh/año
Inversión	Total incl. impuestos	78126 €	Específico	2.47 €/Wp
Costo anual	Anualidades (Préstamo 5.0%, 20 años)	6269 €/a.	Costo de explotación	0 €/a.
Costo de energía		0.17 €/kWh		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 31.7 kWp



Factor de rendimiento (PR) y Fracción solar SF



Mbomo NU5_1
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail MWh	EUnused MWh	E Miss MWh	E User MWh	E Load MWh	SolFrac
Enero	160.5	166.5	4.468	0.000	3.689	3.809	7.498	0.508
Febrero	147.1	149.3	3.990	0.000	3.448	3.325	6.772	0.491
Marzo	154.6	151.9	4.064	0.000	4.132	3.366	7.498	0.449
Abril	145.4	139.1	3.737	0.000	4.184	3.072	7.256	0.423
Mayo	145.8	135.3	3.667	0.000	4.479	3.019	7.498	0.403
Junio	143.3	131.2	3.593	0.001	4.303	2.953	7.256	0.407
Julio	146.5	135.2	3.717	0.000	4.482	3.016	7.498	0.402
Agosto	139.1	131.5	3.618	0.000	4.521	2.977	7.498	0.397
Septiembre	130.3	127.3	3.397	0.000	4.497	2.759	7.256	0.380
Octubre	132.3	132.2	3.548	0.000	4.556	2.942	7.498	0.392
Noviembre	130.2	133.7	3.602	0.000	4.280	2.976	7.256	0.410
Diciembre	152.5	159.5	4.290	0.000	3.976	3.522	7.498	0.470
Año	1727.7	1692.7	45.692	0.001	50.546	37.735	88.280	0.427

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal E Miss Energía faltante
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados E User Energía suministrada al usuario
 E Avail Energía Solar Disponible E Load Necesidad de energía del usuario (Carga)
 EUnused Pérdida de energía no utilizada (batería plena) SolFrac Fracción solar (EUtilizada/ECarga)

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

PVSYST V6.70	19/05/19	Página 5/6
--------------	----------	------------

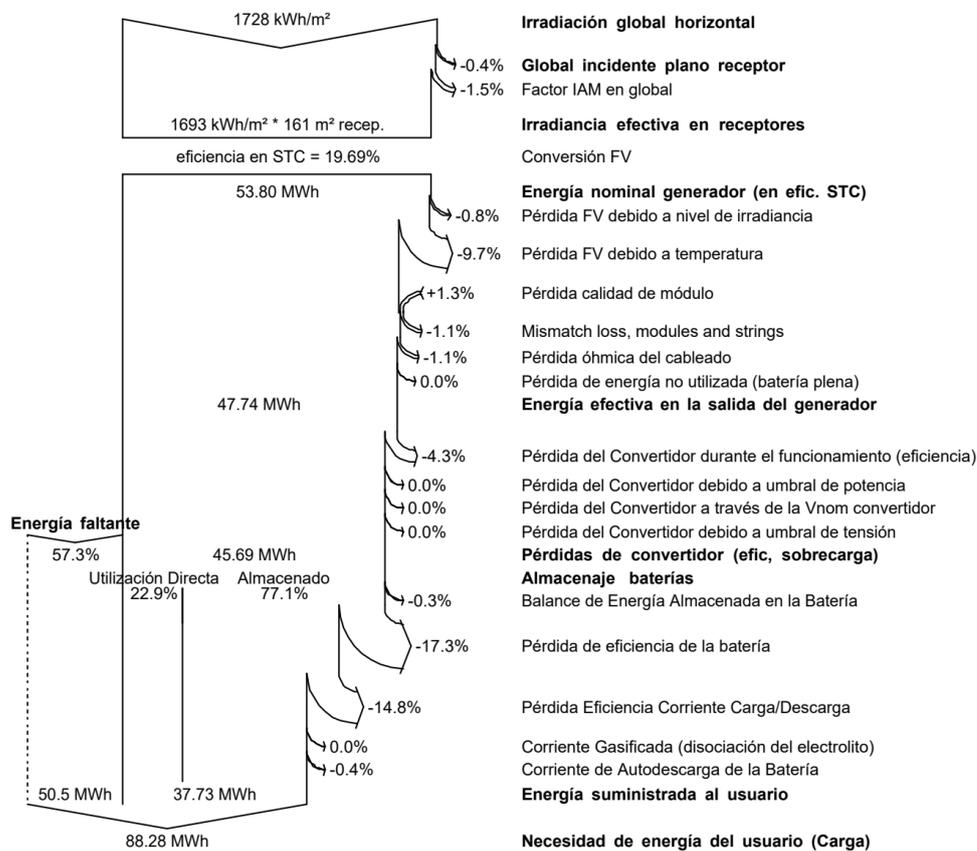
Sistema Aislado: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Planta FV_MBOMO_30 kW

Variante de simulación : Mbomo NU5_1

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	SPR-E19-320	Pnom	320 Wp
Generador FV	N° de módulos	99	Pnom total	31.7 kWp
Batería	Modelo	OPzS Solar Batteries 910		Pb-ácido, abierta, tubular
Banco de baterías	N° de unidades	48	Tensión/Capacidad	48 V / 6080 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Especificaciones mensuales	Global	88.3 MWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

PVSYST V6.70		19/05/19	Página 6/6
Sistema Aislado: Evaluación económica			
Proyecto : Planta FV_MBOMO_30 kW			
Variante de simulación : Mbomo NU5_1			
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado	
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	SPR-E19-320	Pnom 320 Wp
Generador FV	N° de módulos	99	Pnom total 31.7 kWp
Batería	Modelo	OPzS Solar Batteries 910	Pb-ácido, abierta, tubular
Banco de baterías	N° de unidades	48	Tensión/Capacidad 48 V / 6080 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Especificaciones mensuales	Global 88.3 MWh/año
Inversión			
Módulos FV (Pnom = 320 Wp)	99 unidades	160 € / unidad	15840 €
Soportes/Integración		51 € / módulo	5000 €
Baterías (2 V / 3040 Ah)	48 unidades	583 € / unidad	28000 €
regulador			1095 €
Ajustes, cableado, ...			3000 €
Transporte y y montaje			5000 €
Ingeniería			10000 €
Sustitución subestimada			0 €
Inversión bruta (sin impuestos)			67935 €
Financiamiento			
Inversión bruta (sin impuestos)			67935 €
Impuestos sobre la inversión (IVA)	Tasa 15.0 %		10190 €
Inversión bruta (con IVA)			78126 €
Subsidios			0 €
Inversión neta (todos impuestos incluidos)			78126 €
Anualidades	(Préstamo 5.0 % sobre 20 años)		6269 €/año
manten.			0 €/año
seguro, impuestos anuales			0 €/año
Provisión para replazo batería	(tiempo de vida 6.0 años)		0 €/año
Costo total anual			6269 €/año
Costo de energía			
Energía solar utilizada			37.7 MWh / año
Energía excedente (batería plena)			0.0 MWh / año
Costo de energía utilizada			0.17 € / kWh

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

Figura 31. Resultado simulación Generador FV de 30kW en Mbomo

14. AUTONOMÍA Y NÚMERO DE BATERÍAS

El cálculo del número de baterías necesarias se lleva a cabo teniendo en cuenta la intensidad por cada hora que se necesitara para garantizar el consumo estimado.

Esta intensidad depende del consumo, la tensión nominal de las baterías, la autonomía de estas y el ciclo de descarga.

Teniendo en cuenta todos estos valores (véase la table 1), la planta FV necesitara 48 baterías por cada 30 KW producidos. De modo que, cuando se complete toda la instalación en los 10 módulos previstos, se alcanzaran las 480 baterías.

El modelo elegido ofrece 1500 ciclos con una profundidad de descarga (DOD) del 80% de descarga y por lo tanto un SOC del 20%.

La autonomía es de 120 horas (5 días) a 20 °C. Al ser la temperatura media de Mbomo superior, esta autonomía podría afectarse sustancialmente. Por ello, se determina un rango prudencial de 3 días de autonomía en la que entraría en funcionamiento el generador diésel una vez alcanzado este periodo.

Hay que recordar que este valor expresa los días sin sol, y por tanto con la producción cero, en los que la energía acumulada por las baterías seguiría suministrando a Mbomo el consumo requerido. Dados los valores del análisis solar y los datos meteorológicos de la zona, no se prevé más de dos días sin irradiación, y por tanto con producción nula. De modo que la autonomía que ofrecen estas 480 baterías garantiza un constante suministro de la energía eléctrica en el poblado de Mbomo.

PVSYST V6.70	19/05/19	Página 4/6
--------------	----------	------------

Sistema Aislado: Resultados principales

Proyecto : Planta FV_MBOMO_30 kW

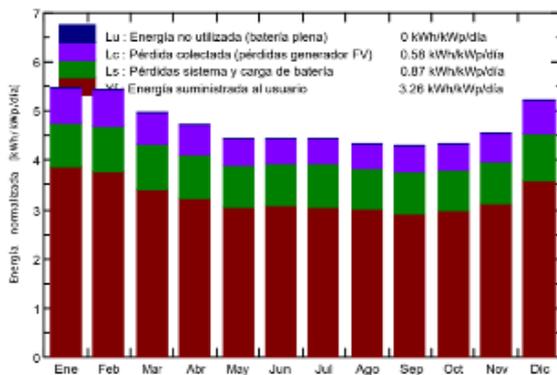
Variante de simulación : Mbomo NU5_1

Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Aislado	
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	SPR-E19-320	Pnom	320 Wp
Generador FV	N° de módulos	99	Pnom total	31.7 kWp
Batería	Modelo	OPzS Solar Batteries 910		Pb-ácido, abierta, tubular
Banco de baterías	N° de unidades	48	Tensión/Capacidad	48 V / 6080 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Especificaciones mensuales	Global	88.3 MWh/año

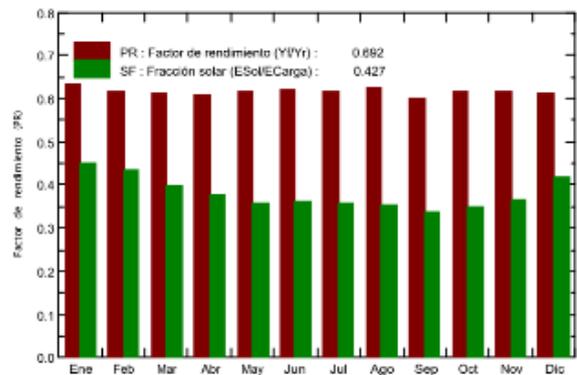
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	Energía disponible	45.69 MWh/año	Produc. específico	1442 kWh/kWp/año
	Energía utilizada	37.73 MWh/año	Exced. (inutilizado)	0.00 MWh/año
	Factor de rendimiento (PR)	69.24 %	Fracción solar SF	42.74 %
Pérdida de carga	Fracción de tiempo	55.7 %	Energía faltante	50.55 MWh/año
Inversión	Total incl. impuestos	78126 €	Específico	2.47 €/Wp
Costo anual	Anualidades (Préstamo 5.0%, 20 años)	6269 €/a.	Costo de explotación	0 €/a.
Costo de energía		0.17 €/kWh		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 31.7 kWp



Factor de rendimiento (PR) y Fracción solar SF



Mbomo NU5_1 Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E Avail MWh	E Usused MWh	E Miss MWh	E User MWh	E Load MWh	SolFrac
Enero	160.5	166.5	4.488	0.000	3.688	3.800	7.498	0.508
Febrero	147.1	149.3	3.990	0.000	3.448	3.325	6.772	0.491
Marzo	154.8	151.9	4.084	0.000	4.132	3.398	7.498	0.449
Abril	145.4	139.1	3.737	0.000	4.184	3.072	7.256	0.423
Mayo	145.8	135.3	3.657	0.000	4.479	3.019	7.498	0.403
Junio	143.3	131.2	3.593	0.001	4.303	2.953	7.256	0.407
Julio	146.5	135.2	3.717	0.000	4.482	3.016	7.498	0.402
Agosto	130.1	131.5	3.618	0.000	4.521	2.977	7.498	0.397
Septiembre	130.3	127.3	3.397	0.000	4.497	2.759	7.256	0.380
Octubre	132.3	132.2	3.548	0.000	4.558	2.942	7.498	0.392
Noviembre	130.2	133.7	3.602	0.000	4.280	2.976	7.256	0.410
Diciembre	152.5	159.5	4.290	0.000	3.976	3.522	7.498	0.470
Año	1727.7	1692.7	45.692	0.001	50.546	37.735	88.280	0.427

Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	E Miss	Energía faltante
	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	E User	Energía suministrada al usuario
	E Avail	Energía Solar Disponible	E Load	Necesidad de energía del usuario (Carga)
	E Usused	Pérdida de energía no utilizada (batería plena)	SolFrac	Fracción solar (EUsused/ECarga)

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

15. SUPERFICIE PREVISTA DE LA INSTALACIÓN

En la ficha técnica del panel seleccionado, incluida en el informe, se tienen las dimensiones de este y se estima de forma básica el área prevista de la instalación.

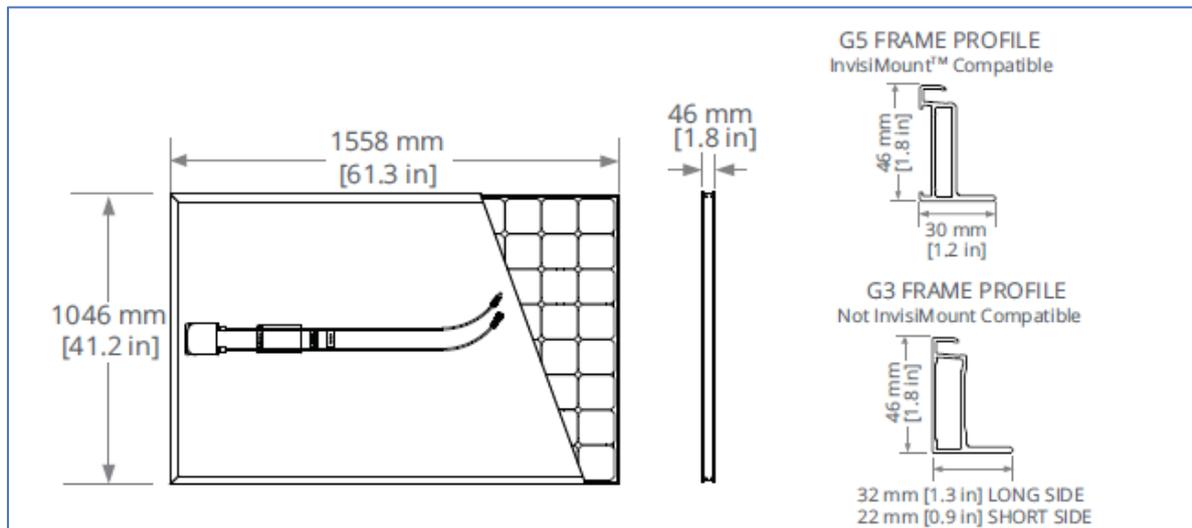


Figura 32. Dimensiones del panel considerado

De donde se obtiene lo siguiente:

Área del panel, $A_p = 1046 \text{ mm} * 1558 \text{ mm} = 1,63 \text{ m}^2$

Área Generador fotovoltaico de 30 kW, $A_{Gf} = 1,63 \text{ m}^2 * N = 1,63 * 99 = 161,37 \text{ m}^2$

Área Total diez Generadores Fotovoltaicos $A_{FV} = A_{GV} * N_{GV} = 161,37 * 10 = 1613,7 \text{ m}^2$

Si se incluye el espaciado de 2,5 m entre los paneles de cada generador fotovoltaico, se tiene:

Área estimada entre paneles o de separación entre paneles,

$$A_e = 2,5 * 10 = 250 \text{ m}^2$$

Adicionalmente se ha de considerar el espacio para las casetas de control, cuadros de protecciones y el sistema de almacenamiento.

$$A_{Adicional} = 500 \text{ m}^2$$

Con el cálculo anterior, se prevé una superficie estimada de 2113,7 metros cuadrados.

$$\text{Superficie estimada de la instalación} = A_{FV} + A_e + A_A = 2113,7 \text{ m}^2$$

16. RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución transmitirá la energía eléctrica generada a los puntos de consumo y su diseño debe cumplir los requerimientos electromecánicos aplicados por el operador Nacional SEGESA. Esto añadiría la posibilidad de una interconexión futura con la red nacional. El diseño planteado trata de reducir el coste de la instalación y la facilidad de reconstrucción en caso de eventos destructivos. Por ello, se plantea una red en baja tensión y de modalidad aérea, formado por conductores soportados en postes de madera que permiten un coste reducido del sistema.

Con una distancia longitudinal del pueblo de 2000 m y las casas ubicadas de forma casi paralela al borde de la vía, se extenderá una línea trifásica desde el punto de generación con una longitud de 500 m y una separación monofásica desde el primer nodo que cubra las dos mitades del pueblo, de 1000 m cada tramo. Esta configuración requiere que la instalación se ubique lo más centrado posible al núcleo del pueblo.

Para el alumbrado público se prevé la colocación de postes cada 40 m, dando un total de 50 postes a lo largo de la carretera y otros 6 postes adicionales para el vecindario más alejado. La configuración será la indicada en la figura siguiente, donde se busca optimizar la resistencia eléctrica, ligada a las pérdidas de tensión previstas, la resistencia mecánica, ligada a la seguridad y el coste de la instalación, ligada a la inversión necesaria del proyecto en general.

Al ser nueva la red propuesta, ya que el pueblo no cuenta con una red existente, no se consideran pérdidas adicionales debidas a la falta de mantenimiento o de conexiones ilegales. Se deberá tener en cuenta, por tanto, las pérdidas debidas a la resistencia eléctrica, entre las cuales la pérdida por efecto joule es la más importante. Las pérdidas, por motivos económicos, no deben superar un determinado porcentaje de la potencia a ser transmitida. En ese caso, dado que la instalación está diseñada con la previsión de un incremento de carga futura, se considera incluida el posible incremento de carga debido a la red prevista.

Como punto de partida, se deberá revisar de forma correcta la estimación de cargas esperadas en el pueblo, ya que en base a ellas se determinarían:

- La selección de los elementos conductores por calentamiento y coste económico
- La posible variación del voltaje en la instalación
- La caída de tensión
- La selección de los dispositivos de compensación de potencia reactiva
- La selección de los sistemas de protección necesarios

Realizando de forma correcta esa estimación, se ahorra en costes y se evitan pérdidas de energía y se alarga la vida útil del sistema.



INSTALACION FV : MBOMO	RED DE DISTRIBUCION
ESCALA: 1:2000	
Realizado por : 	PLANO Nº:5

17. ESTUDIO ECONÓMICO

Con el objetivo de proporcionar datos fiables que permitan al inversor disponer de una estimación sobre la rentabilidad de la instalación, se realiza el cálculo de los índices de rentabilidad normalizados:

- El Valor Actualizado Neto (VAN)
- La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)
- El Periodo de Retorno (PR)

El análisis se realiza sobre la base de diseño del generador fotovoltaico de 30 kW como se ha descrito anteriormente y, teniendo en cuenta un periodo de 25 años de vida útil de la instalación. Se aplican los siguientes condicionantes:

- Apoyo del Gobierno a la consecución del proyecto: El gobierno tiene como objetivo fomentar el desarrollo de las energías renovables en el país, por lo que se espera que el proyecto se lleve a cabo en un ambiente de apoyo institucional.
- Situación económica estable a corto plazo. Generalmente no se espera grandes variaciones en el poder adquisitivo de los pobladores y se cuenta con una garantía en el pago de la tarifa eléctrica a un precio asumible que pudiera estar subvencionado por el gobierno.
- Subvenciones al proyecto: Como parte de la política medioambiental de Guinea Ecuatorial de apoyar la generación mediante fuentes de energías renovables y fomentar el desarrollo del sector en el país. Por ello, se aplica un porcentaje de ayudas probables aplicadas por el gobierno a la inversión inicial del proyecto, incluyendo igualmente la bajada de tipo impositivo.

17.1. Coste del Generador FV DE 30kW

La estimación de costes por los componentes de los elementos utilizados en la instalación que incluye su compra e instalación, la obra civil y los costes por ingeniería, ascienden a una cantidad de 781 25 € (54.687.500 XAF).

Se considera que la totalidad de la financiación para afrontar estos costes se realizarán mediante la aportación de fondos propios. No obstante, en caso de abordar la capacidad total de la instalación, se requerirá la contratación de apoyos en formas de donaciones al proyecto y la contratación de un préstamo bancario.

Proyecto y Variante de simulación

Proyecto: Planta FV_MBOMO_30 kW
 Simulación Mbomo F1
 Generador FV, Pnom :31.7 kWp Sistema: Sistema Aislado
 Módulo FV : SPR-E19-320

Valores

Global Por Wp
 Por pieza Por m²

Inversión

Módulos FV	99 unidades de 320 Wp	15840	€	<input type="checkbox"/>	
Soportes/Integración		5000	€		
Baterías	48 de 2 V/ 3040 Ah	28000	€	<input type="checkbox"/>	
Regulador		1095	€		
Ajustes, cableado, ...		3000	€		
Otros, varios...	<input type="button" value="Detalles"/>	15000	€		
Sustitución subestimada		0	€		
Inversión bruta, (con impuestos)		67935	€		

Financiamiento

Impuestos % 10190 €
 Subsidios - €
Inversión neta **78125 €**
 Anualidades 6269 € / a.
 Costo de explotación 0 € / a.
Costo total anual **6269 € / a.**

Préstamo

Duración Años
 Tasa %
 Factor anual 8.02 %cap/año

Moneda

Costo de energía

Energía solar utilizada **4459** kWh / año
 Energía excedente **41052** kWh / año
 Costo anual **6269** € / año
 Costo de energía utiliza **1.41** € / kWh

Figura 33. Estimación de costes asignados en el cálculo económico

17.2. Ingresos por venta de energía eléctrica

Como ya se ha comentado en este trabajo, se parte de la tarificación eléctrica aplicada por la compañía nacional SEGESA, que varía en función del rango de consumo de los usuarios. Se considera que el consumo medio de las viviendas en el poblado sería inferior a los 400 kWh por mes, por lo que se establece la tarificación eléctrica en el rango de los 60 XAF y los 80 XAF el kWh.

Se presenta la hoja de cálculo en el anexo I con los resultados que se obtienen para la simulación realizada.

Para el cálculo de lo ingresos previstos para la vida útil de 25 años no se ha tenido en cuenta la pérdida anual de la capacidad de producción de la central por el cual los módulos disminuyen su eficiencia al 80 % en 25 años. Igualmente, no se ha considerado un porcentaje nominal anual medio de crecimiento de los precios de generación de energía eléctrica. Todo ello a que no se prevén variaciones en la política energética en el país durante ese periodo.

Se considera que cada generador fotovoltaico opera con un factor de potencia del 100%.

17.3. Análisis financiero

En el anexo I se muestran los resultados obtenidos a partir de los datos de la energía producida por generador fotovoltaico.

Se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 12. Parámetros para el cálculo económico

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	VALOR
II	Inversión Inicial para cada generador fotovoltaico	51.250.000
D	Deuda inicial contraída	0
FP	Fondos propios inversión inicial	51.250.000
N	Número de años de vida de la instalación	25
t	Tasa de rentabilidad mínima esperada por los inversores	2,45*
IT	Ingresos totales por venta de energía al año	Según tarifa aplicada
FC	Flujo de caja por año	Según tarifa aplicada
O&M	Pagos por operación y mantenimiento	500.000 XAF*
Te	Tarifa eléctrica	(según rango de consumo)

17.4. Comparativa de escenarios

Los resultados para los casos de una tarificación de 60, 80, 100 y 150 XAF/kWh se muestran de forma comparativa en la tabla siguiente:

Tabla 13. Resultados de escenarios por variación de tarifa eléctrica

ESCENARIOS	VAN	TIR	PR
1. ESCENARIO 1 (60XAF/kWh)	-13.918.741 XAF	0%	22,7
2. ESCENARIO 2 (80XAF/kWh)	-1.474.989 XAF	3%	17
3. ESCENARIO 3 (100XAF/kWh)	10.968.764 XAF	5%	13,5
4. ESCENARIO 4 (150XAF/kWh)	42.078.146 XAF	10%	9

Se puede observar que el escenario más favorable para los inversores es el escenario 4 o aquellos cuya tarifa eléctrica esté por encima de los 150 XAF/kWh. Sin embargo, este precio es elevado respecto del precio aplicado por SEGESA para el consumo esperado en Mbomo y muy por encima de lo asumible por las familias o usuarios finales. Por ello, para que la inversión sea atractiva para el inversor privado y que la tarifa sea equiparable al rango de consumo fijado por SEGESA, se recomienda una subvención proporcionado por el gobierno para que el precio del kWh se sitúe en los 60 y 80 francos, respecto de cada rango de consumo esperado. Esto es, que en la tarifa aplicada al usuario final, parte de esta sea abonada por el Gobierno.

Los índices mostrados nos indican si la inversión es segura para el inversor privado y beneficiosa económicamente para los usuarios finales. Se comprueba la necesidad de la aplicación de ayudas por parte del gobierno para opciones más atractivas. En la discusión del límite final, se tendría que fijar el número de años en los que se desearía recuperar la inversión y desde esa base aplicar una tarifa en función de las ayudas esperadas.

Si se fija ese periodo en cuatro años, la tarifa real alcanzaría los 350 XAF/kWh. Eso implica que la parte subvencionada por el gobierno cubriría un 83% de la factura eléctrica que le llegaría al usuario final.

PVSYST V6.70		30/04/19	Página 5/5
Sistema Aislado: Evaluación económica			
Proyecto : Planta FV_MBOMO_30 kW			
Variante de simulación : Mbomo F1			
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado	
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	SPR-E19-320	Pnom 320 Wp
Generador FV	N° de módulos	99	Pnom total 31.7 kWp
Batería	Modelo	OPzS Solar Batteries 910	Pb-ácido, abierta, tubular
Banco de baterías	N° de unidades	48	Tensión/Capacidad 48 V / 6080 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Especificaciones mensuales	Global 8275 kWh/año
Inversión			
Módulos FV (Pnom = 320 Wp)	99 unidades	160 € / unidad	15840 €
Soportes/Integración		51 € / módulo	5000 €
Baterías (2 V / 3040 Ah)	48 unidades	583 € / unidad	28000 €
regulador			1095 €
Ajustes, cableado, ...			3000 €
Transporte y y montaje			5000 €
Ingeniería			10000 €
Sustitución subestimada			0 €
Inversión bruta (sin impuestos)			67935 €
Financiamiento			
Inversión bruta (sin impuestos)			67935 €
Impuestos sobre la inversión (IVA)	Tasa 15.0 %		10190 €
Inversión bruta (con IVA)			78125 €
Subsidios			0 €
Inversión neta (todos impuestos incluidos)			78125 €
Anualidades	(Préstamo 5.0 % sobre 20 años)		6269 €/año
manten.			0 €/año
seguro, impuestos anuales			0 €/año
Provisión para remplazo batería	(tiempo de vida 6.6 años)		0 €/año
Costo total anual			6269 €/año
Costo de energía			
Energía solar utilizada			4459 kWh / año
Energía excedente (batería plena)			41052 kWh / año
Costo de energía utilizada			1.41 € / kWh

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

17.5. Interés de una inversión privada

Se completa en este punto el estudio económico, en ese caso, el interés de una inversión privada para el coste total del proyecto.

En estudio económico anterior recoge el interés de la inversión privada para un generador modular de 30 kW, lo que ofrece la posibilidad de diversificar las fuentes de inversión para cubrir la totalidad del coste del proyecto.

Suponiendo que un sólo inversor asume el coste total del proyecto, como demuestra el análisis siguiente, se demuestra que la contribución del gobierno ha de ser mayor para que la inversión sea rentable.

Teniendo, por tanto, que los costes reales a asumir son los siguientes:

Tabla 14. Coste estimado de ejecución del proyecto

COSTE TOTAL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	
Ejecución del material	528.147.715,26
Gastos generales (15%)	79.222.157,3
Beneficio industrial (6%)	31.688.862,912

Con esta información se debe realizar el estudio de viabilidad financiera, porque se incluye el coste total de realización del proyecto, si este se subcontratara con Consinerma S.L.

Antes de meternos de lleno en el análisis de viabilidad, cabe decir que habría que tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

1. El coste estimado del proyecto viene dado por la estimación del coste de los componentes necesarios en base a la información proporcionada con proveedores en el periodo actual y los porcentajes de Gastos generales y de Beneficio industrial considerados por Consinerma S.L. Esta cuantía puede variar sensiblemente si, por un lado, se establece un criterio del menor costo para un rango amplio de proveedores y; por otro, se considera otros porcentajes para los gastos generales y de beneficio industrial. También podría variar el coste del proyecto el momento en el que se concrete su ejecución, dado que la tendencia actual es que los costes por estos componentes van decreciendo conforme mejora la tecnología y la proliferación de instalaciones solares como opción de inversión rentable en el mundo.
2. El coste de sustitución de las baterías que formarían parte del mantenimiento periódico de las instalaciones de generación de energía.
3. El coste de construcción de una estructura de distribución de la energía generada, con la cual Mbomo no cuenta actualmente. Este último punto, no fue incluido en nuestro informe inicial porque, Mbomo, al ser un distrito urbano en construcción por el estado, se presupone que todas las infraestructuras de suministro de los servicios mínimos serán construidas.

17.6. Viabilidad Financiera

En este caso vamos a calcular el VAN y la TIR como los criterios generalmente aceptados para el estudio de viabilidad de inversiones.

17.6.1 Valor Actualizado Neto (VAN)

El VAN nos dará el valor actual de la inversión. Una inversión interesa o es atractiva para un inversor cuando tiene un VAN positivo o igual a cero.

Para este caso concreto, hemos utilizado el tipo interés del 3.25%, que es el tipo al que está el depósito a plazos en la mayor parte de bancos del país. Al no contar con un índice de referencia y no tener información clara sobre el rendimiento de los bonos del tesoro, damos por bueno el tipo escogido.

Escogemos como referencia el interés que dan los depósitos a plazo por comparar nuestra inversión a la inversión menos riesgosa que se puede hacer con los fondos. Dicho de otra manera, la inversión a realizar tiene que ser como mínimo, tan buena como la inversión menos arriesgada que estaría dispuesto a asumir un inversor.

Hemos diseñado tres escenarios diferentes, con distinto atractivo para el inversor, vienen recogidos en la tabla a continuación:

Tabla 15. Escenarios del VAN

ESCENARIOS DEL VAN		
ESCENARIO	PRECIO	VAN
ESCENARIO 1	80 XAF	-587926714.8
ESCENARIO 2	750 XAF	-159696041.8
ESCENARIO 3	1000 XAF	91522.81202

Para el escenario 1, donde el precio por kWh consumido es de 80 XAF, actualmente facturado por la compañía nacional SEGESA a sus consumidores, el VAN arroja un resultado negativo, por tanto, a ningún inversor le interesaría.

En el escenario 2, a pesar de tratarse de un precio más elevado, la inversión sigue siendo poco atractiva para el inversor privado porque sigue arrojando un VAN negativo.

Por último, en el escenario 3, con un precio de 1000XAF por kWh consumido, el VAN arroja un resultado positivo y atractivo para el inversor privado.

Como del análisis se puede deducir, cualquier inversor privado tendría muchas dudas en invertir en este proyecto por el enorme riesgo que supone estar obligado a vender energía fotovoltaica a un precio que la mayor parte del pueblo no podría asumir; para hacer más atractivo este proyecto, se necesitaría la intervención del gobierno.

La entidad encargada de producir la energía lo haría vendiéndola directamente al estado al precio que garantice un rendimiento razonable, y el gobierno se la vendería a la población a un precio igual al precio actual de la energía renovable, o un precio que considere adecuado para el distrito en cuestión.

La idea es, que cualquier inversor, estaría interesado en este proyecto, siempre que el gobierno se comprometa a garantizar la rentabilidad de la inversión, asumiendo el exceso del precio, en comparación con el precio actual, que no pudieran asumir los ciudadanos.

17.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de rendimiento interno de la inversión que nos iguala el VAN a cero, cuanto mayor sea esta TIR, más atractiva será la inversión.

Tabla 16. Escenarios de la TIR

ESCENARIOS DE LA TIR			
ESCENARIO	PRECIO	VAN	TIR
ESCENARIO 1	80 XAF	-587926714.8	-15%
ESCENARIO 2	750 XAF	-159696041.8	-2%
ESCENARIO 3	1000 XAF	91522.81202	0%

Para un inversor privado, una inversión con VAN y TIR positivos resulta siempre mucho más atractiva. En este punto vamos a analizar la TIR para los escenarios ya vistos en el caso del VAN

El primer escenario tiene un VAN negativo y el segundo tiene el VAN positivo, pero ambos, dan un rendimiento negativo en los 25 años que hemos tomado para el estudio, lo cual no sería atractivo para ningún inversor privado. El tercero y último escenario presenta el VAN más atractivo y una TIR nula, lo cual sigue siendo poco atractivo para el inversor; esto da a entender que para que consigamos un VAN y una TIR atractivos para el inversor, el precio debe ser mucho más elevado y la participación del gobierno mucho más elevada en consecuencia.

17.7. Emisiones de CO₂ evitadas

La producción de electricidad mediante energía solar fotovoltaica genera beneficios ambientales, tales como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Así, la energía generada por la aplicación del sistema fotovoltaico en Mbomo equivale a un ahorro de energía generado por otras fuentes de energía que conlleva a una reducción de emisiones.

Para calcular el ahorro en CO₂ que se obtiene por cada kWh de generación en Mbomo mediante un sistema fotovoltaico, se ha utilizado la emisión media por unidad de kW eléctrico del sistema LCE, que se considera que es aproximadamente de 464g de CO₂ por kWh eléctrico generado, por lo que en Mbomo:

En concreto, la generación de la planta proyectada en Mbomo con una producción anual estimada en 46 MWh/año, el ahorro total de CO₂ en un periodo estimado de 30 años será de 531,7 toneladas de CO₂.

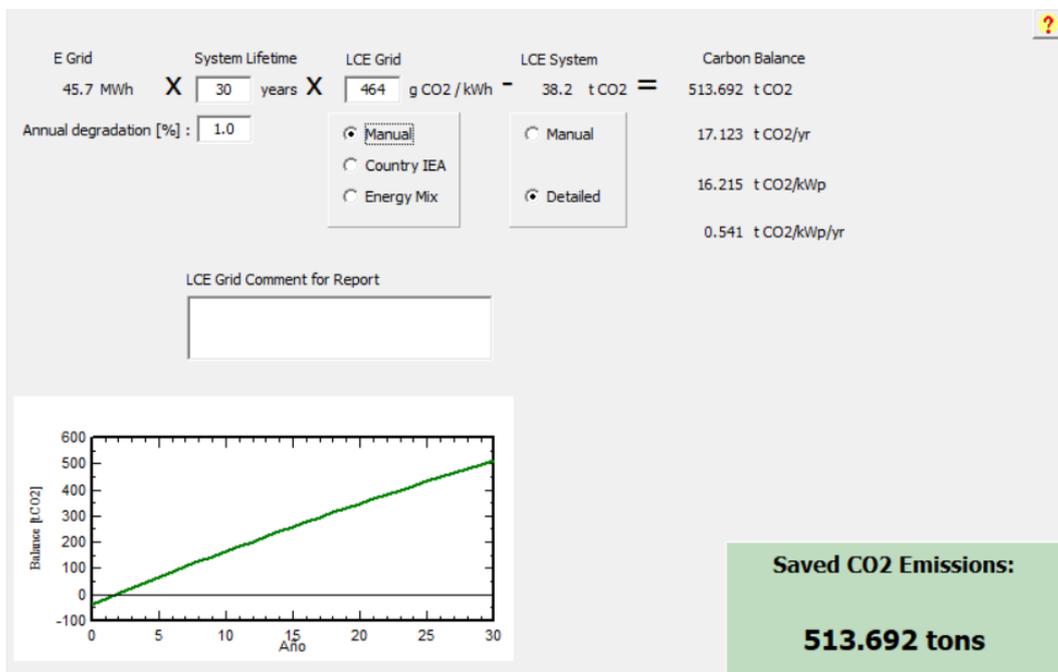


Figura 34. Cálculo de las emisiones de CO₂ evitadas

18. PROPUESTA DE PLAN DE OBRA

La estimación de los trabajos para la instalación se estima en 5 meses tras la firma del contrato. La siguiente propuesta de Plan de obra muestra el detalle de las actuaciones. Nótese que el constructor puede proponer el plan de obra que mejor se ajuste a su estructura logística y empresarial:

Actividades	Mes 1				Mes 2			
	Semana 1	semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana7	Semana 8
1. Adquisición y transporte del material al punto de construcción								
2. Acondicionamiento y nivelación del terreno								
3. Vallado del área de la instalación								
4. Compactación y cimentación del terreno								
5. Montaje de las estructuras soportes								
6. Construcción de las casetas de control y de personal								
7. Montaje de módulos								
8. Instalación de inversores, reguladores de carga								
9. Colocación de armarios y cuadros eléctricos								
10. Colocación de las baterías, el generador								
11. Instalación y conexión del cableado de corriente continua								
12. Instalación y conexión del cableado de corriente alterna								
13. Ajustes generales de la planta								
14. Verificación de funcionamiento de la planta								
15. Limpieza general de la instalación y puesta en marcha								

Actividades	Mes 3				Mes 4			
	Semana 9	semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana15	Semana 16
1. Adquisición y transporte del material al punto de construcción								
2. Acondicionamiento y nivelación del terreno								
3. Vallado del área de la instalación								
4. Compactación y cimentación del terreno								
5. Montaje de las estructuras soportes								
6. Construcción de las casetas de control y de personal								
7. Montaje de modulos								
8. Instalación de inversores, reguladores de carga								
9. Colocación de armarios y cuadros eléctricos								
10. Colocación de las baterías, el generador								
11. Instalación y conexión del cableado de corriente continua								
12. Instalación y conexión del cableado de corriente alterna								
13. Ajustes generales de la planta								
14. Verificación de funcionamiento de la planta								
15. Limpieza general de la instalación y puesta en marcha								

Actividades	Mes 5			
	Semana 17	semana 18	Semana 19	Semana 20
1. Adquisición y transporte del material al punto de construcción				
2. Acondicionamiento y nivelación del terreno				
3. Vallado del área de la instalación				
4. Compactación y cimentación del terreno				
5. Montaje de las estructuras soportes				
6. Construcción de las casetas de control y de personal				
7. Montaje de módulos				
8. Instalación de inversores, reguladores de carga				
9. Colocación de armarios y cuadros eléctricos				
10. Colocación de las baterías, el generador				
11. Instalación y conexión del cableado de corriente continua				
12. Instalación y conexión del cableado de corriente alterna				
13. Ajustes generales de la planta				
14. Verificación de funcionamiento de la planta				
15. Limpieza general de la instalación y puesta en marcha				

19. PRESUPUESTO REFERENCIAL

EJECUCIÓN DEL MATERIAL			
Actividad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Acondicionamiento del terreno	1	500.790	500.790
Compactación y cimentación del terreno	1	700.050	700.050
Vallado y señalización	1	1.220.705, 25	1.220.705, 25
Generador FV	10	51.250.00	510.250.000
Sala de control	1	8.750.225	8.750.225
Viales y accesos	-		
Seguridad y Salud	-	6.725.945, 63	6.725.945, 63
TOTAL			528.147.715,26

Para la ejecución del material del proyecto, el presupuesto referencial asciende a QUINIENTOS VEINTIOCHO MILLONES CIENTO CUARENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS QUINCE CON VEINTI SEIS FRANCOS CFAS.

Este presupuesto se ha elaborado en base a las consultas con los proveedores de equipos necesarios para la ejecución de la obra. Esta cuantía puede variar atendiendo a las preferencias del constructor respecto a sus proveedores.

No obstante, se recomienda atender a las ofertas que la constructora presente, dado que irán acorde a su fortaleza logística, para una facilidad en la disponibilidad de los equipos.

19.1. Presupuesto de ejecución por subcontrata

La tabla siguiente muestra el presupuesto por subcontrata. Adicionalmente se añaden las partidas por los gastos generales y el beneficio industrial esperado.

Nótese que se trata del presupuesto referencial total para la construcción de los 10 generadores fotovoltaicos de 30 kW que alcanzan el valor acumulado de 300kW de potencia instalada.

Presupuesto de Ejecución por Subcontrata	
Ejecución del Material	528.147.715,26 XAF
Gastos generales (15%)	79.222.157,3 XAF
Beneficio Industrial (6%)	31.688.862,912 XAF
TOTAL	639.058.735,5 XAF

20. SEGURIDAD

Se propone la aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión que contempla la posibilidad de descargas eléctricas y/o cortocircuito, incluso siendo un riesgo bajo para la instalación proyectada. Para evitarlo, se utilizan dispositivos de protección, tales como magnetotérmicos, diferenciales, derivaciones a tierra, aislantes, etc.

Debe garantizarse la instalación de conductores a tierra en los elementos externos, ya que puede contribuir a paliar el efecto electrostático de los rayos.

El vallado perimetral es la principal sugerencia para los casos de robo o vandalismo para evitar daños en la instalación o a los paneles.

21. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de plantas solares fotovoltaicas de cualquier tipo, aislada o conectada a la red, lleva consigo una serie de aplicaciones que deben ser tomados en consideración a la hora de hacer un correcto mantenimiento fotovoltaico. Puede considerarse este mantenimiento de carácter preventivo y sencillo y puede ser realizado por personal no especializado. Por ello, se recomienda la contratación de los pobladores de Mbomo para poder realizar esta función.

Básicamente se trataría de retirar, al menos una vez al mes, cualquier tipo de objeto o suciedad que puede afectar al rendimiento de los paneles solares y realizar la revisión general de toda la instalación, para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente.

La experiencia en instalaciones fotovoltaicas correctamente diseñadas y donde se realiza un mantenimiento preventivo adecuado, demuestra pocas posibilidades de avería.

22. REVISIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

Este apartado muestra un resumen general de los resultados que aporta este trabajo sobre la viabilidad de llevar a cabo la construcción de la planta proyectada en Mbomo.

VALORACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN EN MBOMO
<p>Recurso solar en Mbomo:</p> <p>Los valores de radiación solar registrados en Mbomo son adecuados para que este recurso sea aprovechado para la generación eléctrica en dicho poblado.</p>
<p>Disponibilidad de otros recursos:</p> <p>La generación mediante una planta solar fotovoltaica es la opción más factible de generación eléctrica en Mbomo respecto de otros recursos renovables. No hay presencia de ríos cercanos al pueblo donde se puede justificar la ejecución de una minicentral hidroeléctrica y el régimen de vientos es bajo para la generación eólica. Con el resto de los recursos resulta todavía más improbable su factibilidad en Mbomo.</p>
<p>Valoración socioeconómica y escenarios de demanda</p> <p>Existe una aceptación por parte de los pobladores de disponer de la instalación solar proyectada. Sin embargo, los ingresos de las familias son bajos para hacer frente a la tarificación eléctrica capaz de viabilizar la inversión privada para la construcción de la planta.</p> <p>El consumo eléctrico se ha estimado con la consideración de que se trata de un poblado predominantemente de tipo residencial que no cuenta con industrias. Las estimaciones de consumo son de carácter bajo, pero se esperaría un incremento de este una vez se ponga en marcha la instalación.</p>
<p>Explotación</p> <p>Una de las actuaciones que se recomienda a raíz de este trabajo es que la instalación sea explotada por un gestor privado que cuente con personal local del poblado. Esta actuación ayudaría a preservar y alargar la vida útil de la planta.</p>
<p>Posibilidad de negocio</p> <p>Esta opción precisa de contar con apoyos en forma de subvención como parte de la inversión inicial del proyecto, junto con la participación de inversores privados. Con ello se podrá contar con un margen aceptable para una tarificación ajustada al poder adquisitivo de los pobladores.</p>

23. CONCLUSIÓN

Con lo expuesto en los apartados anteriores se cree haber dado una idea clara de la instalación que debería llevarse a cabo en la localidad de Mbomo. No obstante, si las partes interesadas a ejecutar el proyecto, junto con la subcontrata asignada para la instalación, estiman necesario modificar alguno de los puntos expuestos, esta organización se brindará a tal efecto con la debida formalidad correspondiente.

Más en detalle, se han descrito los criterios técnicos de diseño y de seguridad de los componentes recomendados que permiten demostrar la fiabilidad técnica de la instalación. Por defecto de la normativa nacional, la instalación está diseñada por la normativa española, y en su defecto, de la normativa internacional.

Se han explicado y justificado técnica y económicamente las consideraciones llevadas a cabo a lo largo de todo el proyecto, de modo que se demuestra la coherencia y la fiabilidad en los resultados aportados.

El proyecto es atractivo para el inversor siempre que cuente con apoyos en forma de subvención para la inversión inicial. Dada la implicación del gobierno en impulsar el desarrollo de las energías renovables, se cuenta con su participación para esta finalidad.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTA SOLAR EN MBOMO

24. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En este estudio se pretende conocer los cambios previsibles en el medioambiente debido a la construcción de la Planta Solar fotovoltaica en el poblado de Mbomo.

Con este objetivo se obtienen los datos necesarios para la elección de las medidas pertinentes para evitar o reducir, a niveles aceptables, los impactos negativos que pudieran producirse en el entorno.

Este estudio se enmarca dentro de los trabajos conducentes a conocer el recurso solar en Mbomo y la viabilidad técnica – económica, social y medioambiental que supondría llevar a cabo la construcción de una planta solar en ese poblado.

La importancia de este estudio viene marcada por la incorporación de Guinea Ecuatorial a los tratados y acuerdos internacionales de preservación y reducción de los impactos negativos al medioambiente causados por la actividad humana, así como los requerimientos medioambientales del proyecto SE4ALL y de lo solicitado en los términos de referencia para la ejecución de este trabajo.

25. LEGISLACIÓN APLICABLE

Los siguientes apartados muestran la normativa ambiental de aplicación en este Estudio de Impacto Ambiental:

25.1. Normativa internacional

- Convenio marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, Acuerdo de París (París, 12 de diciembre de 2015).
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Ramsar, 21 de diciembre de 1975).

25.2. Normativa Nacional

- Ley de Medioambiente.
- Plan de Acción para el Desarrollo de las Energías renovables en Guinea Ecuatorial.
- Ley de Energía.
- Reglamento de Energías Renovables.

26. ALCANCE Y METODOLOGÍA

El alcance de este Estudio de Impacto Ambiental comprende los elementos que componen la Planta Solar Fotovoltaica en Mbomo en caso de llevarse a cabo su construcción. Dichos elementos son los siguientes:

- Perímetro de la instalación: Paneles solares, cuadros eléctricos de control, etc, ...
- Acceso a la instalación
- Red de distribución: soterrada o aérea
- Otros

La metodología que se lleva a cabo en este estudio comprende los pasos siguientes:

A. INFORMACIÓN PREVIA DEL PROYECTO

Dado que ya se dispone de la información correspondiente al proyecto por ser parte de este mismo estudio, esta fase tiene por objeto analizar dicha información en la fase de construcción, explotación y finalmente, del desmantelamiento, con la finalidad de analizar los impactos que el proyecto generará sobre el medio.

B. ADQUISICIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO

El equipo de Consinerma S.l. se ha trasladado a Mbomo para recopilar información que será utilizada en la elaboración de este Estudio de Impacto Ambiental. Se utilizarán datos aportados por los pobladores y datos bibliográficos disponibles para analizar aquellos elementos del medio más susceptibles de verse afectados por la instalación proyectada.

Una vez descritos los principales elementos del medio existentes en la zona de estudio y analizados los aspectos ambientales del proyecto susceptibles de generar impactos, se procede a la valoración de los citados impactos. En primer lugar se procede a la identificación y descripción de todos los impactos que el proyecto causará en el entorno, tanto sobre los factores del medio físico como del socioeconómico. Posteriormente se lleva a cabo la evaluación y valoración de los impactos más significativos del Proyecto.

27. PLANTA SOLAR EN MBOMO

Este tipo de instalaciones se caracterizan por:

- Generar energía de forma limpia sin la emisión de contaminantes procedentes de la quema de combustibles fósiles.
- Sistema de aprovechamiento energético idóneo para poblados aislados sin acceso a la red nacional de electricidad.
- Proporcionan la obtención de energía con un fácil mantenimiento de toda la instalación.
- No producen ruidos.

28. FACTORES A ANALIZAR

El contenido de este Estudio de Impacto Ambiental describirá los siguientes aspectos de acuerdo con la normativa mencionada:

- i. Localización de la instalación
- ii. Relación de todas las acciones del proyecto susceptibles de producir impactos sobre el entorno
- iii. Descripción de los materiales a utilizar
- iv. Descripción de los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación
- v. Examen de alternativas técnicamente viables y justificación de la solución propuesta
- vi. Identificación y valoración de impactos
- vii. Programa de vigilancia ambiental
- viii. Documento de síntesis

29. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	
Poblado:	MBOMO
Coordenadas:	1° 39' 52" N; 9° 43' 05" E
Provincia:	Litoral
Región:	Continental
País:	Guinea Ecuatorial
Acceso al pueblo:	
<p>Al pueblo de Mbomo se accede desde la antigua carretera que une la ciudad de Bata con Mbini. La distancia desde Bata es de unos 20 km y a 10 km de Mbini. El acceso puede considerarse como bueno para camiones en caso de transporte de materiales para la instalación.</p> <p>La topografía de la zona se caracteriza por grandes llanos y escasa presencia de cambios de pendiente excesivos que pudieran dificultar el transporte de mercancías.</p> <p>El acceso a la central partiría de la carretera antes mencionada, que atraviesa el centro del pueblo. La distancia a la misma se estima entre los 500 y los 1000 metros desde la carretera.</p>	
DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	
Propietario de la parcela:	
<p>Vecinos del poblado. Convendrá ponerse de acuerdo con el propietario de la parcela ofreciéndoles una contraprestación monetaria en concepto de venta del terreno.</p> <p>Los vecinos son receptivos a que se lleve a cabo la instalación, por lo que se cuenta con una sencilla negociación para obtener los permisos, tanto del terreno como de la ejecución de la obra.</p> <p>El m² en concepto de venta se perfila en torno a los 3000 – 7000 XAF</p>	
Uso de la parcela:	
<p>Se trata de una parcela en una finca no cultivada caracteriza por vegetación de muy baja altura. No se han encontrado otros usos específicos de la parcela.</p>	

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:

Planta solar aislada. Sistema de soporte estático de los paneles. Puede disponer de un generador diésel de respaldo

Potencia de la instalación:	300 kW
Número de módulos por generador fotovoltaico:	99
Número de generadores fotovoltaicos:	10
Superficie de cada generador fotovoltaico:	160 m ²
Superficie total 10 generadores FV:	1600 m ²
Superficie estimada de la instalación:	2113,7 m ²

Infraestructuras adicionales:

Además de la extensión ocupada de los paneles, se prevé la construcción de:

- Una caseta para el almacenamiento:
- Una caseta para el cuadro de protección
- Unidad para los inversores

Estos equipos se instalarán en unidades compactos ya preconfigurados por el fabricante.

- Caseta para el control y operación de la instalación
- Accesos peatonales y parking

Obra civil:

Duración estimada de las obras:	5 meses
Número de vehículos de tránsito hacia las obras:	5 vehículos al día

Acondicionamiento del terreno:

Se prevé un acondicionamiento del perímetro de las instalaciones, incluyendo movimientos de tierras, nivelación y compactación del terreno. No se espera mover grandes volúmenes de tierra.

Vallado

Será necesario la delimitación mediante un vallado perimetral a la planta para evitar el acceso a la misma. La altura, habitualmente de 2 metros, contará de alambre hasta 5 metros de altura. Se instalará igualmente un puesto de control a la entrada de la planta.

30. PRINCIPALES IMPACTOS

IMPACTOS EN LA FASE DE CONTRUCCIÓN
<ul style="list-style-type: none">• Destrucción de la vegetación por las obras, pistas de acceso y tendido eléctrico.• Transporte de material: vehículos pesados, equipos y maquinarias• Adecuación y movimientos del terreno, zanjas, etc...
ACTUACIONES RECOMENDADAS
<ol style="list-style-type: none">1. Identificación de la flora antes del inicio de las obras con criterios ambientales: presencia de especies protegidas, etc...2. Selección del trazado con criterios ambientales: evitando zonas protegidas, zonas arbóreas. Empleo de aisladores suspendidos, etc...3. Ejecución de la obra aplicando actuaciones menos destructivas e intrusivas en el entorno.

IMPACTOS EN LA FASE DE OPERACIÓN
<ul style="list-style-type: none">• Las baterías desgastadas son un residuo peligroso que debe ser gestionado adecuadamente, entregándose a gestores autorizados para el tratamiento de estas.
ACTUACIONES RECOMENDADAS
<ol style="list-style-type: none">1. Correcta gestión de las baterías2. Preparativos de urgencia y de respuesta en caso de incidentes con las baterías: gestores autorizados

31. CUADRO GENERAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS

ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTOS					
ELEMENTO DEL MEDIO	TIPO DE AFECCIÓN	VALORACIÓN DE IMPACTO			
		COMPATIBLE	MODERADO	SEVERO	CRÍTICO
ÁREAS PROTEGIDAS	La parcela seleccionada no se encuentra dentro de un espacio protegido				
PAISAJE	Se considera que se producirán afecciones al paisaje por el carácter visual de la instalación. No obstante, dicha afección se valora de carácter moderado dado el tamaño previsible de la instalación proyectada.				
PATRIMONIO	La parcela no tiene esa consideración				
VEGETACIÓN, FAUNA	Durante las obras se acondicionará la parcela, con lo que se podría llegar a remover parte de la vegetación herbácea de la parcela. No obstante, se considera compatible esa afección, dado que se trata de especies muy presentes en todo el poblado y muy estables. Se recomienda tomar las medidas adecuadas para afectar lo menor posible dicha vegetación.				
AGUAS Y RÉGIMEN HIDROLÓGICO	La probabilidad de causar afecciones a las aguas, tanto superficies como subterráneas, es muy baja. En su defecto, si se producen dichas afecciones, se considera compatibles con el medio hídrico.				
ESPACIO SOCIAL	La parcela tiene la consideración de propiedad privada y no está destinada para el cultivo, por lo que no se consideran impactos derivados de la pérdida de la productividad agrícola en ella.				

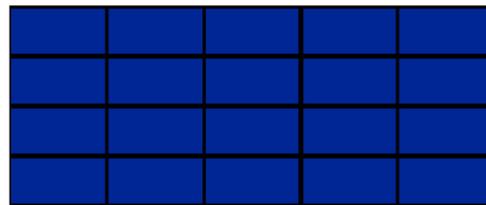
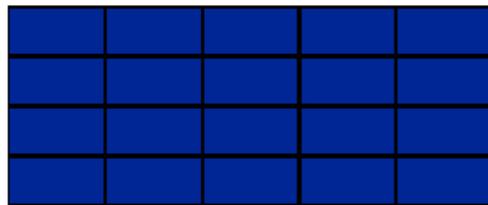
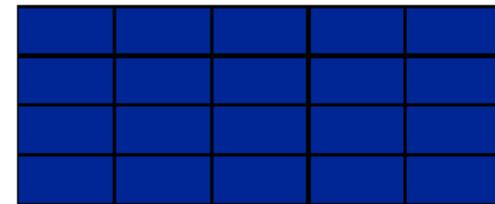
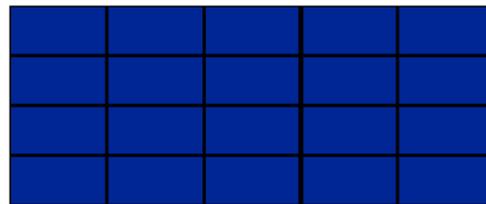
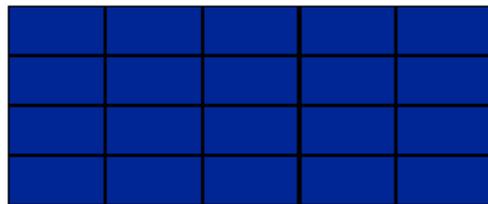
32. Conclusión EIA

Tras centrarse en las afecciones que hemos considerado más relevantes para la planta solar fotovoltaica en Mbomo, se concluye principalmente que la ocupación de una amplia superficie de terreno es el impacto que mayormente ha de tenerse en cuenta. El aprovechamiento adecuado del terreno, que implica limitar el uso del suelo específicamente a lo definido en el diseño de la planta y la aplicación de criterios ambientales en cada fase de la vida del proyecto son las acciones recomendadas.

En general, el impacto por la construcción de la planta fotovoltaica en Mbomo se considera de carácter moderado, con especial relevancia las afecciones al paisaje y a la ocupación del terreno.

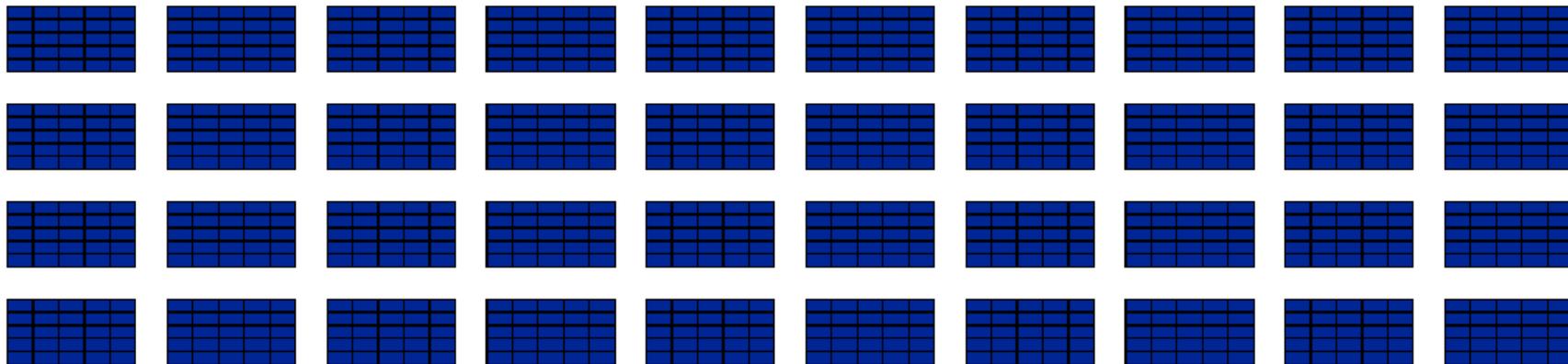


INSTALACION FV : MBOMO	LOCALIZACION DE LA INSTALACION
ESCALA: 1:2000	
Realizado por : 	PLANO Nº: 1



Generador FV 30kW

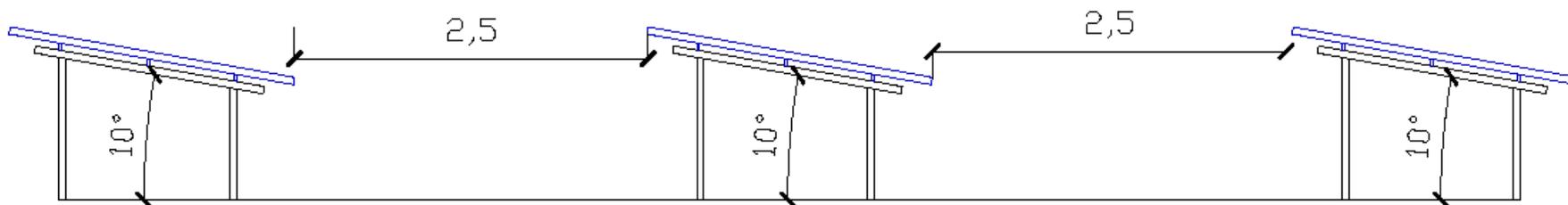
INSTALACION FV : MBOMO	VISUALIZACION EN PLANTA: GENERADOR FV 30kW
Realizado por : 	
	PLANO Nº: 2



PLANTA FV 300kW

INSTALACION FV : MBOMO	VISUALIZACION EN PLANTA
Realizado por : 	
	PLANO Nº: 3

Distancia entre paneles



INSTALACION FV : MBOMO	IMAGEN TRANSVERSAL: DISTANCIA ENTRE PANELES
Realizado por : 	
	PLANO Nº: 4

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS GENERADOR DE 30 kW

Ingresos por venta de energía eléctrica al precio estimado de 150XAF/kWh

Mes	Energía Suministrada al usuario kWh	Precio kWh	Ingreso Total (XAF)
Enero	3.809	150	571.350
Febrero	3.325	150	498.750
Marzo	3.366	150	504.900
Abril	3.072	150	460.800
mayo	3.019	150	452.850
Junio	2.953	150	442.950
Julio	3.016	150	452.400
Agosto	2.977	150	446.550
Septiembre	2.759	150	413.850
Octubre	2.942	150	441.300
Noviembre	2.975	150	446.250
Diciembre	3.522	150	528.300
TOTAL AÑO			5.660.250

Ingresos por venta de energía eléctrica al precio estimado de 100 XAF/kWh

Mes	Energía Suministrada al usuario kWh	Precio kWh	Ingreso Total (XAF)
Enero	3.809	100	380.900
Febrero	3.325	100	332.500
Marzo	3.366	100	336.600
Abril	3.072	100	307.200
mayo	3.019	100	301.900
Junio	2.953	100	295.300
Julio	3.016	100	301.600
Agosto	2.977	100	297.700
Septiembre	2.759	100	275.900
Octubre	2.942	100	294.200
Noviembre	2.975	100	297.500
Diciembre	3.522	100	352.200
TOTAL AÑO			3.773.500

ANEXO II. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS INVERSIÓN GLOBAL DEL PROYECTO

PRECIO kWh	XAF 80.00			
Año	Inversión inicial	Tipo interés	Flujo de caja anual	Factor de actualización
0	-639058735.5	3.25%		-639058735.5
1			3018800	2923777.24
2			3018800	2831745.511
3			3018800	2742610.664
4			3018800	2656281.515
5			3018800	2572669.748
6			3018800	2491689.829
7			3018800	2413258.914
8			3018800	2337296.769
9			3018800	2263725.684
10			3018800	2192470.396
11			3018800	2123458.011
12			3018800	2056617.928
13			3018800	1991881.771
14			3018800	1929183.313
15			3018800	1868458.415
16			3018800	1809644.954
17			3018800	1752682.764
18			3018800	1697513.573
19			3018800	1644080.942
20			3018800	1592330.21
21			3018800	1542208.436
22			3018800	1493664.345
23			3018800	1446648.276
24			3018800	1401112.132
25			3018800	1357009.328
				-587926714.8
			TIR	-15%

PRECIO kWh	XAF 750.00			
Año	Inversión inicial	Tipo interés	Flujo de caja anual	Factor de actualización
0	-639058735.5	3.25%		-639058735.5
1			28301250	27410411.62
2			28301250	26547614.16
3			28301250	25711974.98
4			28301250	24902639.2
5			28301250	24118778.89
6			28301250	23359592.14
7			28301250	22624302.32
8			28301250	21912157.21
9			28301250	21222428.29
10			28301250	20554409.96
11			28301250	19907418.85
12			28301250	19280793.08
13			28301250	18673891.6
14			28301250	18086093.56
15			28301250	17516797.64
16			28301250	16965421.44
17			28301250	16431400.91
18			28301250	15914189.74
19			28301250	15413258.83
20			28301250	14928095.72
21			28301250	14458204.09
22			28301250	14003103.23
23			28301250	13562327.59
24			28301250	13135426.23
25			28301250	12721962.45
				-159696041.8
			TIR	-2%

PRECIO kWh	XAF 750.00			
Año	Inversión inicial	Tipo interés	Flujo de caja anual	Factor de actualización
0	-639058735.5	3.25%		-639058735.5
1			28301250	27410411.62
2			28301250	26547614.16
3			28301250	25711974.98
4			28301250	24902639.2
5			28301250	24118778.89
6			28301250	23359592.14
7			28301250	22624302.32
8			28301250	21912157.21
9			28301250	21222428.29
10			28301250	20554409.96
11			28301250	19907418.85
12			28301250	19280793.08
13			28301250	18673891.6
14			28301250	18086093.56
15			28301250	17516797.64
16			28301250	16965421.44
17			28301250	16431400.91
18			28301250	15914189.74
19			28301250	15413258.83
20			28301250	14928095.72
21			28301250	14458204.09
22			28301250	14003103.23
23			28301250	13562327.59
24			28301250	13135426.23
25			28301250	12721962.45
				-159696041.8
			TIR	-2%

PRECIO kWh	XAF 1000.00			
Año	Inversión inicial	Tipo interés	Flujo de caja anual	Factor de actualización
0	-639058735.5	3.25%		-639058735.5
1			37735000	36547215.5
2			37735000	35396818.88
3			37735000	34282633.3
4			37735000	33203518.94
5			37735000	32158371.85
6			37735000	31146122.86
7			37735000	30165736.42
8			37735000	29216209.61
9			37735000	28296571.05
10			37735000	27405879.95
11			37735000	26543225.14
12			37735000	25707724.1
13			37735000	24898522.13
14			37735000	24114791.41
15			37735000	23355730.18
16			37735000	22620561.92
17			37735000	21908534.55
18			37735000	21218919.66
19			37735000	20551011.78
20			37735000	19904127.63
21			37735000	19277605.45
22			37735000	18670804.31
23			37735000	18083103.45
24			37735000	17513901.64
25			37735000	16962616.6
				91522.81202
			TIR	0%