



## **Proyecto Energía, Desarrollo y Vida. EnDev/GIZ**

### **Informe técnico**

# **Evaluación de Sistemas “Fosera Light Kit”**

**Elaborado por:**

**Universidad Nacional de Ingeniería, Lima**

**Facultad de Ciencias**

**Laboratorio de Fotometría**

## **Informe Técnico: Evaluación de Sistemas “Fosera Light Kit”**

Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú  
Prolongación Arenales 801  
Lima 18, Perú  
Teléfono: (511)422-9067  
giz-peru@pe.giz.de

Esta publicación se realizó en el marco del Proyecto Energía, Desarrollo y Vida - EnDev/GIZ

**Autor:**

Manfred Horn – Escuela de Física de la Universidad Nacional de Ingeniería

**Equipo Técnico**

Angel Verástegui  
Ana Moreno

**Cuidado de edición:**

Jossy Verde

Lima, Perú

## Informe técnico

### Evaluación de Sistemas “Fosera Light Kit”

#### 1. OBJETIVO /ANTECEDENTES

En noviembre 2010 se había firmado un contrato entre la GIZ y la UNI para evaluar en el laboratorio once diferentes lámparas LED (nuevos, de 7 fabricantes diferentes), para ser usadas en sistemas Pico FV. El 31.01.11 la UNI entregó a la GIZ el informe técnico con los resultados de estas evaluaciones de laboratorio, en las cuales las lámparas de las marcas Sundaya, Fosera y Phocos habían resultado las mejores.

El 20.07.2011 se firmó un nuevo contrato entre la GIZ y la UNI para evaluar 15 sistemas picos solares, con 2 lámparas por sistema, de las marcas Sundaya, Fosera y Phocos, que habían sido instalados y usados en comunidades rurales del Perú durante 8 meses.

El 23.01.12 la UNI recibió de la GIZ 5 sistemas Fosera 7000, con 2 lámparas por sistema, para su evaluación. Los resultados de esta evaluación en el laboratorio se presentan a continuación.

#### 2. INSPECCIÓN PRELIMINAR DE LAS LÁMPARAS

Como primer paso se tomó una foto de cada lámpara y batería para notar el estado en que llegaban al laboratorio. Luego se etiquetó cada lámpara y batería con un código, el cual nos servirá para diferenciar cada lámpara o batería de otra. La imagen 1 muestra una lámpara y una batería.



Figura 1: Lámpara LF\_UNI\_120126\_11 y caja de batería LF\_UNI\_120126\_21, tal y como llegaron al laboratorio

La tabla 1 muestra el código asignado a cada lámpara así como el nombre de la persona de la cual procede, según la información de GIZ.

**Tabla 1. Código respectivo y persona de la cual procede cada lámpara.**

| Sistema pico PV    | Código LF – UNI  | Persona de procedencia |
|--------------------|------------------|------------------------|
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_11 | Wilder Vaca            |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_12 |                        |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_13 | Segundo Vaca           |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_14 |                        |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_15 | Leider Vaca            |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_16 |                        |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_17 | Ever Facundo López     |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_18 |                        |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_19 | Luciano Jivaja Quinde  |
| Lámpara Fosera 200 | LF_UNI_120126_20 |                        |

La tabla 2 muestra el código asignado a cada caja de batería así como la persona de la cual procede.

**Tabla 2. Código respectivo y persona de la cual procede cada caja de batería.**

| Caja con batería | Código LF – UNI  | Persona de procedencia |
|------------------|------------------|------------------------|
| Fosera PSHS 7000 | LF_UNI_120126_21 | Wilder Vaca            |
| Fosera PSHS 7000 | LF_UNI_120126_22 | Segundo Vaca           |
| Fosera PSHS 7000 | LF_UNI_120126_23 | Leider Vaca            |
| Fosera PSHS 7000 | LF_UNI_120126_24 | Ever Facundo López     |
| Fosera PSHS 7000 | LF_UNI_120126_25 | Luciano Jivaja Quinde  |

En el Anexo A1 se presentan las fotografías de las 10 lámparas y de las 5 cajas de baterías tal como llegaron al laboratorio.

Observaciones del estado de las lámparas y baterías FOSERA recibidas:

- Varias lámparas llegaron muy sucias, como la LF\_UNI\_120126\_11, LF\_UNI\_120126\_12, LF\_UNI\_120126\_15, LF\_UNI\_120126\_19 y LF\_UNI\_120126\_20.
- La lámpara LF\_UNI\_120126\_14 se encontraba cubierta con una bolsa amarilla.
- Las lámparas LF\_UNI\_120126\_11 y LF\_UNI\_120126\_16 han tenido pequeñas rajaduras en el difusor (semiesfera de plástico transparente), como se muestra en el anexo A1, figuras 15 y 16.

### 3. MEDICIONES REALIZADAS

Se hicieron las mismas mediciones, usando los mismos instrumentos y el mismo procedimiento, como anteriormente con las lámparas nuevas.

#### 3.1. MEDICIONES FOTOMETRICAS

Se usó el siguiente instrumental para las mediciones fotométricas:

- Esfera Integradora: Labsphere LMS 400 (1 m diámetro)
- Espectrómetro: Labsphere CDS 1100 (350 nm – 850 nm)
- Fuente de poder para lámpara patrón: Labsphere LPS-150-0268
- Lámpara patrón Labsphere SCL-1400-B65, con 1538 lm  $\pm$  0.7 %

##### 3.1.1. PRIMERA MEDICION FOTOMETRICA

Mediciones fotométricas de las lámparas tal como llegaron al laboratorio conectadas a su respectiva batería. Las lámparas Nr. 17 y 18, conectados a su caja de batería Nr. 24 (LF\_UNI\_120126\_24), no prendieron.

**Tabla 3. Flujo luminoso, temperatura de color e IRC de las lámparas Fosera tal como llegaron al laboratorio.**

| Lámpara          | Flujo (lm) | CCT ( $^{\circ}$ K) | IRC |
|------------------|------------|---------------------|-----|
|                  | $\pm 5\%$  |                     |     |
| LF_UNI_120126_11 | 77         | 5733                | 66  |
| LF_UNI_120126_12 | 70         | 5163                | 65  |
| LF_UNI_120126_13 | 94         | 7284                | 69  |
| LF_UNI_120126_14 | 85         | 5981                | 65  |
| LF_UNI_120126_15 | 77         | 6137                | 66  |
| LF_UNI_120126_16 | 66         | 7184                | 68  |
| LF_UNI_120126_17 |            | --                  |     |
| LF_UNI_120126_18 |            | --                  |     |
| LF_UNI_120126_19 | 77         | 4954                | 65  |
| LF_UNI_120126_20 | 69         | 5833                | 65  |

**Tabla 4. Valores promedios, desviación estándar del flujo luminoso, temperatura de color e IRC de la lámparas Fosera tal y como llegaron al laboratorio.**

|   |      |                     |     |
|---|------|---------------------|-----|
| Promedio del flujo (lm)                             | 77   | desviación estándar | 9   |
| Promedio de la temperatura de color ( $^{\circ}$ K) | 6034 | desviación estándar | 841 |
| Promedio del IRC (%)                                | 66   | desviación estándar | 1.5 |

### PRIMERA DESCARGA:

Después de esta primera medición fotométrica se encendieron las lámparas (las lámparas Fosera solamente se pueden encender o apagar: no tienen diferentes niveles de intensidad), conectando en cada caso dos lámparas a su respectiva caja de batería, con el objetivo de medir el tiempo antes de que se apaguen, para obtener información referencial sobre el estado de carga de las baterías de las lámparas en el momento de recepción en el laboratorio. Después de 20 horas encendido las lámparas, estas todavía estaban prendidas, pero con un flujo luminoso muy pequeño, por lo cual se optó por apagar las lámparas. Durante este proceso de descarga no se midió la carga eléctrica y energía extraídas.

Como conclusión de estas medidas se puede indicar que las 4 cajas de batería que eran operativas tenían sus baterías bien cargadas. Por otro lado, si comparamos los flujos luminosos de las tablas 3 y 4 con los obtenidos con las mismas lámparas, pero limpias (ver abajo, tablas 5 y 6), se observa un flujo luminoso reducido, causado por la suciedad de las lámparas.

### 3.1.2. SEGUNDA MEDICIÓN FOTOMÉTRICA

Después de cargar las baterías totalmente (ver 3.2.1.) y limpiar las lámparas, se realizó una segunda medición fotométrica. También se midió datos de corriente, voltaje y potencia extraídos de las baterías durante esta evaluación fotométrica. Estos datos se encuentran en la tabla 5.

**Tabla 5: Flujo luminoso, temperatura de color e IRC de las lámparas “FOSERA” limpias y con su respectiva batería totalmente cargada.**

| Lámpara              | Flujo (lm)<br>±5% | CCT (°K) | IRC | Voltaje (V)<br>±0.01 | Corriente (mA)<br>±0.1 | Potencia (W)<br>±0.003 | Eficacia (lm/W) |
|----------------------|-------------------|----------|-----|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| LF_UNI_120126_1<br>1 | 92                | 6088     | 66  | 3.32                 | 299.0                  | 0.99                   | 92.7            |
| LF_UNI_120126_1<br>2 | 83                | 5729     | 65  | 3.33                 | 190.0                  | 0.63                   | 131.2           |
| LF_UNI_120126_1<br>3 | 94                | 7316     | 69  | 3.32                 | 313.0                  | 1.04                   | 90.5            |
| LF_UNI_120126_1<br>4 | 99                | 5995     | 65  | 3.32                 | 271.0                  | 0.90                   | 110.4           |
| LF_UNI_120126_1<br>5 | 90                | 6136     | 66  | 3.32                 | 251.0                  | 0.83                   | 108.4           |
| LF_UNI_120126_1<br>6 | 93                | 7225     | 69  | 3.32                 | 323.0                  | 1.07                   | 86.7            |
| LF_UNI_120126_1<br>7 | 79                | 5990     | 65  | 3.32                 | 229.0                  | 0.76                   | 103.9           |
| LF_UNI_120126_1<br>8 | 78                | 7282     | 69  | 3.33                 | 229.0                  | 0.76                   | 102.3           |
| LF_UNI_120126_1<br>9 | 103               | 6131     | 66  | 3.32                 | 313.0                  | 1.04                   | 99.1            |
| LF_UNI_120126_2<br>0 | 98                | 6098     | 66  | 3.32                 | 279.0                  | 0.93                   | 105.4           |

Observación: No se pudo cargar la batería de la caja LF\_UNI\_120126\_24, era malograda, pero el circuito electrónico de esa caja funcionó bien. Por eso, las lámparas Nr 17 y 18 (LF\_UNI\_120126\_17 y LF\_UNI\_120126\_18) se midieron con su caja de batería correspondiente, la Nr. 24 ( LF\_UNI\_120126\_24), pero colocando en esta caja la batería de la caja Nr.25 ( LF\_UNI\_120126\_25).

**Tabla 6. Valores promedios, desviación estándar del flujo luminoso, temperatura de color, IRC y eficacia de las lámparas FOSERA limpias y con su respectiva batería totalmente cargada.**

|   |      |                     |     |
|---|------|---------------------|-----|
| Promedio del flujo (lm)                 | 91   | desviación estándar | 7   |
| Promedio de la temperatura de color (K) | 6399 | desviación estándar | 593 |
| Promedio de IRC (%)                     | 66   | desviación estándar | 1.6 |
| Promedio de la eficacia (lm/W)          | 103  | desviación estándar | 14  |

### 3.1.3 MEDICION DE LA ILUMINACION SOBRE UNA MESA DE 1 m<sup>2</sup>

Se realizó la medida de iluminación sobre una mesa de trabajo de 1m<sup>2</sup>, con las baterías completamente cargadas, con los resultados indicados en la tabla 7: I<sub>c</sub> es la iluminación en la parte central de la mesa, I<sub>b</sub> la iluminación en el borde, h es altura de la lámpara encima de la mesa para la cual I<sub>b</sub> es máxima.

El mapeo de la iluminancia se encuentra en el Anexo A4., con un ejemplo en la Fig 2.

**Tabla 7. Iluminación sobre una mesa de trabajo de 1 m<sup>2</sup>.**

| Lámpara          | I <sub>c</sub> (lux) ± 1 | I <sub>b</sub> (lux) ± 1 | h (cm) ± 1 |
|------------------|--------------------------|--------------------------|------------|
| LF_UNI_120126_14 | 146                      | 23                       | 62         |
| LF_UNI_120126_19 | 166                      | 30                       | 62         |

Se hicieron las medidas en un área de 1 m<sup>2</sup> de un círculo de radio r = 56 ± 0.5 cm.

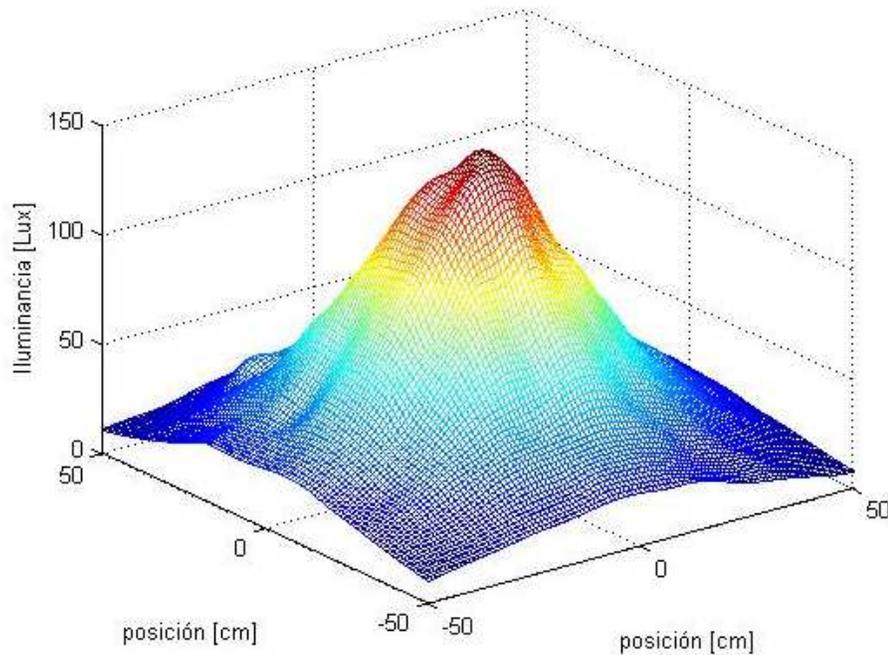


Fig.2. Mapeo, en 3D, de la iluminancia en 1 m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_120126\_14.

### 3.2. MEDICIONES ELECTRICAS DE LA BATERIA.

- Multímetro: Fluke 45 dual display multimeter  $\pm 0.003\%$
- Shunt: Bader 10 m $\Omega$   $\pm 0.1\%$  (medición de corriente)
- Fuente de alimentación para las baterías: Gw Instek GPR1810 OHD (carga de baterías)
- Luxmeter: Lutron modelo: LX – 1108  $\pm 0.1 \%$

#### 3.2.1. PRIMERA CARGA:

Después de haber realizado la primera descarga de las lámparas, se realizó la primera carga, alimentando el circuito electrónico de la lámpara con una fuente de voltaje – corriente que simula un panel con las características:  $V_{max} = 4,0 \text{ V}$  y  $I_{max} = 1.20 \text{ A}$ .

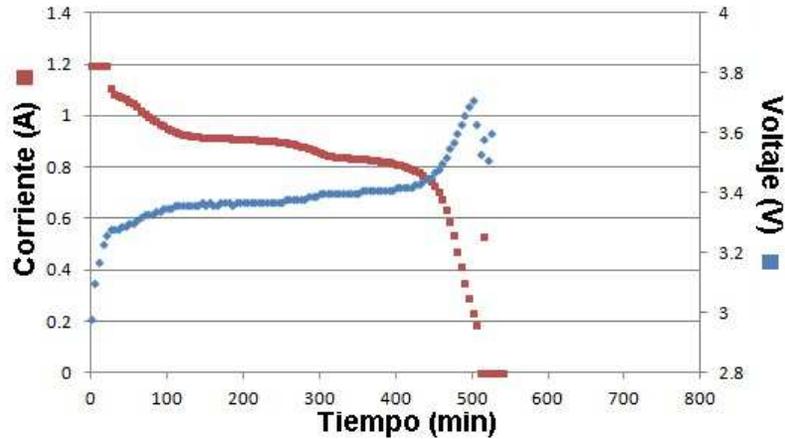


Fig. 3. Proceso de carga de la batería LF\_UNI\_120126\_22

La Fig.3 demuestra las curvas de la corriente (medidas con un shunt de 10 mΩ) y del voltaje de la batería de la LF\_UNI\_120126\_22 durante este proceso de carga. En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos para las 4 baterías, todas muy parecidas a las de la figura 3, que están dadas en el anexo A2.

Tabla 8: Carga eléctrica y energía entregadas a las baterías después de la primera descarga.

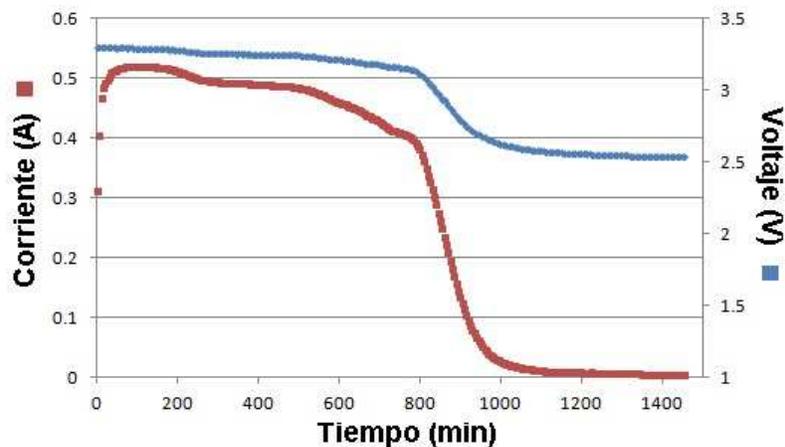
| Batería                    | Carga (Ah)  | Energía (Wh) |
|----------------------------|-------------|--------------|
| LF_UNI_120126_2_1          | 7.30        | 24.70        |
| LF_UNI_120126_2_2          | 7.31        | 24.71        |
| LF_UNI_120126_2_3          | 7.21        | 24.79        |
| LF_UNI_120126_2_4          | -           | -            |
| LF_UNI_120126_2_5          | 7.34        | 25.45        |
| <b>Promedio</b>            | <b>7.29</b> | <b>24.81</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>0.05</b> | <b>0.29</b>  |

Cabe resaltar que los valores de la carga eléctrica así obtenidas eventualmente no son las cargas totales que pueden almacenar las baterías pues la primera descarga no fue una descarga profunda, sino solamente hasta que se apagó las lámparas LEDs debido a que su flujo era mínimo.

### 3.2.2. SEGUNDA DESCARGA

Una vez cargado por completo todas las baterías (ver 3.2.1.), y realizada las mediciones fotométricas (ver 3.1.2), se procedió a descargar las baterías a través de sus circuitos electrónicos respectivos, conectando dos lámparas en cada caso. Este proceso se cortó después de 24 horas, debido a que la corriente en este momento era muy pequeño. Para permitir una descarga profunda, se reemplazó las lámparas por una resistencia de 6,6 ohm, que simulaba la carga de dos lámparas. Este procedimiento se realizó con la batería LF\_UNI\_120126\_25.

Todas las curvas de descarga de las 4 baterías son similares,. En la Fig. 4 se demuestra, como ejemplo, la descarga de la batería LF\_UNI\_120126\_21. En el anexo A3 se muestra las curvas de descarga de las 4 baterías.



**Fig. 4. Curvas de descarga de la lámpara LF\_UNI\_120126\_22**

La siguiente tabla 9 indica las cargas eléctricas y las energías que se ha extraído al descargar las baterías, completamente cargadas, durante 24 horas a través de su circuito respectivo.

**Tabla 9: Segunda descarga: Carga eléctrica y energía extraídas de las baterías previamente completamente cargadas**

| Caja de batería            | Carga(Ah)   | Energía(Wh)  |
|----------------------------|-------------|--------------|
| LF_UNI_120126_21           | 6.98        | 22.42        |
| LF_UNI_120126_22           | 6.98        | 22.42        |
| LF_UNI_120126_23           | 7.01        | 22.51        |
| LF_UNI_120126_24           | -           | -            |
| LF_UNI_120126_25           | 7.34        | 24.47        |
| <b>Promedio</b>            | <b>7.12</b> | <b>23.01</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>0.18</b> | <b>0.69</b>  |

**Tabla 10. Eficiencia de la batería con los datos de proceso de carga y descarga**

| EFICIENCIA       |                |       |                    |              |       |                    |
|------------------|----------------|-------|--------------------|--------------|-------|--------------------|
| Batería          | Carga - Q (Ah) |       | Eficiencia Coulomb | Energía (Wh) |       | Eficiencia Energía |
|                  | Descarga       | Carga |                    | Descarga     | Carga |                    |
| LF_UNI_120126_21 | 6.98           | 7.30  | 0.96               | 22.42        | 24.70 | 0.91               |
| LF_UNI_120126_22 | 6.98           | 7.31  | 0.95               | 22.42        | 24.71 | 0.91               |
| LF_UNI_120126_23 | 7.01           | 7.21  | 0.97               | 22.51        | 24.79 | 0.91               |
| LF_UNI_120126_24 | -              | -     | -                  | -            | -     | -                  |
| LF_UNI_120126_25 | 7.34           | 7.34  | 1                  | 24.47        | 25.45 | 0.94               |

**Tabla 11. Promedio y desviación estándar de la eficiencia Coulomb y eficiencia Energética**

|                                   |      |                     |      |
|-----------------------------------|------|---------------------|------|
| Promedio de Eficiencia Coulomb    | 0.98 | Desviación estándar | 0.02 |
| Promedio de Eficiencia Energética | 0.93 | Desviación estándar | 0.02 |

Para hallar el DOD (Depth of Discharge), después del procedimiento indicado anteriormente, se descargó la batería LF\_UNI\_120126\_25 completamente, reemplazando el circuito electrónico del sistema Fosera PSHS 7000 después de 24 horas por una resistencia equivalente, de 6.6 Ω.

**Tabla 12. Cálculo del DOD de la batería de Li – Ion del Sistema Fosera**

| Batería          | Q <sub>1</sub> (Ah) | Q <sub>2</sub> (Ah) | R (Ω) | DOD  |
|------------------|---------------------|---------------------|-------|------|
| LF_UNI_120126_25 | 7.34                | 0.02                | 6.6   | 1.00 |

Q<sub>1</sub> : Carga extraída hasta que la lámpara se encuentra en un flujo mínimo.  
 Q<sub>2</sub> : Carga extraída con resistencia R  
 R: Resistencia que simula el circuito integrado  
 DOD (Descarga Profunda) =  $Q_1 / (Q_1 + Q_2)$

Conclusión: El DOD = 1 medido indica que el circuito electrónico descarga las baterías prácticamente en su totalidad, sin dejar una carga restante.

### 3.3. MEDICION DEL FLUJO LUMINOSO CON EL TIEMPO

Para evaluar el tiempo de encendido y la variación de la intensidad luminosa a través del tiempo, se acondicionó una caja negra y se usó el luxmeter Lutron LX – 1108. El equipo evaluado fue el LF\_UNI\_120126\_19, con las dos lámparas conectadas y encendidas. Los resultados se muestran en la tabla 13 y en la figura 5

Tabla 13. Intensidad luminosa vs tiempo

| INTENSIDAD LUMINOSA VS TIEMPO |                      |            |            |
|-------------------------------|----------------------|------------|------------|
|                               | Tiempo encendido (h) | Máximo (%) | Mínimo (%) |
| 2 lámparas conectadas         | 23.25                | 100        | 75         |

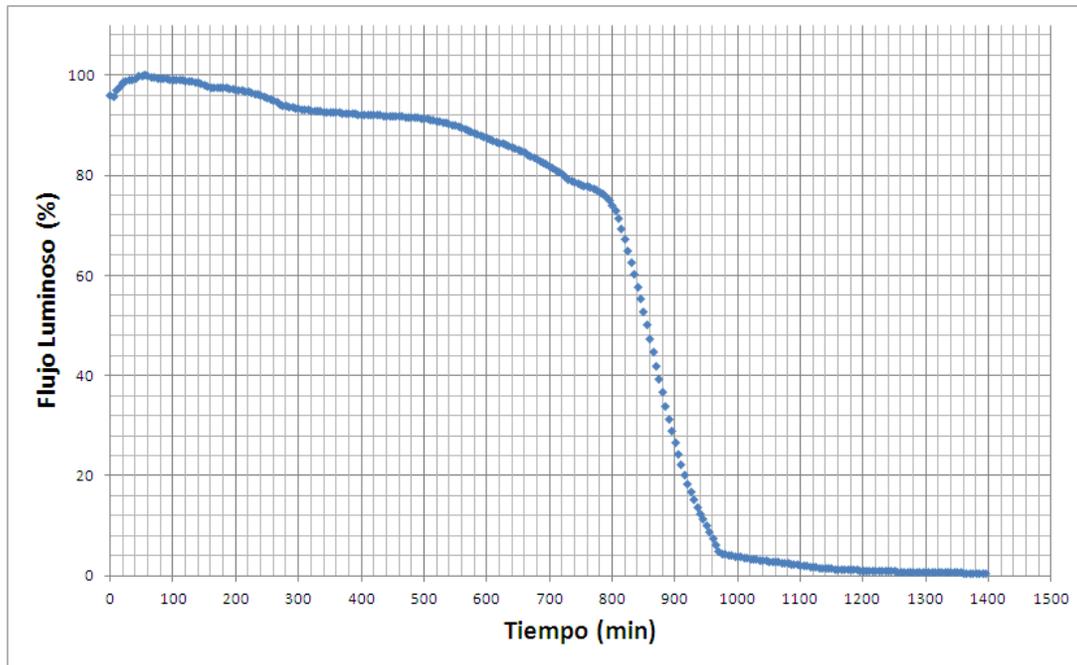


Fig.5. Comportamiento del flujo con el tiempo de la lámpara LF\_UNI\_120126\_19

#### 4. OBSERVACIONES

- Todas la lámparas sin excepción tenían la pita, que sirve con interruptor, completamente sucia; esto reduce, pero no significativamente, el flujo luminoso de la lámpara.
- No se encontró una cantidad relevante de residuos de insectos en los interiores de las lámparas ni en las baterías.
- La batería de la caja LF\_UNI\_120126\_24 llegó en estado inoperativo al laboratorio, a pesar de que en la bolsa en la que vino decía “Operativo”.
- Se respetó en todo momento la relación de procedencia que existía entre lámparas-batería, con excepción de LF\_UNI\_120126\_24 debido a que sus baterías se encuentran inoperativas.

## 5. CON CLUSIONES

- Las 10 lámparas FOSERA evaluadas tienen un flujo luminoso promedio de 91 lm, y una alta eficacia, con promedio de  $103 \pm 3,9$  lm/W. Estos valores de la luminosidad y eficacia son altos, pero algo inferiores (85 %) a los valores de la lámpara nueva evaluada anteriormente: La lámpara nueva anterior ha tenido un flujo de 122.4 lm y una eficacia de 118.8 lm/W.
- Si bien la eficacia luminosa de todas las 10 lámparas, junto con su circuito electrónico, es alta, llama la atención la gran dispersión en la potencia eléctrica extraída de las baterías, que fluctúa entre 0,63 W y 1,04 W. Si consideramos que estas lámparas tienen un consumo nominal de 1 W, y si aceptamos una tolerancia de  $\pm 10$  %, 4 de las 10 lámparas están fuera de este rango. (Parece que esta dispersión es más causada por las lámparas LEDs que por el correspondiente circuito electrónico, como indica la diferencia de potencias de las lámparas Nr. 11 y 12, 0,99 W y 0,63 W, respectivamente, conectadas ambas al mismo circuito Nr.21.)
- El flujo luminoso de las lámparas disminuye lentamente a 75 % de su valor inicial en un período de 13,25 horas (con las dos lámparas conectadas), para disminuir después fuertemente, pero sin apagarse por completo, ni en 24 horas.
- Una batería de las 5 evaluadas era malograda. Sin embargo, el circuito electrónico respectivo, y las 2 lámparas de este sistema, funcionan bien si se coloca una batería buena. Para las 4 baterías restantes se midió capacidades de 6,98 – 7,34 Ah, respectivamente 22,42 – 24,47 Wh, con un promedio de 7.12 Ah y 23.01 Wh y un DOD = 1,0. Al comparar estos valores con los medidos anteriormente con una lámpara nueva, 7.71 Ah y 24.60 Wh, se observa que las 4 baterías tienen todavía capacidades de carga similares a la de la batería nueva anterior.
- Según el tipo de baterías de Li Ion, descargas de 100 % (DOD = 1) pueden eventualmente dañarlas. No se conoce la composición de las baterías en el presente caso, pero el DOD = 1 medido es tal vez la causa que una batería se ha malogrado (En las mediciones anteriores, con un equipo nuevo, se obtuvo DOD = 0.98)
- En resumen, y salvo el caso de una batería malograda, los equipos, después de 8 meses de uso en el campo, tienen características fotométricas y eléctricas muy similares a las del equipo nuevo evaluado anteriormente.

Lima, 23 de febrero de 2012



Manfred Horn  
Profesor, Responsable del Laboratorio de Fotometría

## ANEXOS.

**A1.Imágenes de las lámparas:** Se muestran las imágenes de las lámparas tal y como llegaron al laboratorio. Además de algunas relevantes características.



Figura 1. Lámpara LF\_UNI\_120126\_11



Figura 2. Lámpara LF\_UNI\_120126\_12



Figura 3. Lámpara LF\_UNI\_120126\_13



Figura 4. Lámpara LF\_UNI\_120126\_14



Figura 5. Lámpara LF\_UNI\_120126\_15



Figura 6. Lámpara LF\_UNI\_120126\_16



Figura 7. Lámpara LF\_UNI\_120126\_17



Figura 8. Lámpara LF\_UNI\_120126\_18



Figura 9. Lámpara LF\_UNI\_120126\_19



Figura 10. Lámpara LF\_UNI\_120126\_20



Figura 11. Batería LF\_UNI\_120126\_21



Figura 13. Batería LF\_UNI\_120126\_23



Figura 12. Batería LF\_UNI\_120126\_22



Figura 14. Batería  
LF\_UNI\_120126\_24.



Figura 15. Batería LF\_UNI\_120126\_25.

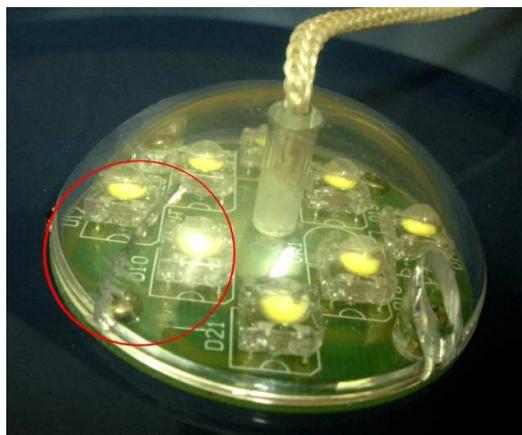


Figura 16: Raja de la lámpara LF\_UNI\_120126\_11

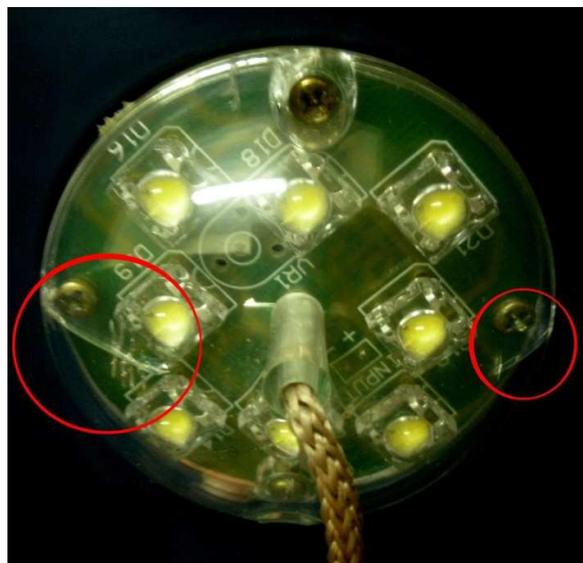


Figura 17: Raja de la lámpara LF\_UNI\_120126\_16

**A2. Curvas de carga:** Curvas de la primera carga, punto 3.2.1 del informe, de las baterías de las lámparas Fosera.

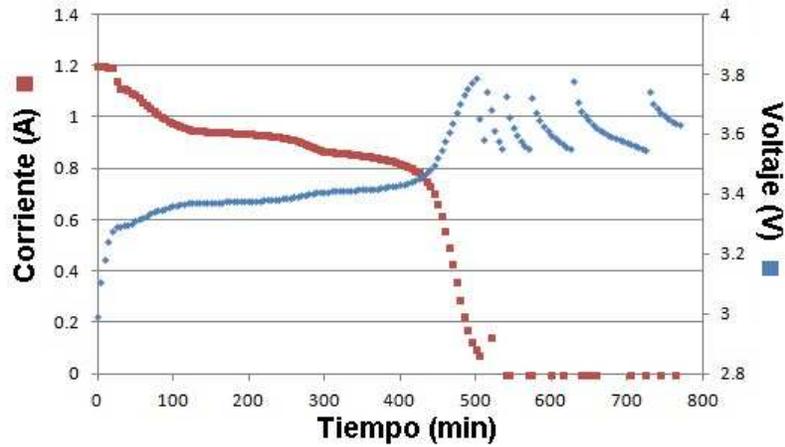


Figura 18. Comportamiento de la corriente y voltaje en la carga de la batería LF\_UNI\_120126\_21

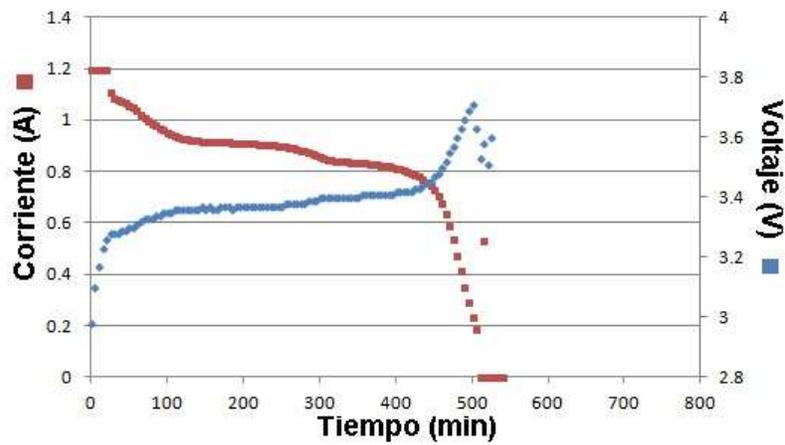


Figura 19. Comportamiento de la corriente y voltaje en la carga para la batería LF\_UNI\_120126\_22

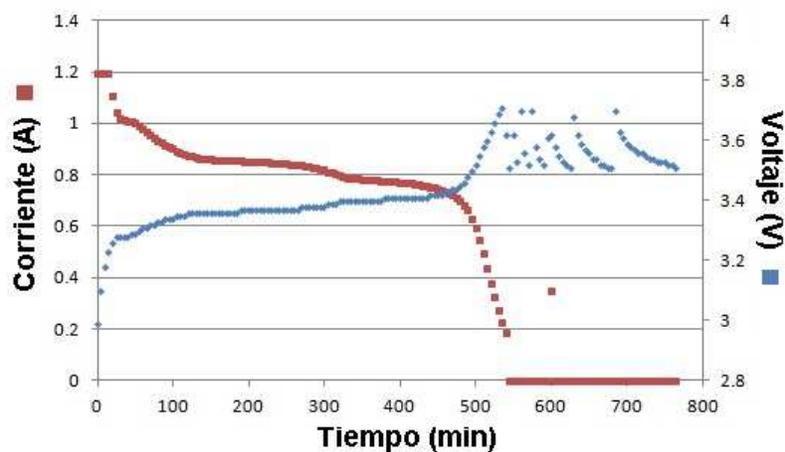


Figura 20. Comportamiento de la corriente y voltaje en la carga para la batería LF\_UNI\_120126\_23

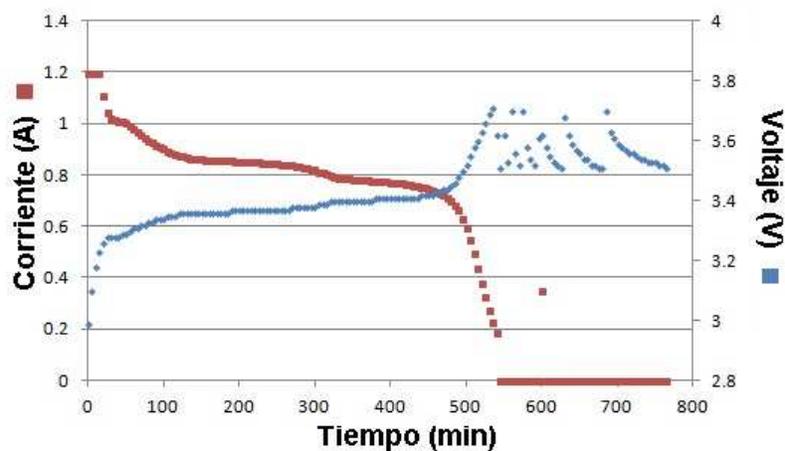


Figura 21. Comportamiento de la corriente y voltaje en la carga para la batería LF\_UNI\_120126\_25

**A3. Curvas de la descarga:** Curvas de la segunda descarga, punto 3.2.2 del informe, de las baterías de las lámparas FOSERA.

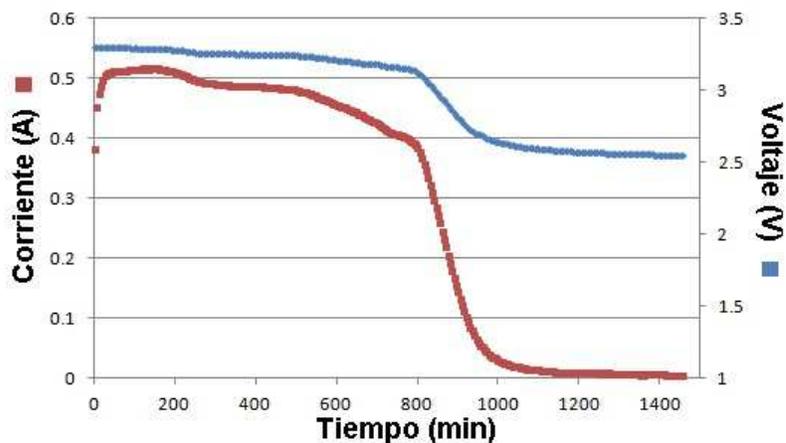


Figura 22. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería LF\_UNI\_120126\_21

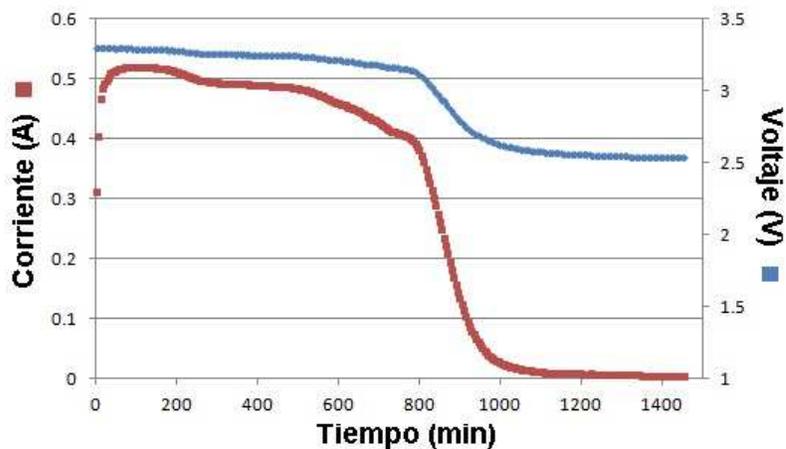


Figura 23. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería LF\_UNI\_120126\_22

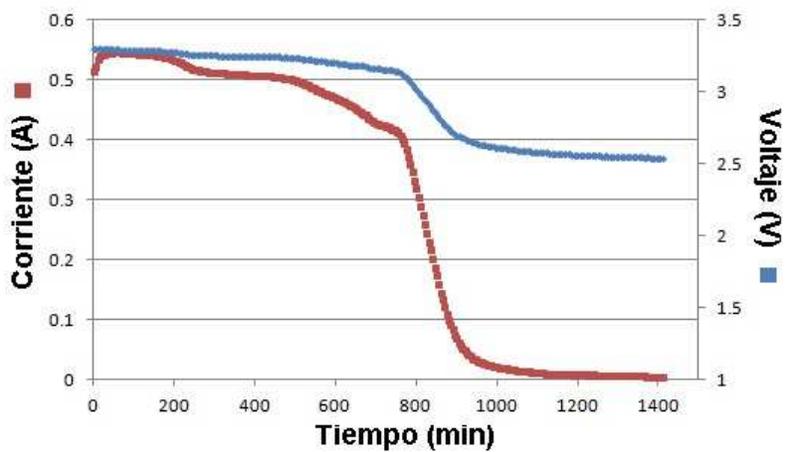


Figura 24. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería LF\_UNI\_120126\_23

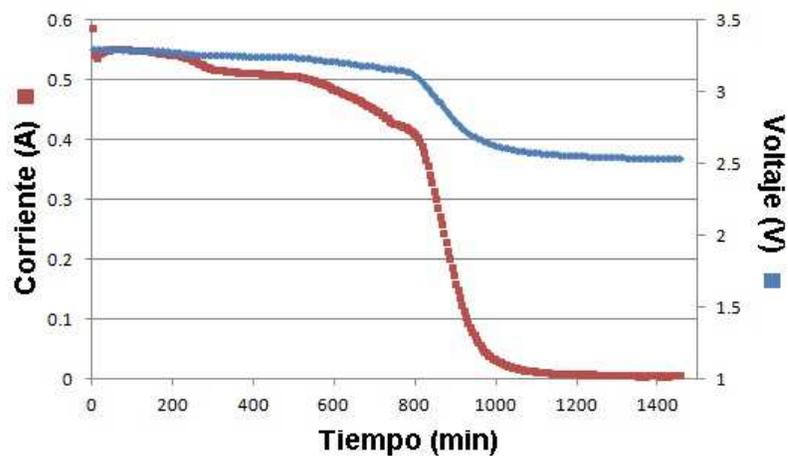


Figura 25a. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería LF\_UNI\_120126\_25

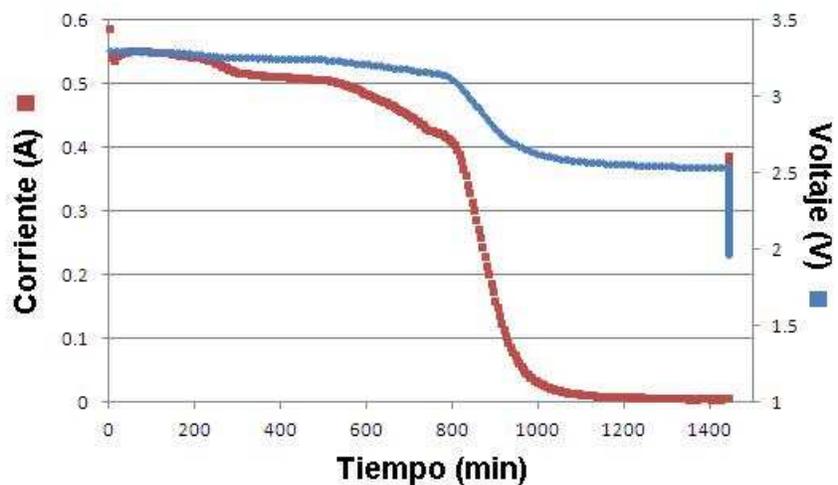


Figura 25b: Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga, incluyendo la descarga profunda, para la batería LF\_UNI\_120126\_25

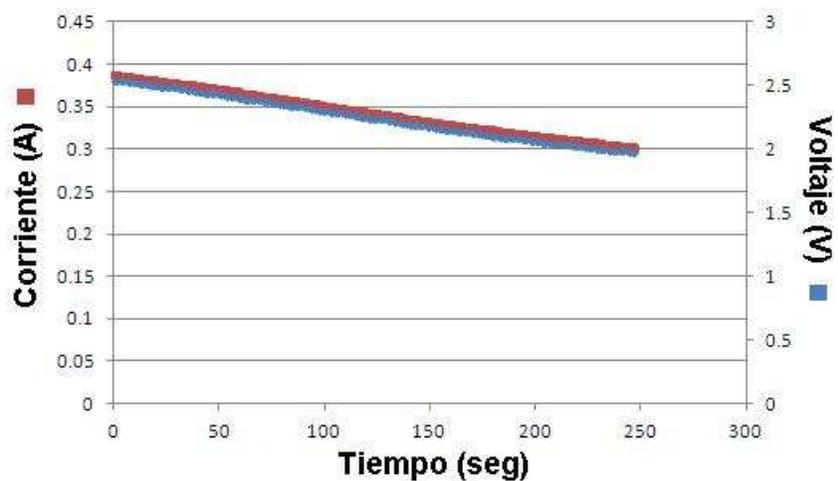


Figura 25c: Comportamiento de la corriente y voltaje al final de la descarga profunda, para la batería LF\_UNI\_120126\_25, conectada a una resistencia de 6.6 Ω (ojo: la escala de tiempo es en segundos, y no en minutos, como en las figuras anteriores)

**A4: Mapeo de las lámparas.** Mapeo de las lámparas LF\_UNI\_120126\_14 y LF\_UNI\_120126\_19.

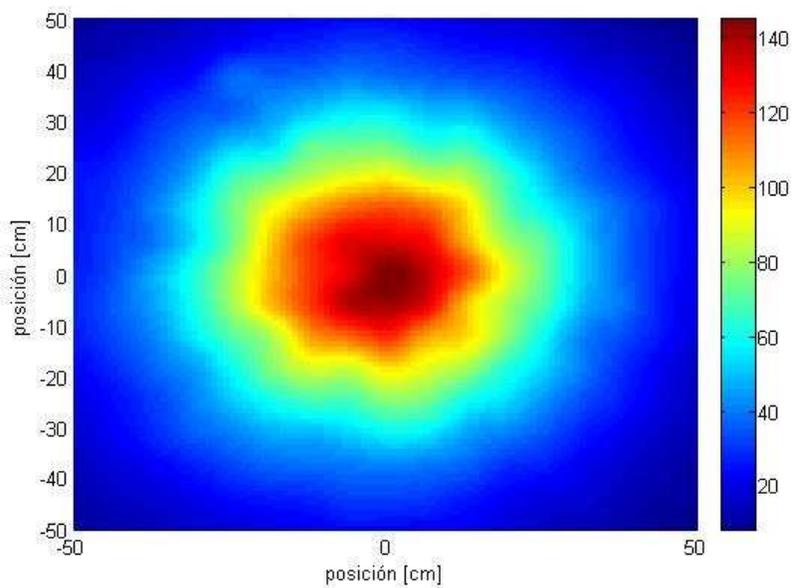


Figura 27. Mapeo de iluminancia en  $1\text{m}^2$  de la lámpara LF\_UNI\_120126\_14

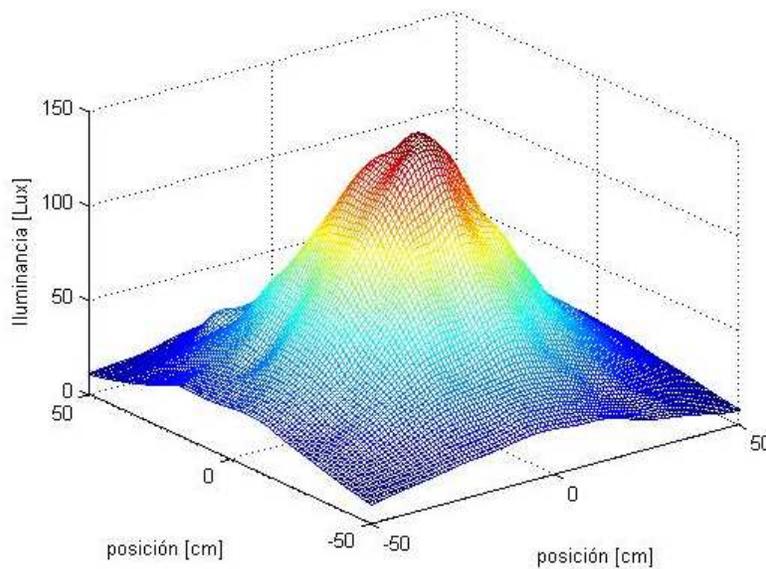


Figura 28. Mapeo de la iluminancia en  $1\text{m}^2$  de la lámpara LF\_UNI\_120126\_14 en 3D.

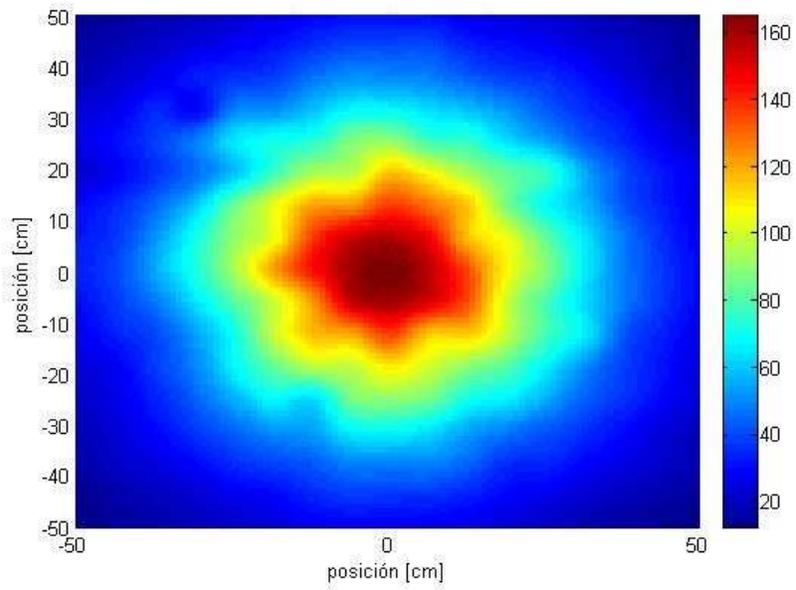


Figura 29. Mapeo de la iluminancia en 1m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_120126\_19

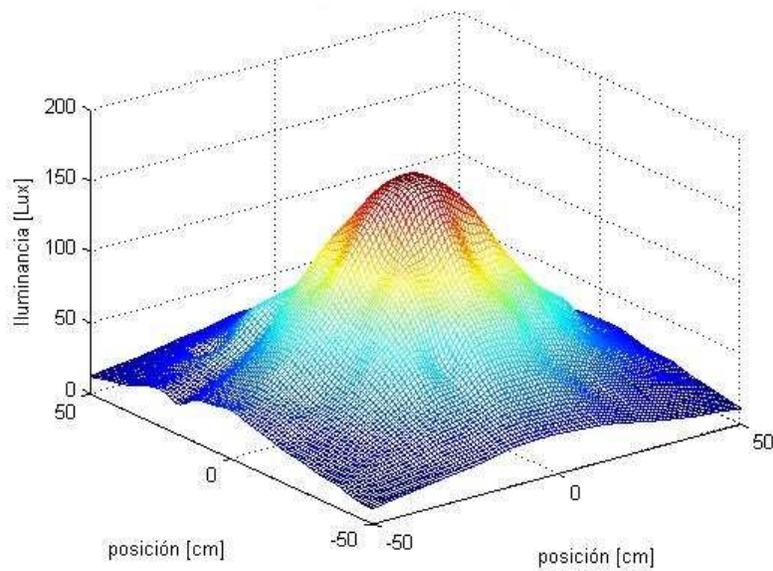


Figura 30. Mapeo de la iluminancia en 1m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_120126\_19 en 3D