

Título del trabajo/ Title of paper

Instalación Solar Fotovoltaica aislada en Sierra Leona para abastecer alumbrado público.

Autor/es/ Author/s

Marcos Juncal Castro  
Ramón Sebastià Álvarez

Afiliación/es del autor/es/ Affiliation/s of the author/s

Moonoff S.L.

Dirección principal/ Mail adress

Poligono Costa Vella, Calle República Checa, 24  
15707, Santiago de Compostela, A Coruña

Teléfono, fax, e-mail de la persona de contacto/  
Phone, fax number and e-mail adress of the contact person

marcos.juncal@moonoff.com  
ramon.sa@moonoff.com

Tema:

12.- REALIZACIONES PRÁCTICAS

## 1.- Antecedentes:

Para entender mejor el trabajo realizado por Moonoff en la realización de este proyecto, consideramos que es necesario antes de nada, ponernos en la situación inicial que nos encontramos. En primer lugar, debemos situar en un mapa la localización del país del cual estamos hablando y donde se desarrolló el proyecto. Se trata de Sierra Leona. Según el FMI, del país que clasificado según el PIB se encuentra en la posición 146 de un total de 183 países analizados. Este es Sierra Leona.

Los trabajos de este proyecto se iniciaron durante el año 2015, en plena situación del estado de epidemia del virus conocido por todos durante ese tiempo. El Ébola.

Durante ese período integrantes de nuestro equipo tuvieron que estar presentes durante todo el proceso de replanteo, fases de licitación y adjudicaciones públicas de los contratos, así como durante todo el proceso de instalación de una primera fase piloto.



Además de toda la situación peligrosa generada por el ébola, hay que tener en cuenta que Sierra Leona sufrió una prolongada guerra civil en un periodo todavía considerado reciente. Concretamente fué entre los años 1991 y 2001. Una guerra civil con una duración de 10 años aproximadamente y desde su fin han pasado tan solo 16 años. Las primeras elecciones democráticas han sido realizadas en el año 2007.

Durante todo este proceso, el equipo técnico de Moonoff que participó, asumió un alto riesgo de contagio al encontrarse en estado de epidemia. En varias ocasiones se sufrió el estado de toque de queda, en el que todo el mundo debía permanecer en sus hogares sin poder desplazarse ni mantener ningún tipo de relación social, por lo que este estado, además del riesgo que conllevaba en sí la actuación, generaba un retraso y una mayor exposición a la situación.



Por otra parte, nos encontramos en un país que no dispone de tendido eléctrico en la mayor parte del territorio. Únicamente se encuentran mínimamente electrificadas zonas de las grandes ciudades, localizadas en la mayor parte en la zona oeste del país, donde se encuentra la capital, Freetown.



El gobierno consideró que para dotar de iluminación a diversas partes del país, los sistemas debieran ser autónomos usando como energía la fuente solar, integrando un sistema fotovoltaico en el báculo de cada luminaria.

## 2.- Proyecto:

El objeto del proyecto de referencia que estamos tratando en este trabajo realizado por Moonoff, consistía en el diseño, suministro, instalación y puesta en servicio de un total de 50.000 luminarias, todas ellas, como se ha indicado en el anterior punto, con sistema fotovoltaico integrado en el propio báculo.

La licitación se encontraba dividida en 4 lotes concretos:

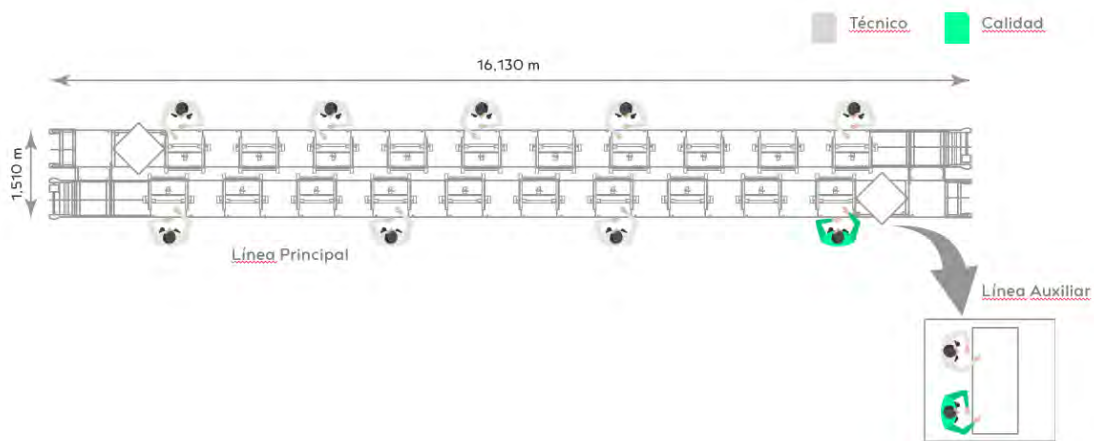
- 1º lote: 14.000 unidades (zona oeste)
- 2º lote: 15.000 unidades (zona norte)
- 3º lote: 12.000 unidades (zona sur)
- 4º lote: 9.000 unidades (zona este)

Este último cuarto lote es el que ha sido adjudicado a Moonoff por parte del Ministerio de Energía de Sierra Leona.



Entre muchas de las peculiaridades de la tipología del proyecto, una especialmente complicada a la hora de elaborar la propuesta fue que el gobierno requería fomentar la formación y el empleo local.

Por lo tanto, al ser imprescindible que partes del conjunto de la luminaria solar se ensamblaran en el propio país, la propuesta realizada por Moonoff fue establecer con una planta de ensamblaje contando con trabajadores locales formados previamente para así garantizar la calidad de los elementos,



Para ello se realizó un calendario de ensamblaje con todo lo necesario sin olvidarnos, debido al perfil de estos trabajadores, de la implantación de un control de calidad "in situ" exhaustivo para mantener los rendimientos de los equipos durante el período de garantía.

A continuación os mostramos los aspectos generales que eran requisitos durante el proceso de licitación.

<b>Especificaciones</b>
Los paneles solares deben tener un tamaño suficiente para la vida útil prevista de 20 años.
Deben tenerse en cuenta las pérdidas del sistema, incluyendo el polvo y la suciedad, las pérdidas de cableado, las pérdidas de la electrónica y las pérdidas de carga.
Las baterías deben dimensionarse para una capacidad del 80% (excluyendo el corte de baja tensión) para garantizar una vida útil de la batería razonable.
Los niveles de luz se han especificado en respuesta a los requisitos de la licitación y deben representar los niveles de luz al final de la vida útil de las luminarias especificadas.
Se supone que los niveles de luz están a los niveles nominales para determinar el tamaño de la batería para los días de autonomía.
<b>FICHA TÉCNICA DEL BALANCE ENERGÉTICO</b>
El sistema de iluminación solar debe estar basado en un voltaje del sistema de 12V (nominal) o 24V (normal).

En cuanto a la normativa aplicable en el país para luminarias de vía pública, se acogen a la norma IES RP-8-00, procedente del mercado americano. Además, el conjunto de los cálculos lumínicos que se llevaron a cabo, tuvieron que ejecutarse con el software standard DIALux 4.12, al contemplar la normativa americana para poder realizar las comprobaciones de cálculo.

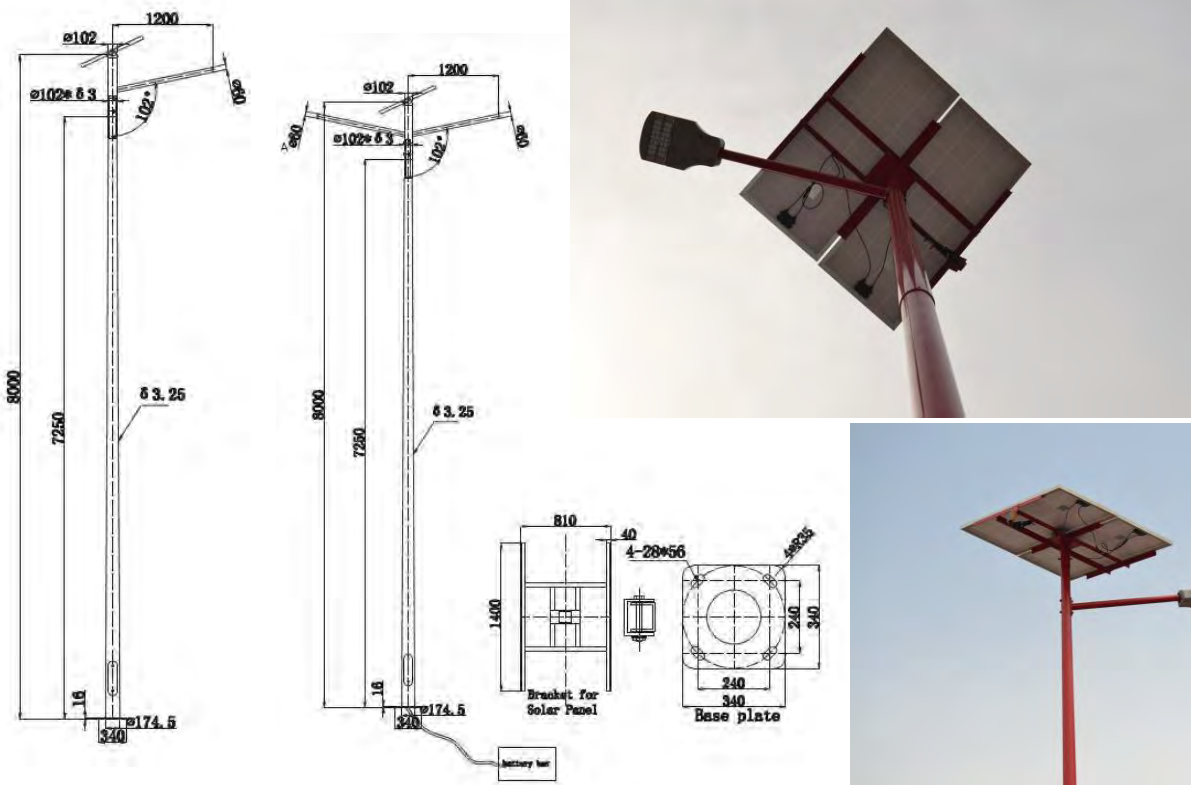
Los requisitos lumínicos necesarios para el lote adjudicado estaban contemplados en dos posibles escenarios diferenciados.

Requested Scenarios	Minimum maintained average Illuminance	Uniformity ratio $E_{av}/E_{min}$
Scenario (A), RP-8-00	$\geq 9,0$ lux	$\leq 4,0$
Scenario (B), 0,67*RP-8-00	$\geq 6,0$ lux	$\leq 4,0$

Además, se contemplan diferentes alturas de trabajo dependiendo de la zona de instalación, con posibilidad de brazo simple o doble brazo y 3 tipologías diferenciadas de potencia.

Height	Single carriage		Dual carriage	
	1x30 W	1x60 W	2x30 W	2x45 W
6 m	OPT 1x6m (1x30W)	OPT 1x6m (1x60W)		
8 m		OPT 1x8m (1x60W)	OPT 2x8m (2x30W)	OPT 2x8m (2x45W)
10 m		OPT 1x10m (1x60W)	OPT 2x10m (2x30W)	OPT 2x10m (2x45W)

La tipología de luminaria que se presentó y se ejecuta, es una luminaria modular, que nos permite adaptarnos a las diferentes potencias necesarias partiendo siempre de una misma base.



### 3.- Partes del sistema y requisitos generales de cada elemento

A continuación presentamos los diferentes requisitos que eran necesarios en los componentes que integraban el conjunto de nuestra luminaria.

En este caso, se muestra las características y condiciones básicas que debían cumplirse en los dos escenarios diferenciados con la norma RP-08-00.

Parameter	Requirement Scene (A) RP-8-00	Requirement Scene (B) RP-8-00
Maintained average illuminance ( $E_{av}$ )	$\geq 9,0$ lx	$\geq 6,0$ lx
Uniformity Ratio ( $E_{av}/E_{min}$ )	$\leq 4,0$	$\leq 4,0$
Veiling Luminance ratio ( $L_{v\ max}/L_{av}$ )	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$
Spacing between poles (meters)	$\geq 30,0$ m	$\geq 30,0$ m

Las prestaciones descritas hasta ahora se corresponden al conjunto de la luminaria. A continuación se describen las principales características demandadas que era imprescindible que cumpliera la luminaria desarrollada por Moonoff.

Módulo Fotovoltaico:

**Efficiency:** The minimum efficiency of the panel must be 12.75% based on normal power rating to ensure modern technology is employed and to reduce the size of the panels employed. \*\*Note, 12.75% represents 127.5 watts/m<sup>2</sup> of module area.

**Warranty:** All modules must be supplied with the following MINIMUM TRANSFERABLE warranty:

Workmanship and materials:	5 years
90% Power output guarantee:	10 years
80% Power output guarantee:	20 years

Baterías:

Minimum 2,000 cycles at 25% depth of discharge rated to 80% of initial capacity at 25 Celsius.

Minimum 500 cycles at 80% depth of discharge rated to 80% to initial capacity at 25 Celsius

Reinforced polypropylene case construction

Para conseguir que el conjunto de baterías fuese más duradero y mantuviera los rendimientos, Moonoff implantó los elementos de baterías integrados en unas cajas estancas en el suelo. Con esto se ha facilitado el mantenimiento de estos elementos y las condiciones a las que trabajan.

Tecnología lumínica:

>70% lumen maintenance after 50,000 hours of operation (\*Note, systems will be evaluated based on a 20 year, 87,600 hour lifecycle)

LM79 test report for the fixture

Emisor lumínico:

Painted/coated in an appropriate fashion to fulfill 20 year service life

IP65 or better rating

Controlador de carga e iluminación:

Design life > 25 years assuming based on Sierra Leone temperature conditions and enclosure conditions.

Rated maximum ambient temperature (at design charge current) of not less than 60 Celsius

Componentes físicos:

Will be constructed such that after final installation, has a height as specified by the responding bidder to meet the lighting specifications. Be constructed of GI steel

Painted/coated with a corrosion resistant coating

Have a service life of not less than 40 years

Adjustable angle or provides a fixed 10/15 degrees mounting single

Funcionamiento y protecciones generales:

The battery (ies) must be fused within 0.3 meters of the battery with an appropriate field replaceable fuse rated at approximately 1.25\* the maximum expected charging current.

The connection of the solar panel to the charge controller must be fused at a maximum of 1.25\* the short circuit current of the solar panels. Full protection against open circuit accidental short circuit and reverse polarity must be provided.

Cableado:

At electrical cable must be copper stranded PVC or XLPE insulated copper cable rated to a minimum of 90 Celsius and recognized by a suitable electrical authority (UL, CE, IE etc...) and appropriate to the application use

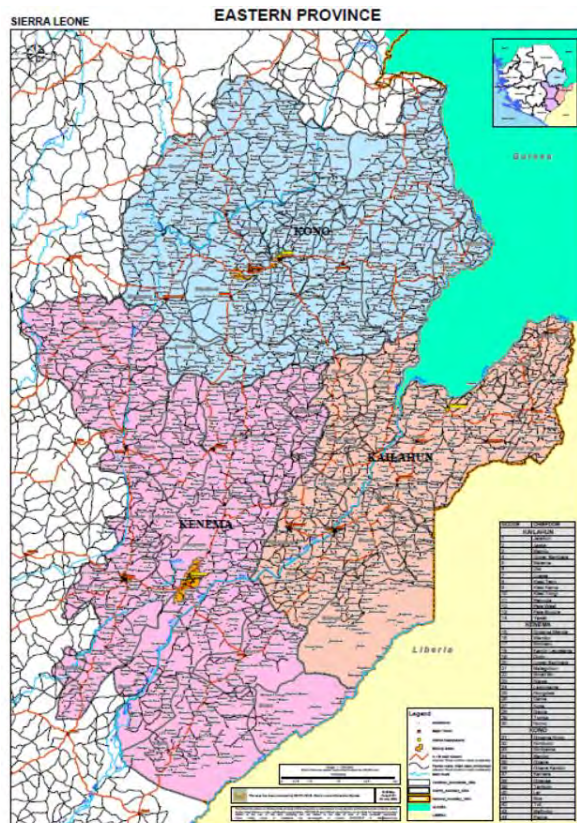
Wiring losses are to be kept to a minimum of 3.5% for the charging system (solar panel to controller to battery), and 2.5% for the load system (battery to controller to lighting load). This is to ensure minimal heating of the wire.

#### 4.- Análisis

Tratando de conseguir y proponer, además de lo requerido en el concurso, una propuesta lo más eficiente para las diferentes tipologías del proyecto, se tuvo que analizar las diferentes coordenadas geográficas en donde se ubica la zona este del país, zona en la cual se ejecutará el proyecto.

En la zona Este, el lote adjudicado de 9.000 unidades se extiende por 3 distritos: Kenema, Kailahun y Kono.

Al ser 3 distritos diferentes, lógicamente, poseen latitudes diferentes lo cual ha hecho que para cada distrito se ajustase un ángulo de inclinación específico de los paneles fotovoltaicos para aprovechar mejor la radiación solar.



En cuanto a las baterías, se contempló la fijación de ellas en un compartimiento subterráneo para prevenir el robo y garantizar la vida útil de las mismas. Para ello se estudió y analizó la distancia de profundidad para obtener una temperatura en torno a los 10-20° para que el número de ciclos de descarga no se viese alterado.

## 5.- Logística

Para la realización de este proyecto, una fase muy importante y a tener en cuenta ha sido la fase logística.

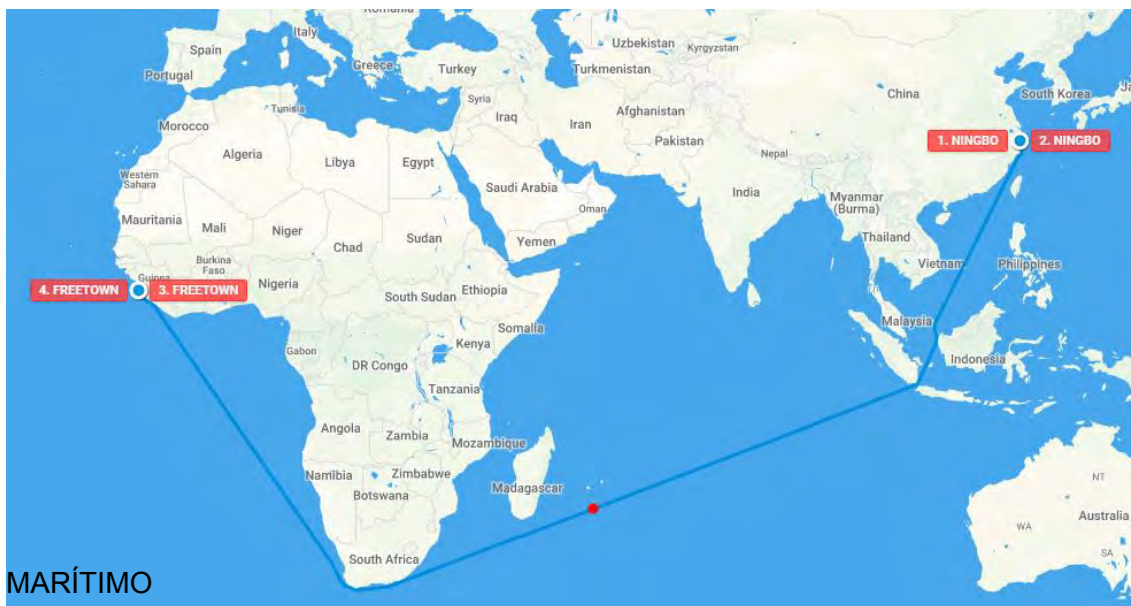
Debido al volumen del proyecto se ha tenido que analizar el método de envío (aéreo y marítimo) viendo la posibilidad de agrupar elementos en un tipo de envío u otro para encontrar la forma más rentable de ejecutarlo, sin olvidarnos de cumplir con el calendario estricto de plazos exigido por parte del gobierno de Sierra Leona.

En este caso, sin perjudicar el cumplimiento con el calendario establecido, el envío marítimo es lo más óptimo debido al peso volumétrico de algunos de los elementos que conforman el sistema fotovoltaico.

Se estableció la siguiente ruta de abastecimiento con su programa:

Ruta China – Sierra Leona

Puerto de salida:	Ningbo, China
Puerto de llegada:	Freetown, Sierra Leona
Tiempo medio de tránsito:	48 días
Número de contenedores (40HQ):	120 apróx.
Frecuencia de salidas:	Semanal



Una parte fundamental de este proceso logístico es la documentación necesaria y obligatoria para proceder al envío de los diferentes elementos.

Tiene especial mención el caso de las baterías ya que para proceder se debe disponer por parte del fabricante de las mismas, alguna documentación de suma importancia para así, evitar el bloqueo de mercancía. Por ejemplo:

- Hoja de Datos de Seguridad de Materiales (MSDS Report)
- Certificación de mercancía segura
- Carta de indemnidad

Con el fin de mantener un misma identidad gráfica en el soporte digital, CD Rom o memoria USB, que se va a editar con motivo del Simposium Nacional de Alumbrado, les rogamos mantengan los márgenes de página, así como los estilos y tamaños de letra que ya vienen preestablecidos en esta plantilla. Así mismo, los datos, la clasificación y el contenido tienen que mantenerse acorde con el abstract aprobado. Una vez tengan el proyecto finalizado, nos lo deberán enviar por correo electrónico a la dirección [cei.secretaria@ceisp.com](mailto:cei.secretaria@ceisp.com)

Please, write your papers in word format in the attached pattern.

We beg you to follow the format of the papers established in this pattern related to margins, type and size of letters, in order to make a CD Rom or pen drive edition without differences among the papers edited. Likewise, the data, classification and content must be kept in line with the approved abstract.

Once you have written your paper please send it by e-mail to:

[cei.secretaria@ceisp.com](mailto:cei.secretaria@ceisp.com)