

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,

MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA



## DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED CON CELDAS SOLARES AUTÓNOMAS PARA ÁREAS EXTERNAS DE LA U.C.S.M.

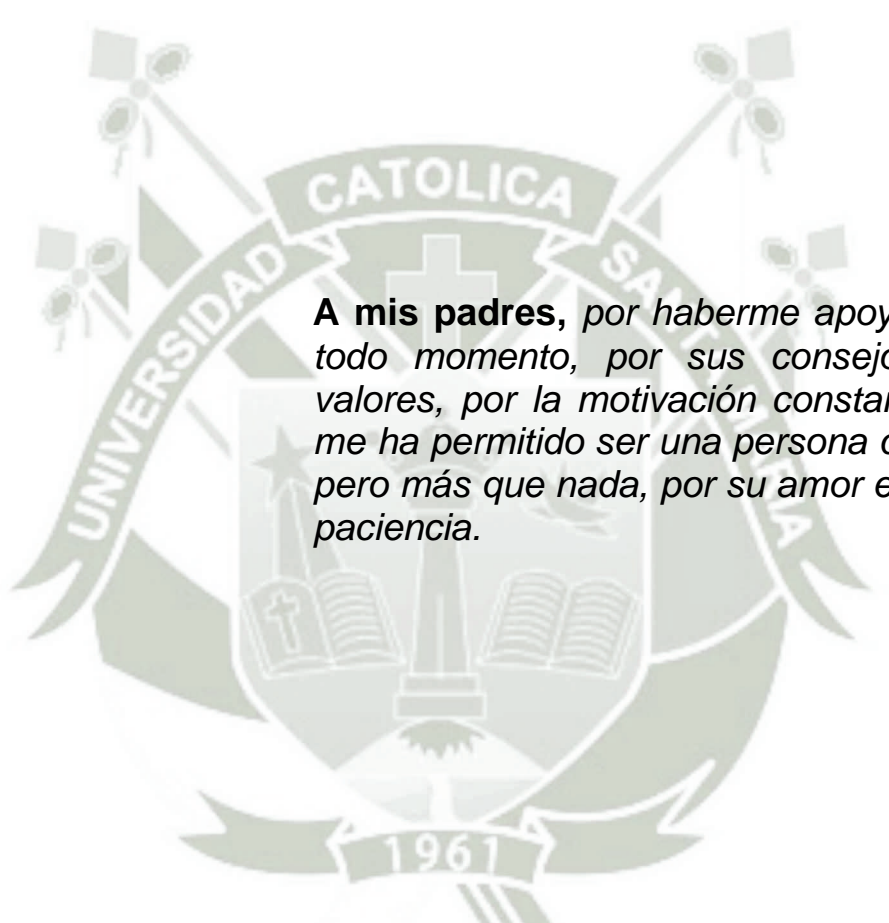
Tesis presentada por el Bachiller:  
JAIRO ROBERTO GARCÍA DOMENIQUE

Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AREQUIPA – PERÚ

2017

**A Dios**, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.



**A mis padres**, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor e infinita paciencia.

**A mi hermana**, por su paciencia, comprensión y ayuda desinteresada, por mucho amor a todos aquellos por su apoyo y colaboración.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES.....</b>	<b>13</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	13
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1. Objetivo General .....	14
1.2.2. Objetivos Específicos.....	14
1.3. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	14
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1. ILUMINACIÓN .....	16
2.2. LUZ.....	16
2.3. PROPIEDADES CROMÁTICAS DE LA LUZ.....	18
2.3.1. Temperatura de Color (Tc).....	18
2.3.2. Índice de Rendimiento Cromático (IRC).....	19
2.4. MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS.....	20
2.4.1. Flujo Luminoso.....	20
2.4.2. Intensidad Luminosa .....	20
2.4.3. Iluminancia o Nivel de Iluminación .....	21
2.4.4. Luminancia.....	21
2.5. LÁMPARA.....	22
2.5.1. Criterios que definen el rendimiento de una lámpara.....	22
2.5.2. Principales Tipos de Lámparas .....	23
2.6. LUMINARIAS.....	33
2.6.1. Clasificación de las Luminarias.....	35
2.7. ENERGÍA SOLAR .....	38
2.7.1. Efecto Fotoeléctrico y Efecto Fotovoltaico. ....	39
2.7.2. Celdas Solares.....	40
2.7.3. Tipos de Celdas Solares .....	41

2.7.4.	Circuito Equivalente de una Celda Solar.....	43
2.7.5.	Curva Característica .....	44
2.7.6.	Influencia de la Radiación en la Eficiencia de una Celda Solar	46
2.7.7.	Influencia de la Temperatura en la Eficiencia de una Celda Solar .....	46
2.7.8.	Paneles o Módulos Solares.....	47
2.8.	SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	50
2.8.1.	Topologías de Sistemas Fotovoltaicos.....	50
2.8.2.	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.....	52
2.9.	ELEMENTOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	53
2.9.1.	Arreglos Fotovoltaicos.....	54
2.9.2.	Reguladores de Carga .....	55
2.9.3.	Acumuladores o Baterías .....	57
2.9.4.	Inversores .....	61
2.9.5.	Ventajas de la energía solar fotovoltaica .....	63
2.10.	LA RADIACIÓN SOLAR .....	64

**CAPITULO III: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTÓNOMO  
BASADO EN LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO LED Y ALIMENTADO POR  
PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LAS ÁREAS EXTERNAS DEL CAMPUS  
DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA .....**

3.1.	SELECCIÓN DEL TIPO DE LÁMPARA.....	67
3.1.1.	Estudio del área a iluminar.....	67
3.1.2.	Estudio de los tipos de lámparas utilizados en sistemas fotovoltaicos. ....	68
3.1.3.	Estudio de las lámparas existentes en el mercado. ....	73
3.2.	CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	75
3.2.1.	Paneles solares fotovoltaicos.....	77
3.2.2.	Comportamiento del panel fotovoltaico .....	79
3.2.3.	HPS (Paneles solares fotovoltaicos) .....	82
3.2.4.	Potencia de los paneles solares fotovoltaicos.....	84

3.3.	REGULADOR DE CARGA .....	85
3.4.	INVERSOR DE VOLTAJE .....	87
3.5.	BATERÍAS O ACUMULADORES .....	89
3.5.1.	Características de las baterías.....	91
3.5.2.	Mantenimiento y vida útil de los acumuladores.....	92
3.6.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....	93
3.6.1.	Factores para la colocación de los paneles fotovoltaicos .....	94
3.7.	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO. ....	96
3.7.1.	Recopilación de Información de las Características Geográficas y Meteorológicas de la zona.....	96
3.7.2.	Análisis de consistencia de datos de irradiación solar. ....	98
3.8.	DISEÑO DEL REGULADOR DE CARGA DE BATERÍAS. ....	106
3.9.	CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.....	109
 <b>CAPITULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>111</b>
4.1.	CALCULO DE ILUMINACIÓN DE LAS ÁREAS EXTERNAS .....	111
4.2.	PLANIMETRÍA DE LA UCSM CON LA ILUMINACIÓN PLANTEADA .	120
4.3.	MEMORIA DESCRIPTIVA.....	122
4.4.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE.....	123
4.5.	PROTOCOLO DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS EQUIPOS.....	126
4.6.	ETAPAS DE LA INSTALACIÓN .....	128
4.6.1.	Etapa A.- Aspectos mecánicos .....	128
4.6.2.	Etapa B.- Aspectos eléctricos .....	131
4.6.3.	Etapa C.- Aspectos operacionales .....	133
4.6.4.	Problemas frecuentes en sistemas fotovoltaicos .....	135
 <b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>137</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>142</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>143</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Espectro electromagnético. ....	17
<b>Figura 2:</b> Intensidad Luminosa .....	21
<b>Figura 3:</b> Luminancia de una Superficie .....	21
<b>Figura 4:</b> Lámpara Incandescente Convencional .....	24
<b>Figura 5:</b> Lámpara Fluorescente Tubular .....	25
<b>Figura 6:</b> Lámpara Fluorescente compacta vs. Lámpara Incandescente Convencional.....	26
<b>Figura 7:</b> Lámpara de Mercurio a Alta Presión.....	27
<b>Figura 8:</b> Lámpara de Luz Mixta.....	29
<b>Figura 9:</b> Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión.....	30
<b>Figura 10:</b> Lámpara de Sodio a Alta Presión.....	30
<b>Figura 11:</b> Esquema Básico de un Led. ....	31
<b>Figura 12:</b> Estructura del Chip de un LED.....	32
<b>Figura 13:</b> Características Mecánicas de las Luminarias. ....	36
<b>Figura 14:</b> Alcance Longitudinal. ....	36
<b>Figura 15:</b> Apertura Transversal.....	37
<b>Figura 16:</b> Corte Transversal de una Celda Solar .....	40
<b>Figura 17:</b> Celdas de silicio monocristalino vs. celdas de silicio policristalino .	43
<b>Figura 18:</b> Circuito equivalente de una Celda Solar .....	44
<b>Figura 19:</b> Curva corriente vs. tensión de una celda solar. ....	44
<b>Figura 20:</b> Variación de la corriente y tensión con la radiación. ....	46
<b>Figura 21:</b> Variación de la corriente y tensión con la temperatura.....	47
<b>Figura 22:</b> Topología de sistema fotovoltaico para cargas DC .....	51

<b>Figura 23:</b> Topología de sistema fotovoltaico para cargas DC y AC .....	52
<b>Figura 24:</b> Sistema Fotovoltaico conectado a la Red .....	53
<b>Figura 25:</b> Arreglo fotovoltaico.....	55
<b>Figura 26:</b> Regulador tipo serie .....	56
<b>Figura 27:</b> Regulador tipo paralelo .....	57
<b>Figura 28:</b> Diferentes formas de onda de corriente alterna a 60Hz. ....	62
<b>Figura 29:</b> La radiación solar mundial.....	65
<b>Figura 30:</b> Radiación directa, difusa y reflejada.....	66
<b>Figura 31:</b> Luminario de LEDS 48W, 24VCD para iluminación exterior seleccionado .....	74
<b>Figura 32:</b> Sistema solar fotovoltaico con cargas de corriente alterna .....	76
<b>Figura 33:</b> Sistema solar fotovoltaico con cargas de corriente continua.....	77
<b>Figura 34:</b> Elementos de un panel fotovoltaico.....	78
<b>Figura 35:</b> Paneles solares con exposición solar .....	81
<b>Figura 36:</b> Diagrama HPS (horas de picos solar) .....	83
<b>Figura 37:</b> Mapa solar de HPS .....	84
<b>Figura 38:</b> Regulador de carga Morningstar - SunSaver .....	86
<b>Figura 39:</b> Conexiones del regulador de carga.....	87
<b>Figura 40:</b> Inversor de voltaje VECO 400 Watt .....	88
<b>Figura 41:</b> Baterías de almacenamiento de energía solar Millenium.....	91
<b>Figura 42:</b> Baterías libres de mantenimiento de ciclo profundo.....	92
<b>Figura 43:</b> Ángulo de orientación.....	94
<b>Figura 44:</b> Ángulo de inclinación .....	95
<b>Figura 45:</b> Regulador de carga seleccionado .....	107
<b>Figura 46:</b> Instalación de un sistema fotovoltaico con seguridad .....	124

<b>Figura 47:</b> Propuesta del Poste de Iluminación o Farola Solar.....	125
<b>Figura 48:</b> Posibilidades de instalación del panel fotovoltaico .....	129
<b>Figura 49:</b> Esquema general de conexiones eléctricas .....	132
<b>Figura 50:</b> Conexión de los cables con terminales tipo ojo.....	133



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Apariencia de color vs Temperatura de color .....	19
<b>Tabla 2:</b>	Índice de rendimiento cromático de acuerdo a la fuente de luz.....	19
<b>Tabla 3:</b>	Clases de Luminarias según su Protección Eléctrica.....	35
<b>Tabla 4:</b>	Tipos de Alcance.....	37
<b>Tabla 5:</b>	Tipos de Apertura.....	38
<b>Tabla 6:</b>	Tipos de Control.....	38
<b>Tabla 7:</b>	Ángulo de inclinación óptimo según la latitud.....	50
<b>Tabla 8:</b>	Comparación consumo/costo de los sistemas de iluminación.....	69
<b>Tabla 9:</b>	Costos de tarifas vigentes para SEAL noviembre 2016 .....	72
<b>Tabla 10:</b>	Unidades de energía solar y factores de conversión.....	93
<b>Tabla 11:</b>	Ángulos de inclinación, función de la latitud del lugar .....	95
<b>Tabla 12:</b>	Valores de las principales variables climáticas de las estaciones base .....	97
<b>Tabla 13:</b>	Cargas del sistema fotovoltaico.....	100
<b>Tabla 14:</b>	Baterías disponibles para el Sistema Fotovoltaico.....	100
<b>Tabla 15:</b>	Panel Solar para el Sistema Fotovoltaico. Placa solar Damia Solar DSP 50w policristalina.....	102
<b>Tabla 16:</b>	Factor de temperatura.....	105
<b>Tabla 17:</b>	Calibre de conductores awg y sus diámetros de cable – conductor NLT .....	110
<b>Tabla 18:</b>	Luminarias UCSM campus Universitario.....	111
<b>Tabla 19:</b>	Comparación de la luminaria propuesta y las Luminarias existentes UCSM campus Universitario .....	112
<b>Tabla 20:</b>	Luminaria propuesta UCSM campus Universitario.....	113

<b>Tabla 21:</b> Comparación de la energía consumida luminaria propuesta y las Luminarias existentes UCSM campus Universitario.....	113
<b>Tabla 22:</b> Equipos y accesorios a utilizar .....	124
<b>Tabla 23:</b> Verificación de requerimientos básicos .....	127
<b>Tabla 24:</b> Etapas del proceso de instalación.....	128
<b>Tabla 25:</b> Funcionamiento sistema fotovoltaico .....	134
<b>Tabla 26:</b> Problemas sistemas fotovoltaicos .....	135



## RESUMEN

El tema de la crisis energética, implica que en la mayor parte de casos se contemple o trate el tema de la optimización o racionalización del consumo de la energía eléctrica, y de acuerdo al avance tecnológico, en la actualidad se tienen sistemas que maximizan u optimizan la utilización de los recursos energéticos existentes, empleando los criterios de eficiencia energética en los equipos de iluminación eléctrica, es donde la tecnología de alumbrado LED presenta muchas ventajas frente a las tecnologías de alumbrado convencional.

Algunas de las ventajas de la iluminación LED son:

- Ahorro monetario considerable
- Preservación del medio ambiente
- Larga vida útil
- Libres de mercurio y elementos tóxicos
- Son fácilmente reciclables
- Optimo espectro cromático

La tecnología LED, debido a los pequeños requerimientos de energía eléctrica que requieren, las utilizations de los paneles solares se convierten en la mejor alternativa de suministro energético, lo cual se traduce en efectuar instalaciones eléctricas más prácticas, sencillas y por lo tanto menos costosas, cuyo aspecto viene a ser el sustento del presente trabajo.

**Palabras clave:** Lámpara LED, sistemas fotovoltaicos

## ABSTRACT

The issue of the energy crisis implies that in the majority of cases the topic of optimization or rationalization of the consumption of electric energy is contemplated or treated, and according to the technological advance, there are currently systems that maximize or optimize The use of existing energy resources, using energy efficiency criteria in electric lighting equipment, is where LED lighting technology has many advantages over conventional lighting technologies.

Some of the advantages of LED lighting are:

- Considerable monetary savings
- Preservation of the environment
- Long service life
- Free from mercury and toxic elements
- They are easily recyclable
- Optimal chromatic spectrum

LED technology, due to the small electrical power requirements they require, the use of solar panels become the best alternative of energy supply, which translates into making electrical installations more practical, simple and therefore less expensive, Whose aspect becomes the sustenance of the present work.

**Key words:** LED lamp, photovoltaic systems

# CAPITULO I: GENERALIDADES

## 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad se ha tratado en forma recurrente el tema generado por la crisis energética, en la mayoría de los casos se trata de optimizar el consumo energético además de tener un mejor control de este. Poco a poco se han ido tomando las medidas que apuntan a una mejor utilización de los recursos energéticos existentes, mediante la aplicación de políticas de eficiencia energética para equipos eléctricos.

En el mismo contexto anterior, la tecnología LED se está insertando lentamente en sistemas de iluminación, dadas sus ventajas de eficiencia en la conversión y su bajo consumo de energía, en el corto plazo y gracias al desarrollo tecnológico se transformarán en una alternativa muy conveniente, tanto en el aspecto técnico como económico. Además, la utilización de sistemas alternativos de generación eléctrica, como lo son los sistemas fotovoltaicos, que permiten una independización de los sistemas eléctricos convencionales.

La Universidad Católica de Santa María es una comunidad universitaria, que constantemente esta en desarrollo e innovación tecnológica, el campus universitario (sede central) se encuentra ubicado en la Urb. San José s/n, Umacollo; donde cuenta con un Campus de 75,600 m<sup>2</sup>; las áreas libres son iluminadas por lámparas de descarga de gran potencia, que en algunos circuitos de iluminación quedan encendidos toda la noche, se propone hacer un diseño que reemplace dichas lámparas por LED además de que la fuente de alimentación sea autónoma mediante un sistema fotovoltaico que alimentara cada unidad, el objetivo de esto es, analizar la conveniencia de la utilización de los sistemas fotovoltaicos junto con lámparas LED, en la iluminación exterior de la Universidad.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo General

- Diseño de un sistema de iluminación autónomo basado en lámparas de bajo consumo LED y alimentado por paneles fotovoltaicos para las áreas externas del campus de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio comparativo de los tipos de lámparas existentes en el mercado y seleccionar la más adecuada para la aplicación.
- Realizar un estudio comparativo de los tipos de módulos fotovoltaicos existentes.
- Realizar un estudio comparativo de los tipos de circuitos reguladores de carga de baterías y un conversor DC/AC.
- Diseñar el sistema de iluminación autónomo para las áreas externas, basado en lámparas de bajo consumo LED.
- Seleccionar la alimentación de las luminarias mediante paneles fotovoltaicos.
- Analizar la eficiencia y calidad de luz de las lámparas LED de bajo consumo.

## 1.3. ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.3.1. Alcances

El alcance de la presente investigación es realizar un diseño de un sistema de iluminación autónomo basado en lámparas de bajo consumo LED y alimentado por paneles fotovoltaicos para las áreas externas del campus de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa y que además cumpla con el código Nacional de Electricidad – Utilización y todas las normas vigentes: No forman

parte de este estudio la iluminación interior de los diferentes ambientes, para lo cual se estudiarán los distintos factores involucrados en el diseño de este sistema.

A continuación, se listan los estudios necesarios para el análisis antes mencionado:

- Eficiencia Energética, aplicado a la energía eléctrica.
- Energía Solar, irradiación, insolación y condiciones necesarias para un mejor aprovechamiento de esta.
- Condiciones ambientales para la instalación sistemas solares en la ciudad de Arequipa.
- Paneles Solares Fotovoltaicos, tecnologías de fabricación, posición y orientación al Sol.
- Características de Técnicas de lámparas LED.
- Descripción de los siguientes equipos: Inversor, Baterías, regulador.
- Diseño de un Sistema de Iluminación Alimentado por Paneles FV, utilizando lámparas LED

### 1.3.2. Limitaciones

- Como cualquier sistema fotovoltaico, está limitado a las características de radiación solar de la zona en la que se va a instalar. En este caso se propone instalarse en el campus de la Universidad.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ILUMINACIÓN

Durante el día, la luz del sol permite percibir y distinguir el entorno, pero de noche esta capacidad de percepción disminuye de manera muy significativa. El ojo tiene la capacidad de adaptarse a ciertos niveles de luz, por medio de la dilatación y contracción de la pupila, sin embargo, para que el ojo sea capaz de apreciar algún objeto debe haber una pequeña cantidad de luz. Por esto el hombre ha tenido que recurrir a fuentes de luz artificial que iluminen sus noches y hagan posible el desempeño de actividades que sin luz no serían posibles.

Hoy en día el tema de iluminación exterior no sólo tiene que ver con el hecho de poder realizar actividades nocturnas, sino con el hecho de brindar seguridad al transeúnte, en el sentido que éste sea capaz de percibir obstáculos en su camino y percibir a otros seres que se encuentren a su alrededor.

La instalación de un sistema de iluminación tiene que ver con muchos factores que garanticen el confort visual del observador, por ello a continuación se definirán conceptos importantes y aspectos que se deben tomar en cuenta al instalar un sistema de iluminación.

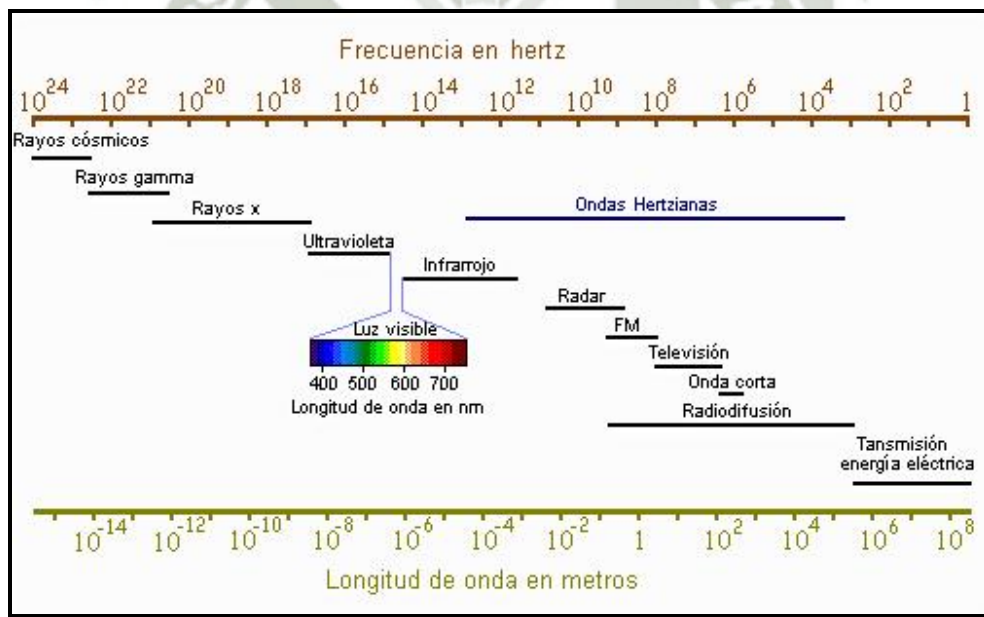
### 2.2. LUZ

La luz es un conjunto de radiaciones electromagnéticas al cual el ojo humano es sensible. La sensibilidad del ojo humano varía para cada individuo, pero típicamente un individuo puede observar la radiación de longitud de onda entre 380nm (Luz Violeta) y 780nm (Luz Roja), esto corresponde a una pequeña porción del espectro electromagnético que se

encuentra entre las radiaciones ultravioletas y las infrarrojas denominada *Luz Visible*.

La luz es emitida cuando los electrones exteriores (o de valencia) de los átomos realizan transiciones.

Cuando un átomo es excitado, ya sea por calentamiento, por el paso de una corriente eléctrica u otro tipo de excitación, los electrones pueden ser elevados desde su estado base (o de mínima energía) a un estado excitado (de más energía). Transcurrido un pequeño período de tiempo el electrón tiende por naturaleza a regresar a su estado base, a esto se le llama *transición* y en ésta la porción de energía excedente que tenía el electrón excitado es emitida, esta emisión puede estar en la región visible (luz) si el electrón que fue excitado era un electrón de valencia. <sup>1</sup>



**Figura 1:** Espectro electromagnético.

Los fenómenos que causan que un cuerpo emita radiaciones son básicamente dos, la *Incandescencia* y la *Luminiscencia*. Se llama *Incandescencia* a la capacidad que tienen algunos cuerpos de emitir luz al

<sup>1</sup> HALLIDAY, D. y R. RESNICK. (1993). Física (3a. ed., V. 2), México: CECSA

ser calentados. Ejemplos de luz incandescente son: el Sol, la llama de fuego, la lámpara incandescente, etc. Por el contrario, la *Luminiscencia* es la capacidad de emisión de luz sin intervención de la temperatura. En este caso, la emisión es el resultado de la excitación de los átomos del cuerpo radiante a través de fenómenos como una descarga eléctrica o una radiación ultravioleta, entre otros. Ejemplos de *Luminiscencia* son los relámpagos y las lámparas de vapores metálicos.

### 2.3. PROPIEDADES CROMÁTICAS DE LA LUZ.

Para medir las características cromáticas de una determinada fuente lumínica se estudian dos propiedades:

#### 2.3.1. Temperatura de Color ( $T_c$ ).

Es una medida para indicar el color de una fuente de luz por comparación de la misma con el color de la luz emitida por un cuerpo negro, es decir indica la temperatura en grados Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ), a la cual el cuerpo negro emite luz de color similar al de la fuente de luz que se está estudiando.

Existe una convención que establece una equivalencia entre la *Temperatura de Color* y la *Apariencia de Color* (Ver Tabla 1), esta última se refiere a la sensación que produce el color de la luz en la persona que la está percibiendo, tradicionalmente los colores se clasifican de forma general en colores *cálidos* y *fríos*. Los colores cálidos son los amarillos, naranjas, rojos y verdes claros. Los colores fríos son los colores violetas, azules y verdes oscuros.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> FERNÁNDEZ, J. Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores.  
<http://edison.upc.es/curs/llum/indice0.html>

**Tabla 1:** Apariencia de color vs Temperatura de color

Apariencia de Color	Temperatura de Color
Cálido	< 3300
Intermedio	3300 – 5300
Frío	> 5300

### 2.3.2. Índice de Rendimiento Cromático (IRC).

*"Es la medida de correspondencia entre el color real de un objeto y la veracidad del mismo bajo determinada fuente lumínica".<sup>3</sup>*

Para medir este valor lo que se hace es tomar como color real del objeto el que produce el mismo al ser iluminado por una fuente de luz de referencia, y luego éste es relacionado con el color del objeto al ser iluminado por la fuente de luz en estudio. El índice de rendimiento cromático es expresado por un número que puede estar entre 0 y 100, siendo 100 el valor para el cual el color del objeto iluminado, por la fuente en estudio, es igual o muy similar a su color real. En la Tabla 2 se muestran los valores de IRC para las fuentes de luz más comunes.

**Tabla 2:** Índice de rendimiento cromático de acuerdo a la fuente de luz.

Fuente de Luz	Índice de Rendimiento Cromático
Cielo azul	85 - 100
Cielo Nublado	85 - 100
Luz solar día	85 - 100
Lámpara Incandescente	100 (Referencia)
Lámpara Luz Mixta	60
Lámpara de Vapor de Mercurio	45 - 60
Lámpara Metal Halide	60 - 97
Lámpara Sodio Alta Presión	21 - 25
Lámpara Sodio Baja Presión	Nulo (Monocromático)
Lámpara Fluorescente	65 - 97

<sup>3</sup> Obralux. Luminotecnia. <http://www.obralux.com/2lumnino.asp>

## 2.4. MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS.

No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo, ni toda la energía consumida por un bombillo es transformada en luz, por esta razón, se hace necesario definir ciertas magnitudes que nos permitan evaluar la eficiencia y las características de las distintas fuentes luminosas. Las magnitudes más utilizadas en *Luminotecnia* son: el *Flujo Luminoso*, *Intensidad Luminosa*, *Iluminancia* y *Luminancia*.

### 2.4.1. Flujo Luminoso.

El flujo luminoso, representado con la letra griega  $\Phi_v$ , se refiere a la potencia lumínica emitida por la fuente de luz. En otras palabras, es la medida de la porción de energía que emite la fuente por unidad de tiempo, a la cual el ojo humano es sensible.

A pesar de que hablamos de potencia emitida, el flujo luminoso no utiliza el Vatio como unidad, porque la potencia emitida medida en Vatios toma en cuenta la energía emitida en todas sus formas. Por esto se crea una unidad que tome como referencia sólo la energía lumínica emitida por unidad de tiempo, el Lumen [lm].

*"Empíricamente se demuestra que a una radiación de 555nm de 1W de potencia emitida por un cuerpo negro le corresponden 683 lm."*<sup>4</sup>

### 2.4.2. Intensidad Luminosa

Es el Flujo luminoso ( $\Phi_v$ ) emitido en una dirección por unidad de ángulo sólido ( $\Omega$ ), este último expresado en *estereorradián* y su unidad es la candela (cd) y se representa con la letra I.

---

<sup>4</sup> FERNÁNDEZ, J Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores.  
<http://edison.upc.es/curs/llum/indice0.html>



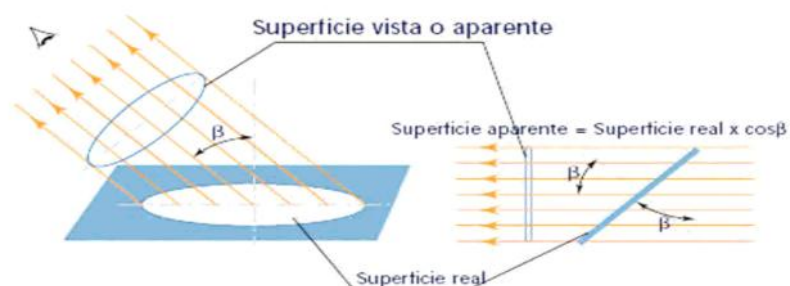
**Figura 2:** Intensidad Luminosa

### 2.4.3. Iluminancia o Nivel de Iluminación

Es la relación entre el flujo luminoso que recibe una determinada superficie y el área de la misma. Se simboliza con la letra E y su unidad es el Lux [ $lx = lm/m^2$ ]. Existen estándares o normas que establecen la magnitud de iluminancia que un sistema de iluminación debe proveer según la actividad que se realice en el sitio que se desea iluminar. En el presente trabajo nos regiremos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (III.4. Instalaciones eléctricas y mecánicas) y la Norma Técnica DGE “Alumbrado De Vías Públicas En Zonas De Concesión De Distribución”.

### 2.4.4. Luminancia

La Luminancia tiene que ver con lo que percibe el ojo. Se define como la relación entre la intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección y la superficie vista por el observador en esa dirección (Ver Figura 3). Se simboliza con la letra L y su unidad es  $cd/m^2$ .



**Figura 3:** Luminancia de una Superficie

## 2.5. LÁMPARA

Una lámpara es un elemento capaz de transformar energía eléctrica en radiación electromagnética visible (luz). Esta transformación se puede lograr utilizando alguno de los dos fenómenos mencionados anteriormente, *Incandescencia o Luminiscencia*.<sup>5</sup>

### 2.5.1. Criterios que definen el rendimiento de una lámpara

Existen ciertos criterios que debemos tomar en cuenta al momento de seleccionar una lámpara para una aplicación en particular, estos son:

- **Color y Calidad de Reproducción Cromática.**

El color se refiere a la temperatura de color de la lámpara y la calidad de reproducción cromática se refiere al índice de rendimiento cromático de la misma, ambos definidos anteriormente.

- **Vida media.**

La vida media se refiere al tiempo, en horas, que tardan en fallar el 50% de una muestra de lámparas, de un mismo tipo y modelo, sometida a pruebas.

- **Vida útil de la lámpara.**

La vida útil de una lámpara se refiere a la cantidad de horas, luego de las cuales el flujo luminoso emitido por la lámpara ha disminuido a un punto en la que la lámpara ya no resulta útil, a pesar de que siga emitiendo luz.

- **Eficiencia.**

La eficiencia es la cantidad de lúmenes, o potencia lumínica, que la lámpara emite por cada Vatio de potencia que se le suministra, por

---

<sup>5</sup> Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT.  
<http://www.mtas.es/insht/EncOIT/tomo2.htm#p6>

consiguiente, se mide en  $\text{lm/W}$ . Mientras más sean los lúmenes por vatio producidos más eficiente será la lámpara. En otras palabras, la lámpara que emita más luz al suministrarle 1W de potencia será la más eficiente y la más ahorradora de energía.

- **Tiempo de encendido.**

Algunos tipos de lámparas como las incandescentes, emiten el 100% de su capacidad desde el momento en el que son encendidas. Sin embargo, otros tipos de lámparas como las fluorescentes y las de descarga requieren un tiempo para alcanzar su máximo nivel de flujo luminoso, por esto, se hace necesario definir el concepto de tiempo de encendido, que es el tiempo en el que una lámpara logra alcanzar el 80% de su máxima capacidad de producción de luz. Este parámetro se debe tomar en cuenta al momento de elegir una lámpara para aplicaciones en las que el tiempo de encendido es un parámetro crítico.

- **Posibilidad de reencendido inmediato.**

Se entiende por reencendido la capacidad de encender una lámpara inmediatamente después de que ha sido apagada, emitiendo su máximo flujo luminoso. Las únicas lámparas que cumplen con esta condición son las incandescentes, el resto requieren un tiempo de reencendido.

### 2.5.2. Principales Tipos de Lámparas

En el mercado actual podemos encontrar varios tipos de tecnologías de lámparas, las cuales de acuerdo a sus características pueden resultar más útiles para una aplicación que para otra. A continuación, se describen las más utilizadas.

- **Lámparas Incandescentes.**

El principio de esta lámpara consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento, generalmente de tungsteno, provocando que

éste alcance altas temperaturas y a su vez emita radiaciones visibles. Este filamento se coloca dentro de una ampolla de vidrio sellada al vacío o llena de gas inerte para evitar que el filamento entre en combustión y se quemé. (Ver Figura 4)



**Figura 4:** Lámpara Incandescente Convencional

La eficiencia de este tipo de lámpara es muy baja, sin embargo, sigue siendo una de las más utilizadas en aplicaciones domésticas porque aparte de que ofrece una muy buena calidad de color y no necesita equipos auxiliares para lograr su encendido, es económica y de tamaño reducido.

- **Lámparas Halógenas.**

Utilizan el principio de operación de la lámpara incandescente convencional, pero se diferencian de ésta por poseer un compuesto halógeno (yodo o bromo) en el gas contenido en la ampolla. Este gas tiene como finalidad controlar la evaporación del tungsteno y de esta manera evitar que el mismo se condense en la ampolla y la oscurezca.

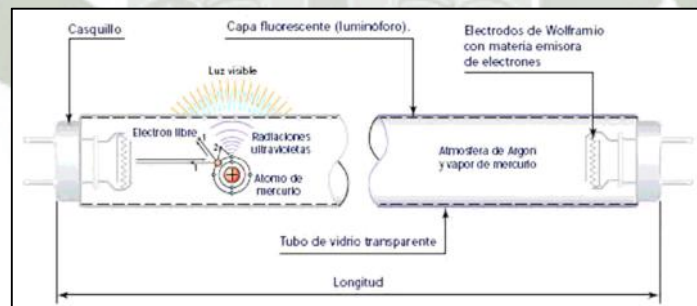
Estas lámparas operan a altas temperaturas para que el haluro de tungsteno, formado por la combinación del tungsteno evaporado con el compuesto halógeno, no se condense. Una vez que el haluro de tungsteno se acerca al filamento y experimente la alta temperatura de

éste, se descompone dando como resultado los dos componentes iniciales, tungsteno, el cual es depositado en el filamento, y halógeno en estado gaseoso que se pone en espera para comenzar de nuevo el ciclo. Para soportar estas altas temperaturas la ampolla de estas lámparas es fabricada en cuarzo.

Las ventajas que presenta esta lámpara con respecto a la lámpara incandescente convencional son: mayor tiempo de vida, mayor eficiencia, menor tamaño, mayor temperatura de color y poca depreciación luminosa en el tiempo.<sup>6</sup>

- **Lámparas Fluorescentes Tubulares.**

Su principio de funcionamiento es la descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión, la cual produce una radiación predominantemente ultravioleta, ésta radiación excita una capa de material luminiscente (polvo fluorescente o fósforo) que se encuentra en el interior del tubo o ampolla, provocando así que éste irradie luz visible.



**Figura 5:** Lámpara Fluorescente Tubular

El tipo y composición del material fluorescente que cubre el interior del tubo es lo que define las características de la lámpara, ya que determina la temperatura de color, la calidad de reproducción cromática y la eficiencia.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Indalux. (2002).Luminotecnia. <http://www.indalux.es/frames.asp?opt=90>

<sup>7</sup> Idem.

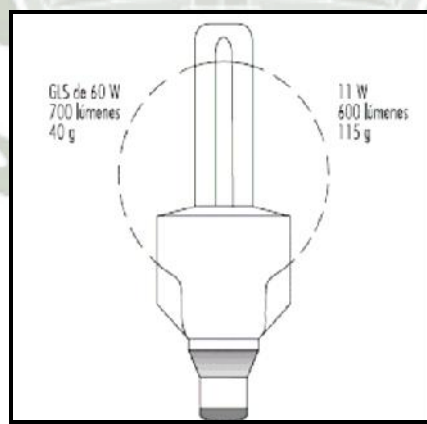
Las lámparas fluorescentes vienen en dos versiones: *cátodo caliente* y *cátodo frío*, las primera son los tubos convencionales llamados de cátodo caliente porque requieren un precalentamiento de los electrodos para garantizar el proceso de descarga, el segundo tipo de lámparas son utilizados generalmente para iluminación de anuncios publicitarios. Las lámparas fluorescentes necesitan un equipo auxiliar que consta de un balasto, un ignitor, y un condensador para mejorar el factor de potencia.<sup>8</sup>

- **Lámparas Fluorescentes Compactas.**

Es una lámpara fluorescente del tamaño de una incandescente, incluso algunas vienen con el equipo auxiliar integrado para facilitar la sustitución de una lámpara incandescente por ésta.

Tienen muy buena reproducción de color, consumen poca energía y tienen buena vida útil.

En la Figura 6 se observa una comparación en cuanto a eficiencia entre una lámpara incandescente de 60W que produce 700 lúmenes y un compacto fluorescente que con 11W produce 600 lúmenes.

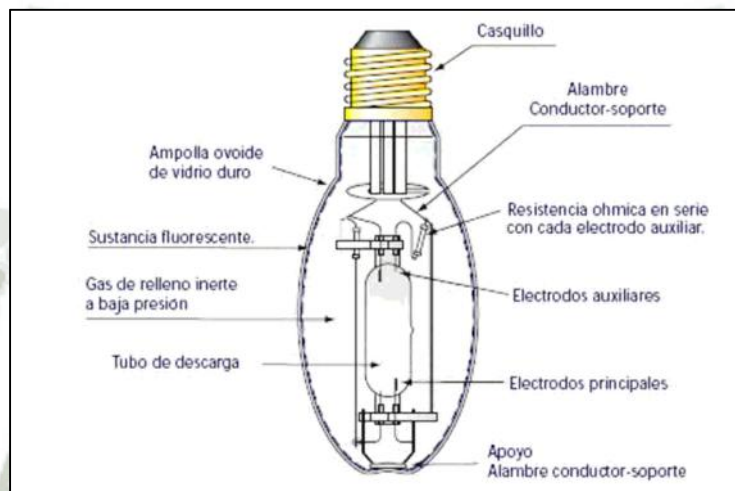


**Figura 6:** Lámpara Fluorescente compacta vs. Lámpara Incandescente Convencional.

<sup>8</sup> Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT.  
<http://www.mtas.es/insht/EncOIT/tomo2.htm#p6>

- **Lámparas de Mercurio a alta presión.**

Al igual que la de mercurio a baja presión (fluorescente), ésta es una lámpara de descarga, la cual se realiza en un tubo hecho de cuarzo para soportar la alta presión y la alta temperatura de trabajo. A su vez, este tubo de descarga es introducido dentro de una ampolla de vidrio llena de un gas inerte a presión atmosférica, para proteger al tubo de cambios de temperatura y para disminuir la oxidación de los componentes.<sup>9-10</sup>



**Figura 7:** Lámpara de Mercurio a Alta Presión.

La radiación característica de la alta presión es de dos tipos: visible de color azul verdosa y ultravioleta. Para mejorar el color ofrecido por esta lámpara y aumentar la iluminación que ésta ofrece, se aplica a la ampolla exterior un revestimiento de material fluorescente que transforme la luz ultravioleta en luz visible.

Para lograr el encendido se utiliza un electrodo de arranque que ioniza el gas interior para facilitar la descarga. Como todas las lámparas de descarga a alta presión, la lámpara de mercurio no alcanza su pleno rendimiento inmediatamente, por el contrario, tiene un tiempo de

<sup>9</sup> Indalux. (2002). Luminotecnia. <http://www.indalux.es/frames.asp?opt=90>

<sup>10</sup> Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT.

<http://www.mtas.es/insht/EncOIT/tomo2.htm#p6>

encendido de aproximadamente 4 minutos, y requiere de un equipo auxiliar (balasto) para regular la corriente, y un condensador para mejorar su factor de potencia.

- **Metal Halide.**

Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión que además contienen diferentes metales en polvo en forma de haluros, que se disgregan una vez que la lámpara se calienta y evapora el metal.<sup>11</sup> El agregar haluros metálicos a una lámpara de vapor de mercurio a alta presión representa una mejora en cuanto a reproducción cromática y eficiencia lumínica.

Requiere de equipo auxiliar para operar, tales como ignitor o arrancador, balasto y condensador.

- **Luz Mixta.**

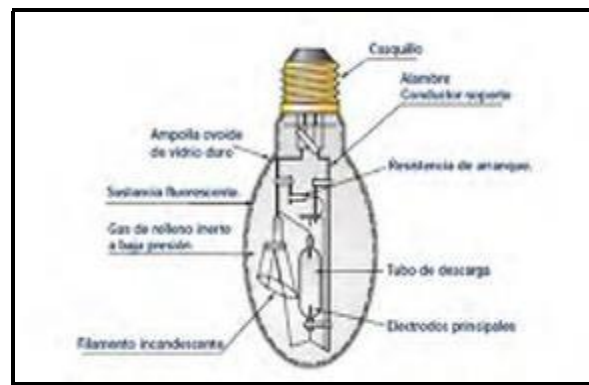
Es la combinación de la lámpara de vapor de mercurio a alta presión y la lámpara incandescente (Ver Figura 8), como resultado de tratar de corregir el aspecto azul verdoso de la luz de la lámpara de mercurio.

El filamento incandescente actúa como regulador de corriente por lo que esta lámpara no requiere de balasto.

Se puede conectar directamente a la red, pues tampoco necesita ignitor. Tiene un tiempo de encendido de algunos minutos y para ser reencendida necesita enfriarse.

---

<sup>11</sup> Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT.  
<http://www.mtas.es/insht/EncOIT/tomo2.htm#p6>



**Figura 8:** Lámpara de Luz Mixta.

- **Sodio de Baja Presión.**

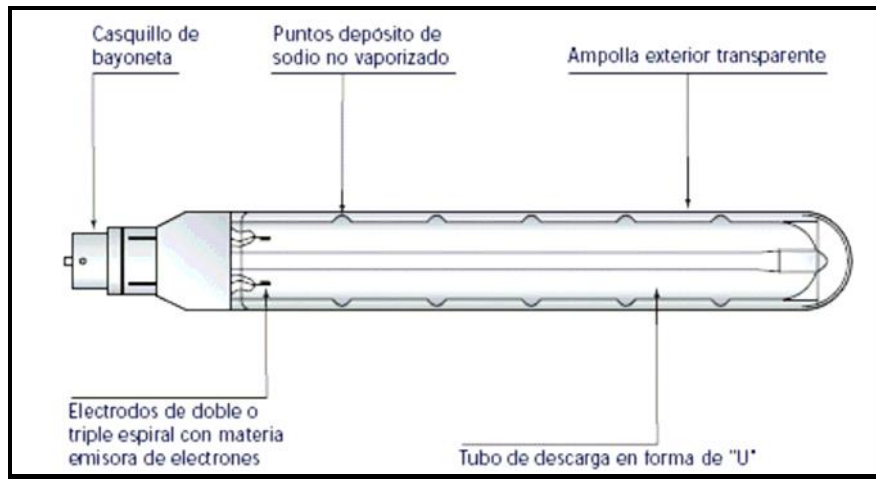
Son lámparas de descarga cuyo principio de funcionamiento es similar a las lámparas de vapor de mercurio a baja presión. La descarga se produce en un tubo en forma de U, para aprovechar espacio, hecho de un vidrio especial cubierto interiormente de una capa resistente al sodio.

En su interior contiene sodio metálico de alta pureza y otros gases que ayudan el proceso de arranque.

El tubo de descarga está en el interior de una ampolla, entre el tubo y la ampolla hay vacío lo cual asegura la estabilidad térmica del tubo

La radiación de esta lámpara es una luz amarilla monocromática, por lo que la capacidad de reproducción de color de esta lámpara es muy baja, sin embargo, es la lámpara más eficiente que existe pudiendo alcanzar 200 lm/W, y además posee una larga vida.

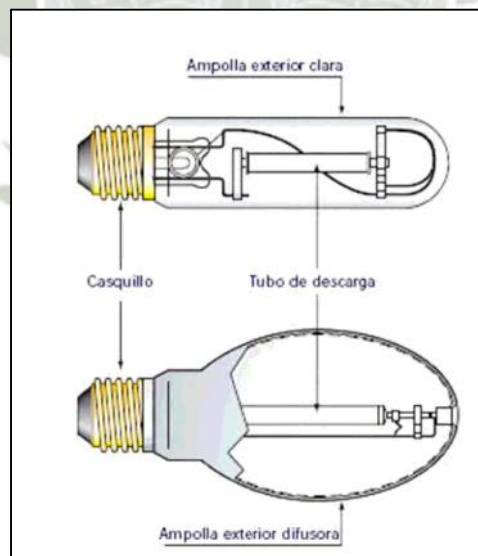
Requieren de un balasto, un ignitor y un condensador como equipo auxiliar.



**Figura 9:** Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión.

- **Sodio Alta presión.**

Por las propiedades reactivas del sodio, el tubo de descarga es fabricado de un aluminio sintetizado muy resistente, y se encuentra al vacío en el interior de una ampolla de vidrio, lo cual evita la oxidación. La ampolla de vidrio puede ser de forma ovoidal o tubular, la primera tiene la particularidad de tener un revestimiento interno de polvo blanco con la finalidad de disminuir el alto brillo del tubo de descarga

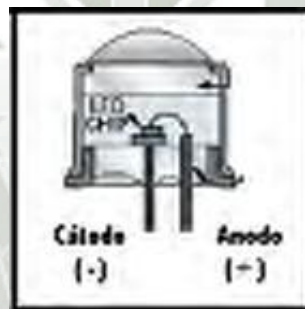


**Figura 10:** Lámpara de Sodio a Alta Presión

La radiación del vapor de sodio a alta presión abarca una buena porción del espectro visible, lo que implica que la reproducción cromática sea mejor que en el caso de baja presión. Su aspecto es de color amarillo dorada, y tienen una muy buena eficiencia. Requieren de un balasto, un ignitor y un condensador como equipo auxiliar. Tienen un tiempo de encendido de 5 minutos aproximadamente y el proceso de reencendido tarda entre 4 a 15 minutos porque necesitan enfriarse para volver a encender.

- **LED (Light Emitting Diode).**

Como se puede observar en la Figura 11, el LED es un dispositivo basado en un chip semiconductor capaz de emitir luz al aplicarle una corriente eléctrica en el sentido conductor.<sup>12</sup>

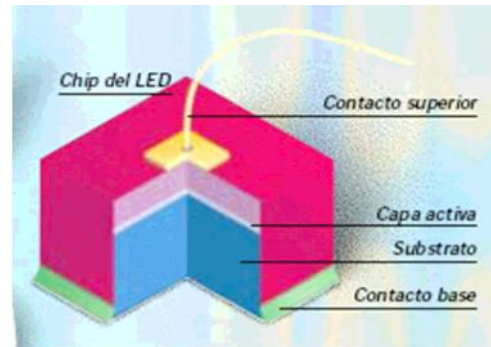


**Figura 11:** Esquema Básico de un LED

En la Figura 12 se muestra la estructura del chip de un LED, el cual está formado por varias capas de material semiconductor de las cuales la llamada capa activa es la capaz emitir luz una vez que el diodo es polarizado, esta luz es casi monocromática a diferencia de la luz emitida por otros tipos de lámparas.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> FORESTIER, B., MICÓ SERRANO, V., MOLINA JIMÉNEZ, M. T., ESTEVE TABOADA, J. J., MARTÍN, S. S., PÉREZ PICAZO, E. Y J. L. MOSCARDÓ CARASCOSA. (2004). Aplicación de tecnología LED en el desarrollo de luminarias de seguridad y emergencias.

<sup>13</sup> SCHMID, Luis. (s.f). TECNOLOGÍA EN LED'S El futuro en miniatura de la iluminación.  
<http://www.aadl.org.ar/documentos/luz2004-dia3/luz2004-d3-e01.swf>



**Figura 12:** Estructura del Chip de un LED

El color del LED lo define el material con el que éste fue fabricado, y hoy en día los encontramos en toda la gama de colores desde azul al rojo, incluso el blanco que es generado utilizando una capa adicional de fósforos.

El mejor nivel de iluminación de un LED se obtiene al aplicar sobre él una fuente de tensión continua, típicamente esta tensión varía entre 2V a 4V, dependiendo del color de luz que emite el LED. La corriente típica es de 10mA a 70mA. El pequeño tamaño de esta tecnología es una ventaja con respecto a las otras.

La eficiencia de los LED's se ha incrementado en los últimos años a 30 lm/W, e inclusive ya se habla de 50 lm/W. Además, se espera que siga incrementando hasta superar la eficiencia de las lámparas convencionales.<sup>14</sup>

Por otro lado, el rendimiento de un LED se ve afectado por la temperatura, siendo menor a medida que ésta aumenta. La máxima temperatura a la que puede trabajar es 100°C.

Para utilizar el LED en iluminación se han creado módulos que consisten en arreglos de LED's en serie y paralelo, definiendo dos

<sup>14</sup> SCHMID, Luis. (s.f). TECNOLOGÍA EN LED'S El futuro en miniatura de la iluminación.  
<http://www.aadl.org.ar/documentos/luz2004-dia3/luz2004-d3-e01.swf>

tensiones de trabajo para módulos de distintos tamaños, estas son 12VDC y 24VDC.

El Led es la tecnología más nueva en iluminación de todas las que hemos descrito y presenta las siguientes ventajas con respecto a las anteriores:

- Pequeño tamaño.
- Bajo consumo
- Luz puntual
- Larga vida útil
- Bajo calor
- No emite radiación IR (Infrarroja) ni UV (Ultravioleta)
- Baja mortalidad temprana
- Resistente a golpes y vibraciones.

## 2.6. LUMINARIAS

La luminaria es el equipo que acompaña a la lámpara con la finalidad de protegerla, brindarle soporte, fijarla, y además asegurar que la luz producida por ésta sea aprovechada lo máximo posible. Se define luminaria como:

*“Aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación”<sup>15</sup>*

Los elementos característicos que conforman una luminaria son:

---

<sup>15</sup> Indalux. (2002). Luminotecnia. <http://www.indalux.es/frames.asp?opt=90>

- **Armadura o Carcasa.**

Es el encapsulado en el que se aloja la lámpara con todos sus elementos y equipos auxiliares. Existen muchos tipos de acuerdo a la aplicación: de interiores o exteriores, empotradas o de superficie, de pared, para brazo o poste, etc.

- **Equipo Eléctrico.**

Se refiere a los equipos auxiliares que son requeridos por la lámpara para adaptarse adecuadamente a la red de alimentación. El equipo eléctrico depende del tipo de lámpara:

- Incandescentes convencionales: No requieren de equipo auxiliar.
- Halógenas de bajo voltaje: requieren transformador o fuente electrónica.
- Fluorescentes y de descarga en general: requieren balasto, condensador e ignitor.

- **Reflectores.**

Son superficies que se colocan en el interior de la luminaria que tienen como función modelar la forma y dirección del flujo emitido por la lámpara.

- **Difusores.**

Es el elemento de cierre o tapa de la luminaria en la dirección de radiación. Tiene como objetivo permitir la difusión de la luz emitida por la lámpara al exterior, mientras la protege del mismo.

- **Filtros.**

Tienen como función incrementar o atenuar algunas características de la radiación con la finalidad de asegurar el confort visual del observador.





### 2.6.1. Clasificación de las Luminarias.

Entre los criterios utilizados para clasificar las luminarias los más comunes son: según sus características ópticas, eléctricas y mecánicas.

- **Según las Características Eléctricas.**

Esta clasificación se refiere al grado de protección eléctrica que brinda la luminaria a los usuarios. De acuerdo al grado de aislamiento eléctrico las luminarias se clasifican en cuatro clases, tal y como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Clases de Luminarias según su Protección Eléctrica.

Clase	Símbolo	Protección Eléctrica
0		<ul style="list-style-type: none"> <li>· Aislamiento Básico.</li> <li>· Sin conexión a Tierra.</li> </ul>
I		<ul style="list-style-type: none"> <li>· Aislamiento Básico.</li> <li>· Con conexión a Tierra.</li> </ul>
II		<ul style="list-style-type: none"> <li>· Con aislamiento doble y/o reforzado.</li> <li>· Sin conexión a Tierra.</li> </ul>
III		<ul style="list-style-type: none"> <li>· Aislamiento de tensión de extra baja de seguridad (50V). extra baja</li> </ul>

- **Según las Características Mecánicas.**

Las Características mecánicas de la luminaria definen su grado de protección contra golpes, polvo y líquidos. Para introducir cada luminaria dentro de esta clasificación se le asigna como parámetro las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer dígito representa la protección contra entrada de polvo y sólidos, puede estar entre 0 y 6, donde 0 representa protección nula y 6 máxima protección. El segundo dígito se refiere a la protección contra entrada de líquido y puede estar

entre 0 y 8. Por último, el tercer dígito es el grado de resistencia a golpes y puede tener los valores: 0, 1, 3, 5 y 7.

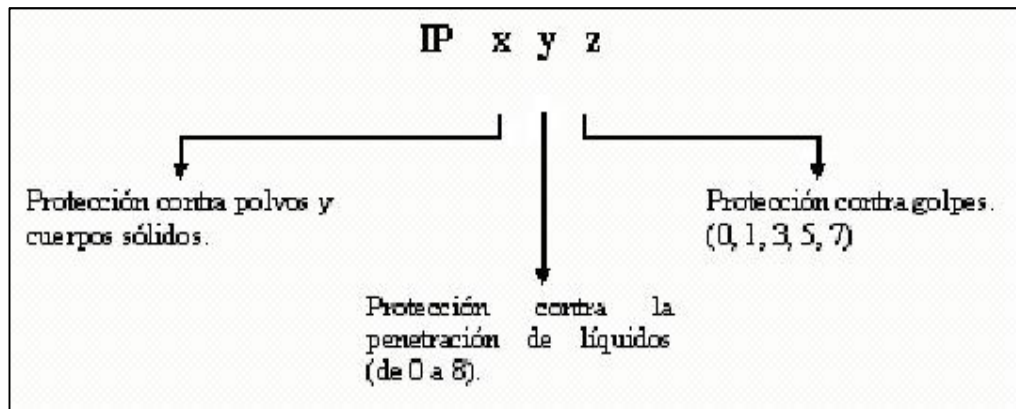


Figura 13: Características Mecánicas de las Luminarias.

- **Según sus Características Ópticas.**

Para luminarias de alumbrado público la clasificación según las características fotométricas basadas en tres parámetros:

**El Alcance.**

Es la extensión de calzada que la luminaria es capaz de iluminar en dirección longitudinal. Está representada por el ángulo  $\gamma_{MAX}$  el cual es el ángulo entre  $0^\circ$  y el valor medio de los dos ángulos correspondientes al 90% de  $I_{MAX}$ .

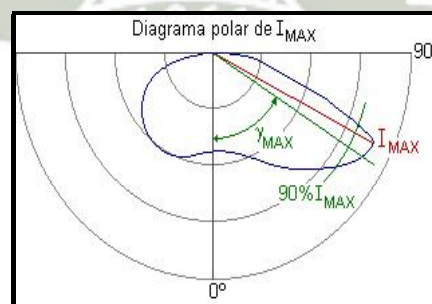


Figura 14: Alcance Longitudinal.

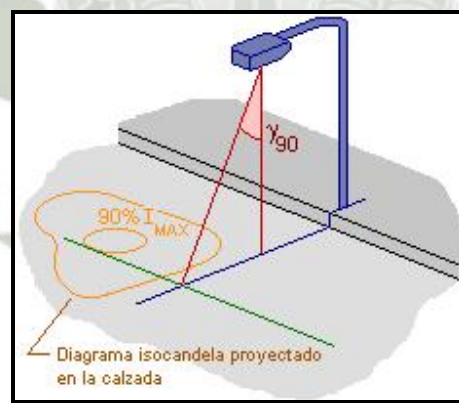
El alcance de una luminaria puede ser corto, intermedio o largo de acuerdo a la clasificación mostrada en la Tabla 4

**Tabla 4:** Tipos de Alcance

Tipo	Rango de max
Corto	$\max < 60^\circ$
Intermedio	$60^\circ \max 70^\circ$
Largo	$70^\circ > \max$

### La Apertura o Dispersión.

Es la extensión de calzada que la luminaria es capaz de iluminar en dirección transversal a ésta. Está determinada por el ángulo  $90$  el cual es el ángulo acotado por la recta tangente al diagrama isocandela del 90% de  $I_{\max}$  proyectada en la calzada (Ver Figura 15). La apertura puede ser estrecha, media o ancha de acuerdo a los valores mostrados en la Tabla 5.<sup>16</sup>



**Figura 15:** Apertura Transversal.

<sup>16</sup> Diseño E Implementación De Un Sistema De Iluminación Autónomo Para Espacios Exteriores Con Celdas Solares, Mariel Desiree Rivas Yerena, Noviembre de 2005

**Tabla 5:** Tipos de Apertura

Tipo	Rango de $\theta$
Estrecha	$90 < 45^\circ$
Media	$45^\circ < \theta < 55^\circ$
Ancha	$90 > 55^\circ$

### El Control.

Es un parámetro referente al grado de deslumbramiento que produce la luminaria. Está definido por el índice específico de la luminaria SLI. En la Tabla 6 se muestran los tipos de control que puede tener una luminaria.

**Tabla 6:** Tipos de Control.

Tipo	Rango de SLI
Limitado	$SLI < 2$
Moderado	$2 < SLI < 4$
Estricto	$SLI > 4$

## 2.7. ENERGÍA SOLAR

Como ya hemos mencionado la energía solar es la proveniente de las radiaciones solares. Se caracteriza por ser inagotable y no contaminante, sin embargo, es intermitente, la tenemos durante el día pero no durante la noche. También mencionamos que el hombre utiliza dos formas para transformarla y así aprovecharla, éstas son por conversión fototérmica,

que convierte la energía radiante en *calor*, y por conversión fotovoltaica que convierte la energía radiante directamente en *electricidad*.

Los sistemas fototérmicos se basan en dispositivos llamados colectores dentro de los cuales circula un líquido que es calentado por efecto de la energía solar absorbida por el colector.

Éste líquido es el portador del calor y es almacenado para luego ser utilizado. Por otro lado, los sistemas fotovoltaicos se basan en el efecto fotoeléctrico.

### 2.7.1. Efecto Fotoeléctrico y Efecto Fotovoltaico.

En 1839, el científico francés Edmund Becquerel observó que ciertos materiales al ser expuestos a la luz, producían corriente eléctrica. En 1905, Albert Einstein publica un trabajo en el cual explica la teoría de este fenómeno, denominado **Efecto Fotoeléctrico**, trabajo por el cual más tarde gana el premio Nobel de Física en 1921.<sup>17</sup>

El efecto fotoeléctrico consiste en la liberación de partículas eléctricamente cargadas, por parte de ciertos materiales cuando son expuestos a la luz. Los electrones del material expuesto absorben la energía de las partículas de luz (fotones) y si esta energía es suficiente el electrón es liberado a la superficie del material. La cantidad de energía depende de la longitud de onda de la luz incidente y no de la intensidad de la misma.<sup>18</sup>

El término **Efecto Fotovoltaico** se le da al fenómeno fotoeléctrico producido específicamente en materiales semiconductores y en el caso de que ocurra en una juntura de dos semiconductores diferentes se provoca un potencial eléctrico en dicha unión.

---

<sup>17</sup> ÁVILES, R. (s.f). ¿cómo funcionan las celdas solares?.  
[http://www.explora.cl/exec/cyt/preg\\_cientif/ficha.e3?id=68](http://www.explora.cl/exec/cyt/preg_cientif/ficha.e3?id=68)

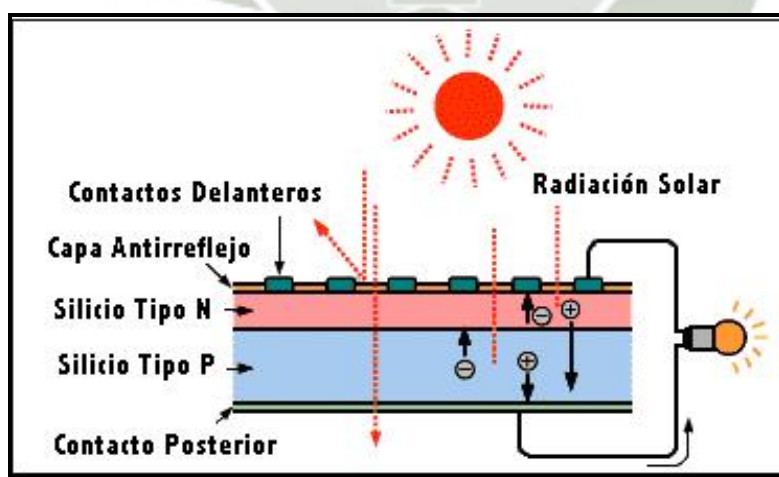
<sup>18</sup> Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation

### 2.7.2. Celdas Solares.

Una Celda Solar, también conocida como Celda Fotovoltaica, es un dispositivo semiconductor dopado (tipo N-P), que convierte la luz que incide sobre él, directamente en electricidad, debido al efecto fotovoltaico.

En la Figura 16 se muestra un corte transversal de una celda solar, el material semiconductor de que está hecho la celda, generalmente silicio, es dopado positivamente con boro por un lado (tipo P) y por el otro lado negativamente con fósforo (tipo N), similar a un diodo de unión. El lado negativo es el expuesto a la luz y la corriente generada es recogida por unos contactos metálicos delanteros y posteriores que cierran el circuito, permitiendo así que ésta fluya. Los contactos frontales o delanteros son diseñados de tal forma que cubran la menor cantidad de superficie semiconductor posible para disminuir lo menos posible la eficiencia de la celda.

Una celda solar está formada por varias capas, la de contacto posterior, la de silicio dopado positivamente, la de silicio dopado negativamente, y por último con los contactos delanteros se encuentra una capa antirreflejo, ésta última es la que le da a la celda su color azul característico.



**Figura 16:** Corte Transversal de una Celda Solar

La corriente generada por una celda solar va en una sola dirección del lado “p” al “n”, es decir corriente continua o DC y su intensidad es proporcional a la frecuencia (color) de la luz incidente.<sup>19</sup> El voltaje que produce una celda no depende de su tamaño y se mantiene prácticamente constante con las variaciones de la intensidad de luz. Por el contrario, la corriente producida por una celda es directamente proporcional a la intensidad de luz que incide sobre ésta.

El porcentaje de luz solar incidente sobre la celda transformada en corriente eléctrica, es lo que se llama eficiencia de una celda. Éste parámetro es utilizado para comparar los tipos de celdas entre sí.<sup>20</sup>

La celda fotovoltaica no posee partes móviles ni produce reacciones químicas, lo que hace que ésta posea una larga vida útil de hasta más de 30 años.<sup>21</sup>

### 2.7.3. Tipos de Celdas Solares

El material más utilizado para fabricar celdas solares es el silicio. De acuerdo a las técnicas de fabricación empleadas las celdas de silicio se pueden dividir en tres grupos:

- **Celdas de Silicio Monocristalino.**

La fabricación de éste tipo de celdas consiste en fabricar barras cilíndricas de silicio monocristalino (un solo cristal de silicio), en hornos especiales a aproximadamente 1400°C y luego cortarlas obteniendo obleas delgadas (celdas) de entre 0,4 y 0,5mm de espesor.<sup>22</sup>

---

<sup>19</sup> Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation

<sup>20</sup> Poder Solar DSP S.A de C.V. Celdas Solares. <http://podersolarmx.tripod.com/id11.html>

<sup>21</sup> Donauer solartechnik. Energía fotovoltaica (FV) Generación de corriente eléctrica a través de la energía solar. [http://www.donauer-solar.de/Espanol\\_Energia-fotovoltaica-FV.php](http://www.donauer-solar.de/Espanol_Energia-fotovoltaica-FV.php)

<sup>22</sup> Solartronic. (s.f). Sistemas Fotovoltaicos.

[http://www.solartronic.com/Sistemas\\_Fotovoltaicos/Curso\\_Breve/2\\_Fabricacion/](http://www.solartronic.com/Sistemas_Fotovoltaicos/Curso_Breve/2_Fabricacion/)

Son las que presentan máxima eficiencia, superior a un 12% hasta un 17%, pero también son las más costosas debido a que su proceso de fabricación es el más complejo.<sup>23</sup>

- **Celdas de Silicio Policristalino**

El proceso de fabricación consiste en fundir trozos de silicio puro en moldes especiales. Luego se deja enfriar hasta que el producto esté totalmente solidificado. En este proceso los átomos no se organizan en un único cristal, sino que por el contrario se obtiene un material policristalino. Una vez solidificado se procede a cortar las obleas de dicho material obteniendo las celdas.<sup>24</sup>

Este proceso de fabricación es menos complejo que el de las celdas monocristalinas, esto se traduce a menos costo por celda, pero también a menor eficiencia, hasta un 15% de eficiencia. En la Figura 17 se pueden observar celdas de silicio monocristalino y policristalino.

<sup>25</sup>

Una celda de silicio monocristalino de 12,5cm x 12,5cm (156cm<sup>2</sup>) tiene la capacidad de generar aproximadamente 0,51V de tensión y 4,8A de corriente continua en condiciones de irradiancia solar de 1000W/m<sup>2</sup>, mientras que una celda de silicio policristalino de 11,5cm x 15,5cm (178cm<sup>2</sup>), bajo estas mismas condiciones, es capaz de generar aproximadamente 0.47V y 4,75A

---

<sup>23</sup> Sandia National Laboratorios. (s.f). Energía Fotovoltaica. :  
<http://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energia.html>

<sup>24</sup> TextosCientíficos.com (s.f). Energías Alternativas, Celdas solares.  
<http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

<sup>25</sup> Sandia National Laboratorios. (s.f). Energía Fotovoltaica:  
<http://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energia.html>



**Figura 17:** Celdas de silicio monocristalino vs. celdas de silicio policristalino

- **Celdas de Silicio Amorfo o película fina.**

La fabricación de éste último tipo de celda consiste en depositar una película muy delgada de silicio sobre superficies de vidrio o metal. Esta es la menos eficiente, entre 5 y 10%, pero el proceso de fabricación es el más barato.<sup>26</sup>

Las celdas de película fina también son fabricadas con otros materiales, tales como seleniuro de cobre e indio, telurio de cadmio, arseniuro de galio, entre otros.<sup>27</sup>

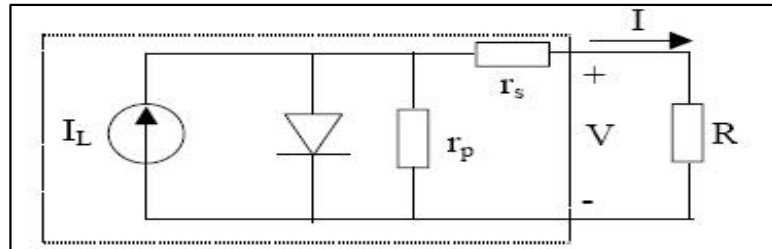
#### **2.7.4. Circuito Equivalente de una Celda Solar**

Una celda solar puede representarse mediante un circuito equivalente como el mostrado en la Figura 18, en la cual el comportamiento de una celda queda expresado como una fuente de corriente en paralelo con un diodo y dos resistencias que representan las pérdidas intrínsecas y al comportamiento del material del que está hecha la celda. La resistencia

<sup>26</sup> Solartronic. (s.f). Sistemas Fotovoltaicos.  
[http://www.solartronic.com/Sistemas\\_Fotovoltaicos/Curso\\_Breve/2\\_Fabricacion/](http://www.solartronic.com/Sistemas_Fotovoltaicos/Curso_Breve/2_Fabricacion/)

<sup>27</sup> TextosCientíficos.com (s.f). Energías Alternativas, Celdas solares.  
<http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

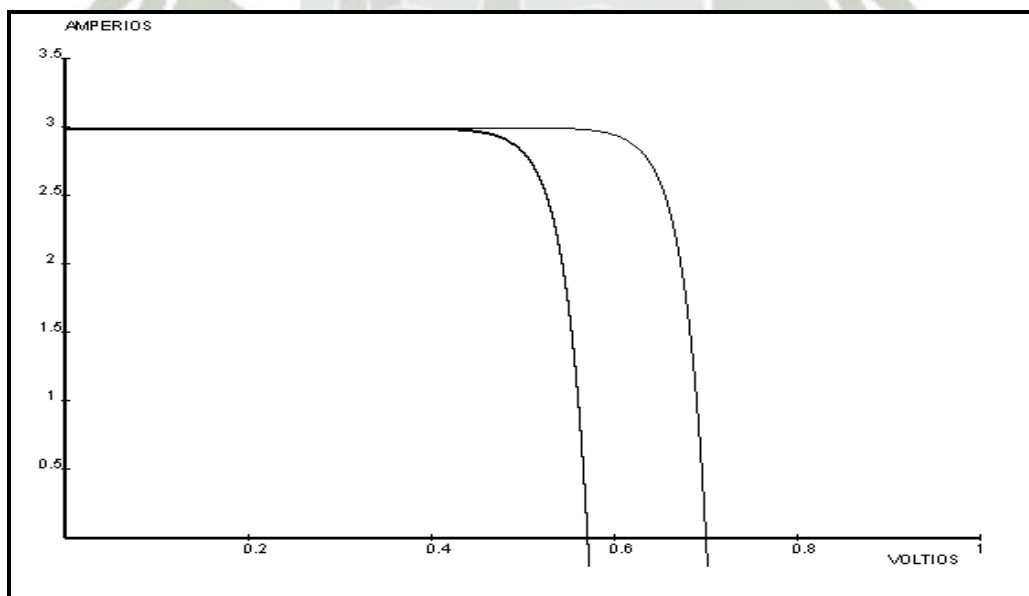
en serie  $r_s$ , representa la resistencia del material, las interconexiones y la resistencia entre los contactos metálicos y el semiconductor. Por su lado, la resistencia en paralelo ( $r_p$ ), representa la no idealidad de la unión PN y a las impurezas existentes cerca de la juntura.<sup>28</sup>



**Figura 18:** Circuito equivalente de una Celda Solar

### 2.7.5. Curva Característica

La representación estándar que se utiliza para caracterizar un dispositivo fotovoltaico es su curva corriente vs. tensión. En general la característica corriente vs. tensión de toda celda fotovoltaica tiene la forma mostrada en la Figura 19.



**Figura 19:** Curva corriente vs. tensión de una celda solar.

<sup>28</sup> LAMAISON, R. (2004). Apuntes: Energía Solar Fotovoltaica (ESF), Módulo 4: Célula, Panel y Generador Fotovoltaico. [http://tec.upc.es/esf/CELULA\\_FV.pdf](http://tec.upc.es/esf/CELULA_FV.pdf)

Esta curva es para condiciones de radiación, temperatura de celda y distribución espectral de luz definidas, el estándar establecido para que los fabricantes hagan las especificaciones es: 1Sun de radiación (que equivale a  $1000\text{W}/\text{m}^2$ ),  $25^\circ\text{C}$  de temperatura de celda y 1,5 AM de distribución espectral.

En general vemos que la celda se comporta como una fuente de corriente constante, ya que ésta es prácticamente invariable dentro del rango de tensión de operación.

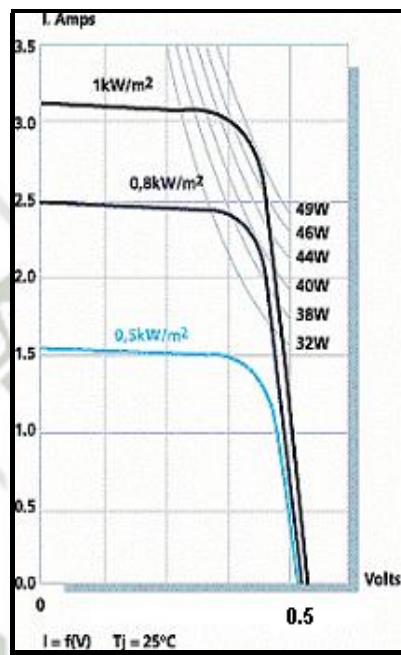
Los parámetros que sobresalen en la curva de operación de una celda solar son:

- **Corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ):** Es la corriente de salida cuando la tensión de salida es nula, bajo condiciones de radiación, temperatura y distribución espectral específicas, esta equivale a la máxima corriente que puede entregar la celda.
- **Tensión de circuito abierto ( $V_{ca}$ ):** Es la tensión de salida cuando la corriente de salida es cero, bajo condiciones de radiación, temperatura y distribución espectral específicas, y corresponde a la máxima tensión que puede entregar la celda.
- **Potencia Pico ( $P_{mp}$ ):** Es la máxima potencia que la celda es capaz de entregar, en la Figura 3.19 corresponde al punto en el que el producto  $V \times I$  es máximo y se toma como potencia nominal de la celda.
- **Corriente a máxima potencia ( $I_{mp}$ ):** Es la corriente de salida en el punto de máxima potencia, bajo condiciones de radiación, temperatura y distribución espectral específicas, esta se toma como corriente nominal de la celda.
- **Tensión a máxima potencia ( $V_{mp}$ ):** Es la tensión de salida en el punto de máxima potencia, bajo condiciones de radiación, temperatura y distribución espectral específicas, la cual se toma como tensión

nominal de la celda.

### 2.7.6. Influencia de la Radiación en la Eficiencia de una Celda Solar

Una vez que se ha entendido el comportamiento de una celda solar para condiciones de radiación constante se procede a variar esta condición para ver cómo varía su respuesta corriente vs. tensión.



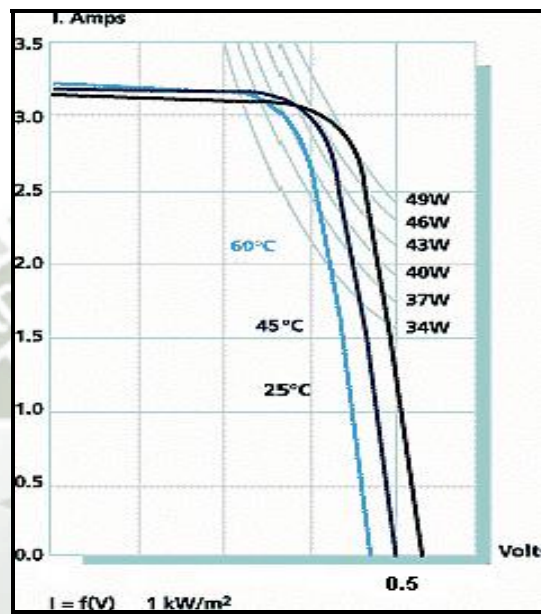
**Figura 20:** Variación de la corriente y tensión con la radiación.

En la Figura 20 se muestra la curva corriente vs. tensión de una celda para tres condiciones de radiación diferentes. Podemos observar que la corriente de la celda es directamente proporcional a la radiación, a medida que la radiación disminuye, la corriente también lo hace. Por su lado, la tensión permanece prácticamente constante para variaciones de la radiación.

### 2.7.7. Influencia de la Temperatura en la Eficiencia de una Celda Solar

Otro factor que influye sobre el comportamiento de la celda es la temperatura. En la Figura 21 se visualiza la curva corriente vs. tensión de

una celda para diferentes temperaturas, en ella se puede observar que el incremento de temperatura, a pesar de provocar un ligero aumento en la corriente, provoca una considerable reducción en el voltaje, lo que da como resultado final una considerable reducción en la potencia entregada por la celda. Por esta razón se recomienda tener las celdas en lugares aireados.



**Figura 21:** Variación de la corriente y tensión con la temperatura.

### 2.7.8. Paneles o Módulos Solares.

Dado que una sola celda fotovoltaica no genera la energía suficiente para alimentar a los equipos eléctricos existentes en el mercado, éstas son agrupadas en arreglos serie y/o paralelo llamados módulos fotovoltaicos, también conocidos como paneles solares.

Generalmente, las celdas son agrupadas de tal manera que el módulo sea capaz de alimentar equipos que cumplan con el estándar de 12V. Por ejemplo, suelen encontrarse en el mercado módulos solares de 36 celdas solares en serie, que dan como resultado un voltaje pico de salida de 18V, los cuales son utilizados para cargar acumuladores (o baterías) de 12V,

siendo diseñados para generar 6V más (18V) tomando en cuenta las pérdidas en el cableado y equipos de control.

El comportamiento de un panel solar es equivalente al descrito para una celda solar, y al igual que para ésta, para caracterizar un módulo fotovoltaico se emplea la curva corriente vs. tensión que define sus parámetros más importantes, tal y como son: corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ), tensión de circuito abierto ( $V_{ca}$ ), potencia pico ( $P_{mp}$ ), corriente a máxima potencia ( $I_{mp}$ ), y tensión a máxima potencia ( $V_{mp}$ ). Las potencias nominales (o máximas) de los paneles que se encuentran en el mercado varían entre 25W y 300W.<sup>29</sup>

Dado que los paneles solares son fabricados para proveer electricidad a sistemas en la intemperie, es necesario fabricarlos de tal manera que sean resistentes a los agentes climáticos. Para fabricar un panel se procede a conectar las celdas en serie y/o paralelo y se encapsulan en un plástico elástico (Etilvinilacelato) que tiene función de aislante eléctrico, por la cara superior se cubre con un vidrio templado, a veces éste es remplazado por plástico transparente, y por el lado posterior con una capa de poliéster. Luego este conjunto de capas es enmarcado, con un marco de aluminio que le proporciona rigidez.<sup>30</sup>

- **Orientación de un Panel Solar.**

La luz solar llega a la Tierra en línea recta, sin embargo, una vez que entra en la capa atmosférica sólo una parte de esta luz sigue su trayectoria inicial, la otra parte es dispersada por los gases. De esta forma la luz solar que llega a la superficie puede presentarse en dos formas: luz solar difusa y luz solar directa.

---

<sup>29</sup> Sandia National Laboratorios. (s.f). Energía Fotovoltaica:  
<http://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energia.html>

<sup>30</sup> Solartronic. (s.f). Sistemas Fotovoltaicos.  
[http://www.solartronic.com/Sistemas\\_Fotovoltaicos/Curso\\_Breve/2\\_Fabricacion/](http://www.solartronic.com/Sistemas_Fotovoltaicos/Curso_Breve/2_Fabricacion/)

Un panel solar es capaz de generar corriente eléctrica incluso en un día nublado en el que solo percibe luz solar difusa, sin embargo, la condición para una óptima producción de corriente eléctrica es el captar la mayor cantidad de luz solar directa posible. Por esto al instalar paneles o grupos de paneles solares se busca orientarlos lo mejor posible hacia el sol, de modo de aprovechar al máximo la luz solar directa. La mejor orientación para un panel solar ubicado en el Hemisferio Norte es hacia el Sur y para un panel solar ubicado en el Hemisferio Sur es hacia el Norte.<sup>31</sup>

- **Ángulo de Inclinación de un Panel Solar.**

La orientación de un panel solar viene dada por un ángulo de inclinación del mismo hacia dicha orientación, el cual varía de acuerdo a la latitud en la que se esté ubicado y a la época del año. La posición del Sol con respecto a la Tierra varía a lo largo del año debido a los movimientos de rotación y traslación de la misma. Por tal razón la mejor orientación en época de invierno no es la mejor en época de verano, de acuerdo a esto, en el diseño se debe escoger la orientación más óptima capaz de aprovechar el máximo de energía solar posible en un año.

En general, a medida que nos ubicamos más lejos del ecuador la inclinación del panel debe ser mayor y orientada al hemisferio contrario del que se está ubicado. Y en las zonas cercanas al ecuador, como no hay mucha variación en las distintas épocas del año, en teoría el panel no requiere ningún tipo de inclinación, sin embargo, se recomienda un ligero ángulo de inclinación para permitir que la lluvia limpie el panel de polvo, tierra, desperdicios de aves, etc. En general todo panel solar que se instale debe poseer un ángulo de inclinación por pequeño que

---

<sup>31</sup> PEREDA, I. (2005). Celdas Fotovoltaicas en Generación Distribuida. Trabajo de grado de Ingeniería Civil : <http://www2.ing.puc.cl/~power/paperspdf/pereda.pdf>

sea. En la Tabla 7 se muestran los valores recomendados de ángulo de inclinación de acuerdo a la latitud.

Latitud del lugar (en grados)	Angulo de inclinación fijo
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud más 5 °
30° a 35°	Latitud más 10 °
35° a 40°	Latitud más 15 °
40° o más	Latitud más 20 °

**Tabla 7:** Ángulo de inclinación óptimo según la latitud. <sup>32</sup>

## 2.8. SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Un sistema fotovoltaico es un sistema capaz de generar energía eléctrica a partir de la energía solar, para alimentar ininterrumpidamente cargas de corriente continua (DC) y/o de corriente alterna (AC). Un sistema fotovoltaico no es solo el panel solar, o arreglo de paneles solares, es además el conjunto de elementos (acumuladores, reguladores de carga e inversores) que hacen posible que se aproveche de manera adecuada la electricidad generada por éste, o éstos, para suministrar energía a las cargas ininterrumpidamente y sin dañarlas. <sup>33</sup>

### 2.8.1. Topologías de Sistemas Fotovoltaicos

De acuerdo al tipo de carga que se desea alimentar, un sistema fotovoltaico puede tener diferentes topologías:

<sup>32</sup> PEREDA, I. (2005). Celdas Fotovoltaicas en Generación Distribuida. Trabajo de grado de Ingeniería Civil : <http://www2.ing.puc.cl/~power/paperspdf/pereda.pdf>

<sup>33</sup> INTELEC. (2005). Conceptos, Operación y mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos. Caracas

- **Sistema Fotovoltaico para cargas DC**

Esta topología se utiliza en los casos en los que la carga que se desea alimentar opere con corriente continua (DC). En la Figura 22 se muestra el esquema de este tipo de sistema con todos sus elementos.



**Figura 22:** Topología de sistema fotovoltaico para cargas DC

El sistema está compuesto por un generador fotovoltaico conformado por el arreglo de paneles solares, un acumulador o arreglo de acumuladores (baterías) cuya función es almacenar la energía que los paneles generan durante el día para proveer de ésta a las cargas durante la noche, un regulador de carga para evitar que la batería se sobrecargue, y las cargas DC.

- **Sistema Fotovoltaico para cargas DC y AC**

Esta topología, que se muestra en la Figura 23, es similar a la anterior, pero incluye un elemento adicional, un Inversor. El inversor tiene como función convertir la energía de corriente continua suministrada por el panel o batería, en corriente alterna. Esto se hace necesario ya que la mayoría de los equipos eléctricos funcionan con corriente alterna



**Figura 23:** Topología de sistema fotovoltaico para cargas DC y AC

## 2.8.2. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Existen tres tipos de sistemas fotovoltaicos:

- **Sistema Fotovoltaicos Puros**

Son los sistemas en los cuales toda la energía que entrega el sistema es generada a partir de energía solar, como son los mostrados en las Figuras 22 y 23. Entre las aplicaciones de este tipo de sistemas tenemos: telecomunicaciones, telemetría, señalización, protección catódica y electrificación de áreas rurales.<sup>34</sup>

- **Sistema Fotovoltaicos Híbridos**

Son sistemas en los que la energía entregada viene de la combinación entre un generador fotovoltaico con otro tipo de generador de energía, tal como: eólico, hidráulico o diesel. Este tipo de sistemas es utilizado comúnmente en aplicaciones de Telecomunicaciones.<sup>35</sup>

- **Sistema Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica**

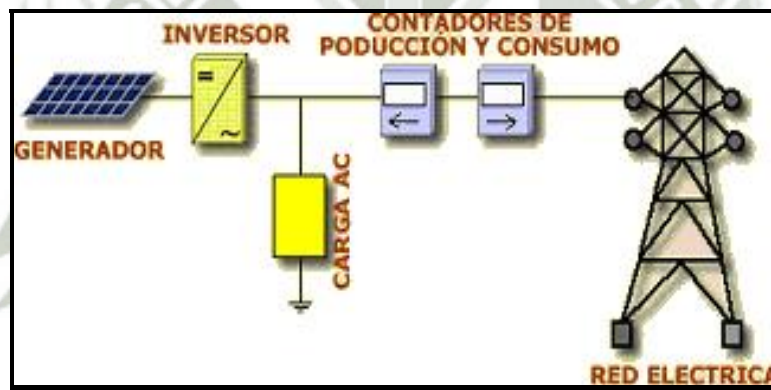
Son sistemas fotovoltaicos que están conectados a la red eléctrica, de modo que, si las baterías llegan a descargarse por completo, la red

<sup>34</sup> INTELEC. (2005). Conceptos, Operación y mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos. Caracas

<sup>35</sup> Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, Departamento de Electrónica e Informática (DEI). (s.f). Fase II – Sistemas Fotovoltaicos: Análisis y Modelaje

eléctrica suministra la energía necesaria para cargarlas y además para energizar las cargas.

Existe otra modalidad de sistema fotovoltaico conectado a la red llamada *Net-Metering*, consiste en sistemas fotovoltaicos capaces de entregar a la red eléctrica la porción de energía generada por el mismo, que no es consumida por las cargas (no utiliza baterías); a su vez también puede consumir energía de la red en el caso de que le haga falta. Como se muestra en la Figura 24, un contador toma registro de la energía recibida de la red y la entregada a la red, luego el usuario paga a la compañía eléctrica la diferencia entre éstas, pudiéndose dar el caso de que tenga que cobrar a la compañía eléctrica por proveerle energía con su sistema fotovoltaico.



**Figura 24:** Sistema Fotovoltaico conectado a la Red

Este tipo de sistema es aplicado en electrificación de áreas urbanas.

## 2.9. ELEMENTOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los elementos que conforman a un sistema fotovoltaico son: Arreglo Fotovoltaico, Regulador de Carga, Acumuladores o Baterías e Inversor.

### 2.9.1. Arreglos Fotovoltaicos

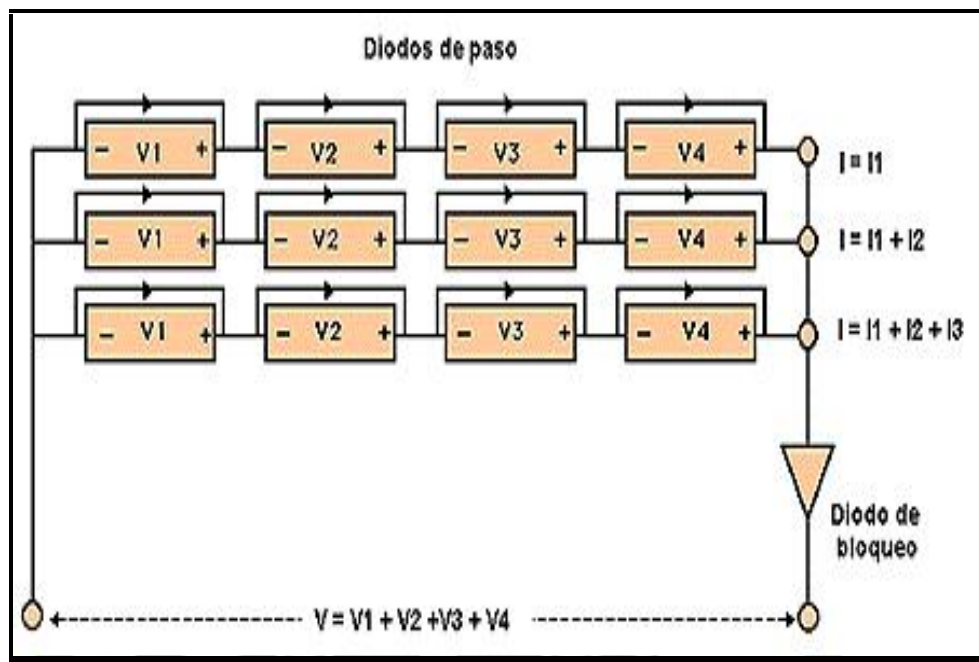
Para aplicaciones a gran escala en la que se requiera de mucha energía, es necesario formar arreglos de paneles que consisten en agrupar a éstos en serie y/o paralelo de acuerdo al voltaje y corriente que requiera el sistema a alimentar. Al igual que para un módulo, el comportamiento de un arreglo es equivalente al de una celda solar, y su curva característica es la de corriente vs. Tensión, donde estos valores varían de acuerdo al número de paneles conectados, y a como son conectados.

Para obtener un mayor nivel de voltaje los paneles son conectados en serie, y para obtener mayor cantidad de corriente son conectados en paralelo. El voltaje de salida de un arreglo en serie es la suma de los voltajes individuales de los módulos conectados en serie, y la corriente es la suma de cada panel o conjunto de paneles conectados en paralelo.

Adicional a los paneles, al formar un arreglo es necesario colocar diodos de bloqueo y de paso. Los diodos de bloqueo se utilizan para garantizar que la corriente sólo fluya en una dirección, del arreglo a la carga y nunca en dirección contraria. Por otro lado, tenemos los diodos de paso que se utilizan para que la corriente circule a través de ellos cuando un panel (paralelo al diodo) se encuentra sombreado, esto se hace para evitar que el panel sombreado que se comporta como un punto de resistencia, consuma la corriente generada por el resto de los paneles originando que éste se caliente y degrade<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> Sandia National Laboratorios. (s.f). Energía Fotovoltaica:  
<http://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energia.html>



**Figura 25:** Arreglo fotovoltaico

### 2.9.2. Reguladores de Carga

Los circuitos reguladores de carga tienen como función primordial proteger a la batería de sobrecargas y sobredescargas, que pueden disminuir la vida útil de la misma.

El regulador debe monitorear la tensión de la batería, el cual es el indicador del estado de carga de la misma, si ésta se encuentra descargada el regulador debe dar una señal para conectar el panel en paralelo con la batería y la carga. Una vez que se ha alcanzado la tensión para la cual se dice que la batería está cargada (14,1-14.7V para baterías de plomo-ácido selladas), el regulador debe enviar una señal de control que desconecte el panel de la batería y así evitar que esta se sobrecargue.

Por otro lado, una vez que la batería comience el proceso de descarga, el regulador debe monitorear su tensión y si ésta logra disminuir hasta alcanzar la denominada tensión de sobredescarga el regulador debe

desconectar la carga (función denominada LVD), y así evitar que la batería se descargue en exceso.<sup>37</sup>

A parte de las funciones ya mencionadas, el regulador debe evitar que la batería se descargue a través del arreglo fotovoltaico, esto se hace con el ya mencionado diodo de bloqueo, el cual asegura que la corriente fluya en una sola dirección, del arreglo a la carga. Otras funciones que se le pueden agregar a un regulador a parte de las mencionadas, son indicadores y/o alarmas del estado del sistema y visualización de parámetros importantes del mismo.

De acuerdo a las aplicaciones suelen emplearse dos topologías de reguladores, éstas son: regulador tipo serie, y regulador tipo paralelo.

- **Regulador tipo serie.**

El regulador tipo serie, mostrado en la Figura 26, consiste en agregar un elemento conmutador en serie entre el panel y la batería, controlado de acuerdo al voltaje de la batería, de manera que cuando la batería alcance la tensión de sobrecarga el elemento conmutador desconecte al panel de la batería, formando un circuito abierto y cuando se necesite cargar la batería los conecte, cerrando el circuito. El elemento en serie puede ser un dispositivo electromecánico como un relé o un contactor, o puede ser un dispositivo de estado sólido como un transistor bipolar o un MOSFET.<sup>38</sup>



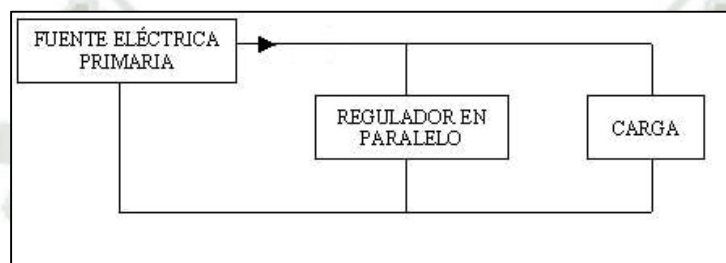
**Figura 26:** Regulador tipo serie

<sup>37</sup> INTELEC. (2005). Conceptos, Operación y mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos. Caracas

<sup>38</sup> Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, Departamento de Electrónica e Informática (DEI). Sistemas Fotovoltaicos: Análisis y Modelaje: <http://dei.uca.edu.sv/dei/html/proyectos/aulasc/aulasc-fase2-cap2-1.html>

- **Regulador tipo paralelo.**

Consiste en agregar un elemento en paralelo entre el panel y la batería, de modo que una vez que la batería ha alcanzado su tensión de carga máxima, este dispositivo cree un camino de baja resistencia, desviando la corriente de la batería, disipándola. Una vez que la batería necesite ser cargada el elemento forma un circuito abierto obligando a que la corriente del panel sea conducida a las baterías. Esta configuración es mostrada en la Figura 27.



**Figura 27:** Regulador tipo paralelo

### 2.9.3. Acumuladores o Baterías

Una batería se define como:

*“Sistema eléctrico que permite la acumulación de energía y su posterior suministro”.*<sup>39</sup>

En un sistema fotovoltaico la función del acumulador o batería es la de acumular la energía generada por el arreglo fotovoltaico durante el día, para poder utilizarla en las noches y en períodos de mal tiempo.

Existen muchos tipos de baterías, para escoger la batería adecuada debemos entender cuáles son las características que la definen, éstas son: capacidad en Amperios-horas, profundidad de descarga y vida útil.

<sup>39</sup> Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation

- **Capacidad de una batería.**

La capacidad de una batería es la magnitud de la cantidad de amperios de corriente que la batería es capaz de entregar por el número de horas en las que los entrega. Su unidad es el Amperio-hora (Ah). Con esta magnitud podemos saber cuánto tiempo puede una batería alimentar a una carga ininterrumpidamente, lo cual determina el tiempo de autonomía del sistema.

Por ejemplo, una batería de 350Ah, debería tener la capacidad de dar 350A en 1 hora, 175A en 2 horas, 50A en 7 horas, etc. Sin embargo, esto depende del tipo de batería, ya que ciertas baterías están diseñadas para ser descargadas a una cierta velocidad y si se descargan de forma más lenta o más rápida su capacidad puede variar. En general si una batería es descargada más lentamente de lo especificado por el fabricante, su capacidad va a aumentar ligeramente, y si por el contrario es descargada más rápidamente su capacidad disminuirá.

La temperatura a la que se expone una batería, es otro factor que puede modificar la capacidad de la misma. Si la batería es expuesta a una temperatura menor a la especificada, su capacidad disminuirá significativamente, por el contrario si se expone a una temperatura mayor su capacidad aumentara ligeramente.<sup>40,41</sup>

- **Profundidad de Descarga.**

La profundidad de descarga, es el porcentaje de la capacidad de la batería que es descargado en un ciclo. Por ejemplo, las baterías de “ciclo poco profundo”, se diseñan para ser descargadas entre un 10% y un 20% de su capacidad total en cada ciclo, y las baterías de “ciclo

---

<sup>40</sup> Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, Departamento de Electrónica e Informática (DEI). Sistemas Fotovoltaicos: Análisis y Modelaje:

<http://dei.uca.edu.sv/dei/html/proyectos/aulasc/aulasc-fase2-cap2-1.html>

<sup>41</sup> Solartronic.(s.f). Sistemas Eléctricos Solares, Preguntas Frecuentes.:

[http://www.solartronic.com/Ayuda/Preguntas\\_Frecuentes/](http://www.solartronic.com/Ayuda/Preguntas_Frecuentes/)

profundo”, se diseñan para ser descargadas en un 80% de su capacidad total en cada ciclo. En general mientras mayor sea la profundidad de descarga menor serán los ciclos de trabajo de la batería, en general para los sistemas fotovoltaicos se utilizan baterías de ciclo profundo.

- **Vida útil.**

Es el número de ciclos de la batería, un ciclo es el intervalo formado por un período de carga y uno de descarga.<sup>42</sup>

Los dos tipos de baterías más comunes son: de Plomo-Ácido y de Níquel-Cadmio.

- **Baterías de Plomo-Ácido.**

Este tipo de batería es el más empleado, por ser la mejor opción costo/beneficio. Esta tecnología consiste en placas de plomo y antimonio sumergidas en un electrolito que es una solución de ácido sulfúrico. El voltaje por celda es 2.0V, por lo que una batería de 12V está conformada por 6 celdas y su vida promedio es de 1200 a 1500 ciclos, es decir 5 a 6 años.<sup>43</sup>

Como cualquier batería ésta se ve afectada por el efecto de autodescarga cuando la batería está desconectada. Este efecto consiste en un proceso de descarga provocado por corrientes de fuga existentes entre las placas, es por esto que cuando las baterías están cargadas requieren de un voltaje de flotación que es de 2.25 V por celda que evita este proceso de autodescarga, de este modo una vez que se conecte la carga el 100% de la capacidad de la batería estará disponible.

---

<sup>42</sup> Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, Departamento de Electrónica e Informática (DEI). Sistemas Fotovoltaicos: Análisis y Modelaje: <http://dei.uca.edu.sv/dei/html/proyectos/aulasc/aulasc-fase2-cap2-1.html>

<sup>43</sup> Solartronic.(s.f). Sistemas Eléctricos Solares, Preguntas Frecuentes.: [http://www.solartronic.com/Ayuda/Preguntas\\_Frecuentes/](http://www.solartronic.com/Ayuda/Preguntas_Frecuentes/)

Una vez que comenzamos el proceso de descarga, la tensión de la batería tenderá rápidamente a su tensión nominal, es decir de 2.25V por celda (tensión de flotación) a 2.0V por celda (tensión nominal), durante el proceso de descarga esta tensión se mantendrá prácticamente constante, hasta que la batería se aproxime al final de su capacidad que comenzará a disminuir hasta a la denominada tensión o voltaje final de descarga, que es 1.75V por celda. Los fabricantes recomiendan interrumpir la descarga cuando la batería alcance este punto, ya que al seguir descargándola se puede provocar una sobredescarga de la batería trayendo como consecuencia la disminución de su vida útil.

- **Baterías de Níquel-Cadmio.**

Para esta tecnología las placas positivas son hechas con hidróxido de Níquel, las negativas con óxido de cadmio y el electrolito es hidróxido de potasio. El voltaje por celda es 1.2V, por lo que una batería de Ni-Cd de 12V está constituida por 10 celdas. Presentan las siguientes ventajas con respecto a la batería de Pb-Ácido:

- Soportan procesos de congelación y descongelación sin ser afectado su comportamiento.
- Son menos susceptibles a los cambios de temperatura.
- Les afectan menos las sobrecargas.
- Pueden descargarse por completo sin sufrir daños.
- Necesita menos mantenimiento aún que las de Pb-Ácido.
- Tiene una vida útil más larga.

Las desventajas que tiene esta tecnología es el alto costo, que es considerablemente elevado con respecto a las de Pb-Ácido, y esta es la razón por la cual no se utiliza en sistemas fotovoltaicos. Además, tiene como desventaja que posee el “efecto memoria”, lo que quiere decir que la batería “recuerda” la profundidad en la cual fue descargada y reduce su capacidad a esta profundidad.

Otro tipo de batería es la batería de Gel, en la cual el electrolito tiene consistencia de gel, que evita que se derrame y gasifique, por lo que son completamente selladas, sin embargo, tienen como desventaja que solo admiten descargas poco profundas.

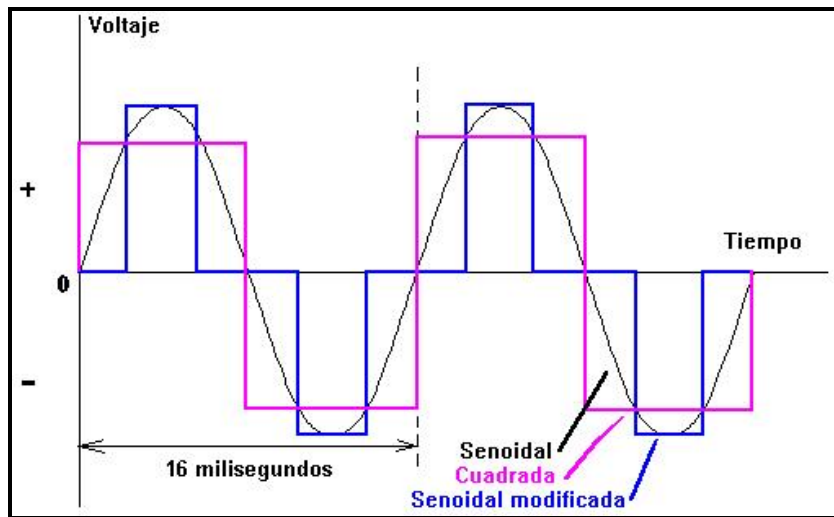
#### 2.9.4. Inversores

La energía generada por un arreglo fotovoltaico y la entregada por un banco de baterías es de corriente continua (DC), sin embargo, muchas aplicaciones requieren de corriente alterna para operar, es por esto que en muchos sistemas fotovoltaicos se hace necesario incluir un elemento adicional que sea capaz de convertir la energía de corriente continua proporcionada por los paneles o las baterías en energía de corriente alterna.

Este elemento es denominado inversor o conversor DC-AC. Existen varios métodos para convertir corriente continua a corriente alterna, lo que varía entre ellos es la forma de la onda obtenida. La forma de una señal alterna estándar en Venezuela es una Senoidal de 60Hz, sin embargo, mientras más se quiera asemejar la salida de un inversor a esta onda más complejo será el mismo.

Por esto en algunos casos, cuando la carga no requiere que la señal alterna no se asemeje tanto a una señal Senoidal, se prefiere utilizar métodos más sencillos y económicos para generar señales alternas no senoidales.

En la Figura 28, se ilustran tres formas de onda de señales alterna, en primer lugar, tenemos la forma estándar que es la **Senoidal**, luego una señal **Cuadrada** y por último una que se asemeja más a la primera que es la llamada onda **Senoidal Modificada**.



**Figura 28:** Diferentes formas de onda de corriente alterna a 60Hz.

- **Inversores de Onda Cuadrada.**

Son los menos complejos y más económicos. Generalmente el método que se utiliza es hacer pasar la corriente continua a través del devanado primario de un *transformador* en una dirección durante 8ms y luego en la dirección contraria durante los siguientes 8ms, de esta manera se refleja en el secundario un voltaje positivo/negativo durante los primeros 8ms y negativo/positivo durante los siguientes 8ms, formando así un período.

La desventaja de este tipo de inversor es que la onda cuadrada posee muchos armónicos que causan interferencia por lo que no son aptos para alimentar cualquier carga.

- **Inversores de Onda Senoidal Modificada.**

Este método busca modificar el ancho de pulso para disminuir los armónicos y de esta forma asemejarse más a la senoide, el proceso es más complejo porque requiere de modulación de ancho de pulso y por ende es más costoso. Sin embargo, el resultado obtenido es muy

bueno y de hecho esta es la mejor opción en relación a calidad/costo para conexiones de iluminación, televisores y otros.

- **Inversores de Onda Senoidal.**

Con el uso de métodos más elaborados se ha logrado obtener ondas senoidales puras. Sin embargo, por el alto costo que esto implica se prefieren utilizar los métodos más sencillos a menos que la carga que se desee alimentar requiera de manera estricta que la señal alterna tenga esta forma.

### **2.9.5. Ventajas de la energía solar fotovoltaica**

- La energía que procede del sol es limpia y renovable, no cuesta dinero.
- No contamina: produce emisiones de CO<sub>2</sub> insignificantes y no emite otros gases contaminantes a la atmósfera.
- No consume combustibles ni se produce ninguna combustión.
- No genera residuos ni ruidos.
- Su instalación es relativamente simple.
- Impacto visual reducido (proporcionalmente a su aplicación).
- Requiere poco mantenimiento.
- Tienen una vida larga (los fabricantes señalan una vida promedio de 25 años).
- Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- Instalación en zonas rurales: desarrollo tecnologías propias.
- El silicio, elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas, es muy abundante, no siendo necesario explotar yacimientos de forma intensiva.
- Se puede aplicar en lugares de bajo consumo energético, por ejemplo, en casas ubicadas en sitios rurales donde no llega la red

eléctrica general, o su transmisión es muy costosa.

- Tolera aumentar la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.
- Actualmente ya existen distribuidores de estos equipos en nuestro país, con lo cual se aumenta la posibilidad de desarrollar proyectos o ser del caso buscar los equipos para un lugar en específico.

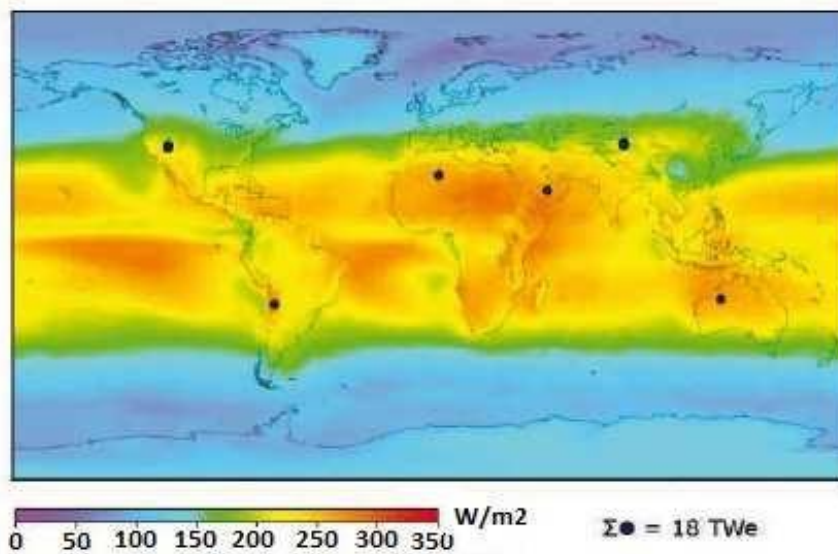
## 2.10. LA RADIACIÓN SOLAR

La energía solar mantiene a la gran mayoría de los organismos vivos conocidos, proveyendo todo el calor y la luz que nuestro planeta recibe. Así, ha sido y sigue siendo el principal factor en moldear el curso de la evolución en la Tierra.

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. La radiación solar distribuye sus longitudes de onda desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

La magnitud de radiación solar que llega a la Tierra puede ser medida y su unidad es el  $W/m^2$  (vatio por metro cuadrado).

La radiación que atraviesa la superficie del sol tiene una potencia de alrededor de  $60 MW/m^2$ , llegando al tope de la atmósfera terrestre sólo algo más de  $1,3 kW/m^2$ ; este valor es conocido como constante solar  $I_{cs}$  y se la define como la energía proveniente del sol que, por unidad de tiempo, es recibida en la unidad de área por una superficie perpendicular a la radiación ubicada en el espacio a la distancia media sol-tierra.

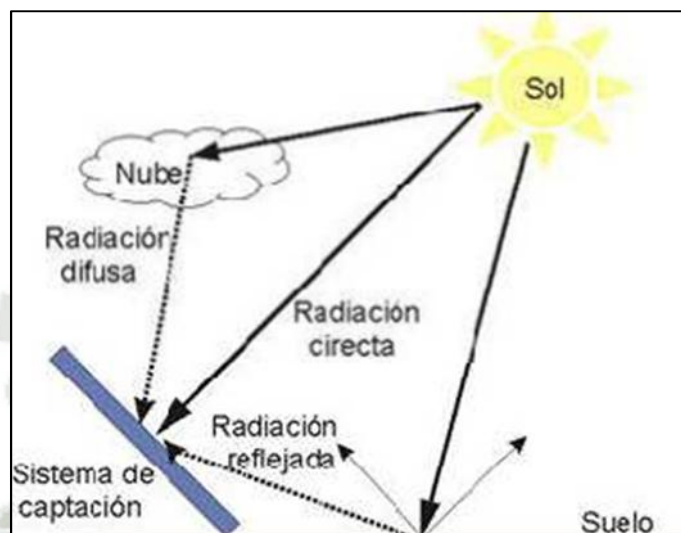


**Figura 29:** La radiación solar mundial

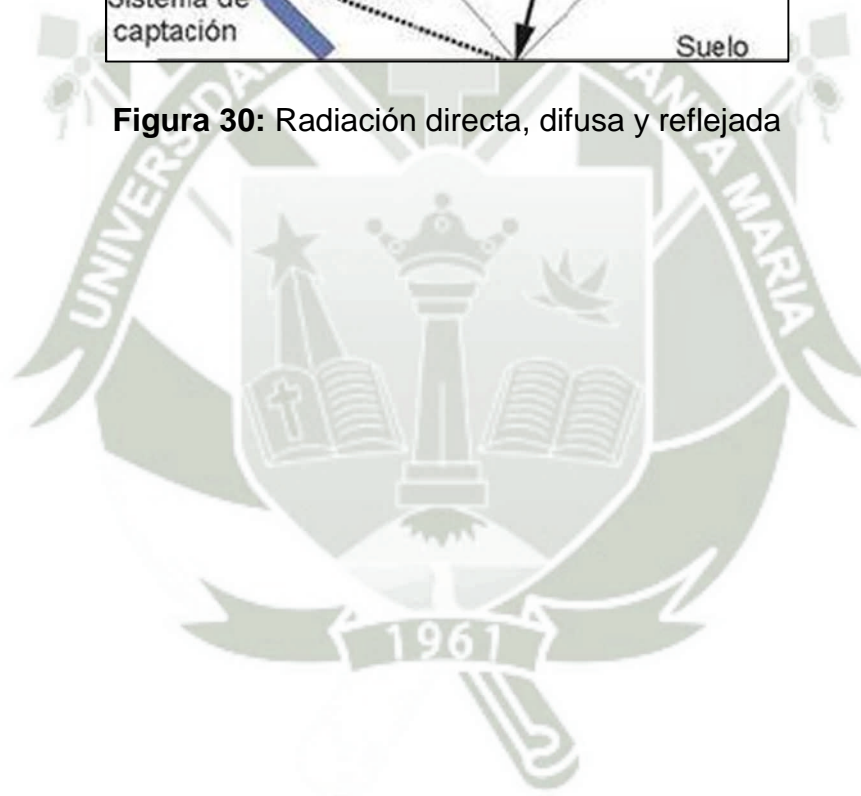
Luego de pasar por la atmósfera terrestre, donde es parcialmente absorbida y redistribuida, la radiación solar alcanza la superficie de la Tierra con valores máximos que raramente superan  $1 \text{ kW/m}^2$  en días despejados. Esta energía corresponde a radiación cuya longitud de onda va desde  $10\text{-}13 \mu\text{m}$  hasta  $10 \mu\text{m}$ , pero el 98 % de ella se concentra en el intervalo entre  $0,3 \mu\text{m}$  y  $4,0 \mu\text{m}$ , límites que casi coinciden con los de la atmósfera. La radiación solar tiene tres tipos:

- **La radiación directa.** Es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias, esta puede reflejarse y concentrarse para su utilización.
- **La radiación difusa.** Es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión (cambio en la dirección de un rayo de luz cuando este no logra traspasar la interfaz entre dos medios) y refracción solar en la atmósfera (es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro), en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, en este tipo de radiación no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones.

- **La radiación reflejada:** Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.



**Figura 30:** Radiación directa, difusa y reflejada



## **CAPITULO III:**

# **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTÓNOMO BASADO EN LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO LED Y ALIMENTADO POR PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LAS ÁREAS EXTERNAS DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

### **3.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE LÁMPARA.**

Para un sistema fotovoltaico es importante escoger una fuente luminosa de alto rendimiento y en lo posible de bajo consumo, ya que la cantidad de energía que se le puede suministrar está limitada por la capacidad de los paneles y de las baterías. Para seleccionar la luminaria más adecuada se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Estudio del área a iluminar.
- 2) Estudio de los tipos de lámparas utilizados en sistemas fotovoltaicos.
- 3) Estudio de las lámparas existentes en el mercado.

#### **3.1.1. Estudio del área a iluminar.**

El sistema de iluminación está orientado a iluminar áreas exteriores tales como plazas, veredas, ingreso a los estacionamientos entre otras del campus de la Universidad Católica de Santa María. De acuerdo a esto es necesario regirnos por la NORMA TÉCNICA DGE “ALUMBRADO DE VÍAS PÚBLICAS EN ZONAS DE CONCESIÓN DE DISTRIBUCIÓN”. En esta norma se define el nivel de iluminación para cada tipo de alumbrado y vía de acuerdo al uso, la velocidad de los vehículos, el tránsito de

peatones, la importancia de reproducción de colores, los tipos de accesos y la geometría general de la vía.

En este caso, el sistema de iluminación se va a implementar en vías que se caracterizan por:

- Velocidad de circulación Muy reducida (Al paso).
- Vías peatonales III Tráfico exclusivamente peatonal
- Volumen de Tránsito Muy reducido (Menor a 100 vehículo/h).

Al aplicar estos criterios y de acuerdo a las Tablas I, II, III, y IV, extraídas de la “Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, **el tipo de alumbrado es III y el tipo de vía es Peatonal Comercial**, ya que son vías en las que la circulación, el tráfico y la señalización son mínimas.

Por último, para determinar qué valor de iluminancia debe cumplir un sistema de iluminación como el que estamos construyendo utilizamos las Tablas I, II, III y IV extraídas de la Norma, en éstas se visualiza información de las características de iluminación de vías rurales y áreas públicas de circulación de peatones específicamente. De acuerdo a estas dos tablas se determina que **el nivel de iluminancia que debe cumplir el sistema en desarrollo es entre 10 y 20 lux.**

### 3.1.2. Estudio de los tipos de lámparas utilizados en sistemas fotovoltaicos.

Para elegir el tipo de lámpara adecuado para un sistema fotovoltaico se deben seguir los siguientes criterios:

Dado que en sistemas fotovoltaicos la energía es limitada, se prefieren lámparas de alto rendimiento y bajo consumo, lo que se traduce a alta eficiencia, es decir más luz por menos vatios.

Dado que los paneles solares y las baterías generan corriente continua, se debe buscar utilizar lámparas que trabajen con corriente continua, a 12VDC o 24VDC, y así poder omitir el elemento inversor y a su vez eliminar las pérdidas que éste genera al sistema. Al igual que para cualquier sistema de iluminación, se debe seleccionar una lámpara adecuada para el tipo de aplicación para el que se va a utilizar, considerando lo siguiente:

- Lámpara de iluminación exterior para ser utilizada en plazas, estacionamientos, calles, jardines, etc.
- Lámpara de larga vida útil que no requiera mucho mantenimiento, ya que va a ser implementada en sitios remotos y de difícil acceso.
- La luminaria debe estar protegida contra suciedad y humedad, que sea resistente a golpes, que tenga las protecciones eléctricas pertinentes y que requiera de poco mantenimiento.

Una vez establecidos los criterios para elegir el tipo de lámpara se procedió a realizar un cuadro comparativo (Tabla 8) de los tipos de lámparas estudiados. Considerando que el precio de la energía eléctrica es de 55.25 céntimos S/./kW.h, considerando además que el encendido de las luminarias será desde las 18:00 hasta las 23:00 horas (05 horas diarias, 150 horas al mes), entonces tendremos la siguiente tabla:

**Tabla 8:** Comparación consumo/costo de los sistemas de iluminación

CARGA LÁMPARA	POTENCIA (W)	USO (H/MES)	CONSUMO MES	PAGO POR CONSUMO	COSTO DE ADQUISIC.
Incandescente	100	150	15 KWh/mes	S/ 8.28	S/2.0.
Fluorescente	15	150	2.25 KWh/mes	S/1.24	S/10.00
Halógeno	90	150	13,5KWh/mes	S/7.46	S/6.00
Ahorrador	30	150	4,50 KWh/mes	S/2.48	S/10.00
LEDS	9	150	1.35KWh/mes	S/0.75	S/ 45.00

TABLA CON VALORES ORIENTATIVOS						
TIPO DE LUMINARIA	Eficacia Luminosa ( lm/W )	Vida Media ( Horas )	Vida Útil (Horas)	Temperatura Color ( °K )		Índice Reproducción Cromática
Incandescente	6   22	1.000	1.000	2.700		100
Halógena	10   29	2.000	2.000	3.000		100
Tubo Fluorescente	40   104	10.000	5.000   7.500	2.700   6.500	50   98	
Fluorescente Comp.	90	8.000   15.000	6.000   9.000	2.700   6.500	50   98	
Inducción	80	60.000	60.000	2.700   4.000	80	
Vapor de Mercurio	50	24.000	16.000	3.000   4.000	50	
Luz Mezcla	19   28	9.000	6.000	3.000   6.000	68	
Halogenuros Metál.	70   120	2.000   15.000	1.000   10.000	3.600   4.000	60   100	
Sodio Alta Presión	60   130	20.000	15.000	2.000   2.500	23   80	
Sodio Baja Presión	173   200	22.000	12.000		0	
LED	20   75	10.000   50.000	10.000   50.000	2.000   9500	70   75	

De los resultados: los más eficientes son las lámparas de descarga de sodio, las lámparas LED tienen una eficiencia regular comparada aun con otras lámparas sin embargo la diferencia radica en el tiempo de vida útil que supera enormemente el resto de lámparas y por su puesto es incomparable el impacto ambiental de dichas lámparas ya que no contaminan el medio ambiente.

Otro aspecto importante es el ahorro de energía, el mismo que puede expresarse en forma de ahorro de recursos económicos y en reducción de emisión de gases tipo invernadero.

En la actualidad para nuestra ciudad el costo de la energía eléctrica tomada de la red de distribución SEAL (SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE) se encuentra con un valor entre 141.31 céntimos S./kW.h a 20.39 céntimos S./kW.h para un suministro en Baja Tensión y con un valor entre 22.68 céntimos S./kW.h a 18.80 céntimos S./kW.h para un suministro en Media Tensión, como se muestra en las tablas adjuntas los diferentes costos para las tarifa existentes tanto en media tensión como en baja tensión.

MEDIA TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
<b>TARIFA MT2:</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.43
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	22.68
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	18.80
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S./kW-mes	57.16
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S./kW-mes	10.01
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S./kW-mes	10.64
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.35
<b>TARIFA MT3:</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.43
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	22.68
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	18.80
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	53.24
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	26.28
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	10.71
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	10.67
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.35
<b>TARIFA MT4:</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.43
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	19.73
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	53.24
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	26.28
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	10.71
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	10.67
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.35
BAJA TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
<b>TARIFA BT2:</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.43
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	24.59
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	20.39
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S./kW-mes	57.36
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S./kW-mes	47.57
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S./kW-mes	32.42
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.35
<b>TARIFA BT3:</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.43
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	24.59
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	20.39
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	48.38
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	31.69
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	46.99
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	41.91
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.35
<b>TARIFA BT4:</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.43
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	21.39
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	48.38
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	31.69
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	46.99
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	41.91
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.35

<b>TARIFA BT5A: TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E</b>			
<b>a) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y HFP</b>			
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.43
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./,kW.h	141.34
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./,kW.h	20.39
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S./,kW-mes	43.84
<b>b) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y 50kW en HFP</b>			
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.43
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./,kW.h	167.12
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./,kW.h	20.39
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S./,kW-mes	43.84
<b>TARIFA BT5B: TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>			
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.09
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./,kW.h	55.25
<b>TARIFA BT5B: TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>			
Residencial	<b>a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes</b>		
	<b>0 - 30 kW.h</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.01
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./,kW.h	40.35
	<b>31 - 100 kW.h</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.01
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	12.11
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./,kW.h	53.80
	<b>b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.09
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./,kW.h	55.25
<b>TARIFA BT5C: TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público</b>			
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.25
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./,kW.h	53.98
<b>TARIFA BT6: TARIFA A PENSIÓN FIJA DE POTENCIA 1P</b>			
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.09
	Cargo por Potencia	ctm. S./,W	20.00
<b>TARIFA BT7: TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>			
No residencial	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.21
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./,kW.h	54.40

**Tabla 9:** Costos de tarifas vigentes para SEAL noviembre 2016

Cabe mencionar que la tarifa de la Universidad Católica de Santa María es en media tensión y es la MT3.

De la tabla 9 antes expuesta es fácil determinar tanto la diferencia en los costos de adquisición de estos equipos, como su consumo económico mensual.

Para la actualidad de Perú aún los costos de adquisición de la tecnología de iluminación LED es cara en nuestro medio, sin embargo, es incuestionable su ahorro económico futuro, esto considerando su largo tiempo de vida útil comparado con los otros sistemas de iluminación y sobre todo su bajo costo de mantenimiento que generara un ahorro significativo en el tiempo de uso.

Otro factor importante en la diferenciación de estos distintos tipos de iluminación es el factor ecológico, ya la utilización de focos halógenos o

fluorescentes implican el manejo de residuos peligrosos cuando se desechan, sin embargo, la utilización de LEDs no requiere de mayores requerimientos en su desecho.

### **3.1.3. Estudio de las lámparas existentes en el mercado.**

En el mercado Nacional, en general no se encuentra la tecnología Sodio a Baja presión ni fluorescentes ahorradoras de energía que operen a 12VDC o 24VDC, salvo por unos pocos proveedores que, por encargo, pueden traer dicha tecnología a un costo elevado.

En consecuencia y debido a que se desea utilizar una tecnología existente en el país, las mejores opciones en cuanto a costo/beneficio y tipo de aplicación son: vapor de sodio a alta presión y fluorescentes compactas ahorradoras de energía, las cuales operan a corriente alterna haciéndose necesario incluir en el sistema el elemento inversor.

Con respecto a la lámpara de sodio a alta presión, se tiene como limitante que en el mercado nacional ésta sólo existe en altos valores de consumo, esto es de 100W en adelante, lo cual representa mucho consumo para un sistema fotovoltaico.

Se concluye que para este diseño la mejor opción es la lámpara LED de 60W ahorro de energía, existente en el mercado peruano. Las lámparas fluorescentes lineales son descartadas porque, además de ser más costosas, poseen una forma alargada que dificultaría su instalación en un poste de alumbrado exterior. Por otro lado, la fluorescente ahorradora de energía, y las lámparas de descarga utilizan equipos de arranque que demora su encendido, además el tiempo de vida útil hacen que los costos de mantenimiento de dichas lámparas sean costosos, por lo que se optó por una luminaria con lámpara LED, las características de la lámpara seleccionada se presentan a continuación:

Reflector de 48W de LEDs para exteriores, especialmente diseñado para aplicaciones solares, funcionamiento en corriente directa, 24V.

#### Parámetros eléctricos

- Flujo Lumínico inicial: > 4,800 lm
- Eficiencia Lumínica: > 90 lm/W
- Eficiencia Eléctrica: > 90%
- Consumo a 24VCD: 48 W
- Voltaje de operación: 24 VCD (22 a 28 vcd)
- Temperatura de Color: Blanco Brillante: 4500 -- 7000 °K
- Temperatura de Operación: -10 A + 50 °C
- Área de Iluminación Efectiva: 8m X 20m a 6m de altura 26 lux max, 5 lux min
- Humedad: 10 a 90% no condensante
- Gabinete: Aluminio Fundido
- Tiempo de Vida (hrs): > 80,000
- Dimensiones (mm): 495 X 315 X 80
- Angulo del haz de la luz: 120° horizontal 60° vertical
- Protección Ambiental: IP65

Potencia (W) 48, Voltaje (DC) 24



**Figura 31:** Luminaria de LEDs 48W, 24VCD para iluminación exterior seleccionado

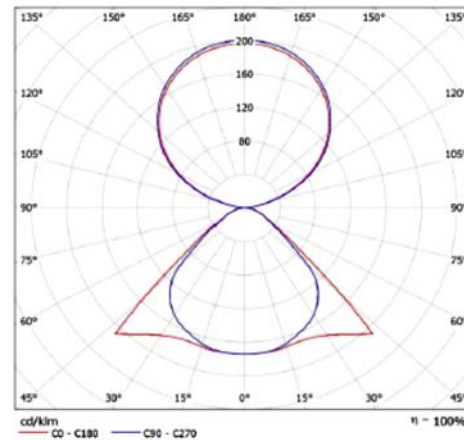
**PHILIPS FS484F 1xLED45S/830 MLO / 48W/24V/Hoja de datos de luminarias**



Clasificación luminarias según CIE: 44  
Código CIE Flux: 58 90 98 44 100

SmartBalance de pie: combinación de rendimiento y diseño inteligente Las luminarias de pie son la solución que prefieren muchos clientes para obtener una iluminación controlada, flexible y cómoda. SmartBalance es un paso adelante en luminarias de pie. El uso de la tecnología LED más avanzada logra una mayor eficiencia energética, además de un diseño compacto y elegante que se integra en cualquier estilo. SmartBalance también está disponible en versiones de montaje en superficie y suspendido.

Emisión de luz 1:



Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
p. Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
p. Paredes		50	30	50	30	20	50	30	50	30	20
p. Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	12.9	13.7	13.9	14.6	15.8	11.6	12.3	12.5	13.2	14.4
	3H	13.1	13.7	14.1	14.7	15.9	12.0	12.6	12.9	13.5	14.8
	4H	13.2	13.8	14.2	14.8	16.0	12.2	12.8	13.2	13.8	15.0
	6H	13.3	13.8	14.3	14.8	16.1	12.4	13.0	13.4	14.0	15.2
	8H	13.3	13.8	14.3	14.8	16.1	12.5	13.1	13.5	14.0	15.3
4H	2H	12.8	13.4	13.8	14.4	15.6	11.6	12.2	12.6	13.2	14.4
	3H	12.1	12.6	13.1	13.6	15.9	12.2	12.7	13.2	13.6	14.9
	4H	12.3	12.7	13.3	13.7	16.1	12.5	13.0	13.6	14.0	15.3
	6H	12.5	13.0	13.6	14.0	16.3	12.9	13.3	14.0	14.3	15.7
	8H	12.6	13.0	13.7	14.0	16.4	13.1	13.4	14.1	14.5	15.8
8H	2H	13.7	14.0	14.8	15.0	16.4	13.2	13.5	14.3	14.6	15.9
	4H	13.3	13.6	14.4	14.7	16.0	12.6	12.9	13.6	13.9	15.3
	6H	13.7	13.9	14.7	15.0	16.4	13.1	13.4	14.2	14.5	15.9
	8H	13.8	14.1	14.9	15.1	16.6	13.4	13.7	14.5	14.7	16.1
	12H	14.0	14.2	15.1	15.3	16.7	13.7	13.9	14.8	15.0	16.4
12H	4H	13.3	13.6	14.3	14.6	16.0	12.6	12.9	13.6	13.9	15.3
	6H	13.7	13.9	14.7	15.0	16.4	13.2	13.4	14.2	14.5	15.9
	8H	13.9	14.1	15.0	15.2	16.6	13.5	13.7	14.6	14.8	16.2

Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias		
S = 1.0H	+1.1 / -1.1	+0.7 / -0.7
S = 1.5H	+2.2 / -1.8	+1.2 / -1.2
S = 2.0H	+3.6 / -2.2	+2.1 / -1.6

Tabla estándar	BN03	BN04
Sumando de corrección	-2.1	-2.5

Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4000lm Flujo luminoso total

**3.2. CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos:

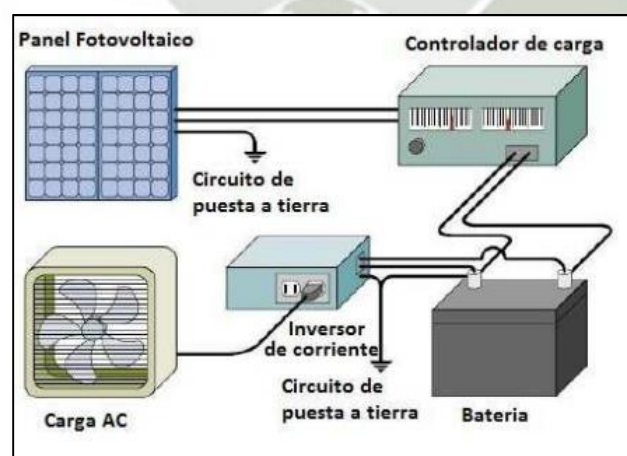
**Módulos o paneles fotovoltaicos**, que son los que reciben las radiaciones solares y las convierten en una corriente eléctrica continua.

**Regulador de carga**, para regular el paso de la electricidad de los módulos a los puntos de consumo o la batería, garantizando una larga

vida útil para la misma. Se debe tener en cuenta que, en las instalaciones solares fotovoltaicas, las baterías están sometidas a ciclos de carga y descarga constantes, por lo que sufren mucho si la regularización no es buena. El regulador controla la tensión (V) y la corriente (I). En algunos casos también proporciona las siguientes informaciones: indicación de batería en proceso de carga, indicación de batería cargada totalmente, y protección contra carga excesiva. Tiene también sensores de temperatura para que la carga se desarrolle correctamente.

**Baterías especiales (baterías solares)**, ya que como se ha dicho están sometidas a continuos ciclos de carga y descarga, y están desarrolladas de tal forma que sus componentes satisfagan estas características de los sistemas fotovoltaicos.

**Inversor (también llamado convertidor)**, para transformar la corriente continua (12 V, por ejemplo) recibida de los paneles, en corriente alterna (120 V). Hay que tener en cuenta que la mayoría de los aparatos funcionan con corriente alterna. Estos inversores deben llevar protección contra descarga del sistema, exceso de temperatura, batería baja e inversión de polaridad.



**Figura 32:** Sistema solar fotovoltaico con cargas de corriente alterna

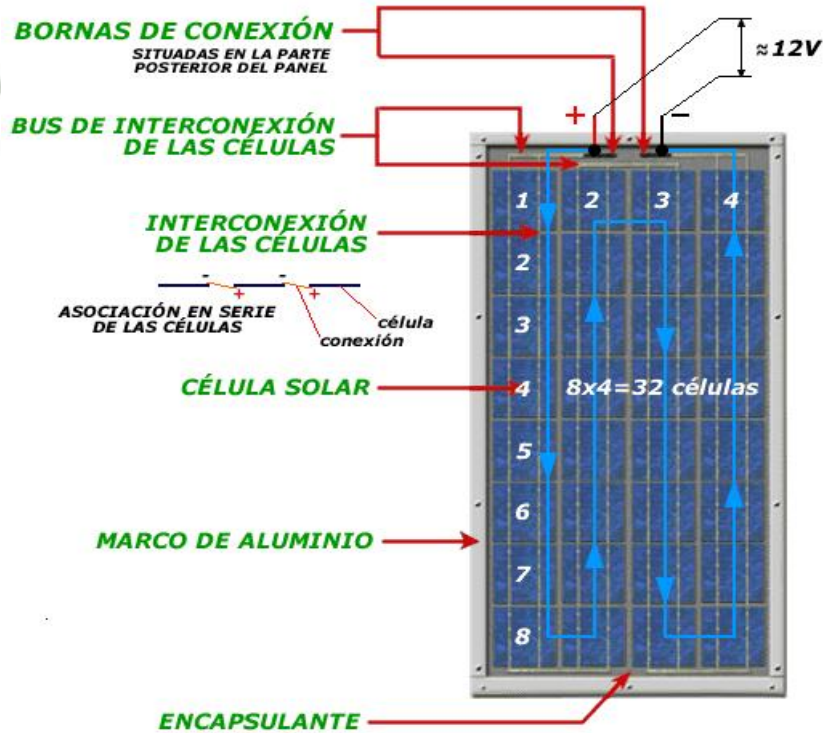
En muchos de los casos no es necesaria la utilización del inversor debido a que existen algunos aparatos que funcionan con corriente continua de 12 voltios.



Figura 33: Sistema solar fotovoltaico con cargas de corriente continua

### 3.2.1. Paneles solares fotovoltaicos

#### EL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO





**Figura 34:** Elementos de un panel fotovoltaico

Un panel solar está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles fotovoltaicos se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

Estos elementos son:

- **Cubierta exterior de cara al sol:** es de vidrio que debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica, alta transmisividad y bajo contenido en hierro.
- **Encapsulante:** de silicona o más frecuentemente EVA (etil-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol, buscándose además

un índice de refracción similar al del vidrio protector para no alterar las condiciones de la radiación incidente.

- **Protección posterior:** igualmente debe dar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos. Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.
- **Marco metálico:** que asegura una suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el modulo está realizada mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.
- **Cableado y bornes de conexión:** habituales en las instalaciones eléctricas, protegidos de la intemperie por medio de cajas.
- **Diodo de protección:** su misión es proteger contra sobre-cargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento de panel.

### 3.2.2. Comportamiento del panel fotovoltaico

Se debe conocer ciertos parámetros para determinar cómo afectan éstos a los paneles fotovoltaicos:

**La intensidad aumenta con la radiación** permaneciendo más o menos constante el voltaje, los valores de la radiación cambian a lo largo de todo el día en función del ángulo del sol con el horizonte, este valor de radiación que cambia con el día afecta proporcionalmente a los amperios generados por el panel solar.

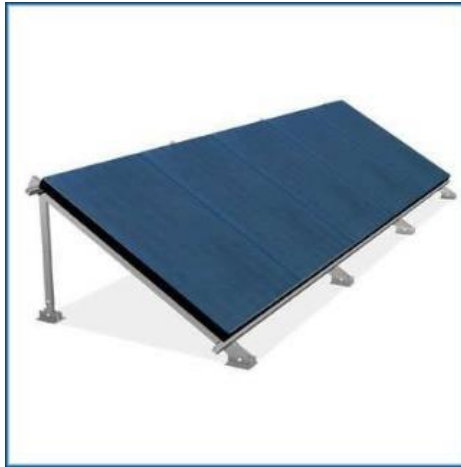
**La exposición al sol de las células provoca su calentamiento**, lo cual conlleva cambios en la producción de electricidad. Una radiación de 1000 W/m<sup>2</sup> es capaz de calentar una célula unos 30°C por encima de la temperatura del aire circundante. A medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar los

paneles de tal manera que estén bien aireados y, en el caso de que sea usual alcanzar altas temperaturas, plantearse la posibilidad de instalar paneles con un mayor número de células.

Este factor condiciona enormemente el diseño de los sistemas de concentración, ya que las temperaturas que se alcanzan son muy elevadas, por lo que las células, deben estar diseñadas para trabajar en ese rango de temperatura o bien, contar con sistemas adecuados para la disipación de calor.

**El número de células por módulo afecta principalmente al voltaje,** puesto que cada una de ellas produce 0.4V. La  $V_{oc}$  del módulo aumenta en esa proporción. Un panel solar fotovoltaico se diseña para trabajar a una tensión nominal  $V_{pn}$ , procurando que los valores de  $V_{Pmax}$  en las condiciones de iluminación y temperatura más frecuentes coincidan con  $V_{pn}$ .

Los parámetros bajo los que operan los paneles fotovoltaicos, para una determinada localización, hacen que la característica de voltaje DC de salida varíe dentro de un margen considerable a lo largo de todo el año. La radiación y la temperatura ambiente experimentan además otro tipo de variación debidos a factores diurnos y estacionarios. Los paneles solares tienen entre 28 y 40 células, aunque lo más típico es que cuenten con 36. Normalmente, los paneles utilizados, están diseñados para trabajar en combinación con baterías de tensiones múltiplo de 12V.



**Figura 35:** Paneles solares con exposición solar

Los paneles solares se pueden conectar:

**En serie:** por ejemplo, si tenemos un módulo de 12 V y 1,5 A y lo conectamos en serie con otro módulo de las mismas características tendremos un conjunto de 2 módulos de 24 V y 1,5 A (se suman los voltajes y se mantienen las intensidades).

**En paralelo:** si tenemos los dos módulos del ejemplo anterior y los conectamos en paralelo, tendremos un conjunto de 12 V y 3 A (se mantienen los voltajes y se suman las intensidades).

Los paneles se deben instalar en zonas sin sombras (siempre que sea posible). Tampoco se deben hacer sombra entre ellos. Se deben mantener siempre limpios de hojas, ramas, polvo, suciedad, etc. Su fijación debe ser firme, ya que tienen que permanecer fijos en el sitio más de 25 años (su vida útil).

Generalmente, las celdas son hechas en forma redonda o cuadrada, del orden de los 100 cm<sup>2</sup>. Para el cargado de baterías el voltaje de salida de un módulo debería siempre ser un poco más alto que el voltaje de la batería.

Esto significa que un módulo FV diseñado para cargar batería de 12V debería producir alrededor de 13V, dicho módulo puede hacerse, de 33 celdas de silicio en serie ( $24 \times 0.55 = 13.2 \text{ V}$ ).

El tamaño usual de los módulos es de alrededor de 0.5 m<sup>2</sup> a 1 m<sup>2</sup> que es el tamaño más pequeño posible para un panel de 12V cuando se utilizan celdas de 100 cm<sup>2</sup>. Un factor importante que determina la salida de un panel fotovoltaico es el factor de empaque.

Algunos módulos se hacen de tal manera que relativamente gran parte del panel permanece vacío, mientras que en otros módulos las celdas se empaquetan de manera bastante densa. Esto aumenta la salida neta por metro cuadrado de un módulo, aún si las mismas celdas FV se usan. La salida usual de los módulos FV es alrededor de 100 Wp por metro cuadrado.

A la hora de determinar el emplazamiento de los módulos, la exposición al viento u otras corrientes de refrigeración es una consideración importante.

Los especialistas en el campo de la energía fotovoltaica no expresan la potencia instalada de un sistema en vatios (W), sino en vatios-pico (Wp).

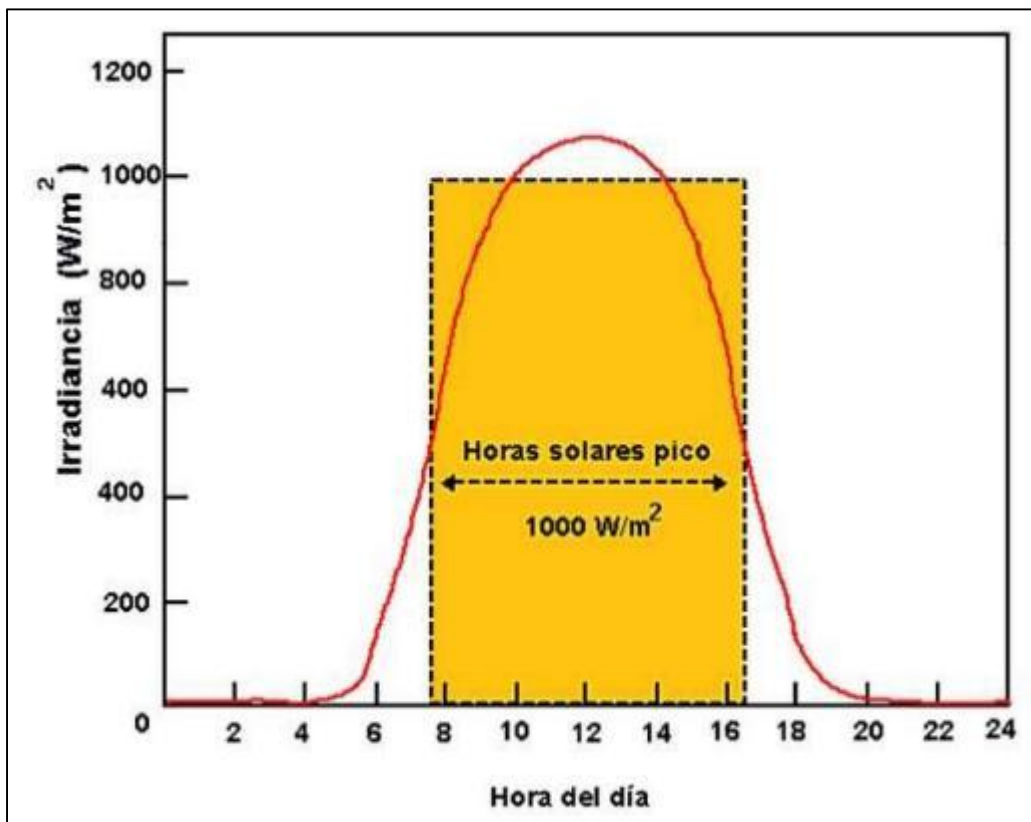
### **3.2.3. HPS (Paneles solares fotovoltaicos)**

Para poder diseñar un sistema fotovoltaico, debemos saber con cuánta energía solar contamos en el lugar donde lo vamos a instalar. En la mayor parte de los lugares del mundo se conoce cuánta energía solar promedio está disponible.

Este promedio se mide en Horas de sol perfecto o HSP (PSH en inglés).

Una hora perfecta de sol representa una hora de sol luminoso, sin nubes. Por lo tanto, si una región tiene un HSP de 4, significa que se puede contar con un promedio de 4 horas de sol radiante, sin nubes, por día.

Una hora perfecta de sol equivale a una radiación de 1000 w (vatios) por m<sup>2</sup> durante una hora.



**Figura 36:** Diagrama HPS (horas de picos solar)

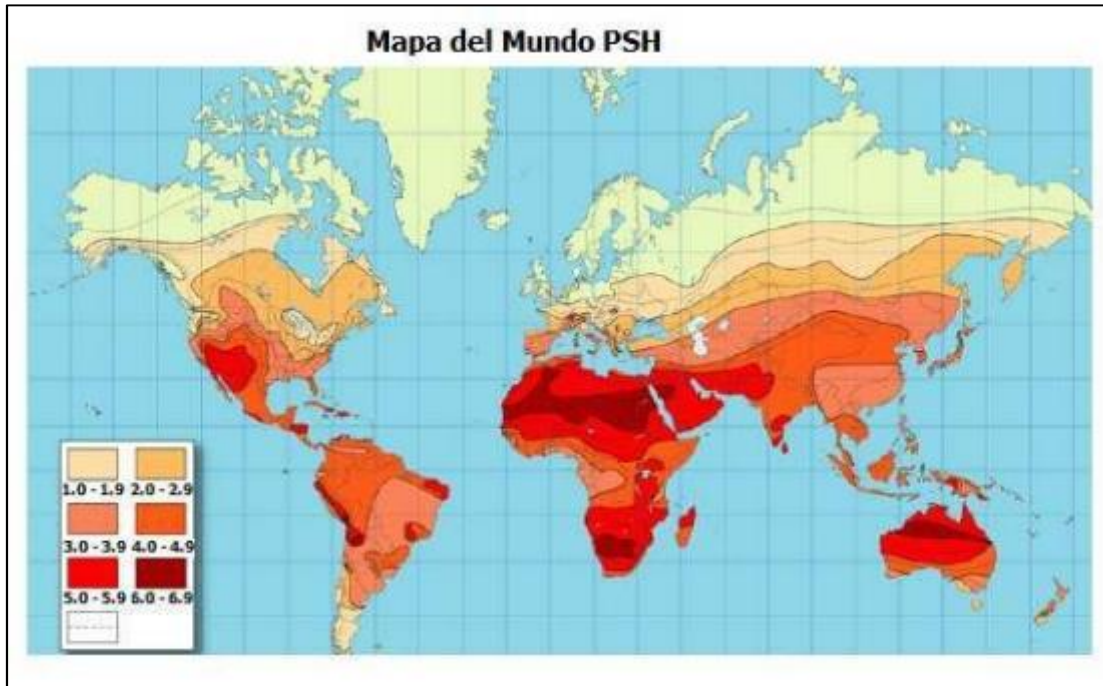
Por lo tanto, el HSP se obtiene sumando toda la energía recibida en el día y dividiendo esta suma por 1000 w/m<sup>2</sup>.

En la figura 36, el área definida por el rectángulo (irradiación en base a HPS) es aproximadamente igual al área definida por la curva horaria de irradiación real a lo largo de todo el día.

Desgraciadamente, no todos los días no todos los días tienen la misma cantidad de luz solar. Para obtener la HSP de una región específica, es necesario obtener las cifras de cada día durante un año y sacar el promedio. Por ejemplo, en la región amazónica del Ecuador, las HSP son 3. Algunos días es 5 y otros 1, pero el promedio es 3. Por suerte, no es necesario hacer los cálculos mencionados, ya que científicos han

estado haciéndolos durante décadas y con esta información se han creado los mapas de la página siguiente.

Horas pico sol a nivel del mundo:



**Figura 37:** Mapa solar de HPS

### 3.2.4. Potencia de los paneles solares fotovoltaicos

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar energía en condiciones óptimas.

La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W más o menos un 10 % de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1.000 vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>) y sus celdas

poseen una temperatura de 25 °C. En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55 W.

En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp; de potencia media, por ejemplo 55 Wp; y de alta potencia, hasta 160 Wp. En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido.

### **3.3. REGULADOR DE CARGA**

Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación fotovoltaica en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un sistema de regulación de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de los paneles autorregulados.

El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si, una vez que se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inicia en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligroso y, en cualquier caso, acortaría sensiblemente la vida de la misma.

Otra función del regulador es la prevención de la sobredescarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, siendo éste un fenómeno, que como ya se ha dicho, puede provocar una sensible disminución en la capacidad de carga de la batería en sucesivos ciclos.

Algunos reguladores incorporan una alarma sonora o luminosa previa a la desconexión para que el usuario pueda tomar medidas adecuadas, como reducción del consumo, u otras.

Los reguladores más modernos integran las funciones de prevención de la sobrecarga, y que además suministra información del estado de carga de la batería.

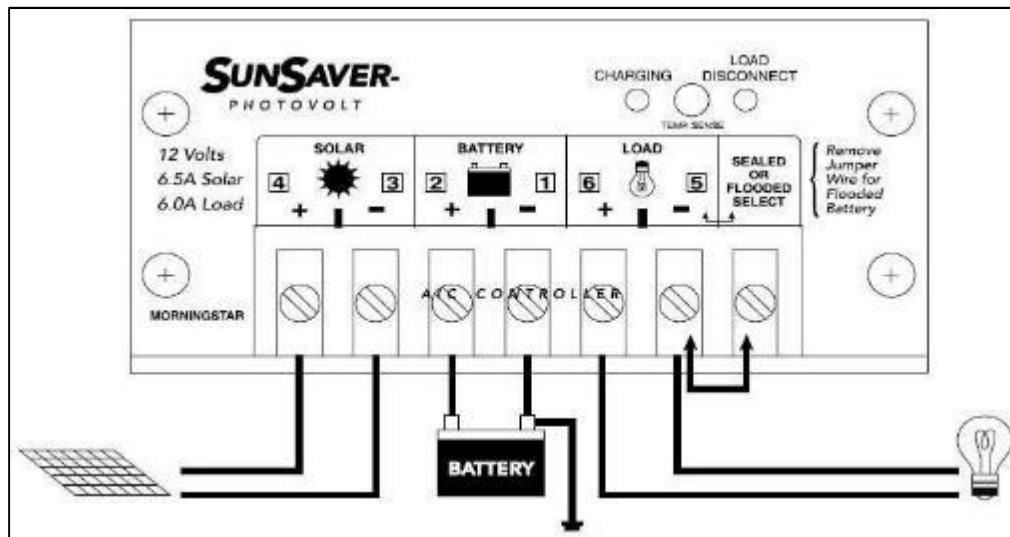


**Figura 38:** Regulador de carga Morningstar - SunSaver

Estos reguladores también pueden incorporar sistemas que sustituyan a los diodos encargados de impedir el flujo de electricidad de la batería a los paneles solares en la oscuridad, con un costo energético mucho menor. También es interesante incorporar modelos de regulación que introducen

modos de carga “en flotación”, lo cual permite una carga más completa de las baterías y un mejor aprovechamiento de la energía de los paneles.

Las características eléctricas que definen un regulador son su tensión nominal y la intensidad máxima que es capaz de disipar.



**Figura 39:** Conexiones del regulador de carga

Existen diversas marcas y tipos de reguladores. Es necesario un controlador con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos.

### 3.4. INVERSOR DE VOLTAJE

Este aparato tiene la finalidad de adaptar las características de la corriente generada a la demanda total o parcial para las aplicaciones. En determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la solicitada por todos los elementos de consumo. En este caso se requiere de un convertidor de tensión continua.

El inversor de voltaje de una u otra manera “burla” al transformador forzando a la corriente continua a actuar como si fuese corriente alterna. Esto se logra mediante la interrupción permanente de la corriente continua; pasándola a través de dos o más transistores que se encienden y apagan continuamente.



**Figura 40:** Inversor de voltaje VEC0 400 Watt

En otras aplicaciones, la utilización incluye elementos que trabajan en corriente alterna. Puesto que tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente en alterna.

La eficiencia del inversor varía en función de la potencia consumida por la carga. Esta variación es necesario conocerla, sobre todo si la carga en alterna es variable a fin de que el punto de trabajo del equipo se ajuste lo mejor posible a un valor promedio especificado.

Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores para instalaciones autónomas son:

Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga. No todos los inversores existentes en el mercado cumplen estas características.

Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.

Un inversor es la solución fácil para convertir toda la salida del sistema solar a una potencia AC estándar pero tiene desventajas:

Para muchas aplicaciones no es necesario en lo absoluto utilizar un inversor. Aumenta el costo y complejidad de sistema.

Un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema. La ventaja del inversor es que el voltaje de operación es mucho más alto y por tanto puede evitarse el uso de cables gruesos. Especialmente cuando deben usarse cables largos podría ser económicamente viable utilizar un inversor.

### 3.5. BATERÍAS O ACUMULADORES

En las instalaciones fotovoltaicas lo más habitual es utilizar un conjunto de baterías asociadas en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación. La fiabilidad de la instalación depende en gran medida del sistema de acumulación.

De cara a su empleo en instalaciones de electrificación fotovoltaica, es necesario conocer los siguientes conceptos:

- **Capacidad:** es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios-hora

(Ah), para un determinado tiempo de descarga, es decir una batería de 130Ah es capaz de suministrar 130A en una hora o 13A en diez horas. Para acumuladores fotovoltaicos es usual referirse a tiempos de descarga de 100 horas. Las baterías tienen un voltaje nominal que suele ser de 2, 6, 12, 24V, aunque siempre varíe durante los distintos procesos de operación. Es importante el voltaje de carga, que es la tensión necesaria para vencer la resistencia que opone el acumulador a ser cargado.

- **Eficiencia de carga:** es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.
- **Autodescarga:** es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.
- **Profundidad de descarga:** se denomina profundidad de descarga al valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado. Como ejemplo, si tenemos una batería de 100Ah y la sometemos a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

Es necesario recalcar que cuanto menos profundos sean los ciclos de carga/descarga, mayor será la duración del acumulador.

También es importante saber que, para la mayoría de los tipos de baterías, un acumulador que queda totalmente descargado, puede quedar dañado seriamente y perder gran parte de su capacidad de carga.



**Figura 41:** Baterías de almacenamiento de energía solar Millenium

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se requiere de una adecuada selección de baterías para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuada para la utilización de aparatos eléctricos.

Provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que puede producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar).

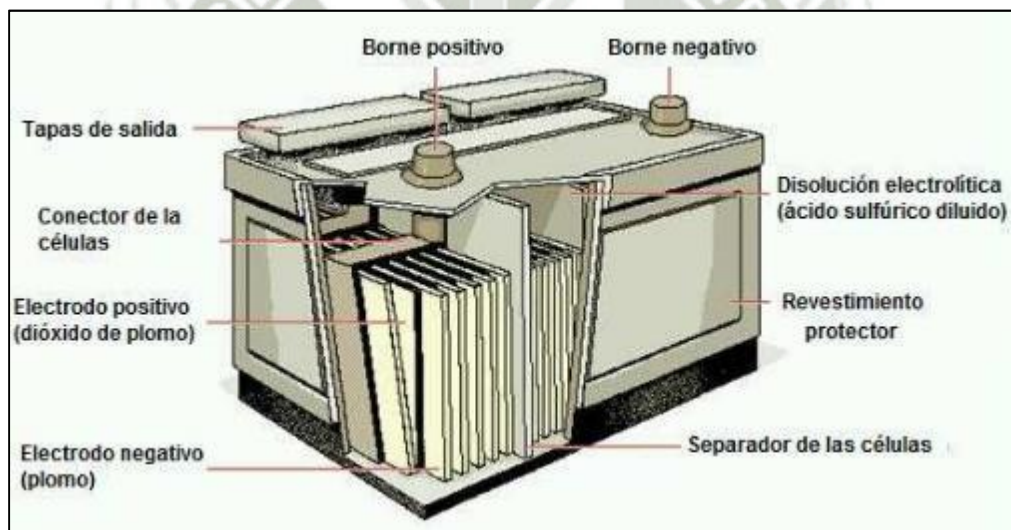
### **3.5.1. Características de las baterías**

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse.

En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas.

Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas.

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar.



**Figura 42:** Baterías libres de mantenimiento de ciclo profundo

### 3.5.2. Mantenimiento y vida útil de los acumuladores

Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas "baterías libres de mantenimiento", no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga.

### 3.6. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Se le denomina dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico a una serie de procesos de cálculo que logran optimizar los equipos para la generación de la energía eléctrica de origen solar, realizando un balance adecuado de cargas o puntos de consumo desde el punto de vista técnico y económico.

La insolación, la potencia solar, así como muchas otras variables pueden medirse en diversos tipos de unidades.

En la siguiente tabla se presenta una visión general de las diferentes unidades comúnmente utilizadas y sus factores de conversión:

**Tabla 10:** Unidades de energía solar y factores de conversión

UNIDAD	EXPLICACIÓN	CONVERSIÓN
<b>POTENCIA SOLAR</b>		
Wp	Vatio pico	-
Wp	Vatio	-
KW	Kilovatio (1000W)	-
W/m <sup>2</sup>	Vatio por metro cuadrado	
<b>Energía Solar</b>		<b>A KWh/m<sup>2</sup></b>
KWh/m <sup>2</sup>	KWh por metro cuadrado	1
KJ/cm <sup>2</sup>	KJ por centímetro cuadrado	2.778
MJ/m <sup>2</sup>	MJ por metro cuadrado	0.2778
Kcal/cm <sup>2</sup>	1000 calorías por centímetro cuadrado	11.67
BTU/pie <sup>2</sup>	Unidades Térmicas Británicas por pie <sup>2</sup>	0.0428
Langley	Caloría por centímetro cuadrado	0.00116

### 3.6.1. Factores para la colocación de los paneles fotovoltaicos

Para un adecuado aprovechamiento de los paneles fotovoltaicos hay que darle una cierta orientación e inclinación para que la radiación solar sobre el modulo fotovoltaico sea lo más perpendicular posible.

#### Orientación del panel fotovoltaico

La orientación de un generador fotovoltaico se define mediante coordenadas angulares, las cuales varían en relación al lugar en la instalación.

Ángulo de azimut ( $\alpha$ ): ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la superficie del generador y la dirección Sur (figura 43). Vale 0 grados si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es  $-90$  y si coincide con el oeste su valor es  $+90$  grados.

Como norma general los módulos fotovoltaicos deben orientarse: hacia el sur si la instalación se encuentra en el hemisferio norte, y si se ubica en el hemisferio sur habrá que orientarlo hacia el norte.

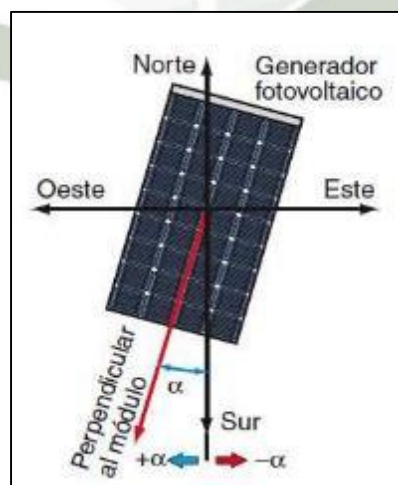
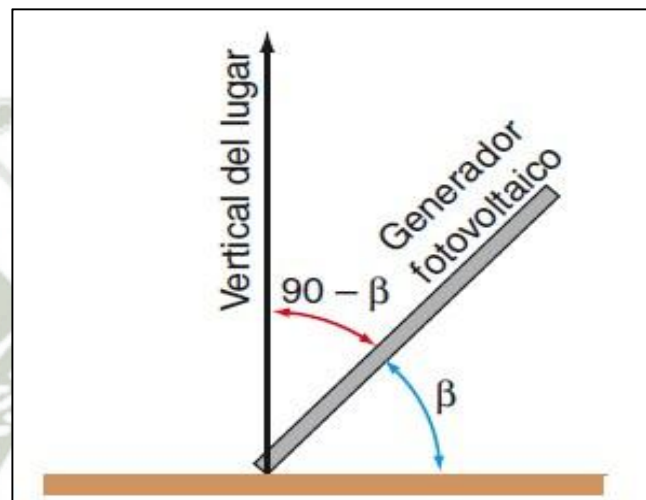


Figura 43: Ángulo de orientación

## Inclinación del panel fotovoltaico

**Ángulo de inclinación** ( $\beta$ ): ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal (figura 44). Su valor es 0 si el módulo se coloca horizontal y 90 grados si se coloca vertical. La captación de energía solar puede variar y será máxima cuando la posición de la placa sea perpendicular a la radiación.



**Figura 44:** Ángulo de inclinación

Cuando se realiza la instalación de un sistema fotovoltaico se requiere conocer la latitud geográfica del lugar donde se vaya a ubicar, para ello se puede utilizar aparatos como un GPS, o mediante herramientas informáticas como el googleearth.

**Tabla 11:** Ángulos de inclinación, función de la latitud del lugar

Latitud del lugar	Ángulo en Invierno	Ángulo en Verano
0 al 5 grados	15 grados	15 grados
15 a 25 grados	Latitud	Latitud
25 a 30 grados	Latitud + 5 grados	Latitud - 5 grados
30 a 35 grados	Latitud + 10 grados	Latitud - 10 grados
35 a 40 grados	Latitud + 15 grados	Latitud - 15 grados
más de 40 grados	Latitud + 20 grados	Latitud - 20 grados

La inclinación que se aplica en el sistema fotovoltaico es de  $15^\circ$  como recomendación durante todo el año.

### **3.7. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.**

Una vez determinada la carga del sistema se procede a realizar el dimensionado del mismo, el cual consiste en realizar un estudio de energía, llamado balance energético, para determinar la capacidad del banco de baterías y del arreglo de paneles solares necesarios.

Los pasos a seguir en el dimensionado de un sistema fotovoltaico son los siguientes:

#### **3.7.1. Recopilación de Información de las Características Geográficas y Meteorológicas de la zona.**

Para dimensionar el sistema necesitamos información acerca de las Horas Efectivas de Sol (HES) que recibirá el arreglo de paneles en un día. Las Horas Efectivas de Sol, HES, son el número equivalente de horas en las que el panel solar recibe un nivel de radiación máximo de 1Sun ( $1000\text{W}/\text{m}^2$ ) equivalentes a un día de radiación. Dado que la radiación en un día varía desde que amanece hasta que anochece se hace necesario calcular la energía total recibida en un día y de este valor calcular las horas que equivalen a una radiación constante de 1Sun (HES) en las que se obtendría esta misma cantidad de energía.

Para obtener los datos de radiación es preciso establecer la ubicación de la zona en la que se va a instalar el sistema. Es decir, el campus de la Universidad Católica de Santa María, su ubicación geográfica en coordenadas geográficas es la siguiente:

Longitud:  $71^\circ 32' 51.6''\text{W}$

Latitud:  $16^\circ 24' 21.7''\text{S}$

De acuerdo al ATLAS DE ENERGÍA SOLAR DEL PERÚ emitido por SENAMHI. En las estaciones meteorológicas no se encuentra información acerca de las HES, pero encontramos información acerca de la Radiación Total Directa y Difusa sobre superficie horizontal (RTDDSH), esta es la radiación total que llega a una superficie cuyas componentes son:

- Radiación Solar Directa, formada por los rayos procedentes directamente del Sol.
- Radiación Solar Difusa, formada por los rayos originados por efectos de dispersión de los componentes de la atmósfera incluyendo a las nubes.
- Radiación Terrestre, formada por los rayos originados por efectos de reflexión en el suelo.

Las unidades de la radiación total directa son Langleys/día, que equivalen a cal/cm<sup>2</sup>/día o KWh/m<sup>2</sup>/día.

**Tabla 12:** Valores de las principales variables climáticas de las estaciones

Estación meteorológica	Energía solar diaria (kW h/m <sup>2</sup> )	Heliofanía relativa (%)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación total (mm/año)
<b>COSTA</b>					
Miraflores	5,75	56	30,7	19,3	216
A. Von Humboldt	4,06	40	23,3	15,5	16
San Camilo	5,92	61	28,7	13,4	11
La Joya	7,03	75	27,0	10,1	77
<b>SIERRA</b>					
Bambamarca	4,56	44	19,4	9,5	737
Weberbauer	4,92	49	21,3	7,6	644
Cosmos	4,92	46	9,2	-0,7	1 047
Huayao	6,00	56	19,6	4,4	765
Granja Kcayra	5,44	53	20,7	3,7	674
Chuquibambilla	6,08	59	16,8	-2,4	715
Puno	6,36	70	14,7	2,0	753
Characato	6,50	73	22,8	6,8	78
<b>SELVA</b>					
San Ramón SM	4,67	41	31,3	20,8	2 158
El Porvenir	3,89	41	32,5	20,4	1 041
Bellavista	4,78	40	32,2	20,9	928

En las tablas suministradas por SENAMHI, se muestra la media de radiación solar.

### 3.7.2. Análisis de consistencia de datos de irradiación solar.

- a. **Control horario de la información de irradiación solar:** El análisis fue gráfico y se utilizó como referencia la irradiación solar horaria en el tope de la atmósfera (desde las 6 horas hasta las 19 horas), la cual se estimó para cada una de las estaciones. En este proceso se requirió de las planillas climatológicas, contrastando el dato de irradiación con las condiciones de tiempo: datos de nubosidad, horas de sol, temperaturas en horas sinópticas, temperaturas extremas, evaporación y precipitación.

Las conclusiones del análisis permitieron detectar los datos inconsistentes que se eliminaron de las series.

- b. **Control de la variabilidad estacional:** Se calcularon los totales diarios de irradiación solar y se analizó en la serie de tiempo: estacionalidad, saltos, tendencias, variabilidad. El análisis de la serie de datos de irradiación solar se hizo independientemente al de las series de las demás variables meteorológicas.
- c. **Análisis de dispersión de datos:** Con los totales diarios de irradiación calculados anteriormente y teniendo en cuenta que existe una gran relación entre la energía que llega a la superficie y la cobertura nubosa, se procedió al análisis de los datos mediante gráficos de dispersión respecto a dos variables muy relacionadas con la claridad del cielo: heliofanía y rango térmico, cuya relación es inversamente proporcional a la cobertura nubosa y directamente proporcional a la cantidad de energía que llega a la superficie. Basados en ello, se detectó datos que podían considerarse dudosos verificando su valor en planillas o con las demás condiciones de tiempo para luego determinar su validez.

Al concluir con todo el proceso se encontraron errores de diversas fuentes los que se procedieron a corregir o eliminar. Respecto a los errores

admisibles en los datos de irradiación global medidos se puede considerar que con fines de evaluación de la energía solar se aceptan errores entre 10 y 15%, en tanto que la exactitud requerida en la estimación de los datos de irradiación está en el orden del 20%

A partir de este valor 6.5 KW h/m<sup>2</sup> se calcula las HES.

Luego, a partir de la siguiente expresión se obtienen las Horas Efectivas de Sol:

$$HES = \frac{RTDD_{SH}}{1Sun} = \frac{RTDD_{SH}}{1KW/m^2}$$

$$HES = (6.5 KW h/m^2) / (1KW/m^2)$$

$$HES = 6.5 \text{ h/día}$$

Cabe destacar que existe un factor de corrección de la RTDDSH para obtener la Radiación Total Directa y Difusa sobre superficie inclinada (RTDDSI), esto se hace debido a que el panel solar siempre va a tener una inclinación, y de acuerdo a ésta la radiación que reciba va a variar. Este factor es suministrado en tablas producto de mediciones experimentales y al igual que la radiación se obtiene un valor para cada mes y se debe aplicar el criterio del peor mes. Si la inclinación del panel es suficiente como para considerar este factor, la metodología a seguir para calcular las HES es la siguiente:

Luego se multiplica por el factor de corrección debido a la inclinación del panel (FC) para obtener la RTDDSI

$$RTDD_{SI} = F_C \times RTDD_{SH}$$

Por último, se obtiene las HES a partir de la relación:

$$HES = \frac{RTDD_{SI}}{1Sun}$$

En este caso no se considerará este factor ya que la inclinación del panel no es muy representativa por la zona geográfica en la que estará ubicado.

### Elementos disponibles para el sistema

En esta etapa se procede a definir cuáles son los componentes de los que se dispone para desarrollar el sistema:

En primer lugar, se debe definir las características de la(s) carga(s) del sistema, tal como se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13:** Cargas del sistema fotovoltaico.

Cantidad	Tipo Tensión (V)	Potencia (W)
01 Reflector de 48W de Leds para exteriores	corriente directa, 24V	48W

Se seleccionó una batería. En la Tabla 14 se resumen las características de la misma.

**Tabla 14:** Baterías disponibles para el Sistema Fotovoltaico.

Cantidad	Modelo	Tipo	Voltaje Nominal [V]	Capacidad
01	Acumulador monoblock de ciclo profundo	Solar Monoblock	24V	85Ah

## Características del producto

Acumulador monoblock de ciclo profundo TAB 85Ah

Permite un mayor nivel de descarga hasta el 30% del total de capacidad.

### Características:

- Voltaje: 24V.
- Marca: TAB.
- Tipo de batería: Solar Monoblock.
- Bajo mantenimiento.
- Placa de separación entre celdas reforzadas.
- Baja autodescarga.
- Baja corriente de flotación.
- Terminales de batería en plomo.
- Fabricadas de acuerdo con la certificación ISO 9002 y cumpliendo las normativas CE y UL.
- Recipiente de material ABS resistente al fuego

Las baterías de uso más habitual en una instalación solar son las baterías solar monoblock, las AGM y las de gel. Estas baterías son de 24V por lo que se pueden usar de forma individual en instalaciones solares que funcionen a 24V. Ahora bien, para usarlas en sistemas de otros niveles de tensión, será necesario combinar las baterías entre sí hasta conseguir el voltaje y la capacidad de carga necesaria.

Las baterías se pueden conectar entre ellas formando tres tipos diferentes de conexión serie, paralelo y mixto.

Igualmente se seleccionó 1 Panel Solar con las características mostradas en la Tabla 15.

**Tabla 15:** Panel Solar para el Sistema Fotovoltaico. Placa solar Damia  
Solar DSP 50w policristalina

Cantidad	Ppico [W]	Corriente nominal (Impp)
01	50W	2,78A

### Características del producto

- Potencia (en Wattios): 50W
- Voltaje en circuito abierto (Voc): 24,50V
- Voltaje en el punto de máxima potencia (Wmp): 18V
- Corriente de cortocircuito (Isc): 3,03A
- Sistema de voltaje máximo: 600VDC
- Rendimiento: 16,02%
- Tolerancia: +/-3°C
- Tipo de célula: Policricristalino
- Dimensiones: 660 x 590 x 25 mm
- Peso: 4,88 Kg

### ***Balance de Energía.***

Para realizar el balance de energía debemos partir de las siguientes premisas:

- Tiempo de Autonomía diario (TA): Es el número de horas por día que se desea energizar a la carga, en este caso es el número de horas por día que se desea que la lámpara permanezca encendida. Definimos 05 horas de autonomía diaria.
- Días de Autonomía (DA): Es el número de días durante los cuales el sistema es capaz de mantener a la carga energizada de forma continua,

en sistemas fotovoltaicos pequeños como este se recomienda 3 días de autonomía.

- **Máxima Profundidad de Descarga:** Es el máximo porcentaje de profundidad de carga que se va a extraer de la batería, para este tipo de sistemas se recomienda un 80% de máxima profundidad de descarga.
- **Factores de Diseño:** Son los factores que se deben tomar en cuenta al momento de realizar los cálculos por efectos de temperatura, envejecimiento de los elementos del sistema y pérdidas.

Una vez establecidas las premisas de diseño se debe seguir la siguiente metodología de diseño:

### **1. Cálculo del Consumo diario de las cargas.**

Para calcular el consumo diario de la carga se utiliza la siguiente relación:

$$E_{CARGA} = P_{CARGA} \times T_A$$

$$E_{CARGA} = 48W \times 5h = 240 Wh$$

### **2. Dimensionado del arreglo de Paneles Solares.**

Se procede a calcular la energía que debe suministrar el arreglo fotovoltaico tomando en cuenta las pérdidas del sistema, aplicamos como factor de diseño que la energía suministrada por los paneles debe ser un 20% más de la consumida por la carga.

$$E_{ArregloPaneles} = 1.2 \times E_{CARGA}$$

$$E_{ARREGLO PANELES} = 1.2 E_{CARGA}$$

$$E_{ARREGLO PANELES} = 1.2 \times 240Wh = 288Wh$$

Calculamos la cantidad de energía que un panel de 50W, modelo el cual seleccionamos, es capaz de generar en un día:

$$E_{PANEL} = P_{PANEL} \times HES$$

$$E_{PANEL} = P_{PANEL} \times HES$$

$$E_{PANEL} = 50W \times 6.5 \text{ h/día} = 325 \text{ Wh}$$

Por último, calculamos el número de paneles que requiere el sistema:

$$N^{\circ}_{PANELES} = \frac{E_{ArregloPaneles}}{E_{PANEL}}$$

$$N_{PANELES} = E_{ARREGLO PANELES} / E_{PANEL}$$

$$N_{PANELES} = 288Wh / 325 \text{ Wh} = 0.88$$

De acuerdo a este resultado podemos aproximar a 1, es decir se necesitaría un panel solar para alimentar nuestra carga.

### 3. Dimensionado del Banco de Baterías.

Por último, se calcula la capacidad de la batería, la cual viene dada por la siguiente expresión:

$$CB = \frac{\text{FactoresDiseño} \times \text{EnergíaDiariaExtraída} \times T_A}{\%Máxima \text{ ProfundidadDescarga}}$$

Los Factores de diseño que debemos tomar en cuenta son:

- **Factor de Temperatura.** El comportamiento de las baterías varía con la temperatura, a mayor temperatura la batería es capaz de entregar más energía y viceversa. En la Tabla 16 se muestra el factor de temperatura. Por las condiciones climáticas del sitio en el que vamos a instalar el sistema, se debe tomar como factor de diseño 1,00.

**Tabla 16:** Factor de temperatura

Temperatura [°C]	Factor de Temperatura
> 25	1,00
< 25	>1,00

- **Factor de Envejecimiento.** Este factor sobredimensiona la batería tomando en cuenta el envejecimiento de la batería, típicamente es 1,25.
- **Factor de Crecimiento.** Este factor sobredimensiona la capacidad del banco de batería previendo que en un futuro se desee agregar nuevas cargas al sistema. Típicamente está entre 1,1 y 1,15. Para este caso se utilizará como factor de crecimiento 1,1.

De acuerdo a lo anterior el factor de diseño, FD, de la batería es:

$$f_D = 1.00 \times 1.25 \times 1.1 = 1.375$$

La energía que se le extrae a la batería diariamente, es la energía consumida por la carga, calculada en el primer punto y recalculada en el punto de dimensionado del arreglo de paneles solares:

$$E_{\text{CARGA}} = 48W \times 5h = 240 \text{ Wh}$$

Para expresarla en Amperios-hora, se divide entre el voltaje de la batería:

$$E_{\text{DIARIA EXTRAIDA}} = 240Wh / 24V = 10Ah$$

El tiempo de autonomía para un sistema como éste generalmente es de 3 días, para aplicaciones industriales se toman 4 días.

Por último, la profundidad máxima de descarga de batería utilizada en sistemas fotovoltaicos es de un 80%.

De acuerdo a estos criterios la capacidad del banco de baterías debe ser:

$$CB = \frac{\text{FactoresDiseño} \times \text{EnergíaDiariaExtraída} \times T_A}{\% \text{Máxima ProfundidadDescarga}}$$

$$CB = (1.375 \times 10 \times 3) / 0.8 = 51.56 \text{ Ah}$$

Conociendo el modelo de batería a utilizar, se calcula el número de éstas que el sistema requiere:

$$N^{\circ} \text{ BATERÍAS} = \frac{CB_{\text{SIST.FOTOVOLTAICO}}}{CB_{\text{UPS12-310}}}$$

$$N^{\circ} \text{ BATERIAS} = 51.56\text{Ah} / 85\text{Ah} = 0.6$$

Dicho valor se aproxima a 1, entonces se seleccionará solo una batería.

### 3.8. DISEÑO DEL REGULADOR DE CARGA DE BATERÍAS.

Dado que el objetivo es desarrollar un regulador de carga de batería que sea comercial, se realizó una investigación acerca de los modelos existentes en el mercado y las funciones que estos manejan.

Para escoger correctamente la potencia del regulador, será necesario ver la ficha técnica del panel o paneles que forman la instalación. Se tomará como valor la corriente de cortocircuito (dato indicado como ISC), Si la instalación sólo dispone de un panel cuyo ISC = 8,2 Amperios, será necesario un regulador de 10A. Si dispone de varios paneles se multiplicará este valor por el número de paneles conectados.

En nuestro caso el panel seleccionado tiene una Corriente de cortocircuito (Isc): 3,03A, por lo que será suficiente un Regulador de 8 Amperios de la serie SR de Solar a apto para controlar paneles de hasta 135W. Dispone de protección contra sobrecargas, desconexión por bajo voltaje, y selector

del tipo de batería y de tipo de voltaje (12 o 24V). De alta calidad y muy fácil de instalar.



**Figura 45:** Regulador de carga seleccionado

### Características del producto

Regulador de carga Solara sr135tl 8A

Para una instalación de 12V/24V de hasta 135W de potencia.

- Máxima corriente de carga: 8A.
- Selección de batería: Solar monoblock, Gel y AGM.
- Selección de voltaje: 12V y 24V.
- Protección contra sobrecargas.
- Desconexión por bajo voltaje

Control del Encendido y Apagado de la Lámpara

El encendido y apagado de la lámpara se puede realizar de forma automática o manual:

Encendido/Apagado Automático.

El encendido de la lámpara automático es el controlado por el voltaje del panel, que como se explicó anteriormente se usa como sensor crepuscular, de modo tal que si el voltaje del panel es menor a 3V se enciende la lámpara de forma automática.

El apagado de la lámpara automático puede ocurrir cuando el sistema percibe que es de día (Voltaje del Panel = 5V), y cuando la batería ha llegado a su voltaje final de descarga y se hace necesario apagar la lámpara para impedir que la batería continúe descargándose.

### **Modo de Encendido con Sensor de Movimiento.**

Para este modo se instaló al sistema un sensor de movimiento por infrarrojo, marca OPTEX, modelo LX-802N. Los detalles técnicos de este modelo se encuentran en el anexo.

Cuando el sistema está configurado en este modo, al iniciar el tiempo de autonomía la lámpara permanece apagada, y así cuando el sensor detecta movimiento el sistema envía la señal de encendido de la lámpara. El tiempo durante el cual ésta permanece encendida es de 10 minutos, una vez concluido este tiempo la misma se apagará de forma automática.

La idea de agregar un sensor de movimiento al sistema se debe a que resulta innecesario tener la lámpara encendida durante toda la noche, ya que hay horas que presentan mayor tránsito de personas que otras, de modo que si el sistema se configura en este modo la lámpara sólo encenderá cuando alguna persona transite por el área y requiera de luz. Mientras no transiten personas, la lámpara permanecerá apagada y ahorrará la energía para cuando alguien realmente la necesite.

LX-402/802N DETECTORES DE ÁREA INTERMEDIA (ZONA B) Los detectores serie LX son resistentes y herméticos, y están específicamente diseñados para usos de corto alcance en exteriores. Con sus opciones de ángulo amplio y largo alcance, sus funciones avanzadas de regulación de la sensibilidad y el rango y su sensor

lumínico integrado que otorga los modos diurno y nocturno, la LX-402/802N es una serie muy versátil. Un ingenioso montaje de espejos genera una configuración de corredor para mascotas, mientras que la Protección de Conductividad Doble garantiza que el sensor resista las interferencias de fuentes lumínicas extrañas, como el sol o las luces vehiculares.

### 3.9. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

El cálculo de la sección del conductor a utilizar en una instalación fotovoltaica es muy importante, debido fundamentalmente a que se trabaja con corriente continua de bajo valor (24 V) y como consecuencia el número de amperios aumenta, haciendo que las pérdidas en los conductores eléctricos sean notorias si éstos no están bien dimensionados.

La resistencia de un conductor viene dada por:

$$R = L / (\sigma S)$$

Dónde:

**R** = Resistencia en ohmios

**L** = Longitud en metros

**S** = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

**σ** = Conductividad (inversa de la resistividad)

$$S = \frac{2LI}{56(V_a - V_b)}$$

La máxima corriente que admite el sistema fotovoltaico ya calculada será entre el panel y el batería, la cual es 2.78 Amperios, por lo tanto:

Donde (Va-Vb) se define como:  $V_a - V_b = 24V \times 1,5\% = 0,36$

$$S = (2 \times (1.5\text{m}) \times 2.78) / (56 \times 0.36)V$$

$$S = 0.41\text{mm}^2$$

Despejando el diámetro del conductor se tiene:

Se selecciona el conductor de acuerdo a la tabla de calibres AWG:

La caída de tensión se calcula para un porcentaje de la tensión nominal, que variara entre los equipos que interconecta.

- Caída de tensión entre panel y regulador: máxima 1,5% y recomendada 1%
- Caída de tensión entre regulador y acumulador: máxima 1% y recomendada 0,5%

Los elementos del sistema fotovoltaico se encuentran a las siguientes distancias:

Longitud panel-regulador: máximo 1,5m

Longitud regulador-batería: máximo 1,5m

El cable seleccionado sería un AWG 12, NLT 2x12AWG.

**Tabla 17:** Calibre de conductores awg y sus diámetros de cable – conductor NLT

CALIBRE	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE*
				AISLAMIENTO	CUBIERTA			
NºxAWG	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A
2 x 18	2x0.82	24	0.204	0.6	0.8	6.8	61	10
2 x 16	2x1.31	24	0.255	0.7	0.8	7.8	83	15
2 x 14	2x2.08	39	0.255	0.8	0.9	9.2	120	20
3 x 18	3x0.82	24	0.204	0.6	0.8	7.2	73	7
3 x 16	3x1.31	24	0.255	0.7	0.9	8.5	104	10
3 x 14	3x2.08	39	0.255	0.8	1.1	10.2	155	15
4 x 16	4x1.31	24	0.255	0.7	1	9.4	128	10
4 x 14	4x2.08	39	0.255	0.8	1.1	11.1	186	15

## CAPITULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. CALCULO DE ILUMINACIÓN DE LAS ÁREAS EXTERNAS

Actualmente los ingresos, las caminerías, jardines, cuentan con iluminación tipos faroles con lámparas de 150W en postes metálicos o de concreto, demás con luminarias modelo Epsilon de Schreder con lámparas de halógenos metálicos blanco 150w en postes troncónico de acero galvanizado de 4.5 metros o de concreto, que se encienden mediante interruptores horarios, es decir que permanecen encendidos, sin importar si existe o no personas cerca de dichas luminarias, además existen 12 luminarias tipos LED (reflectores), que iluminan la plaza que se encuentra frente al pabellón H, O y G, que lo usan para eventos puntuales, por lo que dichas luminarias no entran en este estudio. Además, existen 5 luminarias tipo LED nuevas en el área de los nuevos pabellones William Morris 1 y 2, que tampoco formaran parte de dicho estudio por tener luminarias altamente eficientes de LED.

A continuación, se detalla la cantidad y potencia total de los equipos de iluminación que se propone reemplazar por luminarias LED.

**Tabla 18:** Luminarias UCSM campus Universitario

Descripción	Cantidad	Potencia Unitaria Luminaria (W)	Potencia Total (W)
Luminarias tipo farol con poste incluido, lámpara halógenas 150w	60	170	10,200.00
Luminarias modelo Epsilon farol con poste incluido, lámpara halógenas 150w	10	170	1,700.00
<b>Total</b>			<b>11,900.00</b>

Las luminarias existentes detalladas en la tabla anterior utilizan lámparas de halogenuros metálicos de 150W, que serán reemplazadas por lámparas LED de 48W, a continuación, se presentan un resumen de las características técnicas de cada una.

**Tabla 19:** Comparación de la luminaria propuesta y las Luminarias existentes UCSM campus Universitario

Descripción	Lúmenes Luminaria	Potencia Unitaria Luminaria (W)	Vida útil (horas)
Luminaria tipo farola Lámpara de descarga con halogenuros metálicos	6,000	170	10,000
Luminarias modelo Epsilon farol con poste incluido, lámpara halógenas 150w	5,000	170	10,000
Luminario de LEDS 48W	4,800	48	80,000

Como se puede observar en la anterior tabla la cantidad de lúmenes de la luminaria LED con respecto a la luminaria tipo farola y tipo épsilon tienen un valor similar de lúmenes, mientras que el consumo de potencia es significativamente menor en el caso LED, además otro aspecto muy importante a considerar es la vida útil de las luminarias utilizadas y en el caso de las LED tienen unas 70,000 horas de vida útil adicionales a las existentes.

Además, es importante aclarar que, si bien la lámpara de descarga de halogenuros metálicos tiene una mayor eficiencia que la lámpara LED, sin embargo, dicha eficiencia se ve muy disminuida por el tipo de luminaria que se utiliza actualmente en el campus, ya que las luminarias utilizadas son de tipo indirecta, es decir que emiten la mayor cantidad de flujo luminoso hacia la parte superior, mientras que solo una parte va hacia el plano de trabajo que se desea iluminar.

**Tabla 20:** Luminaria propuesta UCSM campus Universitario

Descripción	Cantidad	Potencia Unitaria Luminaria (W)	Potencia Total (W)
Luminario de LEDS 48W	70	48	3,360.00
<b>Total</b>			<b>3,360.00</b>

De acuerdo a las tablas presentadas 20 y 21, se está disminuyendo la potencia consumida de 11,900 W a 3,360 W, eso significa una reducción del 71.76% de potencia instalada de las luminarias existentes en las áreas externas del campus universitario.

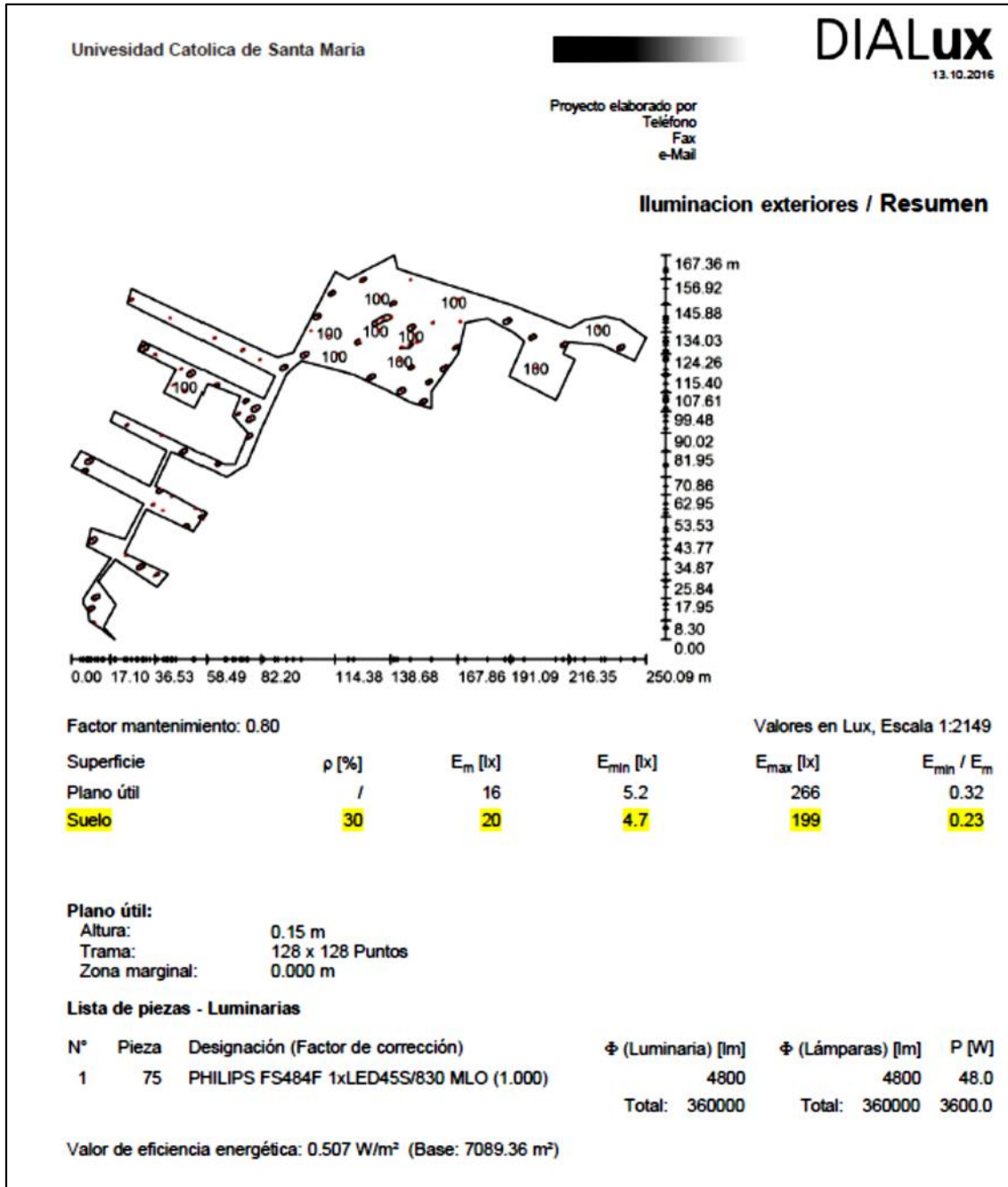
**Tabla 21:** Comparación de la energía consumida luminaria propuesta y las Luminarias existentes UCSM campus Universitario

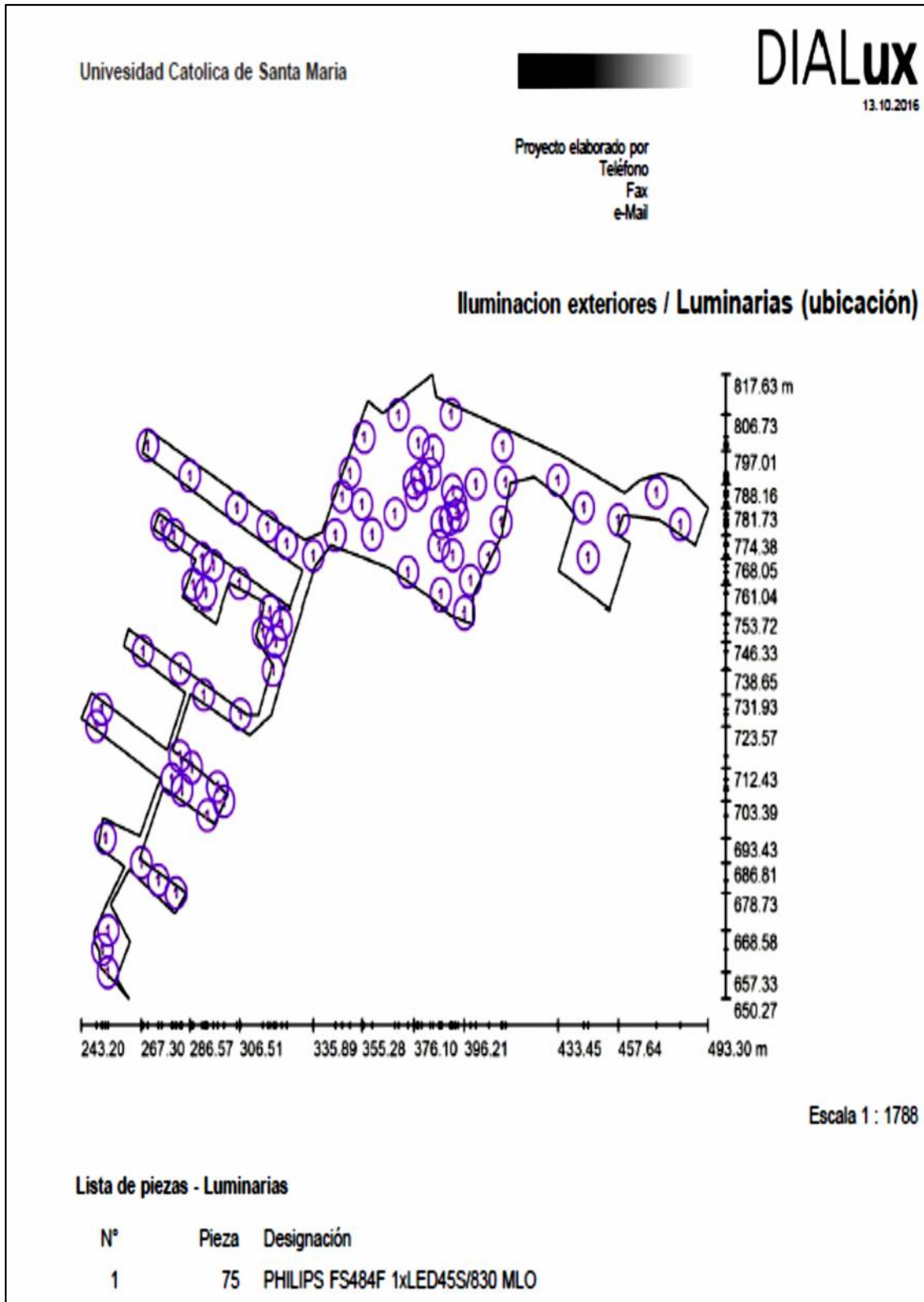
CARGA LÁMPARA	POTENCIA (W)	USO (H/MES)	CONSUMO MES	PAGO POR CONSUMO
Luminaria tipo farola Lámpara de descarga con halógenos metálicos	170	150	25.5 KWh/mes	S/ 14.17
Luminario de LEDS 48W	48	150	1.35KWh/mes	S/0.75

Esta propuesta de cambio, tiene que ser validada con un cálculo de iluminación donde se pueda comprobar que la cantidad de iluminación sea suficiente de acuerdo a las normas vigentes para este tipo de uso (áreas externas).

Para ello se ha realizado un levantamiento de planos con la ubicación actual de las luminarias externas del campus, luego dicho plano se ha exportado a un software de iluminación DIALUX, y se ha utilizado la luminaria propuesta, y se ha realizado los cálculos de iluminación

respectivos, en este cálculo de iluminación se ha considerado las 70 luminarias de 170w, y las 5 tipo LED existentes, en total 75 luminarias para áreas externas, que se muestran a continuación:





Univesidad Catolica de Santa Maria

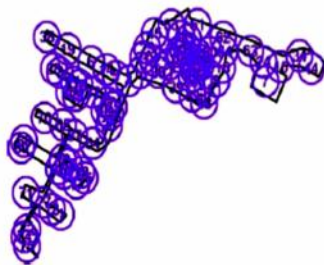
**DIALux**  
13.10.2018

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Luminarias (lista de coordenadas)**

**PHILIPS FS484F 1xLED45S/830 MLO**

4800 lm, 48.0 W, 1 x 1 x LED45S/830/- (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	281.142	678.727	0.000	0.0	0.0	90.0
2	320.954	746.335	0.000	0.0	0.0	90.0
3	280.328	774.428	0.000	0.0	0.0	90.0
4	335.886	768.892	0.000	0.0	0.0	90.0
5	325.205	772.169	0.000	0.0	0.0	90.0
6	305.396	781.735	0.000	0.0	0.0	90.0
7	445.513	768.430	0.000	0.0	0.0	90.0
8	405.936	768.545	0.000	0.0	0.0	90.0
9	283.509	706.349	0.000	0.0	0.0	90.0
10	282.662	715.492	0.000	0.0	0.0	90.0
11	291.443	768.046	0.000	0.0	0.0	90.0
12	295.956	766.148	0.000	0.0	0.0	90.0
13	344.628	774.379	0.000	0.0	0.0	90.0
14	317.772	776.647	0.000	0.0	0.0	90.0
15	457.639	778.533	0.000	0.0	0.0	90.0
16	410.921	777.890	0.000	0.0	0.0	90.0
17	293.625	699.523	0.000	0.0	0.0	90.0
18	297.653	707.206	0.000	0.0	0.0	90.0
19	286.573	790.353	0.000	0.0	0.0	90.0
20	287.950	761.036	0.000	0.0	0.0	90.0
21	347.391	784.732	0.000	0.0	0.0	90.0
22	355.278	782.700	0.000	0.0	0.0	90.0
23	350.483	791.120	0.000	0.0	0.0	90.0
24	443.785	781.770	0.000	0.0	0.0	90.0
25	391.567	768.984	0.000	0.0	0.0	90.0
26	279.335	709.235	0.000	0.0	0.0	90.0
27	267.301	686.809	0.000	0.0	0.0	90.0
28	275.403	777.205	0.000	0.0	0.0	90.0

Univesidad Catolica de Santa Maria

**DIALux**

13.10.2016

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Luminarias (lista de coordenadas)**

N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
29	293.049	758.928	0.000	0.0	0.0	90.0
30	359.365	774.610	0.000	0.0	0.0	90.0
31	368.518	780.095	0.000	0.0	0.0	90.0
32	376.101	788.446	0.000	0.0	0.0	90.0
33	369.818	806.731	0.000	0.0	0.0	90.0
34	472.781	785.879	0.000	0.0	0.0	90.0
35	386.002	771.602	0.000	0.0	0.0	90.0
36	319.925	738.646	0.000	0.0	0.0	90.0
37	306.513	761.304	0.000	0.0	0.0	90.0
38	269.884	798.487	0.000	0.0	0.0	90.0
39	373.610	764.480	0.000	0.0	0.0	90.0
40	387.093	777.744	0.000	0.0	0.0	90.0
41	382.624	790.858	0.000	0.0	0.0	90.0
42	377.781	799.299	0.000	0.0	0.0	90.0
43	379.085	790.002	0.000	0.0	0.0	90.0
44	482.284	777.254	0.000	0.0	0.0	90.0
45	356.247	800.828	0.000	0.0	0.0	90.0
46	300.270	703.391	0.000	0.0	0.0	90.0
47	318.630	754.014	0.000	0.0	0.0	90.0
48	396.209	753.715	0.000	0.0	0.0	90.0
49	390.468	778.797	0.000	0.0	0.0	90.0
50	392.612	783.071	0.000	0.0	0.0	90.0
51	383.654	797.010	0.000	0.0	0.0	90.0
52	376.904	785.096	0.000	0.0	0.0	90.0
53	386.818	758.621	0.000	0.0	0.0	90.0
54	412.632	788.654	0.000	0.0	0.0	90.0
55	323.312	750.997	0.000	0.0	0.0	90.0
56	315.823	748.814	0.000	0.0	0.0	90.0
57	398.594	762.247	0.000	0.0	0.0	90.0
58	393.490	779.749	0.000	0.0	0.0	90.0
59	391.455	786.360	0.000	0.0	0.0	90.0
60	400.774	788.159	0.000	0.0	0.0	90.0
61	390.858	806.945	0.000	0.0	0.0	90.0
62	411.483	798.263	0.000	0.0	0.0	90.0
63	433.445	789.129	0.000	0.0	0.0	90.0
64	306.862	726.784	0.000	0.0	0.0	90.0
65	282.774	739.015	0.000	0.0	0.0	90.0
66	287.389	712.433	0.000	0.0	0.0	90.0

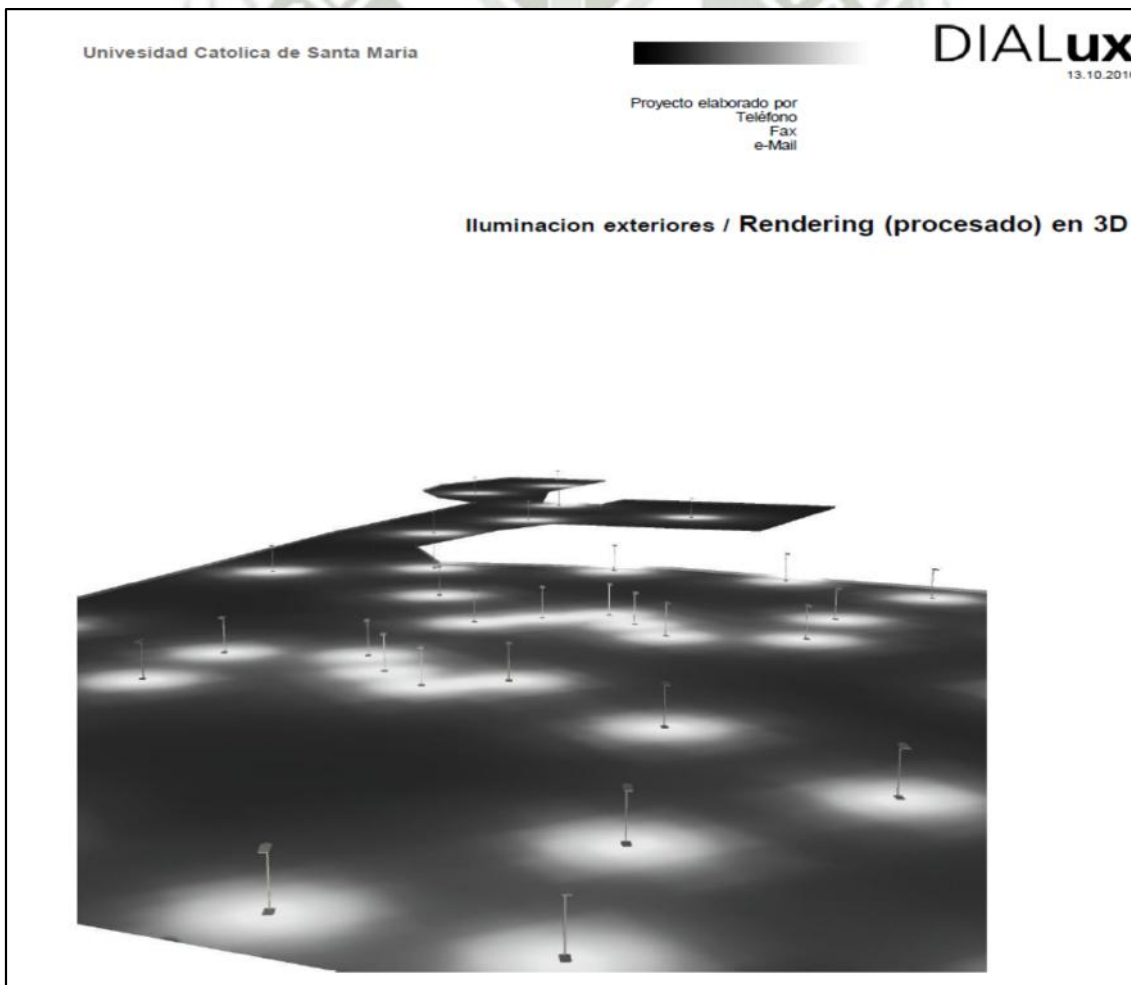
Univesidad Catolica de Santa Maria

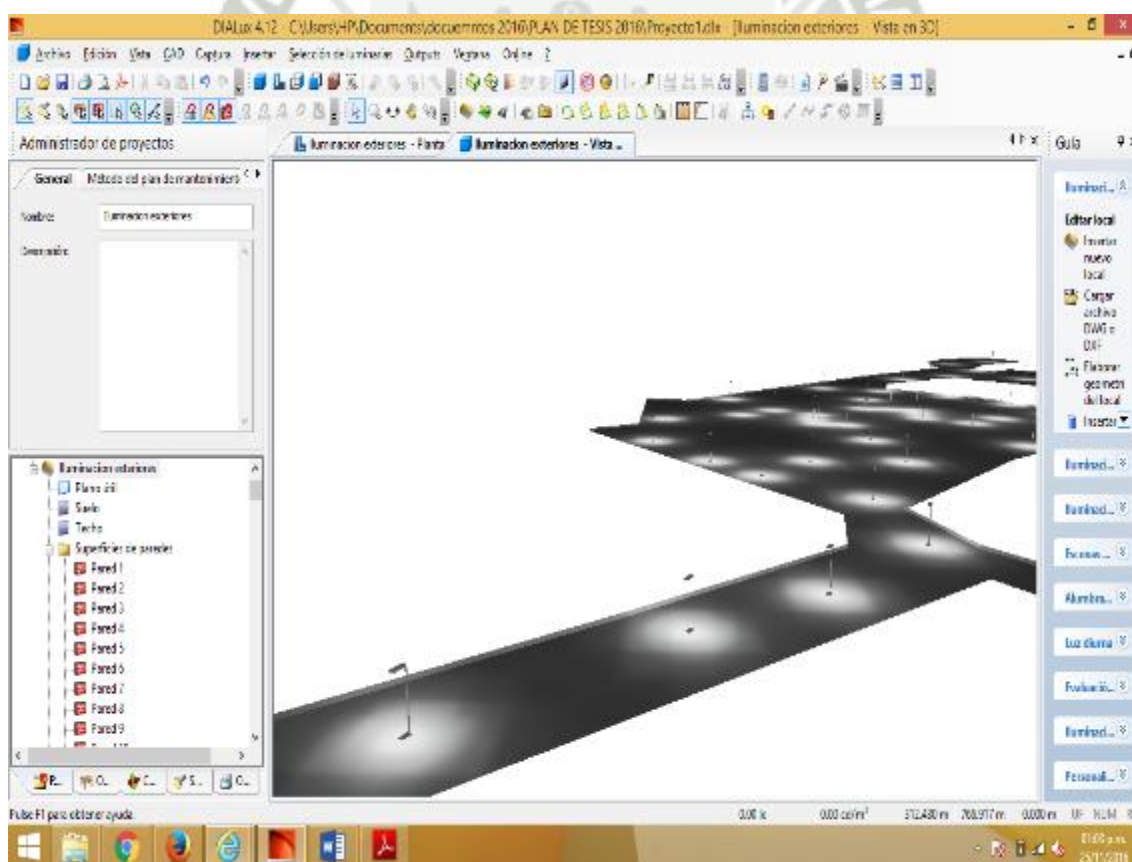
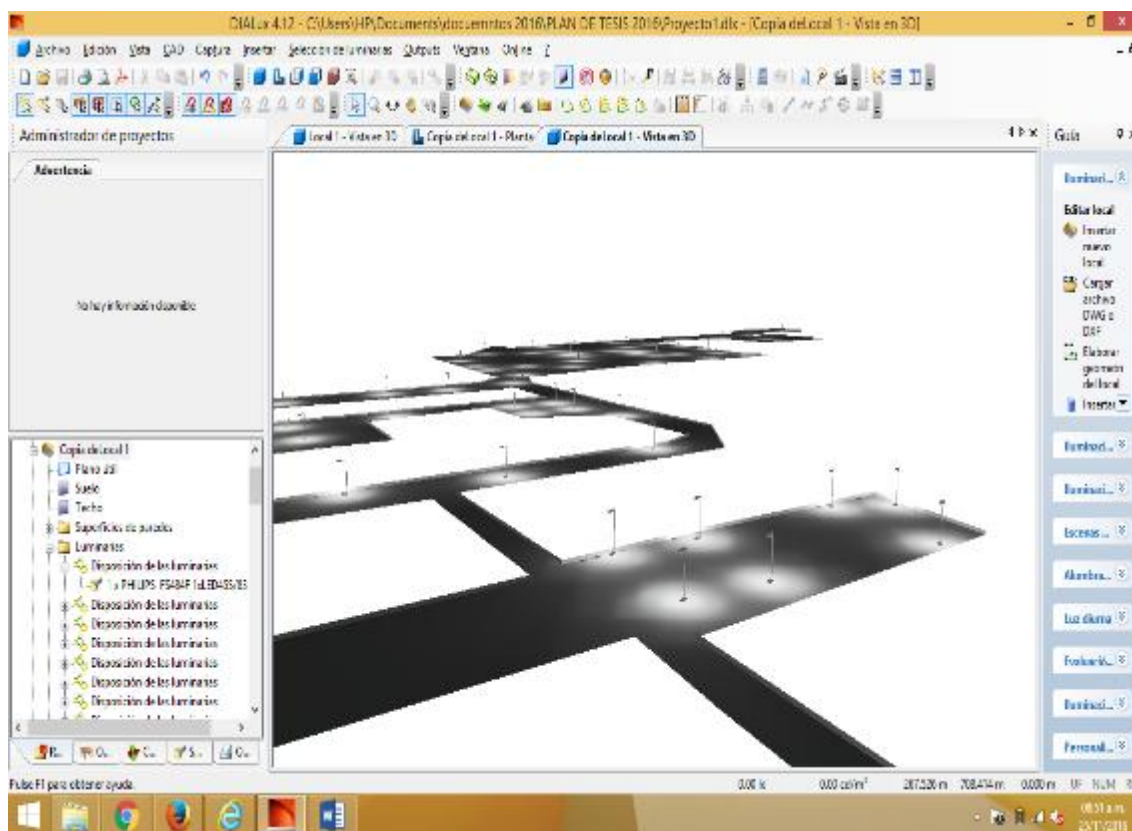
**DIALux**  
13.10.2016

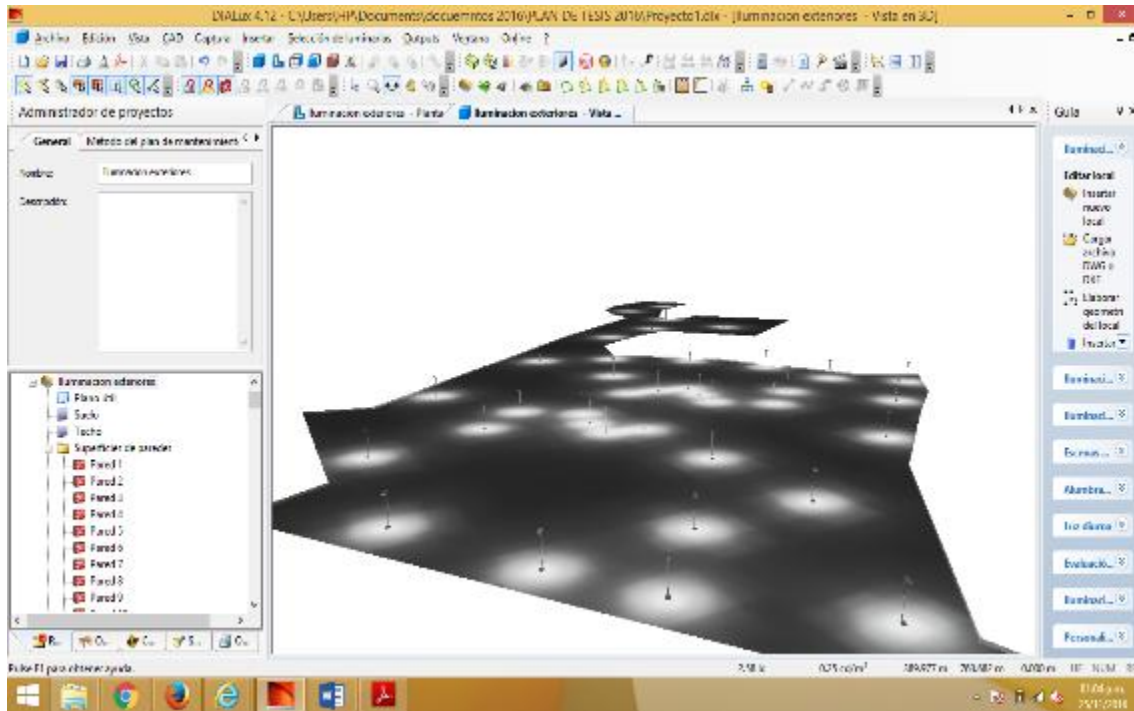
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Luminarias (lista de coordenadas)**

N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
67	292.178	731.931	0.000	0.0	0.0	90.0
68	251.516	728.110	0.000	0.0	0.0	90.0
69	249.324	723.571	0.000	0.0	0.0	90.0
70	267.990	743.758	0.000	0.0	0.0	90.0
71	252.987	693.431	0.000	0.0	0.0	90.0
72	254.045	668.576	0.000	0.0	0.0	90.0
73	274.039	682.117	0.000	0.0	0.0	90.0
74	251.789	663.550	0.000	0.0	0.0	90.0
75	253.928	657.327	0.000	0.0	0.0	90.0







#### 4.2. PLANIMETRÍA DE LA UCSM CON LA ILUMINACIÓN PLANTEADA

Al aplicar estos criterios y de acuerdo a las Tablas I, II, III, y IV, extraídas de la “Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, mostradas en el Anexo 1, el tipo de alumbrado es III y el tipo de vía es Peatonal Comercial, ya que son vías en las que la circulación, el tráfico y la señalización son mínimas.

Por último, para determinar qué valor de iluminancia debe cumplir un sistema de iluminación como el que estamos construyendo utilizamos las Tablas I, II, III y IV extraídas de la Norma, expuestas en el Anexo 1, en éstas se visualiza información de las características de iluminación de vías rurales y áreas públicas de circulación de peatones específicamente. De acuerdo a estas dos tablas se determina que **el nivel de iluminancia que debe cumplir el sistema en desarrollo es entre 10 y 20 lux.**

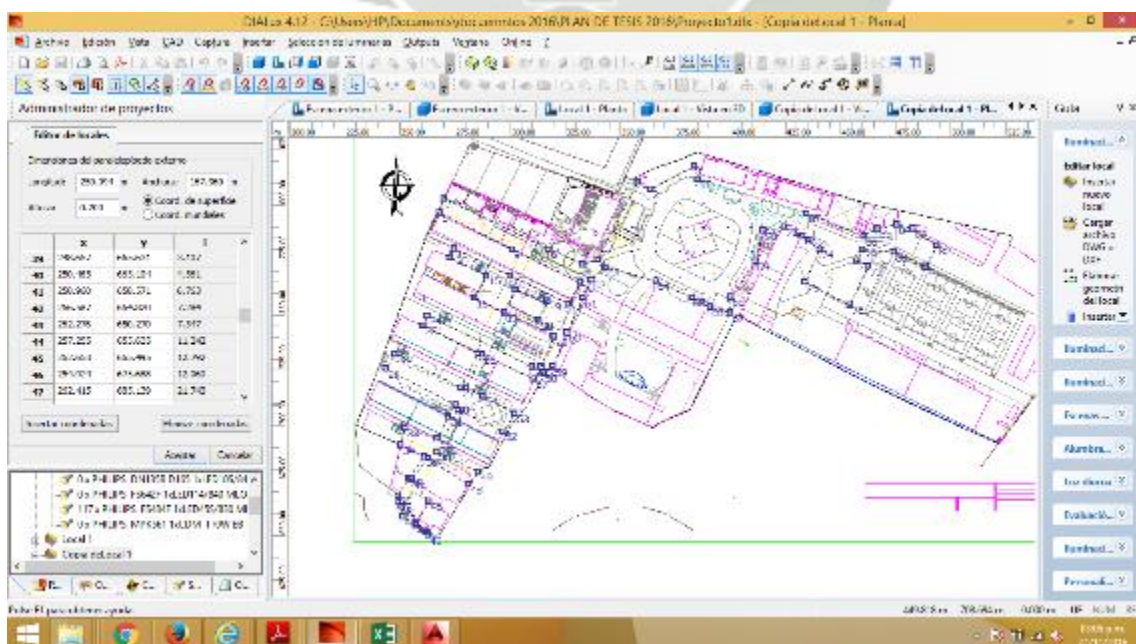
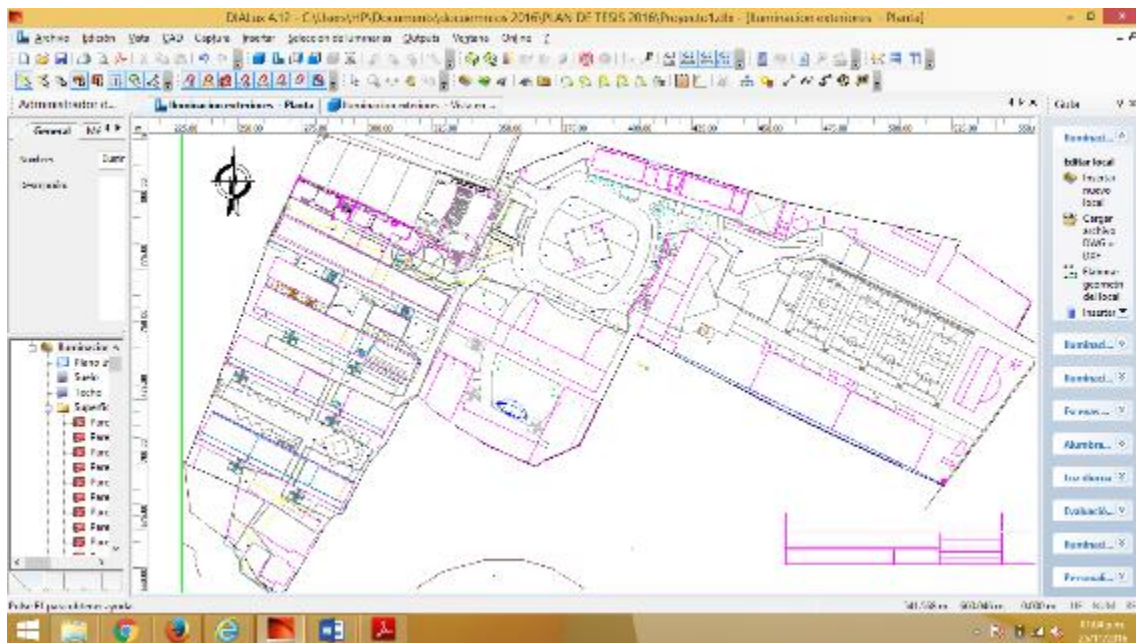
Y de acuerdo al resumen de los cálculos de iluminación, tenemos un valor de 16 lux, en el plano útil a una altura de 0.15m, altura considerada en el

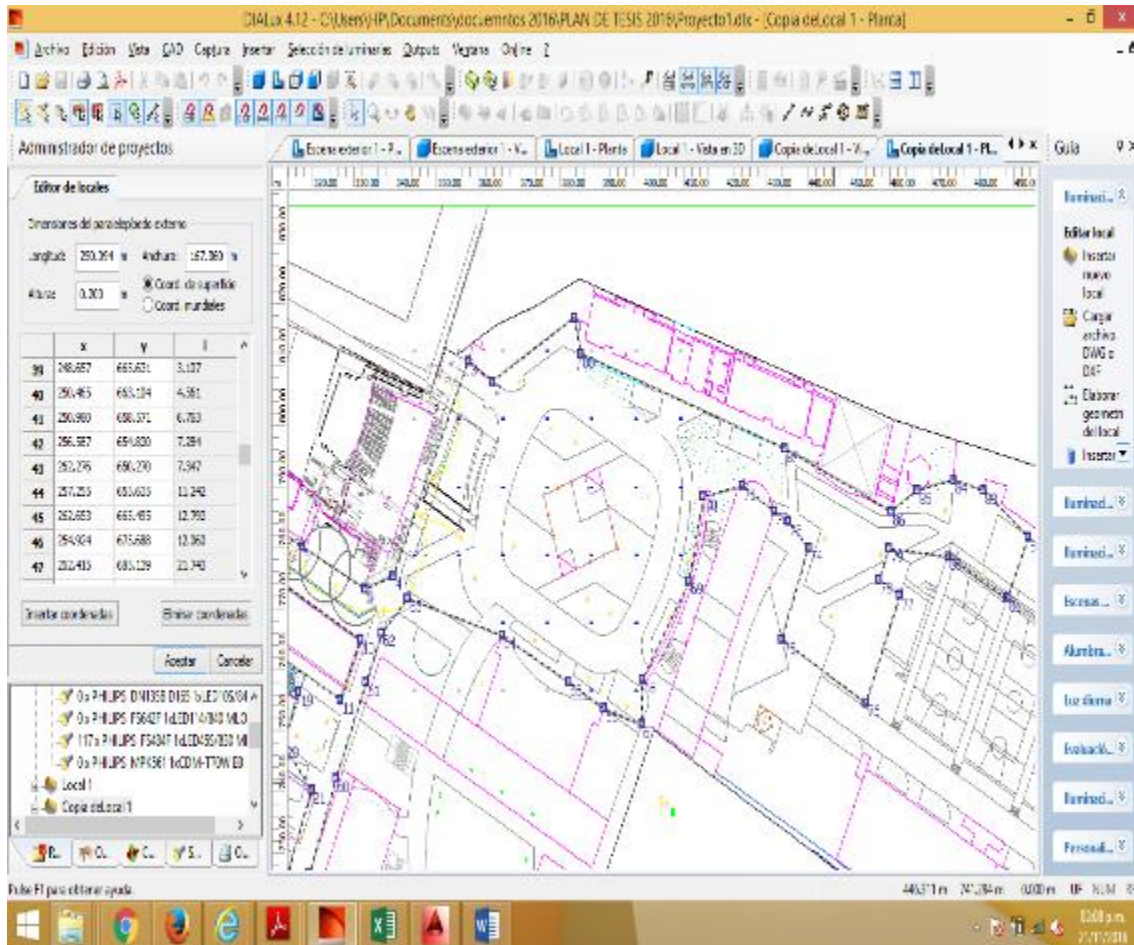
anexo 2 “Guía de medición de la norma Norma Técnica DGE “Alumbrado Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, por lo que cumplimos la norma actual vigente.

Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:2149

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	16	5.2	266	0.32
Suelo	30	20	4.7	199	0.23





Se adjuntan planos en el anexo 2.

#### 4.3. MEMORIA DESCRIPTIVA

Es motivo de la elaboración del presente estudio, el reemplazo de las luminarias del alumbrado exterior del campus de la Universidad Católica de Santa María.

El presente proyecto, se desarrolla sobre la base de los Planos de planimetría del campus, bajo los criterios de selectividad y funcionalidad de las instalaciones y sistemas, previendo la seguridad, comodidad y confort de los alumnos, trabajadores y demás usuarios.

## **Ubicación Geográfica**

La Universidad Católica de Santa María se encuentra ubicado en la Urb. San José S/N Distrito Arequipa, Departamento Arequipa y Provincia de Arequipa.

## **Alcances del proyecto**

El presente proyecto comprende el proyecto del reemplazo de las luminarias del alumbrado exterior del campus.

### **4.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE**

#### **4.4.1. Instalación y consideraciones de los sistemas solares fotovoltaicos**

Consideramos el Reglamento Técnico “Especificaciones y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural”, RD N° 003-2007-EM-/DGE. Así mismo deberán cumplir las reglas preventivas establecidas en el Código Nacional de Electricidad, salvaguardando las condiciones de seguridad, de la vida animal y vegetal, y de la propiedad, frente a los peligros derivados del uso de la electricidad.

#### **4.4.2. Instrucciones de seguridad**

El técnico, que se hará cargo de la instalación del SSFV deberá estar provisto de los implementos de seguridad y equipos de protección personal (EPP) básicos, así mismo deberá tener conocimiento de las normas básicas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.



**Figura 46:** Instalación de un sistema fotovoltaico con seguridad

#### 4.4.3. Equipos y accesorios,

A efectos de instalar el SSFV en forma segura y eficiente, el técnico instalador deberá contar con los equipos y accesorios necesarios, así mismo con las herramientas e instrumentos mínimos:

**Tabla 22:** Equipos y accesorios a utilizar

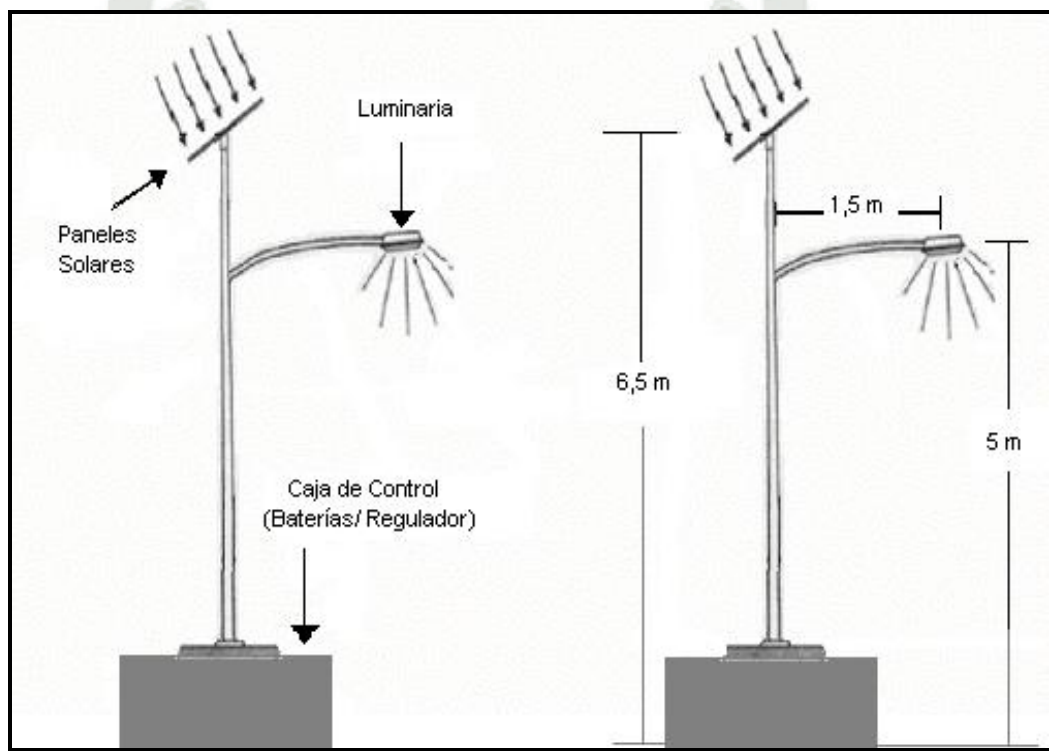
ITEM	DESCRIPCIÓN	SUGERIDO
1	Modulo Fotovoltaico	Potencia (en Wattios): 50W. Voltaje en circuito abierto (Voc): 21,60V. Corriente de cortocircuito (Isc): 3,43A. Corriente nominal (Impp): 2,88A. Sistema de voltaje máximo: 400VDC. Rendimiento: 14,9%. Tolerancia: +/-3°C.
2	Soporte fotovoltaico	Material adecuado. Aluminio
3	Batería	24 Vcc, 85 Ah
4	Controlador de carga	24 Vcc, 10 A
5	Módulos LED	24 Vcc, 48 W
7	Conductor aislado	Calibre: 2x2.08mm <sup>2</sup> , equivalente 14 AWG
8	Tablero de control	Material adecuado, contra polvo, humedad, etc

#### 4.4.4. Postes de Iluminación

En la Figura 47, se muestra el poste utilizado para la aplicación junto con la luminaria propuesta y el panel fotovoltaico. Son los postes de iluminación existentes en el campus de la Universidad Católica de Santa María.

**Características:**

- Altura de montaje: 4.5m o 5m en algunos casos. Ya existen puntos de iluminación exterior, pero con luminarias de 150W, controlados por interruptores horarios, para iluminación en veredas, vías de peatones, jardines, entre otros, que serán reemplazados por las luminarias LED de 48W con su panel solar independiente para cada luminaria y con un sensor de movimiento que controle su encendido.

**Figura 47:** Propuesta del Poste de Iluminación o Farola Solar.

- En la parte más alta del poste a 6,5m del suelo, se ubican los paneles solares conectados, cuya base presenta la característica de girar 360° horizontalmente, de manera que una vez elegida la ubicación del poste se proceda a orientar los paneles hacia el Sur, como se explicó anteriormente. Además, puede girar en el plano vertical (paralelo al poste) 180° para establecer la inclinación adecuada de acuerdo a la latitud de la zona geográfica en la que se instale.

- En el campus de la Universidad se deberán de instalar a su **latitud es decir  $16^{\circ}24'21.7''$** , y de acuerdo a la Tabla 23, **el ángulo óptimo de inclinación de los paneles para esta latitud es de  $16^{\circ}$  con respecto al eje horizontal, paralelo al suelo.**
- La Luminaria en la que va a ir la lámpara LED de 48W, es una luminaria especial para alumbrado exterior (farolas redondas), que cumple con los requerimientos mínimos para estar expuesta a la intemperie.
- Para las Farolas existentes, generalmente se ubica la caja de control a una altura considerable del poste de modo que sea poco accesible.

#### 4.5. PROTOCOLO DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS EQUIPOS

Este tiene como objetivo verificar en forma visual que el SSFV reúne los requisitos básicos para su instalación. Los posibles defectos que se pudieran detectar en la inspección, sugieren no ejecutar la instalación y verificar con el proveedor el cumplimiento de las especificaciones establecidas en el proceso de adquisición.

**Tabla 23: Verificación de requerimientos básicos**

ITEM	DESCRIPCIÓN
<b>SOPORTE MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	
1	El soporte debe ser de un material adecuado, y diseñado para ser fijado al
2	El soporte debe contar con la ferretería apropiada para su fijación al
<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	
3	El vidrio frontal y las cintas de conexión no deben mostrar rajaduras o
4	La etiqueta, placa de datos y de conexionado del módulo deben ser
5	La caja de conexión no debe mostrar rajaduras o estar suelta.
<b>BATERÍA</b>	
6	Los bornes de los electrodos deben estar en buen estado.
7	Los sujetadores de la batería deben estar en buen estado.
8	Deberá ser suministrada con su etiqueta, placa de datos, y debe mostrar recomendaciones de mantenimiento e instalación.
<b>CONTROLADOR DE CARGA</b>	
9	Los bornes de conexión del controlador de carga deberán tener espacio para conductor(es) aislado(s) o cable(s) de, al menos, 4
10	Deberán ser suministrados debidamente etiquetados o con su placa de
11	Debe estar protegido contra polaridad inversa (positivo y negativo) en las líneas del módulo fotovoltaico y de la batería, respectivamente.
<b>MÓDULOS LED</b>	
12	Datos básicos: marca, modelo, consumo eléctrico (potencia (W) y tensión (V)). Eficiencia luminosa, vida útil (horas trabajo).
13	Deben tener identificados sus bornes de conexión positivo (+) y negativo (-)
14	Posibilidad de operar con difusores de luz, no deben generar acumulación de suciedad o insectos en el tiempo.

#### 4.6. ETAPAS DE LA INSTALACIÓN

El procedimiento de instalación del SSFV se debe realizar de forma ordenada y segura, comprende los siguientes pasos principales:

**Tabla 24:** Etapas del proceso de instalación

ETAPA	DENOMINACIÓN
<b>ETAPA A. ASPECTOS MECÁNICOS</b>	
<b>A.1</b>	Retiro de la luminaria existente y adecuación de la estructura.
<b>A.2</b>	Instalación del soporte y estructura del módulo fotovoltaico.
<b>A.3</b>	Fijación del tablero de control.
<b>A.4</b>	Anclaje del controlador de carga.
<b>A.5</b>	Anclaje de la bornera de conexiones.
<b>A.6</b>	Fijación de la caja de la batería.
<b>ETAPA B. ASPECTOS ELÉCTRICOS</b>	
<b>B.1</b>	Conexiones entre accesorios, cargas, el controlador de carga, Sensor de movimiento.
<b>B.2</b>	Conexiones de la batería – controlador de carga.
<b>B.3</b>	Conexiones del módulo fotovoltaico – controlador de carga. Conexión del Sensor de movimiento
<b>ETAPA C. ASPECTOS OPERACIONALES</b>	
<b>C.1</b>	Prueba de funcionamiento del sistema.
<b>C.2</b>	Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo, instrucciones al
<b>C.3</b>	Informe de instalación.

##### 4.6.1. Etapa A.- Aspectos mecánicos

##### A.1.- Instalación del soporte del módulo fotovoltaico

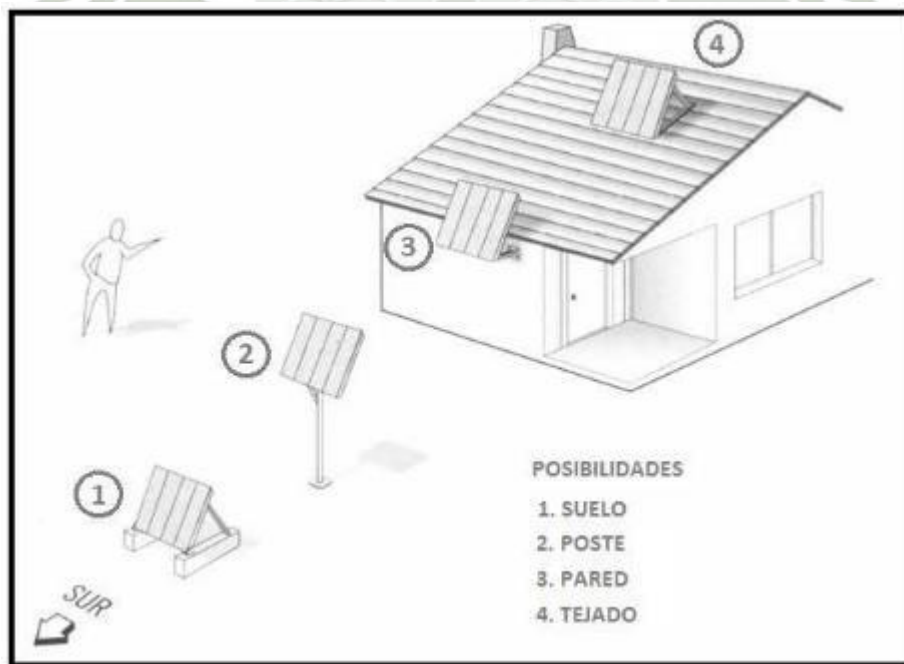
**En el suelo:** grandes ventajas como accesibilidad y facilidad de montaje. Sin embargo, es más susceptible de poder quedar obsoleta por acumulación de suciedad, se inunde, o ser objeto de rotura por animales o personas

**En el poste:** Usual en instalaciones donde se dispone previamente de un poste (madera, hierro galvanizado u otro material adecuado). Este es el tipo de montaje adecuado para este diseño.

**En la pared:** Otra alternativa, cada vez más utilizada sobre todo en instalaciones domésticas, consiste en acoplar la estructura a una de las paredes. La acción del viento queda drásticamente disminuida ya que no puede incidir prácticamente por la parte posterior, y un viento frontal no hará más que ejercer fuerza directa sobre los puntos de apoyo.

**En el tejado:** La instalación en la cubierta de un edificio es uno de los métodos más usados a la hora de realizar el montaje de un equipo solar, ya que normalmente se puede disponer del lugar adecuado para garantizar la perfecta orientación, además de suficiente espacio.

Una parte importante de un SSFV es la estructura de soporte del módulo. Ello asegura que los módulos puedan colocarse con el ángulo de inclinación recomendado ( $15^\circ$ ) en dirección al sol (norte magnético) y brindar seguridad a la instalación.



**Figura 48:** Posibilidades de instalación del panel fotovoltaico

Se considera como opción viable una combinación de los métodos de instalación del soporte del panel solar, el soporte está colocado en un carrito transportador que es lo suficientemente baja en altura para accesibilidad y facilidad de montaje y posee un mecanismo de regulación del ángulo de inclinación.

#### **A.2.- Instalación del tablero de control**

En cuanto a la instalación del tablero de control, se considera: buscar siempre la seguridad del usuario, conservando la estética en el espacio y conexión eléctrica. Se integra en el tablero de control: el controlador de carga, el convertidor de tensión CA/CC y la bornera de conexiones.

#### **A.3.- Instalación del controlador de carga**

Para la instalación del controlador dentro del equipo se deja los espacios recomendados: mínimo 3,0 cm a cada lado del controlador. Los terminales del controlador deben ser de fácil acceso y estar claramente indicados los bornes y polaridades de los componentes a ser conectados (módulo fotovoltaico, batería, y carga).

El controlador de no contar con una protección electrónica, debe ser protegido mediante fusibles. Así mismo, debe estar protegido contra la polaridad inversa (positivo y negativo) en la línea del módulo y de la batería, respectivamente. Todos sus terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deben ser de material inoxidable.

#### **A.4.- Instalación del convertidor de tensión**

En cuanto a la instalación del convertidor de tensión, ésta ser efectuada, dejando espacios suficientes (mínimo 3 cm.) a cada lado del convertidor. Los terminales del convertidor deben ser de fácil acceso y estar claramente indicada sus polaridades de los requerimientos de cargas a ser conectados, debe permitir una fácil conexión de conductores o cables aislados.

### **A.5.- Instalación de la bornera de conexiones**

Se debe considerar que algunas veces deben ingresar dos o más pares de conductores aislados o cables (Calibre: 2x 4 mm<sup>2</sup>, ó 12 AWG) en un mismo terminal de la bornera de conexiones.

### **A.6.- Instalación del soporte y caja de batería**

El principal factor a considerar son los materiales con riesgo para la salud humana o al ambiente. Utilizar materiales para procurar una adecuada ventilación y adecuado soporte de la batería de almacenamiento es recomendable.

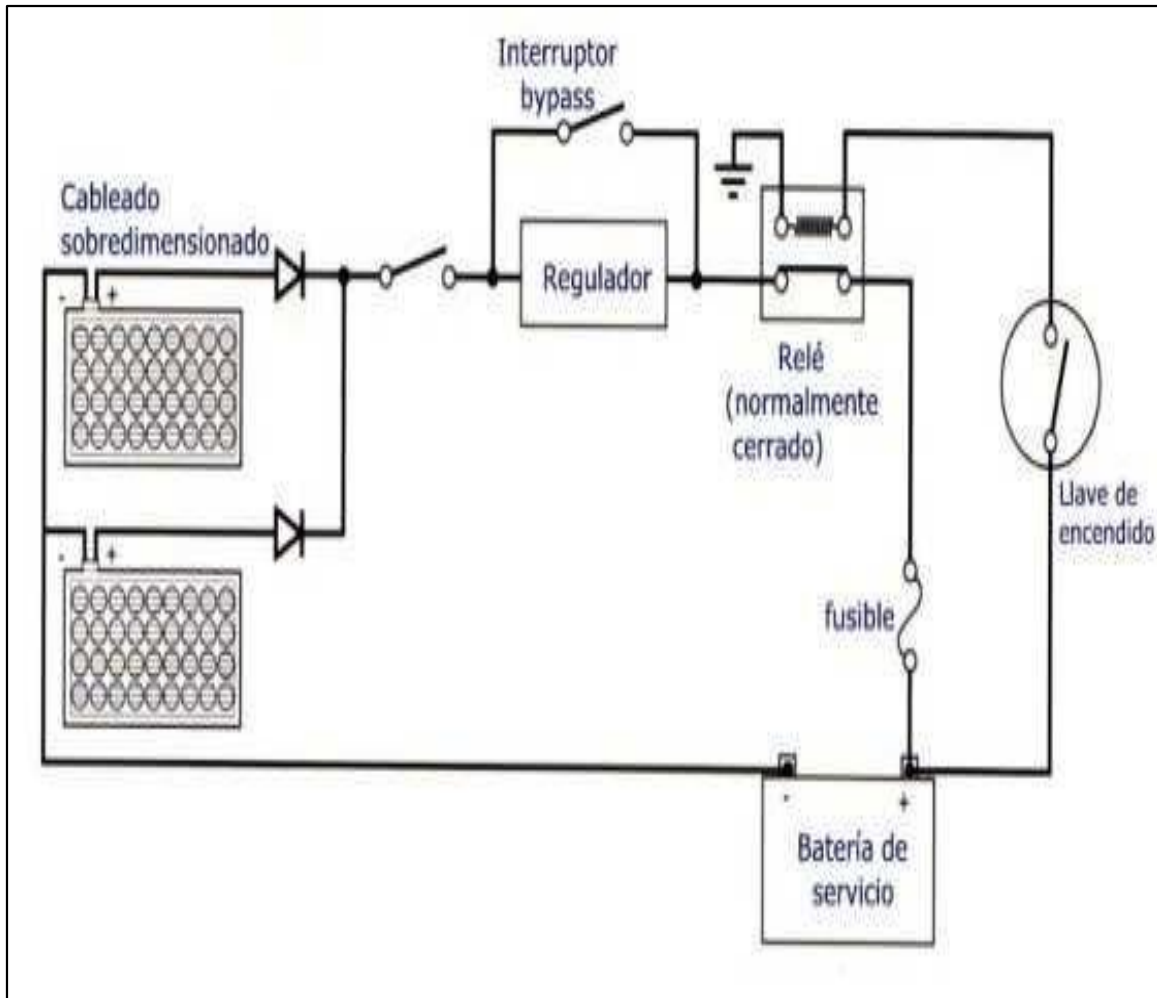
#### **4.6.2. Etapa B.- Aspectos eléctricos**

##### **B.1.- Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga**

En cuanto al conexionado entre los accesorios (enchufes, tomacorrientes, interruptores, etc.) y los equipos de utilización (módulos LED), existen las siguientes consideraciones: tener identificados mediante marcas, la polaridad positivo (+), negativo (-), en cada uno de los accesorios, así como en los terminales de los conductores aislados o cables a conectar.

##### **B.2.- Conexiones de la batería - controlador de carga**

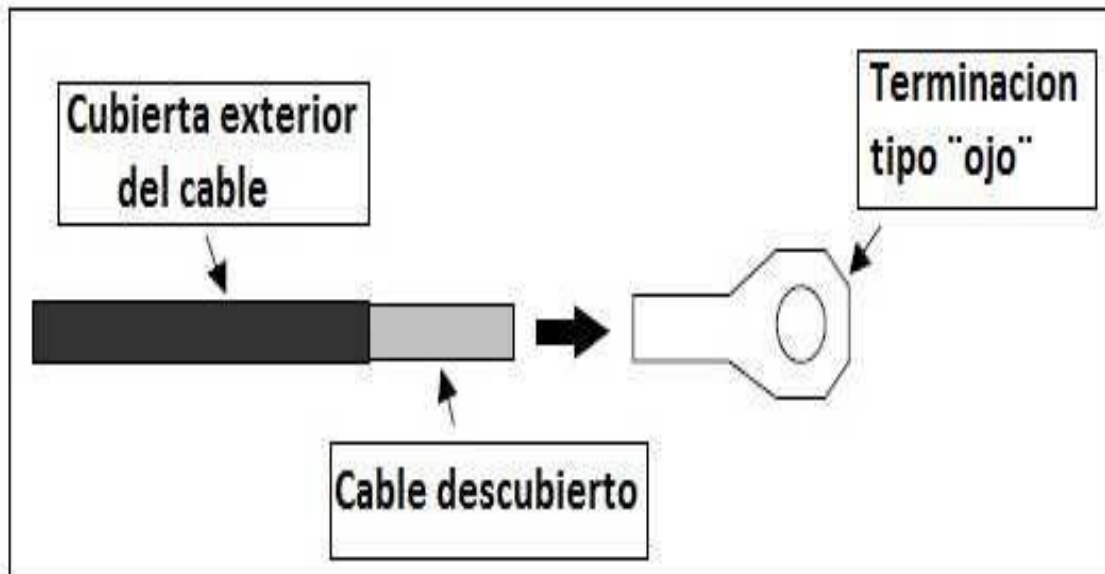
La polaridad debe estar señalizada sobre la batería al lado de cada terminal con las siguientes simbologías, (+) para la polaridad positiva y, (-) para la polaridad negativa. Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser fijados a los bornes (conectores) de la batería, los que deben ser entregados con sus respectivas arandelas y tuercas.



**Figura 49:** Esquema general de conexiones eléctricas

Retirar la cubierta exterior del conductor aislado o cable, dejando expuestos los conductores aislados o cable, sin recubrimiento (15 cm a 20 cm). En la conexión de baterías es usual la utilización de terminales tipo "ojo", (considerar que cada fabricante de batería puede tener diferentes tipos de conectores).

Considerar que una vez realizado los procedimientos de instalación el controlador de carga se activará (siempre que la batería este cargada, tensión nominal, 12 VDC), iluminando sus indicadores, mostrando el estado de operación del sistema.



**Figura 50:** Conexión de los cables con terminales tipo ojo

### **B.3.- Conexiones del módulo fotovoltaico - controlador de carga**

Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser conectados en los terminales o bornes del módulo en su caja de conexiones. Se debe considerar las distancias de conexión entre el tablero de control y el módulo fotovoltaico, con la finalidad de garantizar, caídas de tensión inferiores a 1 % entre el módulo fotovoltaico y el controlador de carga.

### **4.6.3. Etapa C.- Aspectos operacionales**

En esta etapa se debe establecer un adecuado funcionamiento del sistema solar fotovoltaico ya instalado, su puede seguir el siguiente procedimiento:

#### **C.1.- Prueba de funcionamiento del sistema**

Una vez instalado el SSFV, se propone el siguiente protocolo de revisión o prueba de funcionamiento de los elementos para conservar de una mejor manera todos los componentes del sistema fotovoltaico:

**Tabla 25:** Funcionamiento sistema fotovoltaico

<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	
Medir la tensión, cuando el panel se expone a la radiación solar, debe indicar la	
<b>1</b>	Cercano al nominal: funcionan las celdas correctamente. ( $V_n = 24 \text{ Vcc}$ ).
<b>2</b>	Cerca a cero y el clima es favorable: posiblemente tenga fallas el conjunto de
<b>3</b>	Igual a cero: el sistema tiene circuito abierto.
<b>CONTROLADOR DE CARGA</b>	
<b>1</b>	Verificar que no tenga contacto directo a tierra.
<b>2</b>	Evaluar la resistencia y/o continuidad del fusible, debe indicar continuidad.
<b>BATERÍA</b>	
Medir la tensión en sus conectores o terminales:	
<b>1</b>	Valor cercano a 24 Vcc, la batería carga correctamente.
<b>2</b>	Valor no alcanza 24 Vcc, evaluar en forma periódica la tensión en la batería
<b>3</b>	Valor por debajo de los 24 Vcc, la batería no está operando correctamente
<b>CARGA</b>	
<b>1</b>	Si luego de terminada la instalación, éstas no funcionan, verificar que la conexión de los terminales del aparato a usar (polaridad), sean los correctos.
<b>SEGURIDAD</b>	
<b>1</b>	El módulo fotovoltaico debe estar instalado en un lugar libre de sombras, con una inclinación de $15^\circ$ y orientado al norte magnético.
<b>2</b>	Las conexiones deben ser seguras y moderado apriete.
<b>3</b>	Las tapas de la caja de conexiones deben cerrar correctamente.
<b>4</b>	Pulsando o colocando en posición encendido, los módulos LED deben funcionar.

## **C2.- Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo**

Dejar limpio y ordenado el área de trabajo y proporcionar indicaciones al usuario, sobre el mantenimiento básico y cuidados de operación o uso del SSFV.

#### 4.6.4. Problemas frecuentes en sistemas fotovoltaicos

Se detalla algunos problemas y sus posibles causas para poder realizar la respectiva inspección y el posible mantenimiento:

**Tabla 26:** Problemas sistemas fotovoltaicos

<b>MÓDULOS LED, NO ENCIENDEN</b>	
<b>1</b>	Verificar que las conexiones de las cargas hacia el controlador de carga estén correctas. Efectuar inspección visual polaridad (+) y (-).
<b>2</b>	Verificar que el nivel de tensión en la batería es el adecuado ( $V_n = 24$ Vcc), tener cuidado con la polaridad.
<b>3</b>	Verificar si los módulos LED están en buen estado. Efectuar inspección
<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO NO GENERA ELECTRICIDAD</b>	
<b>1</b>	Medir el estado de continuidad de los diodos o de los fusibles, según
<b>2</b>	Verificar que las conexiones del módulo al controlador de carga, estén correctas, polaridad y continuidad.
<b>POCAS HORAS DE ENERGÍA DEL SSFV</b>	
<b>1</b>	Verificar si todas las conexiones están correctas, inspeccionar los conductores aislados o cables y terminales, caso contrario revisar el dimensionamiento del sistema.
<b>2</b>	Verificar el estado de la batería. El voltaje debe ser próximo a 24 VDC
<b>3</b>	Verificar la limpieza del módulo fotovoltaico o si se producen sombras, tener en cuenta la estacionalidad (días nublados) y la autonomía establecida para el sistema en el dimensionado.

#### 4.7. PLANOS ELÉCTRICOS

Se ha realizado un levantamiento de todas las luminarias exteriores existentes, en los planos de planimetría de la universidad.



Se adjunta en el anexo.



## CONCLUSIONES

1. Se ha realizado un estudio comparativo de los tipos de lámparas existentes en el mercado y se ha seleccionado las lámparas tipo LED, por presentar mejores características técnicas para esta aplicación tales como un mayor número de horas de funcionamiento que implica menos mantenimiento para cambio de lámparas, su eficiencia energética aun es moderada es decir que aún no es tan eficiente como una lámpara de descarga, sin embargo dicha eficiencia se ve muy disminuida por el tipo de luminaria que se utiliza actualmente en el campus, ya que las luminarias utilizadas son de tipo indirecta, es decir que emiten la mayor cantidad de flujo luminoso hacia la parte superior, mientras que solo una parte va hacia el plano de trabajo que se desea iluminar y por su puesto es incomparable el impacto ambiental de dichas lámparas ya que no contaminan el medio ambiente
2. En el capítulo II se realizó un estudio comparativo de los tipos de módulos fotovoltaicos existentes monocristalino y policristalino, se eligió el Panel Solar para el Sistema Fotovoltaico. Placa solar 50w policristalina, por tener una buena eficiencia 16.02%.
3. Se realizó un estudio comparativo de los tipos de circuitos reguladores de carga de baterías y unos convertidores DC/AC. Se seleccionó el acumulador monoblock de ciclo profundo TAB 85Ah, 24VDC, no se seleccionó ningún convertidor puesto que la carga (Luminaria LED) utiliza un voltaje de corriente continua de 24V.
4. Se realizó el balance de energía para determinar el sistema de iluminación autónomo para las áreas externas, basado en lámparas de bajo consumo Led, considerando el Tiempo de Autonomía diario (TA): Es el número de horas por día que se desea energizar a la carga, en este caso es el número de horas por día que se desea que la lámpara permanezca encendida. Definimos 05 horas de autonomía diaria, la Máxima Profundidad de

Descarga, aplicamos como factor de diseño que la energía suministrada por los paneles debe ser un 20% más de la consumida por la carga, con lo que hallamos que el número de paneles fotovoltaico por luminaria sería uno. Además, se calculó que la carga consumiría 51.56Ah mientras que la batería seleccionada podía entregar hasta 85 Ah. Y se seleccionó un regulador del panel seleccionado considerando la Corriente de cortocircuito (Isc): 3,03A del panel, por lo que será suficiente un Regulador de 8 Amperios de la serie SR de SOLARA apto para controlar paneles de hasta 135W. Dispone de protección contra sobrecargas, desconexión por bajo voltaje, y selector del tipo de batería y de tipo de voltaje (24V).

5. Se realizó el cálculo de iluminación mediante el software DIALUX para comprobar que el reemplazo de las luminarias existentes por las luminarias LED propuestas eran suficientes para los valores normalizados, 70 Luminarias existentes cada una con una potencia de 170 W, que consumen un total de 11900, mientras que las lámparas LED hacen un total de 3360. De acuerdo a las tablas presentadas se está disminuyendo la potencia consumida de 11,900 W a 3,360 W, eso significa una reducción del 71.76% de potencia instalada de las luminarias existentes en las áreas externas del campus universitario. Para ello se ha realizado un levantamiento de planos con la ubicación actual de las luminarias externas del campus, luego dicho plano se ha exportado a un software de iluminación DIALUX, y se ha utilizado la luminaria propuesta, y se ha realizado los cálculos de iluminación respectivos, **en este cálculo de iluminación se ha considerado las 70 luminarias de 170w, y las 5 tipo LED existentes, en total 75 luminarias para áreas externas**, de acuerdo al resumen de los cálculos de iluminación, tenemos un valor de 16 lux, en el plano útil a una altura de 0.15m, altura considerada en el anexo 2 “Guía de medición de la norma Norma Técnica DGE “Alumbrado Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, por lo que cumplimos la norma actual vigente.
6. Las luminarias LED utilizadas tienen una eficiencia de Lumínica: > 90 lm/W y una Eficiencia Eléctrica: > 90%

7. Se ha diseñado un sistema de iluminación autónomo basado en lámparas de bajo consumo LED y alimentado por paneles fotovoltaicos, además se ha incluido un sensor de movimiento por cada luminaria para un encendido automático para las áreas externas del campus de la Universidad Católica de Santa María, con lo que se obtiene un ahorro energético y económico.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar este estudio en el campus de la Universidad Católica de Santa María, es decir el reemplazo de las luminarias exteriores por luminarias LED, ya que significaría un ahorro no solo en energía consumida sino también por el ahorro económico, de un consumo de energía de 25.5KWH/mes a 1.35 KWH/mes por luminaria instalada, además una disminución de costo de S/14.17 a S/0.75 por luminaria.
2. Cuando se decida implementar dicho estudio se debe recordar colocar la caja de control a una altura considerable para evitar el robo de las baterías. A su vez esta caja debe ser protegida contra filtración de agua, es decir que debe de utilizarse un tablero eléctrico IP 65, adecuado para exteriores para proteger los equipos auxiliares del sistema fotovoltaico.
3. El sistema con energía solar es ideal para zonas geográficas en las cuales durante el año el cambio estacionario no es muy notorio. Para zonas en las que esto no ocurre se debe tener en cuenta la topología de sistema híbrido en la cual se puede combinar el generador solar con otro tipo de generador. Siguiendo con la tendencia al tema del desarrollo sustentable y la energía renovable, se promueve el estudio de un sistema híbrido, partiendo del producto aquí desarrollado, que además de energía solar utilice energía eólica.
4. La masificación de los sistemas fotovoltaicos en los próximos años en nuestro país es recomendable, es por ello que se debería impulsar al uso de estos sistemas con programas de exoneración de impuestos por parte del Gobierno para abaratar los costos de inversión, además nuestra Universidad debería de ser un ejemplo para nuestra sociedad sobre la aplicación de energías alternativas no contaminantes.

5. Se recomienda promover la capacitación de los alumnos de nuestra Universidad en energías renovables no convencionales en todas las Escuelas profesionales, que conozcan las diferentes tecnologías para aprovechar de mejor manera las fuentes de energía naturales en nuestra región y país.



## BIBLIOGRAFÍA

1. SARMIENTO, P. 1995. Energía Solar: Aplicaciones e Ingeniería.
2. ILUMINACIÓN INTELEGENTE, G. Manual de alumbrado público e iluminación exterior con Led de alta intensidad, Colombia, 2008
3. • Manual de Iluminación Philips, 2005
4. • Manual de Luminotecnia OSRAM, 2004
5. • Harper Enríquez, G. 2003, Manual Práctico del Alumbrado, Primera Edición ENRIQUEZ HARPER, Gilberto,
6. ENRIQUEZ HARPER, Gilberto, El ABC de las Instalaciones Eléctricas Residenciales, México, Ed. Limusa, 2005
7. Código Nacional Electricidad –Utilización 2006
8. Norma Técnica DGE “Alumbrado De Vías Públicas En Zonas De Concesión De Distribución”
9. Normas DGE “Terminología en Electricidad” y “Símbolos Gráficos en Electricidad”.
10. PEREJA APARICIO, M. Energía Solar Fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. 1ra Edición. Madrid:Marcombo, 2010
11. ALCOR, E. Instalaciones Solares Fotovoltaicas. 3ra Edición. Madrid: Promotora General de Estudios S.A., 2008.
12. ABELLA, M. Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica. 1ra Edición. Madrid: Era Solar, 2009.



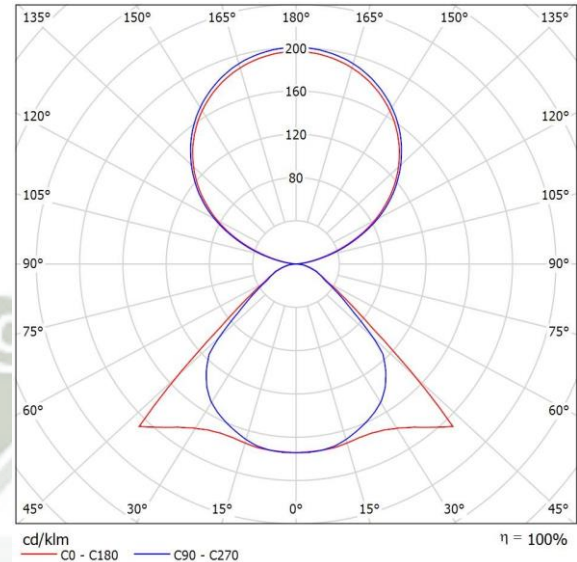


# ANEXO 1: CÁLCULO FINAL DE ILUMINACION

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## PHILIPS FS484F 1xLED45S/830 MLO / 48W/24V/Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 44  
Código CIE Flux: 58 90 98 44 100

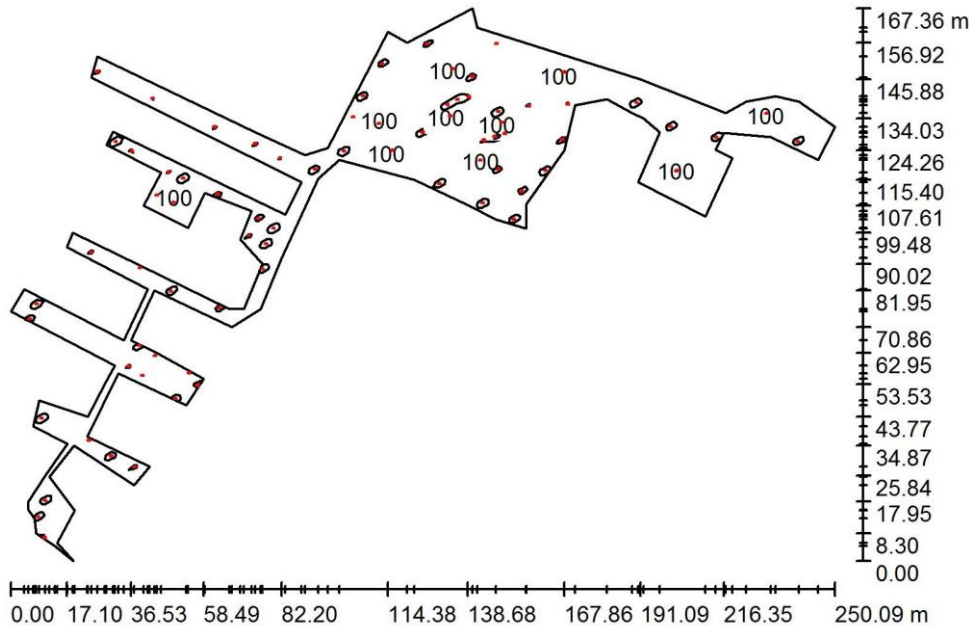
SmartBalance de pie: combinación de rendimiento y diseño inteligente Las luminarias de pie son la solución que prefieren muchos clientes para obtener una iluminación controlada, flexible y cómoda. SmartBalance es un paso adelante en luminarias de pie. El uso de la tecnología LED más avanzada logra una mayor eficiencia energética, además de un diseño compacto y elegante que se integra en cualquier estilo. SmartBalance también está disponible en versiones de montaje en superficie y suspendido.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	12.9	13.7	13.9	14.6	15.8	11.6	12.3	12.5	13.2	14.4
	3H	13.1	13.7	14.1	14.7	15.9	12.0	12.6	12.9	13.5	14.8
	4H	13.2	13.8	14.2	14.8	16.0	12.2	12.8	13.2	13.8	15.0
	6H	13.3	13.8	14.3	14.8	16.1	12.4	13.0	13.4	14.0	15.2
	8H	13.3	13.8	14.3	14.8	16.1	12.5	13.1	13.5	14.0	15.3
4H	12H	13.3	13.8	14.4	14.8	16.1	12.6	13.1	13.6	14.1	15.4
	2H	12.8	13.4	13.8	14.4	15.6	11.6	12.2	12.6	13.2	14.4
	3H	13.1	13.6	14.1	14.6	15.9	12.2	12.7	13.2	13.6	14.9
	4H	13.3	13.7	14.3	14.7	16.1	12.5	13.0	13.6	14.0	15.3
	6H	13.5	13.9	14.6	14.9	16.3	12.9	13.3	14.0	14.3	15.7
8H	8H	13.6	14.0	14.7	15.0	16.4	13.1	13.4	14.1	14.5	15.8
	12H	13.7	14.0	14.8	15.0	16.4	13.2	13.5	14.3	14.6	15.9
	4H	13.3	13.6	14.4	14.7	16.0	12.6	12.9	13.6	13.9	15.3
	6H	13.7	13.9	14.7	15.0	16.4	13.1	13.4	14.2	14.5	15.9
	8H	13.9	14.1	14.9	15.1	16.6	13.4	13.7	14.5	14.7	16.1
12H	12H	14.0	14.2	15.1	15.3	16.7	13.7	13.9	14.8	15.0	16.4
	4H	13.3	13.6	14.3	14.6	16.0	12.6	12.9	13.6	13.9	15.3
	6H	13.7	13.9	14.7	15.0	16.4	13.2	13.4	14.2	14.5	15.9
	8H	13.9	14.1	15.0	15.2	16.6	13.5	13.7	14.6	14.8	16.2
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+1.1 / -1.1					+0.7 / -0.7				
S = 1.5H		+2.2 / -1.8					+1.2 / -1.2				
S = 2.0H		+3.6 / -2.2					+2.1 / -1.6				
Tabla estándar		BK03					BK04				
Sumando de corrección		-2.1					-2.5				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4500lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Illuminacion exteriores / Resumen



Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:2149

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	16	5.2	266	0.32
<b>Suelo</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>4.7</b>	<b>199</b>	<b>0.23</b>

### Plano útil:

Altura: 0.15 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

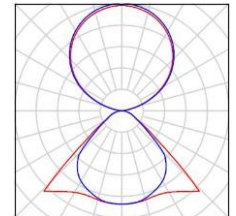
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	75	PHILIPS FS484F 1xLED45S/830 MLO (1.000)	4800	4800	48.0
			Total: 360000	Total: 360000	3600.0

Valor de eficiencia energética: 0.507 W/m<sup>2</sup> (Base: 7089.36 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Iluminacion exteriores / Lista de luminarias

75 Pieza PHILIPS FS484F 1xLED45S/830 MLO  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4800 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4800 lm  
Potencia de las luminarias: 48.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 44  
Código CIE Flux: 58 90 98 44 100  
Lámpara: 1 x LED45S/830/- (Factor de corrección  
1.000).  
IP65



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Luminarias (ubicación)**



Escala 1 : 1788

**Lista de piezas - Luminarias**

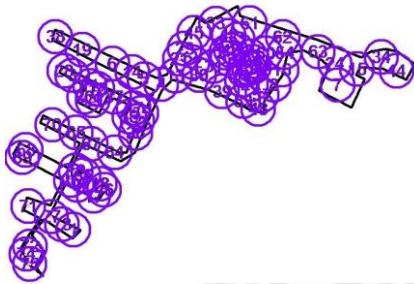
N°	Pieza	Designación
1	75	PHILIPS FS484F 1xLED45S/830 MLO

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Luminarias (lista de coordenadas)**

**PHILIPS FS484F 1xLED45S/830 MLO**

4800 lm, 48.0 W, 1 x 1 x LED45S/830/- (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	281.142	678.727	0.000	0.0	0.0	90.0
2	320.954	746.335	0.000	0.0	0.0	90.0
3	280.328	774.428	0.000	0.0	0.0	90.0
4	335.886	768.892	0.000	0.0	0.0	90.0
5	325.205	772.169	0.000	0.0	0.0	90.0
6	305.396	781.735	0.000	0.0	0.0	90.0
7	445.513	768.430	0.000	0.0	0.0	90.0
8	405.936	768.545	0.000	0.0	0.0	90.0
9	283.509	706.349	0.000	0.0	0.0	90.0
10	282.662	715.492	0.000	0.0	0.0	90.0
11	291.443	768.046	0.000	0.0	0.0	90.0
12	295.956	766.148	0.000	0.0	0.0	90.0
13	344.628	774.379	0.000	0.0	0.0	90.0
14	317.772	776.647	0.000	0.0	0.0	90.0
15	457.639	778.533	0.000	0.0	0.0	90.0
16	410.921	777.890	0.000	0.0	0.0	90.0
17	293.625	699.523	0.000	0.0	0.0	90.0
18	297.653	707.206	0.000	0.0	0.0	90.0
19	286.573	790.353	0.000	0.0	0.0	90.0
20	287.950	761.036	0.000	0.0	0.0	90.0
21	347.391	784.732	0.000	0.0	0.0	90.0
22	355.278	782.700	0.000	0.0	0.0	90.0
23	350.483	791.120	0.000	0.0	0.0	90.0
24	443.785	781.770	0.000	0.0	0.0	90.0
25	391.567	768.984	0.000	0.0	0.0	90.0
26	279.335	709.235	0.000	0.0	0.0	90.0
27	267.301	686.809	0.000	0.0	0.0	90.0
28	275.403	777.205	0.000	0.0	0.0	90.0

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

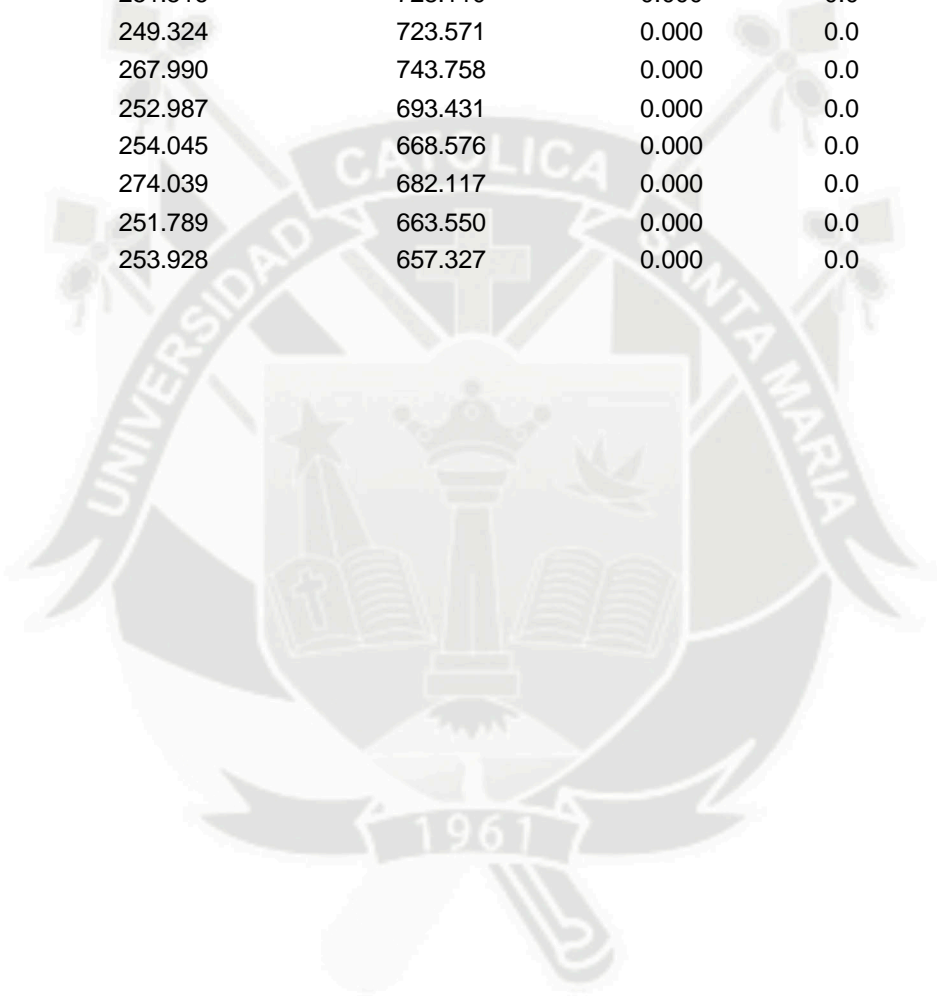
**Iluminacion exteriores / Luminarias (lista de coordenadas)**

N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
29	293.049	758.928	0.000	0.0	0.0	90.0
30	359.365	774.610	0.000	0.0	0.0	90.0
31	368.518	780.095	0.000	0.0	0.0	90.0
32	376.101	788.446	0.000	0.0	0.0	90.0
33	369.818	806.731	0.000	0.0	0.0	90.0
34	472.781	785.879	0.000	0.0	0.0	90.0
35	386.002	771.602	0.000	0.0	0.0	90.0
36	319.925	738.646	0.000	0.0	0.0	90.0
37	306.513	761.304	0.000	0.0	0.0	90.0
38	269.884	798.487	0.000	0.0	0.0	90.0
39	373.610	764.480	0.000	0.0	0.0	90.0
40	387.093	777.744	0.000	0.0	0.0	90.0
41	382.624	790.858	0.000	0.0	0.0	90.0
42	377.781	799.299	0.000	0.0	0.0	90.0
43	379.085	790.002	0.000	0.0	0.0	90.0
44	482.284	777.254	0.000	0.0	0.0	90.0
45	356.247	800.828	0.000	0.0	0.0	90.0
46	300.270	703.391	0.000	0.0	0.0	90.0
47	318.630	754.014	0.000	0.0	0.0	90.0
48	396.209	753.715	0.000	0.0	0.0	90.0
49	390.468	778.797	0.000	0.0	0.0	90.0
50	392.612	783.071	0.000	0.0	0.0	90.0
51	383.654	797.010	0.000	0.0	0.0	90.0
52	376.904	785.096	0.000	0.0	0.0	90.0
53	386.818	758.621	0.000	0.0	0.0	90.0
54	412.632	788.654	0.000	0.0	0.0	90.0
55	323.312	750.997	0.000	0.0	0.0	90.0
56	315.823	748.814	0.000	0.0	0.0	90.0
57	398.594	762.247	0.000	0.0	0.0	90.0
58	393.490	779.749	0.000	0.0	0.0	90.0
59	391.455	786.360	0.000	0.0	0.0	90.0
60	400.774	788.159	0.000	0.0	0.0	90.0
61	390.858	806.945	0.000	0.0	0.0	90.0
62	411.483	798.263	0.000	0.0	0.0	90.0
63	433.445	789.129	0.000	0.0	0.0	90.0
64	306.862	726.784	0.000	0.0	0.0	90.0
65	282.774	739.015	0.000	0.0	0.0	90.0
66	287.389	712.433	0.000	0.0	0.0	90.0

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Luminarias (lista de coordenadas)**

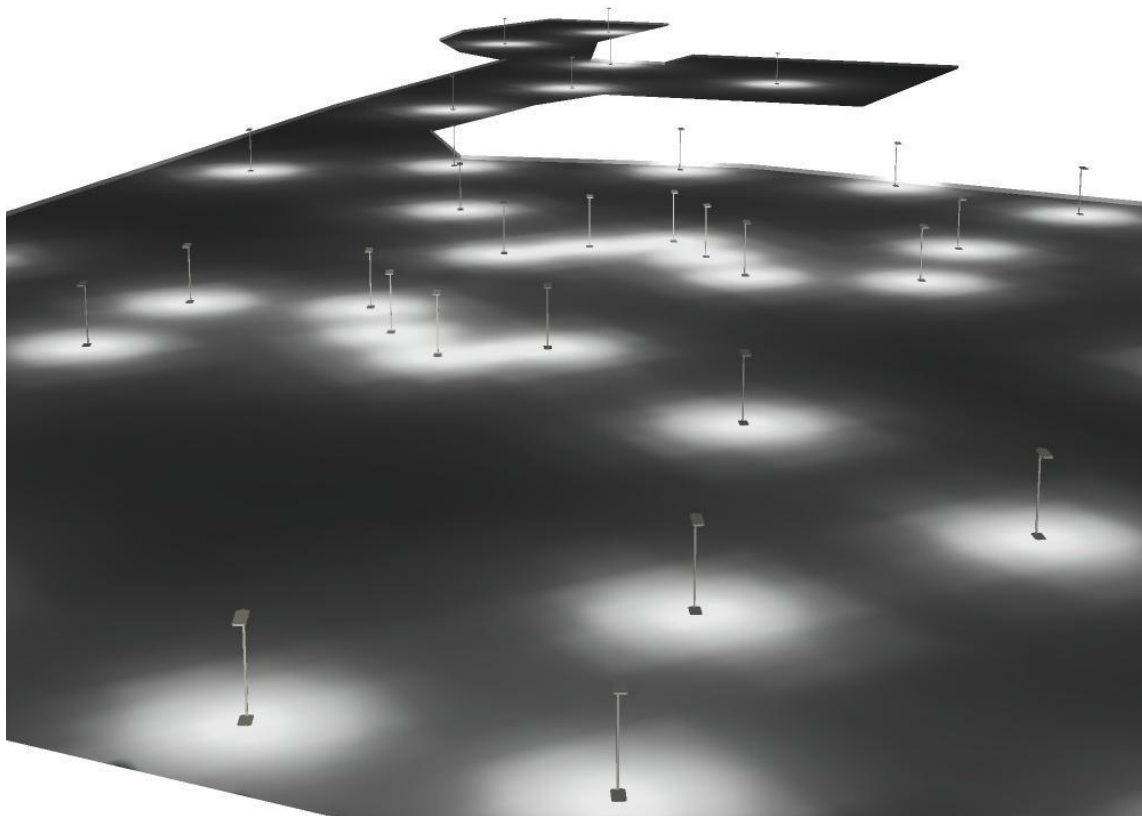
N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
67	292.178	731.931	0.000	0.0	0.0	90.0
68	251.516	728.110	0.000	0.0	0.0	90.0
69	249.324	723.571	0.000	0.0	0.0	90.0
70	267.990	743.758	0.000	0.0	0.0	90.0
71	252.987	693.431	0.000	0.0	0.0	90.0
72	254.045	668.576	0.000	0.0	0.0	90.0
73	274.039	682.117	0.000	0.0	0.0	90.0
74	251.789	663.550	0.000	0.0	0.0	90.0
75	253.928	657.327	0.000	0.0	0.0	90.0





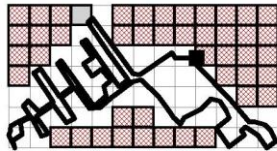
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### Iluminacion exteriores / Rendering (procesado) en 3D



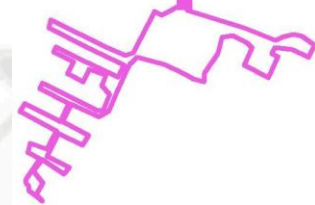
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



130.554	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
129.530	/	/	/	/	/	/	/	/	/	19
128.506	/	/	/	/	/	/	/	/	/	81
127.482	/	/	/	/	/	/	/	/	153	94
126.458	/	/	/	/	/	/	/	/	129	70
125.434	/	/	/	/	/	/	/	/	78	33
124.410	/	/	/	/	/	/	/	/	11	9.14
123.386	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3.86
<b>m</b>	<b>64.753</b>	<b>66.876</b>	<b>68.999</b>	<b>71.123</b>	<b>73.246</b>	<b>75.369</b>	<b>77.492</b>	<b>79.615</b>	<b>81.738</b>	<b>83.861</b>

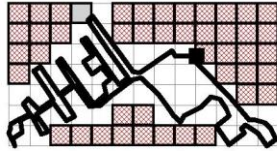
Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.




Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
20	0.07	199	0.003	0.000

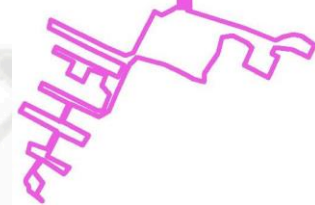
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



-  sección actual
-  otras secciones
-  secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>130.554</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>129.530</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>128.506</b>	6.11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>127.482</b>	6.67	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>126.458</b>	4.66	1.02	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>125.434</b>	3.94	0.92	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>124.410</b>	1.82	0.71	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>123.386</b>	1.34	0.63	0.46	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>85.984</b>	<b>88.107</b>	<b>90.230</b>	<b>92.353</b>	<b>94.476</b>	<b>96.599</b>	<b>98.722</b>	<b>100.845</b>	<b>102.968</b>	<b>105.092</b>

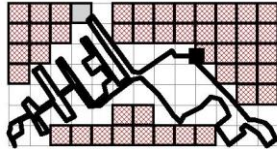
Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
20	0.07	199	0.003	0.000

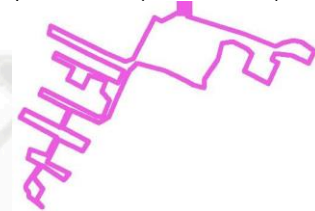
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



122.362	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.43
121.338	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.07
120.314	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
119.290	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
118.266	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
117.242	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
116.218	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
115.195	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
114.171	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
113.147	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
112.123	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
111.099	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
110.075	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
109.051	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
108.027	/	/	/	/	/	/	54	/	/	/
107.003	/	/	/	/	/	/	124	/	/	/
105.979	/	/	/	/	/	66	185	31	/	/
104.955	/	/	/	/	/	57	134	26	/	/
103.931	/	/	/	/	/	/	66	25	/	/
102.907	/	/	/	/	/	/	23	66	34	/
<b>m</b>	<b>64.753</b>	<b>66.876</b>	<b>68.999</b>	<b>71.123</b>	<b>73.246</b>	<b>75.369</b>	<b>77.492</b>	<b>79.615</b>	<b>81.738</b>	<b>83.861</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

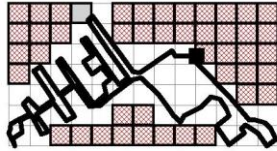
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

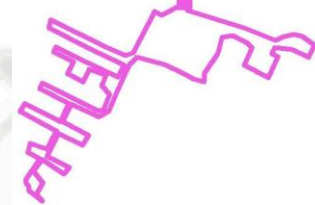
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



122.362	0.77	0.49	0.46	/	/	/	/	/	/	/
121.338	0.63	0.44	0.46	/	/	/	/	/	/	/
120.314	0.47	0.43	0.48	0.47	/	/	/	/	/	/
119.290	0.42	0.43	0.56	0.55	/	/	/	/	/	/
118.266	0.58	0.63	1.14	1.22	/	/	/	/	/	/
117.242	/	0.71	1.34	1.70	2.05	/	/	/	/	/
116.218	/	0.81	1.96	3.78	3.86	/	/	/	/	/
115.195	/	1.01	2.90	7.90	7.15	/	/	/	/	/
114.171	/	/	5.81	39	36	6.02	/	/	/	/
113.147	/	/	7.60	89	98	7.87	/	/	/	/
112.123	/	/	12	129	111	7.51	/	/	/	/
111.099	/	/	/	110	78	6.39	1.74	/	/	/
110.075	/	/	/	33	26	3.97	0.73	/	/	/
109.051	/	/	/	11	10	3.10	0.65	/	/	/
108.027	/	/	/	/	2.30	1.10	0.56	0.42	/	/
107.003	/	/	/	/	1.59	0.88	0.48	0.42	/	/
105.979	/	/	/	/	0.85	0.70	0.41	0.37	0.33	/
104.955	/	/	/	/	/	0.62	0.37	0.37	0.33	/
103.931	/	/	/	/	/	0.56	0.37	0.38	0.39	/
102.907	/	/	/	/	/	0.56	0.37	0.38	0.46	0.43
<b>m</b>	<b>85.984</b>	<b>88.107</b>	<b>90.230</b>	<b>92.353</b>	<b>94.476</b>	<b>96.599</b>	<b>98.722</b>	<b>100.845</b>	<b>102.968</b>	<b>105.092</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

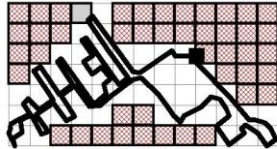
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

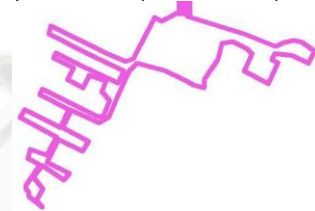
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



101.883	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100.859	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
99.835	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
98.811	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
97.787	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
96.763	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
95.739	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
94.715	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
93.692	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
92.668	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
91.644	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90.620	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
89.596	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
88.572	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
87.548	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
86.524	/	/	/	/	0.72	/	/	/	/	/
85.500	/	/	/	/	1.00	1.42	/	/	/	/
84.476	/	/	/	2.16	1.36	2.32	/	/	/	/
83.452	/	/	/	/	2.66	6.69	/	/	/	/
82.428	/	/	/	/	3.75	19	14	/	/	/
<b>m</b>	<b>43.523</b>	<b>45.646</b>	<b>47.769</b>	<b>49.892</b>	<b>52.015</b>	<b>54.138</b>	<b>56.261</b>	<b>58.384</b>	<b>60.507</b>	<b>62.630</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

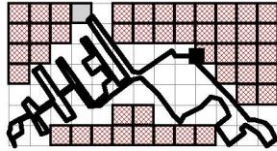
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

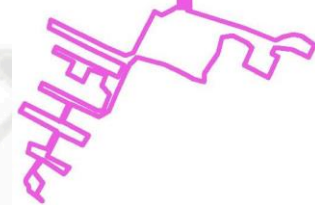
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



101.883	/	/	/	/	/	/	18	129	92	/
100.859	/	/	/	/	/	/	/	163	86	9.96
99.835	/	/	/	/	/	/	/	110	49	5.14
98.811	/	/	/	/	/	/	/	37	20	4.45
97.787	/	/	/	/	/	/	/	/	4.91	1.94
96.763	/	/	/	/	/	/	/	/	2.77	1.69
95.739	/	/	/	/	/	/	/	/	1.59	1.51
94.715	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.70
93.692	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3.47
92.668	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
91.644	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90.620	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
89.596	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11
88.572	/	/	/	/	/	/	/	/	14	9.90
87.548	/	/	/	/	/	/	/	/	52	10
86.524	/	/	/	/	/	/	/	97	107	12
85.500	/	/	/	/	/	/	11	125	115	14
84.476	/	/	/	/	/	/	9.02	103	74	19
83.452	/	/	/	/	/	/	4.44	31	33	62
82.428	/	/	/	/	/	/	3.32	9.58	25	124
<b>m</b>	<b>64.753</b>	<b>66.876</b>	<b>68.999</b>	<b>71.123</b>	<b>73.246</b>	<b>75.369</b>	<b>77.492</b>	<b>79.615</b>	<b>81.738</b>	<b>83.861</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

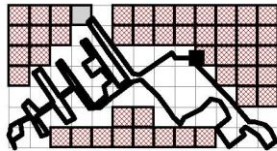
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

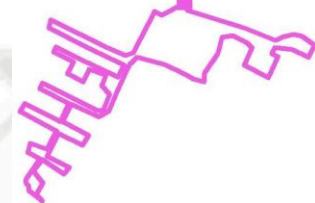
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



101.883	/	/	/	/	/	/	0.42	0.48	0.64	0.80
100.859	/	/	/	/	/	/	0.42	0.57	0.85	1.25
99.835	/	/	/	/	/	/	0.48	0.69	1.63	4.38
98.811	/	/	/	/	/	/	/	0.90	2.57	8.18
97.787	2.12	/	/	/	/	/	/	2.10	6.15	37
96.763	2.13	/	/	/	/	/	/	2.23	8.83	96
95.739	2.20	/	/	/	/	/	/	/	14	156
94.715	3.01	3.43	/	/	/	/	/	/	12	126
93.692	6.25	7.02	/	/	/	/	/	/	6.09	51
92.668	17	16	/	/	/	/	/	/	/	13
91.644	69	94	11	/	/	/	/	/	/	3.28
90.620	113	118	13	/	/	/	/	/	/	/
89.596	116	106	19	/	/	/	/	/	/	/
88.572	80	66	48	12	/	/	/	/	/	/
87.548	18	44	126	28	/	/	/	/	/	/
86.524	11	53	189	35	/	/	/	/	/	/
85.500	9.17	47	135	20	3.15	/	/	/	/	/
84.476	10	23	73	9.95	3.11	/	/	/	/	/
83.452	15	9.05	13	4.77	2.48	/	/	/	/	/
82.428	47	7.35	5.74	3.66	2.46	2.21	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>85.984</b>	<b>88.107</b>	<b>90.230</b>	<b>92.353</b>	<b>94.476</b>	<b>96.599</b>	<b>98.722</b>	<b>100.845</b>	<b>102.968</b>	<b>105.092</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

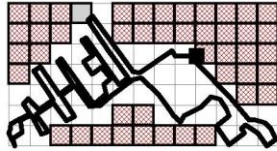
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

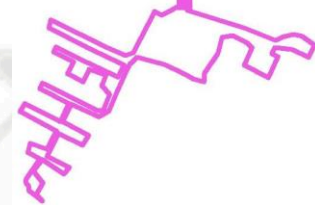
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



101.883	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100.859	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
99.835	4.07	/	/	/	/	/	/	/	/	/
98.811	6.74	/	/	/	/	/	/	/	/	/
97.787	19	/	/	/	/	/	/	/	/	/
96.763	83	6.45	/	/	/	/	/	/	/	/
95.739	92	6.41	/	/	/	/	/	/	/	/
94.715	68	5.42	/	/	/	/	/	/	/	/
93.692	23	3.07	1.38	/	/	/	/	/	/	/
92.668	7.98	2.33	1.37	/	/	/	/	/	/	/
91.644	2.79	1.43	1.40	/	/	/	/	/	/	/
90.620	2.07	1.31	1.52	1.60	/	/	/	/	/	/
89.596	1.41	1.47	1.84	3.60	/	/	/	/	/	/
88.572	1.27	1.60	2.67	6.86	/	/	/	/	/	/
87.548	/	1.74	6.34	32	24	/	/	/	/	/
86.524	/	1.88	9.01	90	79	/	/	/	/	/
85.500	/	3.20	15	154	94	6.73	/	/	/	/
84.476	/	/	14	133	71	6.39	/	/	/	/
83.452	/	/	7.03	63	26	4.50	/	/	/	/
82.428	/	/	4.90	15	9.51	4.57	4.34	/	/	/
<b>m</b>	<b>107.215</b>	<b>109.338</b>	<b>111.461</b>	<b>113.584</b>	<b>115.707</b>	<b>117.830</b>	<b>119.953</b>	<b>122.076</b>	<b>124.199</b>	<b>126.322</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

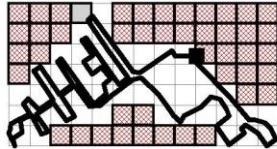
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

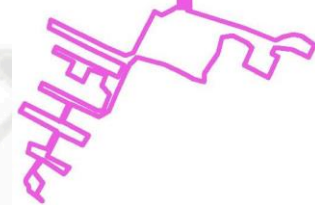
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



101.883	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100.859	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
99.835	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
98.811	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
97.787	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
96.763	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
95.739	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
94.715	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
93.692	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
92.668	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
91.644	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90.620	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
89.596	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
88.572	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
87.548	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
86.524	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
85.500	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
84.476	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
83.452	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
82.428	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21
m	128.445	130.568	132.691	134.814	136.937	139.060	141.184	143.307	145.430	147.553	

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

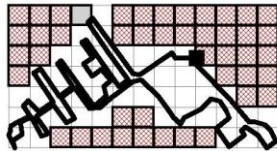
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

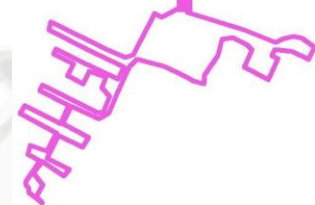
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



101.883	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100.859	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
99.835	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
98.811	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
97.787	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
96.763	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
95.739	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
94.715	/	/	/	/	/	/	/	0.45	0.31	/
93.692	/	/	/	/	/	/	/	1.09	0.58	/
92.668	/	/	/	/	/	/	2.17	1.23	0.62	/
91.644	/	/	/	/	/	9.92	3.94	1.50	0.72	/
90.620	/	/	/	/	15	35	6.33	1.79	0.79	0.71
89.596	/	/	/	/	41	120	19	2.18	0.91	1.11
88.572	/	/	/	4.96	66	178	23	2.29	0.94	1.14
87.548	/	/	2.37	4.55	64	129	16	2.09	0.92	1.17
86.524	/	/	2.59	4.11	18	70	11	1.86	0.90	1.19
85.500	/	8.68	3.04	2.54	7.48	13	3.49	1.65	0.75	0.95
84.476	60	29	4.00	2.34	3.74	4.71	2.23	1.51	0.68	0.90
83.452	122	82	5.40	2.07	1.39	1.47	1.34	1.10	0.57	0.81
82.428	163	78	5.56	1.96	1.13	1.14	1.17	0.99	0.57	0.75
<b>m</b>	<b>149.676</b>	<b>151.799</b>	<b>153.922</b>	<b>156.045</b>	<b>158.168</b>	<b>160.291</b>	<b>162.414</b>	<b>164.537</b>	<b>166.660</b>	<b>168.783</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

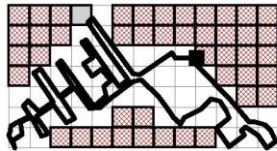
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

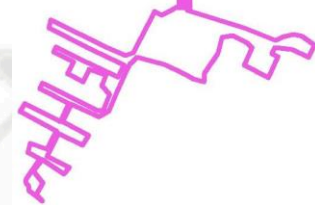
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



101.883	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
100.859	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
99.835	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
98.811	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
97.787	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
96.763	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
95.739	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
94.715	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
93.692	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
92.668	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
91.644	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
90.620	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
89.596	2.64	12	28	6.90	1.60	0.92	0.28	0.24	0.30	0.30
88.572	3.18	34	101	11	1.92	0.97	0.28	0.24	0.30	0.30
87.548	4.82	71	164	20	2.23	1.02	0.31	0.26	0.32	0.34
86.524	4.75	81	146	17	2.11	1.00	0.31	0.26	0.32	0.34
85.500	4.15	29	75	9.00	1.91	0.95	0.39	0.34	0.39	0.39
84.476	3.44	9.92	21	6.25	1.75	0.92	0.39	0.34	0.39	0.44
83.452	1.34	3.03	4.29	2.62	1.81	1.16	0.46	0.41	0.44	0.53
82.428	1.12	2.10	2.90	2.22	1.80	1.26	0.51	0.41	0.48	0.66
<b>m</b>	<b>170.906</b>	<b>173.029</b>	<b>175.153</b>	<b>177.276</b>	<b>179.399</b>	<b>181.522</b>	<b>183.645</b>	<b>185.768</b>	<b>187.891</b>	<b>190.014</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

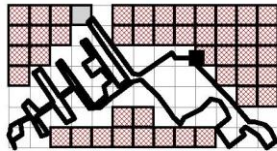
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

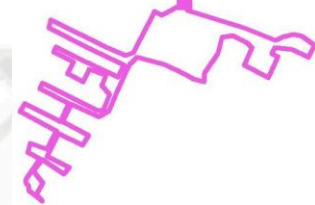
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



81.404	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
80.380	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
79.356	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
78.332	/	/	/	/	3.00	/	/	/	/	/	/
77.308	/	/	/	2.57	4.73	9.98	/	/	/	/	/
76.284	/	/	2.25	3.48	8.14	32	/	/	/	/	/
75.260	/	/	3.32	5.33	24	113	/	/	/	/	/
74.236	/	/	4.28	10	38	186	49	/	/	/	/
73.213	/	/	/	43	46	156	30	/	/	/	/
72.189	/	/	/	111	53	89	13	/	/	/	/
71.165	/	/	/	185	63	19	6.88	1.81	/	/	/
70.141	/	/	/	/	44	8.48	4.47	1.46	/	/	/
69.117	/	/	/	/	15	3.27	1.61	0.90	/	/	/
68.093	/	/	/	/	8.20	2.43	1.33	0.80	1.30	/	/
67.069	/	/	/	/	2.27	1.29	0.76	0.44	0.70	/	/
66.045	/	/	/	/	/	1.00	0.63	0.39	0.70	/	/
65.021	/	/	/	/	/	2.13	0.31	0.24	0.20	0.16	/
63.997	/	/	/	/	/	2.06	0.31	0.24	0.20	0.16	/
62.973	/	/	/	/	/	/	0.22	0.19	0.17	0.15	/
61.949	/	/	/	/	/	/	0.22	0.19	0.17	0.15	/
<b>m</b>	<b>22.292</b>	<b>24.415</b>	<b>26.538</b>	<b>28.661</b>	<b>30.784</b>	<b>32.907</b>	<b>35.031</b>	<b>37.154</b>	<b>39.277</b>	<b>41.400</b>	

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

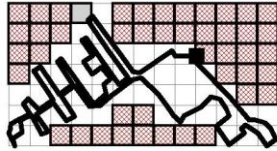
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

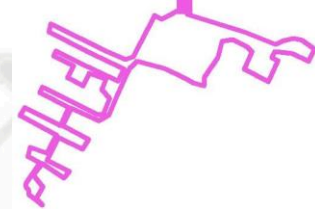
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



81.404	/	/	/	/	12	82	67	/	/	/
80.380	/	/	/	/	/	134	95	/	/	/
79.356	/	/	/	/	/	146	79	6.13	/	/
78.332	/	/	/	/	/	96	43	4.86	/	/
77.308	/	/	/	/	/	/	11	2.31	/	/
76.284	/	/	/	/	/	/	5.52	1.76	1.18	/
75.260	/	/	/	/	/	/	1.71	1.12	1.04	/
74.236	/	/	/	/	/	/	/	0.97	1.05	1.76
73.213	/	/	/	/	/	/	/	0.95	0.96	1.74
72.189	/	/	/	/	/	/	/	0.88	1.13	2.40
71.165	/	/	/	/	/	/	/	/	1.45	4.71
70.141	/	/	/	/	/	/	/	/	1.45	6.57
69.117	/	/	/	/	/	/	/	/	2.97	11
68.093	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11
67.069	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6.68
66.045	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4.88
65.021	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
63.997	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
62.973	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
61.949	0.12	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>43.523</b>	<b>45.646</b>	<b>47.769</b>	<b>49.892</b>	<b>52.015</b>	<b>54.138</b>	<b>56.261</b>	<b>58.384</b>	<b>60.507</b>	<b>62.630</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

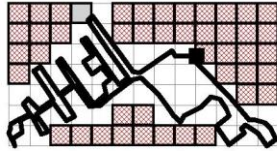
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

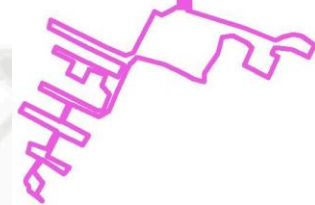
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



81.404	/	/	/	/	/	/	/	5.11	30	185
80.380	/	/	/	/	/	/	/	4.19	24	131
79.356	/	/	/	/	/	/	/	3.60	9.37	51
78.332	/	/	/	/	/	/	/	5.57	14	
77.308	/	/	/	/	/	/	/	2.18	3.05	
76.284	/	/	/	/	/	/	/	1.63	2.16	
75.260	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.38
74.236	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.20
73.213	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2.04
72.189	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
71.165	23	/	/	/	/	/	/	/	/	/
70.141	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/
69.117	127	/	/	/	/	/	/	/	/	/
68.093	125	89	/	/	/	/	/	/	/	/
67.069	82	42	/	/	/	/	/	/	/	/
66.045	13	11	/	/	/	/	/	/	/	/
65.021	4.86	4.67	2.47	/	/	/	/	/	/	/
63.997	2.98	2.99	2.29	/	/	/	/	/	/	/
62.973	1.64	1.84	2.44	/	/	/	/	/	/	/
61.949	/	1.78	3.03	4.16	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>64.753</b>	<b>66.876</b>	<b>68.999</b>	<b>71.123</b>	<b>73.246</b>	<b>75.369</b>	<b>77.492</b>	<b>79.615</b>	<b>81.738</b>	<b>83.861</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

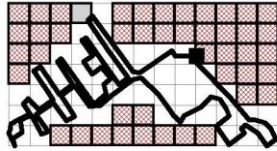
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

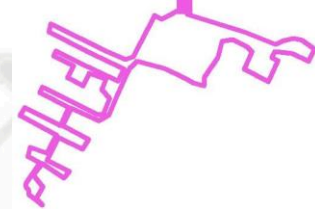
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>81.404</b>	61	5.11	2.16	2.21	2.55	3.89	/	/	/	/
<b>80.380</b>	40	4.68	1.88	2.23	3.50	7.19	/	/	/	/
<b>79.356</b>	14	2.47	1.64	2.15	8.33	37	17	/	/	/
<b>78.332</b>	7.18	1.90	1.52	2.42	/	100	62	/	/	/
<b>77.308</b>	1.91	1.29	0.90	/	/	174	80	6.51	/	/
<b>76.284</b>	1.35	1.12	/	/	/	143	59	6.12	/	/
<b>75.260</b>	1.06	0.98	/	/	/	/	20	2.86	/	/
<b>74.236</b>	0.94	/	/	/	/	/	8.16	2.23	3.80	/
<b>73.213</b>	/	/	/	/	/	/	/	1.45	0.93	/
<b>72.189</b>	/	/	/	/	/	/	/	1.24	0.96	/
<b>71.165</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	1.12	1.02
<b>70.141</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	1.56	1.45
<b>69.117</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	3.33	4.83
<b>68.093</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9.54
<b>67.069</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	46
<b>66.045</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	67	114
<b>65.021</b>	/	/	/	/	/	/	/	15	94	145
<b>63.997</b>	/	/	/	/	/	/	/	21	99	119
<b>62.973</b>	/	/	/	/	/	/	88	64	44	66
<b>61.949</b>	/	/	/	/	/	/	151	97	20	29
<b>m</b>	<b>85.984</b>	<b>88.107</b>	<b>90.230</b>	<b>92.353</b>	<b>94.476</b>	<b>96.599</b>	<b>98.722</b>	<b>100.845</b>	<b>102.968</b>	<b>105.092</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

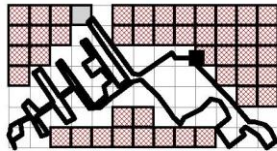
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

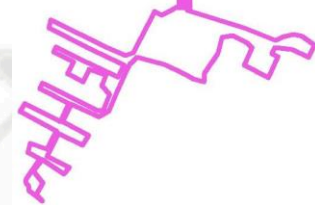
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



81.404	/	/	/	4.34	5.22	6.95	6.39	/	/	/
80.380	/	/	/	3.50	5.34	17	14	/	/	/
79.356	/	/	/	2.76	8.34	73	78	7.11	/	/
78.332	/	/	/	/	11	120	105	8.27	/	/
77.308	/	/	/	/	11	126	92	7.06	1.97	/
76.284	/	/	/	/	8.14	93	52	5.44	1.95	/
75.260	/	/	/	/	/	15	14	2.79	2.11	/
74.236	/	/	/	/	/	6.43	5.68	2.30	2.59	3.14
73.213	/	/	/	/	/	2.44	2.01	1.93	4.84	8.87
72.189	/	/	/	/	/	/	1.65	2.13	6.81	32
71.165	/	/	/	/	/	/	1.39	2.66	17	110
70.141	/	/	/	/	/	/	1.31	2.71	25	181
69.117	/	/	/	/	/	/	/	2.24	28	143
68.093	3.83	/	/	/	/	/	/	1.89	13	87
67.069	8.39	/	/	1961	/	/	0.79	1.23	4.10	15
66.045	12	/	/	/	/	/	0.71	0.96	2.57	/
65.021	16	2.85	/	/	/	0.33	0.47	0.68	/	/
63.997	14	3.36	/	/	0.36	0.33	0.44	0.56	/	/
62.973	20	7.25	/	/	0.38	0.31	0.38	/	/	/
61.949	55	12	1.54	0.90	0.38	0.31	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>107.215</b>	<b>109.338</b>	<b>111.461</b>	<b>113.584</b>	<b>115.707</b>	<b>117.830</b>	<b>119.953</b>	<b>122.076</b>	<b>124.199</b>	<b>126.322</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

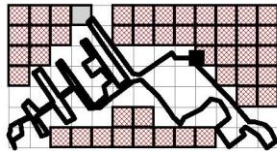
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

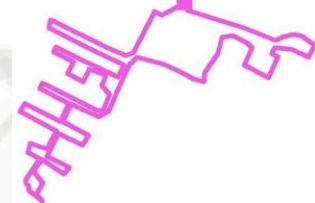
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>81.404</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	14	17
<b>80.380</b>	/	/	/	/	/	/	/	36	44	13
<b>79.356</b>	/	/	/	/	/	/	/	80	114	13
<b>78.332</b>	/	/	/	/	/	/	9.31	110	130	13
<b>77.308</b>	/	/	/	/	/	2.20	7.06	95	83	9.91
<b>76.284</b>	/	/	/	/	/	2.32	4.95	31	33	8.60
<b>75.260</b>	/	/	/	/	3.41	2.67	2.55	8.26	9.46	7.38
<b>74.236</b>	3.30	/	/	4.20	5.20	3.96	2.35	4.21	4.82	9.02
<b>73.213</b>	5.57	2.02	2.38	9.21	24	10.00	3.37	2.73	2.95	14
<b>72.189</b>	12	2.54	2.90	17	88	23	3.87	2.58	2.69	14
<b>71.165</b>	40	4.44	3.76	39	162	58	4.29	2.19	1.98	8.19
<b>70.141</b>	61	4.70	3.88	46	170	49	4.04	2.09	1.73	5.80
<b>69.117</b>	38	4.23	3.08	22	99	27	2.99	1.38	1.42	2.53
<b>68.093</b>	17	3.82	/	/	29	11	2.41	1.32	1.42	2.65
<b>67.069</b>	/	/	/	4.62	3.16	1.81	1.20	1.55	4.33	
<b>66.045</b>	/	/	/	/	/	2.04	1.66	1.14	1.66	6.03
<b>65.021</b>	/	/	/	/	/	1.70	0.95	0.87	1.81	12
<b>63.997</b>	/	/	/	/	/	/	0.84	0.88	1.92	16
<b>62.973</b>	/	/	/	/	/	/	0.72	0.81	1.87	16
<b>61.949</b>	/	/	/	/	/	/	/	0.80	1.81	11
<b>m</b>	<b>128.445</b>	<b>130.568</b>	<b>132.691</b>	<b>134.814</b>	<b>136.937</b>	<b>139.060</b>	<b>141.184</b>	<b>143.307</b>	<b>145.430</b>	<b>147.553</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

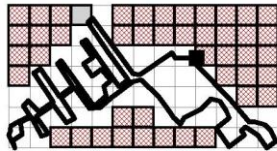
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

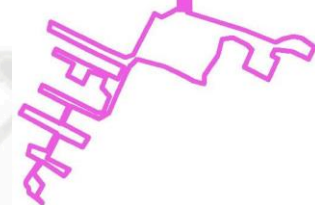
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>81.404</b>	114	53	4.18	1.67	0.75	0.65	0.65	0.51	0.53	0.60
<b>80.380</b>	43	18	3.36	1.55	0.65	0.55	0.56	0.51	0.53	0.57
<b>79.356</b>	11	6.44	2.58	1.47	0.56	0.47	0.47	0.45	0.51	0.57
<b>78.332</b>	5.80	4.59	2.34	1.39	0.56	0.47	0.47	0.45	0.51	0.57
<b>77.308</b>	6.27	4.68	2.41	1.34	0.52	0.43	0.47	0.47	0.59	0.70
<b>76.284</b>	8.57	6.17	2.76	1.40	0.52	0.43	0.47	0.47	0.59	0.70
<b>75.260</b>	27	15	3.66	1.51	0.59	0.44	0.50	0.52	0.67	0.85
<b>74.236</b>	81	81	4.59	1.59	0.61	0.44	0.50	0.52	0.71	0.94
<b>73.213</b>	136	99	7.73	1.61	0.67	0.52	0.59	0.63	1.00	1.69
<b>72.189</b>	128	80	7.38	1.57	0.67	0.58	0.59	0.66	1.10	2.33
<b>71.165</b>	79	40	4.05	1.46	0.96	0.90	0.89	0.95	1.84	5.35
<b>70.141</b>	18	11	3.10	1.53	1.06	1.10	1.06	1.11	2.06	7.46
<b>69.117</b>	5.85	4.00	2.48	1.89	1.46	2.44	2.50	2.11	2.86	12
<b>68.093</b>	5.64	3.75	2.43	1.94	2.11	4.01	3.93	2.49	3.25	17
<b>67.069</b>	11	7.19	2.82	2.24	5.92	18	10	3.78	5.90	27
<b>66.045</b>	32	16	3.55	2.43	8.35	69	37	4.55	6.16	37
<b>65.021</b>	87	52	6.06	2.78	13	115	84	7.38	5.95	56
<b>63.997</b>	151	83	6.64	2.92	17	160	83	7.62	6.03	66
<b>62.973</b>	142	71	4.62	2.62	12	114	56	4.53	3.99	27
<b>61.949</b>	95	34	4.31	2.33	7.76	44	19	4.07	3.37	9.74
<b>m</b>	<b>149.676</b>	<b>151.799</b>	<b>153.922</b>	<b>156.045</b>	<b>158.168</b>	<b>160.291</b>	<b>162.414</b>	<b>164.537</b>	<b>166.660</b>	<b>168.783</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

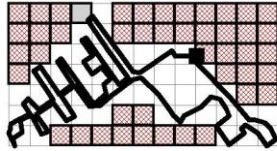
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

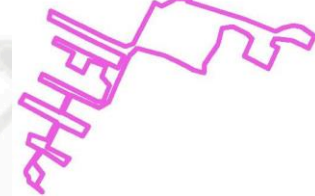
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>81.404</b>	1.13	1.69	2.34	3.47	2.79	1.49	1.14	0.81	0.82	1.61
<b>80.380</b>	1.07	1.60	2.62	5.36	4.22	1.98	1.25	0.84	0.91	2.27
<b>79.356</b>	0.93	1.61	5.76	17	13	4.71	1.58	1.02	1.17	4.58
<b>78.332</b>	0.94	1.63	7.59	73	77	5.92	1.81	1.15	1.21	6.00
<b>77.308</b>	1.23	2.12	11	124	105	9.67	2.65	1.58	1.47	8.03
<b>76.284</b>	1.23	2.10	12	127	92	10	3.52	1.84	1.54	7.54
<b>75.260</b>	1.68	2.38	8.51	89	48	15	8.71	3.05	1.47	4.28
<b>74.236</b>	1.88	2.50	6.41	22	21	34	19	4.00	1.54	3.48
<b>73.213</b>	3.13	4.20	5.42	7.94	16	97	85	6.62	2.10	1.68
<b>72.189</b>	4.58	6.09	6.68	8.03	18	151	93	7.07	2.05	1.46
<b>71.165</b>	14	15	16	11	19	126	66	5.76	1.95	1.20
<b>70.141</b>	45	35	54	20	19	68	30	5.05	2.00	1.09
<b>69.117</b>	113	120	138	59	50	18	9.14	3.40	1.26	0.86
<b>68.093</b>	169	152	198	109	111	14	5.81	2.86	1.11	0.86
<b>67.069</b>	159	118	146	134	129	13	3.39	1.56	1.05	0.84
<b>66.045</b>	165	59	72	110	91	11	3.12	1.44	0.99	0.84
<b>65.021</b>	184	42	25	48	44	6.58	2.67	1.76	1.31	1.12
<b>63.997</b>	169	33	13	16	15	5.64	2.70	1.86	1.47	1.17
<b>62.973</b>	90	14	5.47	5.43	5.88	3.69	5.21	4.33	1.79	1.34
<b>61.949</b>	26	9.03	3.94	3.75	4.86	4.06	10	6.40	2.15	1.55
<b>m</b>	<b>170.906</b>	<b>173.029</b>	<b>175.153</b>	<b>177.276</b>	<b>179.399</b>	<b>181.522</b>	<b>183.645</b>	<b>185.768</b>	<b>187.891</b>	<b>190.014</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

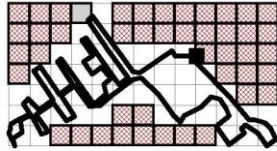
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

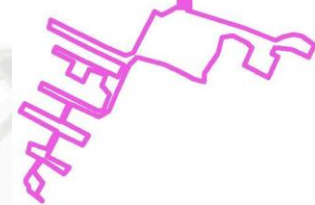
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>81.404</b>	4.99	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>80.380</b>	9.11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>79.356</b>	35	47	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>78.332</b>	80	109	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>77.308</b>	114	126	9.67	/	/	/	/	/	/	/
<b>76.284</b>	100	87	7.98	/	/	/	/	/	/	/
<b>75.260</b>	28	27	3.88	1.27	/	/	/	/	/	/
<b>74.236</b>	6.59	9.95	2.60	1.23	/	/	/	/	/	/
<b>73.213</b>	2.39	2.48	1.20	0.73	0.40	/	/	/	/	/
<b>72.189</b>	1.67	1.66	0.99	0.61	0.40	/	/	/	/	/
<b>71.165</b>	1.06	1.08	0.67	0.52	0.35	0.32	/	/	/	/
<b>70.141</b>	0.91	0.91	0.56	0.47	0.35	0.32	/	/	/	/
<b>69.117</b>	0.43	0.40	0.40	0.37	0.36	0.37	0.61	/	/	/
<b>68.093</b>	0.43	0.40	0.40	0.37	0.36	0.37	0.61	/	/	/
<b>67.069</b>	0.41	0.37	0.37	0.38	0.38	0.39	0.70	0.73	/	/
<b>66.045</b>	0.41	0.37	0.37	0.38	0.38	0.44	0.80	0.90	/	/
<b>65.021</b>	0.49	0.45	0.38	0.38	0.62	0.89	1.14	1.51	/	/
<b>63.997</b>	0.55	0.50	0.38	0.38	0.65	1.00	1.48	2.36	2.26	/
<b>62.973</b>	0.95	0.87	0.49	0.47	0.74	1.33	4.55	11	6.46	/
<b>61.949</b>	1.13	1.04	0.61	0.52	0.76	1.61	7.21	36	12	2.61
<b>m</b>	<b>192.137</b>	<b>194.260</b>	<b>196.383</b>	<b>198.506</b>	<b>200.629</b>	<b>202.752</b>	<b>204.875</b>	<b>206.998</b>	<b>209.122</b>	<b>211.245</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

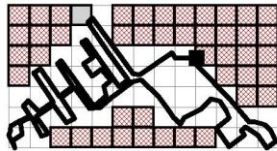
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

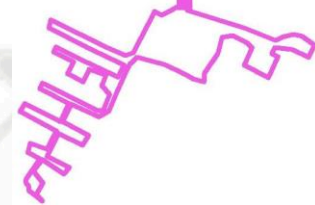
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



60.925	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
59.901	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
58.877	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
57.853	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
56.829	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
55.805	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
54.781	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
53.757	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
52.733	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
51.710	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50.686	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
49.662	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
48.638	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
47.614	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
46.590	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3.93	
45.566	/	/	/	/	/	/	/	/	12	4.91	
44.542	/	/	/	/	/	/	/	/	58	9.52	
43.518	/	/	/	/	/	/	/	/	127	20	
42.494	/	/	/	/	/	/	/	58	185	28	
41.470	/	/	/	/	/	/	/	48	127	20	
<b>m</b>	<b>1.062</b>	<b>3.185</b>	<b>5.308</b>	<b>7.431</b>	<b>9.554</b>	<b>11.677</b>	<b>13.800</b>	<b>15.923</b>	<b>18.046</b>	<b>20.169</b>	

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

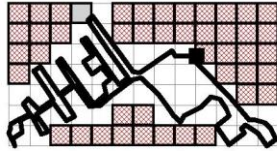
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

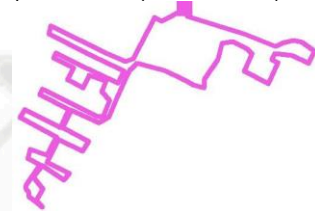
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



60.925	/	/	/	/	/	/	0.14	0.14	0.13	0.13
59.901	/	/	/	/	/	/	/	0.14	0.13	0.13
58.877	/	/	/	/	/	/	/	0.14	0.13	0.13
57.853	/	/	/	/	/	/	/	0.14	0.13	0.13
56.829	/	/	/	/	/	/	/	/	0.14	0.14
55.805	/	/	/	/	/	/	/	/	0.14	0.14
54.781	/	/	/	/	/	/	/	/	0.14	0.14
53.757	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.14
52.733	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.18
51.710	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.18
50.686	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
49.662	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
48.638	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
47.614	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
46.590	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
45.566	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
44.542	2.00	/	/	/	/	/	/	/	/	/
43.518	2.36	/	/	/	/	/	/	/	/	0.80
42.494	2.46	0.96	/	/	/	/	/	/	/	0.87
41.470	2.33	0.95	/	/	/	/	/	/	0.63	0.83
<b>m</b>	<b>22.292</b>	<b>24.415</b>	<b>26.538</b>	<b>28.661</b>	<b>30.784</b>	<b>32.907</b>	<b>35.031</b>	<b>37.154</b>	<b>39.277</b>	<b>41.400</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

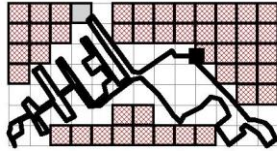
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

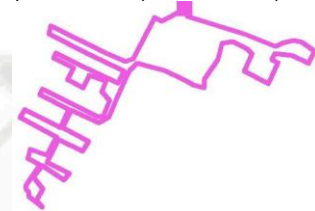
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>60.925</b>	0.13	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>59.901</b>	0.13	/	/	/	/	/	/	/	/	0.37
<b>58.877</b>	0.13	0.13	/	/	/	/	/	/	/	0.38
<b>57.853</b>	0.13	0.13	/	/	/	/	/	0.24	0.37	
<b>56.829</b>	0.25	0.26	/	/	/	/	/	0.34	0.47	/
<b>55.805</b>	0.25	0.26	0.31	/	/	/	/	0.34	/	/
<b>54.781</b>	0.27	0.31	0.36	/	/	/	0.48	0.44	/	/
<b>53.757</b>	0.27	0.31	0.36	/	/	0.76	0.64	/	/	/
<b>52.733</b>	0.40	0.49	0.65	0.83	/	1.34	/	/	/	/
<b>51.710</b>	0.40	0.49	0.77	1.11	2.02	2.58	/	/	/	/
<b>50.686</b>	0.49	0.67	0.99	1.53	5.86	/	/	/	/	/
<b>49.662</b>	0.57	0.83	1.28	2.07	9.30	/	/	/	/	/
<b>48.638</b>	1.23	1.64	3.43	5.13	23	143	/	/	/	/
<b>47.614</b>	/	2.13	5.32	6.38	28	175	/	/	/	/
<b>46.590</b>	/	4.01	20	13	22	114	/	/	/	/
<b>45.566</b>	/	6.03	67	50	15	42	33	/	/	/
<b>44.542</b>	1.56	12	133	99	12	18	74	/	/	/
<b>43.518</b>	1.64	14	150	92	12	16	123	/	/	/
<b>42.494</b>	1.50	/	99	58	17	16	133	100	/	/
<b>41.470</b>	/	/	29	49	33	14	100	58	/	/
<b>m</b>	<b>43.523</b>	<b>45.646</b>	<b>47.769</b>	<b>49.892</b>	<b>52.015</b>	<b>54.138</b>	<b>56.261</b>	<b>58.384</b>	<b>60.507</b>	<b>62.630</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

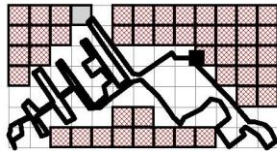
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

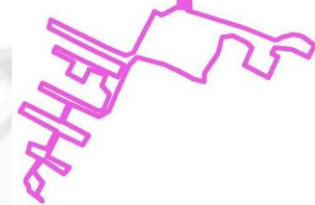
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>60.925</b>	1.15	1.91	6.69	14	/	/	/	/	/	/
<b>59.901</b>	1.21	/	22	45	/	/	/	/	/	/
<b>58.877</b>	/	/	55	122	16	/	/	/	/	/
<b>57.853</b>	/	/	82	164	19	/	/	/	/	/
<b>56.829</b>	/	/	/	113	12	/	/	/	/	/
<b>55.805</b>	/	/	/	53	8.27	1.82	/	/	/	/
<b>54.781</b>	/	/	/	9.93	3.21	1.28	/	/	/	/
<b>53.757</b>	/	/	/	/	2.20	1.13	/	/	/	/
<b>52.733</b>	/	/	/	/	1.04	0.88	1.02	/	/	/
<b>51.710</b>	/	/	/	/	0.88	0.88	1.17	/	/	/
<b>50.686</b>	/	/	/	/	/	0.92	1.47	5.41	/	/
<b>49.662</b>	/	/	/	/	/	1.06	1.86	8.40	/	/
<b>48.638</b>	/	/	/	/	/	4.23	3.12	20	/	/
<b>47.614</b>	/	/	/	/	/	/	4.10	49	113	/
<b>46.590</b>	/	/	/	/	/	/	7.78	85	154	/
<b>45.566</b>	/	/	/	/	/	/	/	91	122	/
<b>44.542</b>	/	/	/	/	/	/	/	33	61	7.13
<b>43.518</b>	/	/	/	/	/	/	/	11	16	5.54
<b>42.494</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	3.66	1.78
<b>41.470</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	2.23	1.19
<b>m</b>	<b>64.753</b>	<b>66.876</b>	<b>68.999</b>	<b>71.123</b>	<b>73.246</b>	<b>75.369</b>	<b>77.492</b>	<b>79.615</b>	<b>81.738</b>	<b>83.861</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

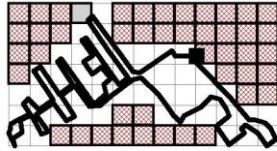
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

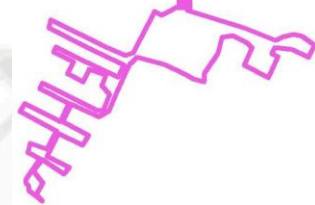
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



60.925	/	/	/	/	/	/	140	79	16	42
59.901	/	/	/	/	/	/	97	46	21	60
58.877	/	/	/	/	/	/	18	29	72	54
57.853	/	/	/	/	/	/	10	40	135	40
56.829	/	/	/	/	/	/	5.67	60	186	32
55.805	/	/	/	/	/	/	5.01	46	123	22
54.781	/	/	/	/	/	/	6.78	16	47	9.26
53.757	/	/	/	/	/	/	/	9.89	13	6.04
52.733	/	/	/	/	/	/	/	8.99	4.68	2.69
51.710	/	/	/	/	/	/	115	14	3.65	1.97
50.686	/	/	/	/	/	/	164	19	3.04	/
49.662	/	/	/	/	/	77	118	14	2.64	/
48.638	/	/	/	/	/	21	53	6.96	/	/
47.614	/	/	/	/	1.90	7.58	15	4.48	/	/
46.590	/	/	/	0.57	1.10	2.71	4.17	/	/	/
45.566	/	/	/	0.50	0.82	1.63	/	/	/	/
44.542	/	/	0.31	0.30	0.61	0.71	/	/	/	/
43.518	0.77	/	0.31	0.30	0.52	/	/	/	/	/
42.494	0.66	0.47	0.26	0.24	0.44	/	/	/	/	/
41.470	0.55	0.44	0.26	0.24	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>85.984</b>	<b>88.107</b>	<b>90.230</b>	<b>92.353</b>	<b>94.476</b>	<b>96.599</b>	<b>98.722</b>	<b>100.845</b>	<b>102.968</b>	<b>105.092</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

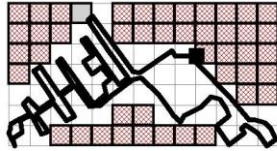
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

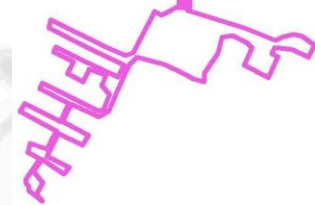
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



60.925	132	26	2.76	1.15	0.39	0.35	/	/	/	/
59.901	188	31	2.88	1.14	0.39	/	/	/	/	/
58.877	127	18	2.52	1.12	/	/	/	/	/	/
57.853	64	9.20	2.32	1.10	/	/	/	/	/	/
56.829	14	4.41	2.30	/	/	/	/	/	/	/
55.805	7.29	3.07	2.17	/	/	/	/	/	/	/
54.781	3.09	1.69	/	/	/	/	/	/	/	/
53.757	2.19	/	/	/	/	/	/	/	/	/
52.733	1.67	/	/	/	/	/	/	/	/	/
51.710	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50.686	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
49.662	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
48.638	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
47.614	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
46.590	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
45.566	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
44.542	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
43.518	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
42.494	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
41.470	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>107.215</b>	<b>109.338</b>	<b>111.461</b>	<b>113.584</b>	<b>115.707</b>	<b>117.830</b>	<b>119.953</b>	<b>122.076</b>	<b>124.199</b>	<b>126.322</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

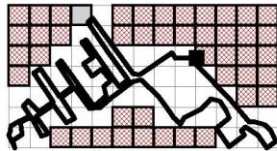
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

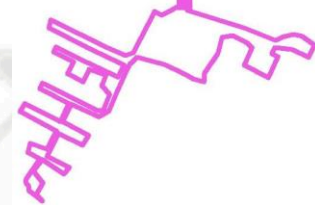
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



60.925	/	/	/	/	/	/	/	0.77	1.22	3.87
59.901	/	/	/	/	/	/	/	/	1.08	2.45
58.877	/	/	/	/	/	/	/	/	0.95	1.25
57.853	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.02
56.829	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.61
55.805	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
54.781	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
53.757	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
52.733	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
51.710	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
50.686	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
49.662	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
48.638	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
47.614	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
46.590	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
45.566	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
44.542	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
43.518	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
42.494	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
41.470	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>128.445</b>	<b>130.568</b>	<b>132.691</b>	<b>134.814</b>	<b>136.937</b>	<b>139.060</b>	<b>141.184</b>	<b>143.307</b>	<b>145.430</b>	<b>147.553</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

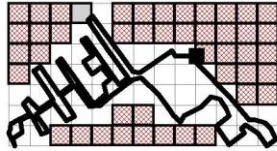
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

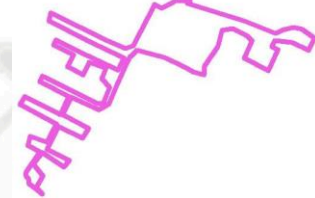
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>60.925</b>	16	8.71	2.49	1.64	2.99	8.74	5.21	2.70	2.30	4.03
<b>59.901</b>	5.50	4.74	1.79	1.39	2.05	3.96	3.15	2.12	2.01	2.71
<b>58.877</b>	1.76	1.67	1.28	1.11	1.12	1.52	1.73	1.38	1.38	1.58
<b>57.853</b>	1.04	1.07	1.10	1.00	0.95	1.10	1.32	1.24	1.26	1.41
<b>56.829</b>	0.72	0.78	0.61	0.54	0.60	0.62	0.67	0.61	1.02	1.24
<b>55.805</b>	0.63	0.67	0.55	0.60	0.61	0.55	0.59	0.61	1.02	1.26
<b>54.781</b>	0.58	0.63	0.63	0.73	0.92	0.88	0.62	0.61	1.00	1.29
<b>53.757</b>	/	0.63	0.70	0.89	1.15	1.07	0.71	0.61	1.04	1.40
<b>52.733</b>	/	1.00	1.01	1.71	2.32	1.60	1.40	0.99	1.05	2.03
<b>51.710</b>	/	/	1.20	2.48	3.69	2.34	1.47	1.06	1.13	2.38
<b>50.686</b>	/	/	2.45	7.50	21	7.46	1.86	1.13	1.33	4.39
<b>49.662</b>	/	/	/	17	86	13	2.25	1.20	1.37	5.16
<b>48.638</b>	/	/	/	45	156	28	2.81	1.37	1.33	6.68
<b>47.614</b>	/	/	/	59	181	29	2.83	1.36	1.33	6.75
<b>46.590</b>	/	/	/	102	14	2.50	1.38	1.24	5.01	
<b>45.566</b>	/	/	/	/	34	8.45	2.20	1.32	1.17	3.87
<b>44.542</b>	/	/	/	/	6.43	3.50	1.57	1.18	1.35	2.25
<b>43.518</b>	/	/	/	/	/	2.24	1.34	1.20	1.40	1.96
<b>42.494</b>	/	/	/	/	/	1.89	1.32	1.43	1.70	1.97
<b>41.470</b>	/	/	/	/	/	1.69	1.31	1.63	1.99	2.11
<b>m</b>	<b>149.676</b>	<b>151.799</b>	<b>153.922</b>	<b>156.045</b>	<b>158.168</b>	<b>160.291</b>	<b>162.414</b>	<b>164.537</b>	<b>166.660</b>	<b>168.783</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

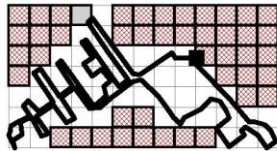
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

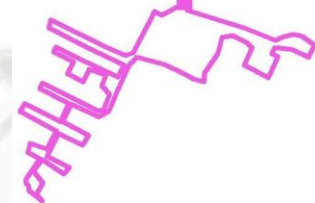
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>60.925</b>	5.74	4.22	3.33	3.36	3.32	8.89	44	21	3.56	2.21
<b>59.901</b>	3.76	3.10	2.99	3.32	3.56	14	110	61	4.41	2.62
<b>58.877</b>	2.35	2.70	3.00	3.56	6.16	27	179	77	7.75	5.04
<b>57.853</b>	2.20	2.73	3.42	4.33	6.99	30	161	58	8.33	6.24
<b>56.829</b>	1.62	3.87	8.14	9.24	11	35	176	40	7.27	10
<b>55.805</b>	1.75	4.79	18	19	17	55	189	41	7.07	11
<b>54.781</b>	2.55	8.33	68	89	55	75	190	35	6.07	9.16
<b>53.757</b>	2.80	11	114	134	126	101	169	25	5.71	6.56
<b>52.733</b>	4.83	13	125	134	<u>199</u>	157	154	19	4.31	3.48
<b>51.710</b>	6.93	15	91	83	159	156	144	17	3.74	2.61
<b>50.686</b>	15	33	24	29	85	105	81	9.16	2.72	1.94
<b>49.662</b>	52	103	17	14	22	32	29	6.75	2.44	1.73
<b>48.638</b>	91	151	18	7.67	8.57	10	8.35	3.25	1.60	1.08
<b>47.614</b>	97	126	16	6.71	6.50	5.67	5.37	2.36	1.36	1.08
<b>46.590</b>	43	62	18	8.99	3.67	2.48	2.14	1.49	1.09	0.95
<b>45.566</b>	10	21	34	26	4.15	2.15	1.72	1.32	1.02	0.98
<b>44.542</b>	5.57	14	94	90	7.74	1.87	1.47	1.25	1.00	1.14
<b>43.518</b>	4.40	15	144	98	8.22	1.83	1.40	1.31	1.09	1.23
<b>42.494</b>	2.45	12	119	74	6.33	1.71	1.37	1.38	1.69	1.83
<b>41.470</b>	2.21	8.40	62	30	5.82	1.81	1.42	1.55	1.91	2.03
<b>m</b>	<b>170.906</b>	<b>173.029</b>	<b>175.153</b>	<b>177.276</b>	<b>179.399</b>	<b>181.522</b>	<b>183.645</b>	<b>185.768</b>	<b>187.891</b>	<b>190.014</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

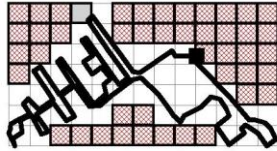
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

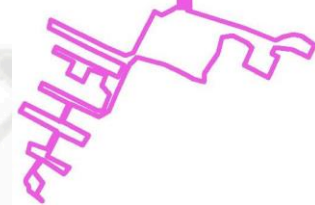
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>60.925</b>	2.16	1.92	1.64	1.10	1.20	2.31	16	110	48	3.60
<b>59.901</b>	3.07	2.92	1.82	1.22	1.21	2.42	23	175	68	3.76
<b>58.877</b>	10	8.95	2.65	1.43	1.35	2.43	18	135	48	3.62
<b>57.853</b>	41	41	3.81	1.50	1.42	2.34	9.65	78	22	3.05
<b>56.829</b>	93	105	8.92	1.56	1.43	1.95	4.40	13	5.21	2.23
<b>55.805</b>	126	112	9.21	1.64	1.53	2.09	3.31	5.31	3.25	1.75
<b>54.781</b>	101	77	6.29	1.69	2.13	4.45	4.60	2.89	1.96	1.21
<b>53.757</b>	34	23	5.44	1.81	2.68	10	9.14	3.02	1.66	1.11
<b>52.733</b>	7.88	7.31	2.71	2.04	4.99	37	40	6.22	1.40	0.80
<b>51.710</b>	4.01	4.37	2.01	1.91	6.94	86	102	8.32	1.45	0.82
<b>50.686</b>	1.64	1.66	1.58	1.94	9.12	121	119	9.21	1.42	0.75
<b>49.662</b>	1.23	1.30	1.49	1.92	8.62	101	84	7.50	1.36	0.74
<b>48.638</b>	1.12	1.24	1.75	2.18	4.44	29	/	/	1.91	1.35
<b>47.614</b>	1.11	1.29	1.91	2.23	3.33	11	/	/	/	/
<b>46.590</b>	1.28	1.73	3.13	3.17	2.41	3.62	/	/	/	/
<b>45.566</b>	1.39	2.19	5.54	4.85	2.40	/	/	/	/	/
<b>44.542</b>	1.45	5.88	24	14	6.81	/	/	/	/	/
<b>43.518</b>	1.52	8.27	75	76	/	/	/	/	/	/
<b>42.494</b>	2.00	12	130	106	/	/	/	/	/	/
<b>41.470</b>	2.17	13	130	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>192.137</b>	<b>194.260</b>	<b>196.383</b>	<b>198.506</b>	<b>200.629</b>	<b>202.752</b>	<b>204.875</b>	<b>206.998</b>	<b>209.122</b>	<b>211.245</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

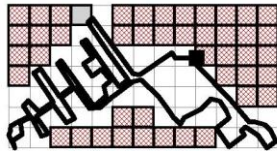
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

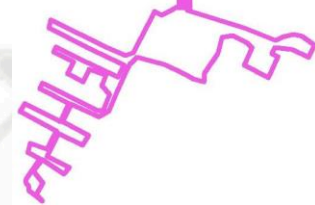
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>60.925</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>59.901</b>	1.28	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>58.877</b>	1.23	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>57.853</b>	1.19	0.85	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>56.829</b>	0.60	0.31	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>55.805</b>	0.50	0.31	0.20	/	/	/	/	/	/	/
<b>54.781</b>	0.43	0.28	0.20	/	/	/	/	/	/	/
<b>53.757</b>	0.38	0.28	0.20	0.20	/	/	/	/	/	/
<b>52.733</b>	0.31	0.25	0.21	0.22	/	/	/	/	/	/
<b>51.710</b>	0.31	0.25	0.21	0.22	0.27	/	/	/	/	/
<b>50.686</b>	0.29	0.26	0.25	0.27	0.32	/	/	/	/	/
<b>49.662</b>	0.29	0.26	0.25	0.27	0.32	0.32	/	/	/	/
<b>48.638</b>	0.36	0.36	0.34	0.43	0.79	0.76	/	/	/	/
<b>47.614</b>	0.36	0.36	0.38	0.53	0.95	0.90	/	/	/	/
<b>46.590</b>	/	0.42	0.64	0.98	1.55	1.16	0.74	/	/	/
<b>45.566</b>	/	0.42	0.74	1.28	2.36	1.76	0.86	/	/	/
<b>44.542</b>	/	/	1.14	4.30	11	6.29	1.85	1.27	/	/
<b>43.518</b>	/	/	1.29	6.52	33	15	2.52	1.40	/	/
<b>42.494</b>	/	/	2.07	14	103	61	4.31	1.37	1.06	/
<b>41.470</b>	/	/	/	19	164	78	4.73	1.41	1.06	/
<b>m</b>	<b>213.368</b>	<b>215.491</b>	<b>217.614</b>	<b>219.737</b>	<b>221.860</b>	<b>223.983</b>	<b>226.106</b>	<b>228.229</b>	<b>230.352</b>	<b>232.475</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

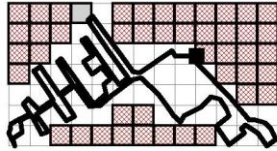
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

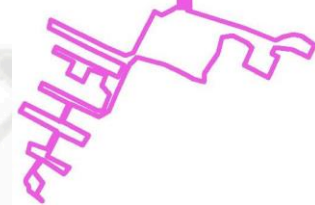
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	/	/	/	/	/	/	/	17	54	8.66
39.422	/	/	/	/	/	/	/		14	5.58
38.398	/	/	/	/	/	/	/		3.45	1.80
37.374	/	/	/	/	/	/	/		2.08	1.10
36.350	/	/	/	/	/	/	/			0.69
35.326	/	/	/	/	/	/	/			0.58
34.302	/	/	/	/	/	/	/			0.56
33.278	/	/	/	/	/	/	/			/
32.254	/	/	/	/	/	/	/			/
31.231	/	/	/	/	/	/	/			0.48
30.207	/	/	/	/	/	/	/		0.37	0.57
29.183	/	/	/	/	/	/	/	0.40	0.37	/
28.159	/	/	/	/	/	/	0.41	0.41	/	/
27.135	/	/	/	/	/	0.47	0.41	/	/	/
26.111	/	/	/	/	0.66	0.44	/	/	/	/
25.087	/	/	/	/	0.90	0.63	/	/	/	/
24.063	/	/	/	5.44	2.20	1.22	/	/	/	/
23.039	/	/	8.02	11	3.17	1.39	/	/	/	/
22.015	/	5.46	23	72	9.18	2.06	/	/	/	/
20.991	/	6.92	50	131	16	2.22	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>1.062</b>	<b>3.185</b>	<b>5.308</b>	<b>7.431</b>	<b>9.554</b>	<b>11.677</b>	<b>13.800</b>	<b>15.923</b>	<b>18.046</b>	<b>20.169</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

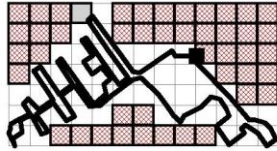
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

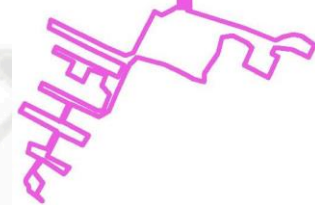
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>40.446</b>	1.68	0.68	0.45	/	/	/	/	0.23	0.30	/
<b>39.422</b>	1.29	0.65	0.45	/	/	/	0.24	0.23	/	/
<b>38.398</b>	1.01	0.66	0.47	0.44	/	/	0.25	0.24	/	/
<b>37.374</b>	0.89	0.70	0.55	0.48	/	0.26	0.25	/	/	/
<b>36.350</b>	0.72	0.79	1.17	1.10	0.45	0.35	/	/	/	/
<b>35.326</b>	0.76	0.99	1.38	1.35	0.56	0.39	/	/	/	/
<b>34.302</b>	0.84	1.27	2.63	2.04	0.75	/	/	/	/	/
<b>33.278</b>	1.05	1.86	5.38	3.55	/	/	/	/	/	/
<b>32.254</b>	1.30	5.69	24	14	/	/	/	/	/	/
<b>31.231</b>	1.41	8.01	82	/	/	/	/	/	/	/
<b>30.207</b>	/	13	145	/	/	/	/	/	/	/
<b>29.183</b>	/	12	136	84	/	/	/	/	/	/
<b>28.159</b>	/	7.09	86	37	/	/	/	/	/	/
<b>27.135</b>	/	/	13	11	/	/	/	/	/	/
<b>26.111</b>	/	/	4.66	7.35	9.81	/	/	/	/	/
<b>25.087</b>	/	/	3.51	8.29	25	/	/	/	/	/
<b>24.063</b>	/	/	3.09	17	99	/	/	/	/	/
<b>23.039</b>	/	/	/	25	171	63	/	/	/	/
<b>22.015</b>	/	/	/	27	162	48	/	/	/	/
<b>20.991</b>	/	/	/	17	102	20	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>22.292</b>	<b>24.415</b>	<b>26.538</b>	<b>28.661</b>	<b>30.784</b>	<b>32.907</b>	<b>35.031</b>	<b>37.154</b>	<b>39.277</b>	<b>41.400</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

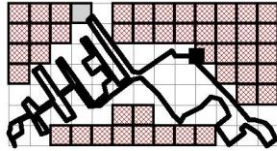
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

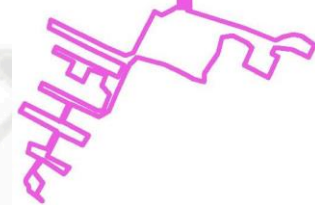
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	/	/	18	100	99	11	20	16	/	/
39.422	/	/	/	142	109	11	8.10	6.92	4.48	/
38.398	/	/	/	111	76	7.74	3.26	2.86	3.34	/
37.374	/	/	/	46	32	6.04	2.38	2.22	3.42	/
36.350	/	/	/	/	9.53	2.91	2.20	2.43	4.42	20
35.326	/	/	/	/	5.92	2.32	2.14	2.39	5.84	39
34.302	/	/	/	/	2.32	1.83	2.36	2.91	9.92	97
33.278	/	/	/	/	/	1.94	2.86	3.38	11	125
32.254	/	/	/	/	/	4.46	7.65	5.98	10	101
31.231	/	/	/	/	/	6.37	20	10	9.29	41
30.207	/	/	/	/	/	/	92	30	11	51
29.183	/	/	/	/	/	/	164	60	11	77
28.159	/	/	/	/	/	/	/	51	8.92	85
27.135	/	/	/	/	/	/	/	29	7.71	/
26.111	/	/	/	/	/	/	/	10	/	/
25.087	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
24.063	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
23.039	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
22.015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20.991	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>43.523</b>	<b>45.646</b>	<b>47.769</b>	<b>49.892</b>	<b>52.015</b>	<b>54.138</b>	<b>56.261</b>	<b>58.384</b>	<b>60.507</b>	<b>62.630</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

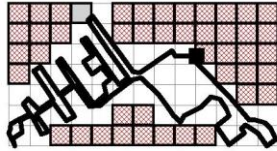
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

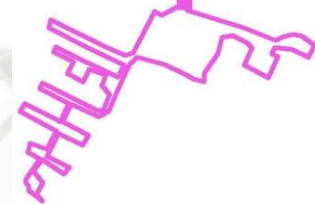
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	/	/	/	/	/	/	/	/	1.09	0.96
39.422	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
38.398	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
37.374	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
36.350	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
35.326	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
34.302	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
33.278	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32.254	81	/	/	/	/	/	/	/	/	/
31.231	54	/	/	/	/	/	/	/	/	/
30.207	117	/	/	/	/	/	/	/	/	/
29.183	160	/	/	/	/	/	/	/	/	/
28.159	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
27.135	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
26.111	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25.087	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
24.063	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
23.039	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
22.015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20.991	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>64.753</b>	<b>66.876</b>	<b>68.999</b>	<b>71.123</b>	<b>73.246</b>	<b>75.369</b>	<b>77.492</b>	<b>79.615</b>	<b>81.738</b>	<b>83.861</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

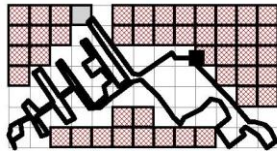
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

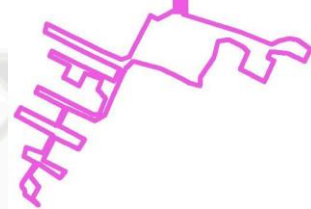
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	0.61	0.53	0.47	/	/	/	/	/	/	/
39.422	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
38.398	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
37.374	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
36.350	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
35.326	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
34.302	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
33.278	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32.254	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
31.231	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
30.207	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
29.183	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
28.159	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
27.135	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
26.111	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25.087	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
24.063	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
23.039	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
22.015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20.991	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>85.984</b>	<b>88.107</b>	<b>90.230</b>	<b>92.353</b>	<b>94.476</b>	<b>96.599</b>	<b>98.722</b>	<b>100.845</b>	<b>102.968</b>	<b>105.092</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

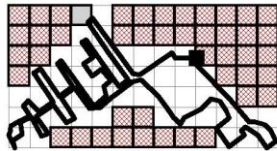
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

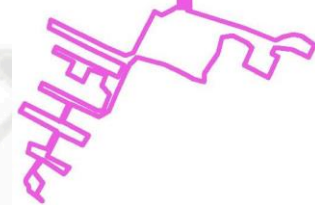
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	/	/	/	/	/	/	1.23	3.29	4.99	3.98
39.422	/	/	/	/	/	/	1.46	4.47	13	6.17
38.398	/	/	/	/	/	/	2.31	9.56	75	23
37.374	/	/	/	/	/	/	/	19	136	51
36.350	/	/	/	/	/	/	/	33	185	51
35.326	/	/	/	/	/	/	/	26	121	31
34.302	/	/	/	/	/	/	/	/	38	11
33.278	/	/	/	/	/	/	/	/	11	6.01
32.254	/	/	/	/	/	/	/	/	4.81	3.92
31.231	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3.45
30.207	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4.73
29.183	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
28.159	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
27.135	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
26.111	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25.087	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
24.063	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
23.039	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
22.015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20.991	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>149.676</b>	<b>151.799</b>	<b>153.922</b>	<b>156.045</b>	<b>158.168</b>	<b>160.291</b>	<b>162.414</b>	<b>164.537</b>	<b>166.660</b>	<b>168.783</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

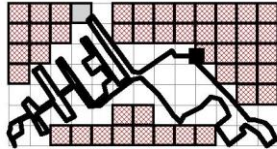
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

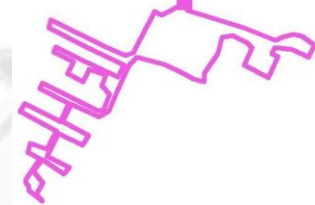
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



<b>40.446</b>	2.53	3.77	11	8.78	3.24	1.91	1.49	2.43	3.75	3.69
<b>39.422</b>	2.73	2.97	5.25	5.63	2.77	2.06	1.74	3.12	8.83	5.68
<b>38.398</b>	3.49	2.30	2.81	4.65	4.65	2.74	2.47	8.32	40	21
<b>37.374</b>	3.99	2.27	2.58	6.11	9.52	3.56	2.79	12	104	66
<b>36.350</b>	4.11	2.55	4.12	13	41	9.60	3.25	20	166	83
<b>35.326</b>	3.92	2.55	4.62	41	113	15	3.59	19	136	/
<b>34.302</b>	3.47	3.00	5.17	73	173	22	3.88	9.79	/	/
<b>33.278</b>	3.08	3.11	5.40	76	131	17	3.41	/	/	/
<b>32.254</b>	2.75	3.76	3.81	22	62	7.10	/	/	/	/
<b>31.231</b>	3.57	7.49	4.02	7.43	16	/	/	/	/	/
<b>30.207</b>	9.62	31	9.50	4.25	/	/	/	/	/	/
<b>29.183</b>	24	102	16	3.59	/	/	/	/	/	/
<b>28.159</b>	56	176	28	/	/	/	/	/	/	/
<b>27.135</b>	/	162	25	/	/	/	/	/	/	/
<b>26.111</b>	/	86	10	/	/	/	/	/	/	/
<b>25.087</b>	/	/	6.08	/	/	/	/	/	/	/
<b>24.063</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>23.039</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>22.015</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>20.991</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>170.906</b>	<b>173.029</b>	<b>175.153</b>	<b>177.276</b>	<b>179.399</b>	<b>181.522</b>	<b>183.645</b>	<b>185.768</b>	<b>187.891</b>	<b>190.014</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

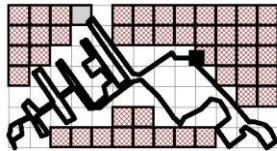
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

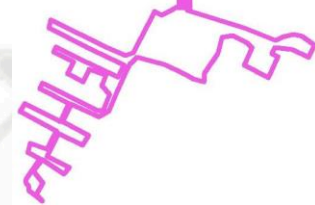
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	2.46	8.51	87	/	/	/	/	/	/	/
39.422	2.67	6.34	/	/	/	/	/	/	/	/
38.398	4.29	3.09	/	/	/	/	/	/	/	/
37.374	4.93	/	/	/	/	/	/	/	/	/
36.350	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
35.326	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
34.302	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
33.278	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
32.254	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
31.231	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
30.207	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
29.183	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
28.159	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
27.135	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
26.111	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25.087	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
24.063	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
23.039	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
22.015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20.991	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>192.137</b>	<b>194.260</b>	<b>196.383</b>	<b>198.506</b>	<b>200.629</b>	<b>202.752</b>	<b>204.875</b>	<b>206.998</b>	<b>209.122</b>	<b>211.245</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

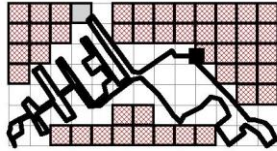
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

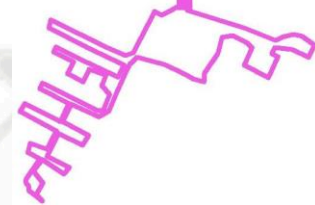
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	/	/	/	15	132	58	3.76	1.33	0.50	/
39.422	/	/	/	9.32	78	25	3.43	1.28	0.48	0.36
38.398	/	/	/	/	11	6.55	2.56	1.23	0.47	0.39
37.374	/	/	/	/	5.02	4.06	2.09	1.18	0.54	0.39
36.350	/	/	/	/	1.31	1.49	1.40	1.26	0.65	0.49
35.326	/	/	/	/	/	1.08	1.47	1.43	0.90	0.59
34.302	/	/	/	/	/	1.05	2.31	3.42	1.54	0.94
33.278	/	/	/	/	/	1.19	3.40	7.91	2.51	1.04
32.254	/	/	/	/	/	2.81	10	36	9.81	1.64
31.231	/	/	/	/	/	3.32	26	108	18	2.03
30.207	/	/	/	/	/	/	55	180	28	2.46
29.183	/	/	/	/	/	4.29	59	148	23	2.31
28.159	/	/	/	/	0.89	2.37	20	76	9.24	2.00
27.135	/	/	/	/	0.83	1.89	7.24	18	5.63	1.71
26.111	/	/	/	0.45	0.81	1.09	2.85	3.72	2.50	1.11
25.087	/	/	/	0.45	0.83	1.01	1.80	2.26	1.64	0.95
24.063	/	/	0.40	0.51	1.19	1.29	1.32	1.33	0.76	0.91
23.039	/	0.25	0.44	0.60	1.41	1.38	1.36	1.20	0.62	0.88
22.015	/	0.29	0.49	0.74	2.32	2.47	1.38	1.00	0.55	0.86
20.991	0.23	0.29	0.56	1.03	3.45	4.33	1.86	1.11	0.59	0.88
<b>m</b>	<b>213.368</b>	<b>215.491</b>	<b>217.614</b>	<b>219.737</b>	<b>221.860</b>	<b>223.983</b>	<b>226.106</b>	<b>228.229</b>	<b>230.352</b>	<b>232.475</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

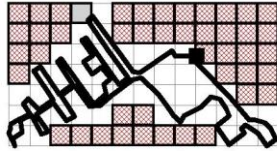
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

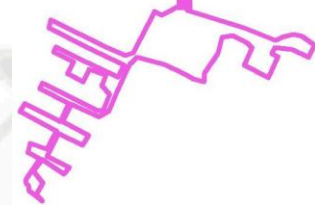
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
39.422	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
38.398	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
37.374	0.34	/	/	/	/	/	/	/	/	/
36.350	0.40	/	/	/	/	/	/	/	/	/
35.326	0.40	/	/	/	/	/	/	/	/	/
34.302	0.49	0.38	/	/	/	/	/	/	/	/
33.278	0.56	0.38	/	/	/	/	/	/	/	/
32.254	0.69	0.29	0.34	/	/	/	/	/	/	/
31.231	0.74	0.29	0.34	/	/	/	/	/	/	/
30.207	0.79	0.34	0.39	/	/	/	/	/	/	/
29.183	0.77	0.34	0.39	0.35	/	/	/	/	/	/
28.159	0.66	0.49	0.50	0.44	/	/	/	/	/	/
27.135	0.65	0.59	0.63	0.55	0.42	/	/	/	/	/
26.111	0.92	1.07	1.07	0.89	0.56	/	/	/	/	/
25.087	0.99	1.41	1.63	1.19	0.71	0.42	0.58	0.66	0.75	1.07
24.063	1.42	5.09	7.23	3.85	1.11	0.74	0.38	0.60	1.10	3.54
23.039	1.79	8.74	22	6.05	1.43	0.82	0.38	0.65	1.37	4.93
22.015	2.80	25	103	20	2.15	0.89	0.40	0.71	2.57	13
20.991	3.07	46	171	34	2.49	0.91	0.41	0.74	3.02	32
<b>m</b>	<b>234.598</b>	<b>236.721</b>	<b>238.844</b>	<b>240.967</b>	<b>243.090</b>	<b>245.214</b>	<b>247.337</b>	<b>249.460</b>	<b>251.583</b>	<b>253.706</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

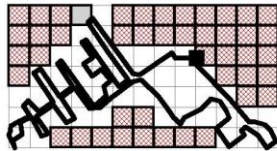
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



40.446	/	/	/	/	/	/	/	/
39.422	/	/	/	/	/	/	/	/
38.398	/	/	/	/	/	/	/	/
37.374	/	/	/	/	/	/	/	/
36.350	/	/	/	/	/	/	/	/
35.326	/	/	/	/	/	/	/	/
34.302	/	/	/	/	/	/	/	/
33.278	/	/	/	/	/	/	/	/
32.254	/	/	/	/	/	/	/	/
31.231	/	/	/	/	/	/	/	/
30.207	/	/	/	/	/	/	/	/
29.183	/	/	/	/	/	/	/	/
28.159	/	/	/	/	/	/	/	/
27.135	/	/	/	/	/	/	/	/
26.111	/	/	/	/	/	/	/	/
25.087	/	/	/	/	/	/	/	/
24.063	4.20	/	/	/	/	/	/	/
23.039	8.08	3.19	1.40	/	/	/	/	/
22.015	43	9.83	1.64	/	/	/	/	/
20.991	115	17	2.01	1.19	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>255.829</b>	<b>257.952</b>	<b>260.075</b>	<b>262.198</b>	<b>264.321</b>	<b>266.444</b>	<b>268.567</b>	<b>270.690</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

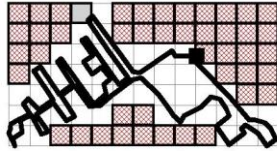
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

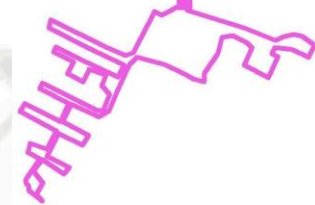
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



19.967	/	16	78	169	20	1.93	/	/	/	/
18.943	/	39	67	108	15	1.83	/	/	/	/
17.919	/	118	29	39	6.98	1.22	/	/	/	/
16.895	/	164	23	12	4.83	1.05	/	/	/	/
15.871	/	123	15	4.92	1.88	1.08	/	/	/	/
14.847	32	66	10	3.53	1.33	0.98	/	/	/	/
13.823	15	17	5.52	1.59	1.01	0.76	/	/	/	/
12.799	25	15	4.67	1.36	0.90	0.72	/	/	/	/
11.775	92	42	4.54	1.17	0.74	/	/	/	/	/
10.751	155	81	4.96	1.14	0.75	/	/	/	/	/
9.728	/	63	4.69	1.02	/	/	/	/	/	/
8.704	/	28	4.20	/	/	/	/	/	/	/
7.680	/	8.20	/	/	/	/	/	/	/	/
6.656	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5.632	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4.608	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3.584	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2.560	/	/	1.02	/	/	/	/	/	/	/
1.536	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
0.512	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>1.062</b>	<b>3.185</b>	<b>5.308</b>	<b>7.431</b>	<b>9.554</b>	<b>11.677</b>	<b>13.800</b>	<b>15.923</b>	<b>18.046</b>	<b>20.169</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

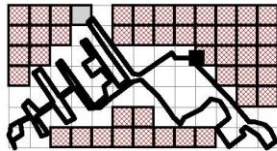
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

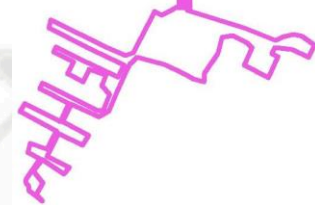
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



19.967	/	/	/	4.98	21	10	8.24	/	/	/
18.943	/	/	/	/	7.25	8.36	16	/	/	/
17.919	/	/	/	/	3.12	11	74	62	/	/
16.895	/	/	/	/	2.47	13	129	92	/	/
15.871	/	/	/	/	3.03	17	152	80	/	/
14.847	/	/	/	/	/	13	108	48	4.50	/
13.823	/	/	/	/	/	5.04	25	15	/	/
12.799	/	/	/	/	/	3.56	8.07	/	/	/
11.775	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10.751	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
9.728	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8.704	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7.680	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6.656	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5.632	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4.608	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3.584	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2.560	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1.536	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
0.512	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>22.292</b>	<b>24.415</b>	<b>26.538</b>	<b>28.661</b>	<b>30.784</b>	<b>32.907</b>	<b>35.031</b>	<b>37.154</b>	<b>39.277</b>	<b>41.400</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

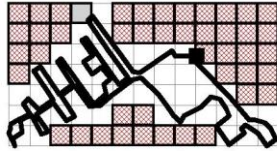
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

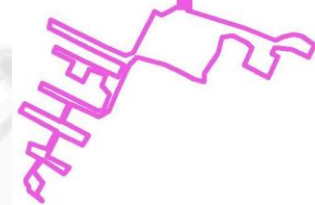
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



19.967	0.28	0.34	0.97	2.69	11	15	5.13	1.11	0.84	1.11
18.943	0.28	0.35	1.02	3.55	44	94	7.33	1.35	0.87	1.08
17.919	0.29	0.36	1.19	6.32	86	138	13	1.51	0.87	1.02
16.895	0.29	0.36	1.21	6.52	100	136	12	1.51	0.85	0.95
15.871	/	0.31	0.91	3.84	69	78	5.54	1.52	0.47	0.36
14.847	/	0.29	0.85	2.52	13	17	3.52	1.41	0.45	0.33
13.823	/	0.29	0.74	1.69	3.76	4.50	2.37	1.17	0.32	0.28
12.799	/	/	0.67	1.23	2.20	2.45	1.72	1.00	0.32	0.28
11.775	/	/	0.30	0.43	0.85	0.93	0.55	0.36	0.23	0.20
10.751	/	/	0.30	0.33	0.65	0.69	0.40	0.30	0.23	0.20
9.728	/	/	/	0.27	0.25	0.28	0.27	0.23	0.18	0.17
8.704	/	/	/	0.27	0.20	0.21	0.27	0.23	0.18	0.17
7.680	/	/	/	0.17	0.11	0.12	0.11	0.10	0.15	0.15
6.656	/	/	/	/	0.11	0.12	0.11	0.10	0.15	/
5.632	/	/	/	/	0.08	0.09	0.08	0.08	/	/
4.608	/	/	/	/	0.08	0.09	0.08	0.08	/	/
3.584	/	/	/	/	/	<u>0.07</u>	<u>0.07</u>	/	/	/
2.560	/	/	/	/	/	<u>0.07</u>	<u>0.07</u>	/	/	/
1.536	/	/	/	/	/	<u>0.07</u>	/	/	/	/
0.512	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>213.368</b>	<b>215.491</b>	<b>217.614</b>	<b>219.737</b>	<b>221.860</b>	<b>223.983</b>	<b>226.106</b>	<b>228.229</b>	<b>230.352</b>	<b>232.475</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

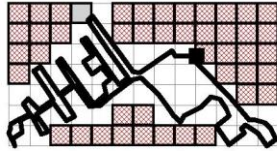
$E_{max}$  [lx]  
199

$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

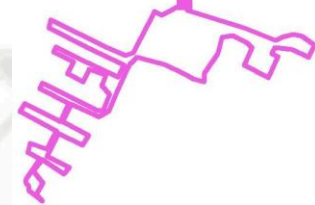
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Iluminacion exteriores / Suelo / Tabla (E)**



- sección actual
- otras secciones
- secciones sin valores

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)



19.967	3.15	51	168	/	1.75	0.68	0.44	0.61	3.98	65
18.943	2.79	23	/	/	/	0.66	0.44	0.62	4.00	66
17.919	1.72	6.46	/	/	/	/	0.42	0.57	2.35	20
16.895	1.19	3.09	/	/	/	/	0.41	0.51	1.77	8.13
15.871	0.69	1.22	/	/	/	/	/	0.43	0.77	2.11
14.847	0.59	0.67	/	/	/	/	/	/	0.62	0.98
13.823	0.28	0.37	0.41	/	/	/	/	/	/	0.72
12.799	0.28	0.28	0.30	/	/	/	/	/	/	0.63
11.775	0.19	0.21	/	/	/	/	/	/	/	/
10.751	0.19	0.21	/	/	/	/	/	/	/	/
9.728	0.16	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8.704	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7.680	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6.656	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5.632	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4.608	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3.584	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2.560	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1.536	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
0.512	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>m</b>	<b>234.598</b>	<b>236.721</b>	<b>238.844</b>	<b>240.967</b>	<b>243.090</b>	<b>245.214</b>	<b>247.337</b>	<b>249.460</b>	<b>251.583</b>	<b>253.706</b>

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
0.07

$E_{max}$  [lx]  
199

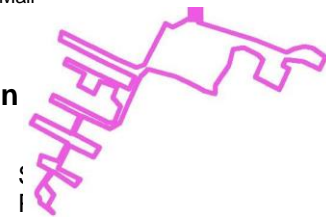
$E_{min} / E_m$   
0.003

$E_{min} / E_{max}$   
0.000

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

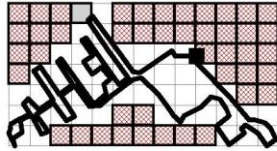
Iluminacion




Tabla (E)



el local:

(383.265 m, 817.630 m, 0.000 m)

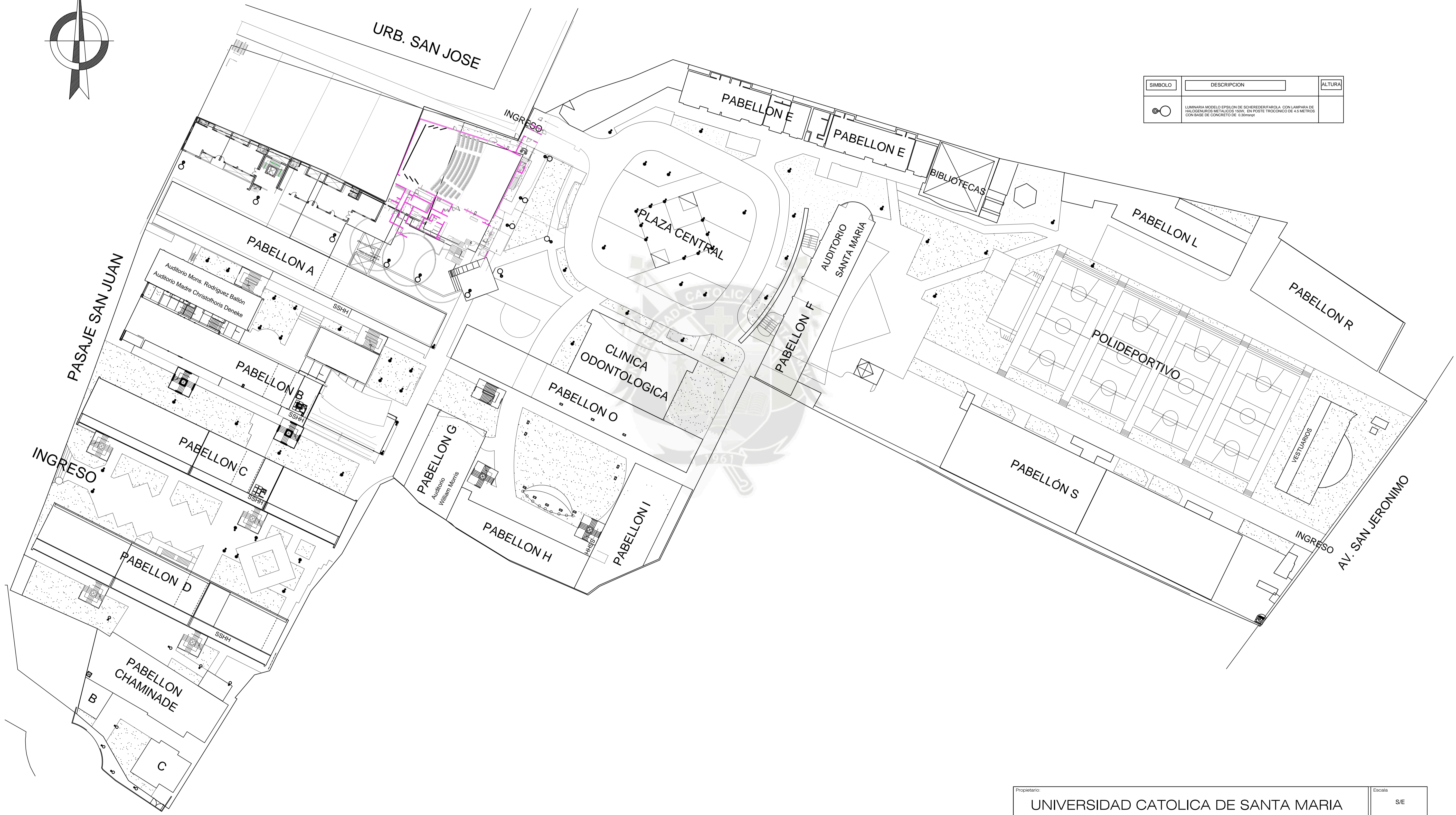
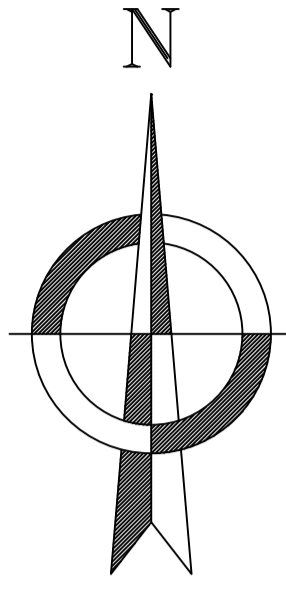


-  sección actual
-  otras secciones
-  secciones sin valores





**ANEXO 2:  
ILUMINACIÓN -  
PLANIMETRIA**



SIMBOLO	DESCRIPCION	ALTURA
	LUMINARIA MODELO EPSILON DE SCHERER/FAROLA CON LAMPARA DE HALOGENOS METALICOS 100W. EN POSTE TROCISCO DE 4.5 METROS CON BASE DE CONCRETO DE 0.30m <sup>2</sup>	

Propietario:		UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		Escala	
				S/E	
Plano de:		PLANIMETRIA		Dpto. : Arequipa	
				Prov. : Arequipa	
				Dist. : Arequipa	
DETALLE:		ILUMINACION_DE_EXTERIORES		Lugar : ?	
				Fecha : NOV 2016	
				Lamina N°	
				IE1	
				LUM	