Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

Alternativas de iluminación para el parque el Paraiso de la ciudad de Cuenca

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico

Autores:
María Fernanda Freire Loayza

Mirian Noemi Gordillo Lema

Director:
Pedro Alejandro León Córdova

Tutor:

Santiago Pulla

Cuenca – Ecuador

2013

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar nuevas tecnologías de iluminación como: LED, OLED, BIOLED, y Plasma, además de la utilización de sistemas alternativos de generación eléctrica, como son los Sistemas de Generación Fotovoltaicos para sistemas de alumbrado público ornamental.

En los capítulos II y III se analizará las tecnologías de iluminación más relevantes en el mercado. También se realizará el estudio técnico-económico de las diferentes tecnologías encontradas y la evaluación económica de la generación fotovoltaica frente a la generación convencional. Concluyendo con la elección de la tecnología más adecuada a ser utilizada en los sistemas de alumbrado público ornamental.

El capítulo IV presenta la aplicación de los conceptos investigados en los capítulos II y III a sistemas fotovoltaicos (SFV), utilizando lámparas LED, por lo que, se realizará el diseño del parque “El Paraíso” de la ciudad de Cuenca, en términos técnicos y económicos.

Finalmente se presentan los resultados, las conclusiones y recomendaciones obtenidas del presente trabajo.

ABSTRACT

The main objective of this thesis project is focused to analyze new lighting technologies such as Led, OLED, BIOLED, and Plasma; as well as the use of alternative power generation systems such as the photovoltaic generation for ornamental public lighting systems.

In chapters II and III, the most relevant lighting technologies on the market will be analyzed. There will also be a technical-economic study about the different technologies found in these chapters and an economic evaluation between photovoltaic and conventional generation. Finally, the option of the most appropriate technology to be used in ornamental lighting systems will be exposed at the end of this analysis.

Chapter IV presents the application of the concepts investigated in chapters II and III to photovoltaic system (PVS) by using LED lamps; therefore, a technical and economic design will be applied to the Cuenca city´s Paradise Park.

Finally, the results, conclusions and recommendations for this work are presented.

CONTENIDO

RESUMEN.....I

CONTENIDO.....II

INDICE DE FIGURAS.....VI

INDICE DE GRAFICAS.....VII

INDICE DE TABLAS.....VIII

1 GENERALIDADES SOBRE ALTERNATIVAS DE ILUMINACIÓN **204**

1.1 INTRODUCCIÓN 204
1.2 ANTECEDENTES: 204
1.3 JUSTIFICACIÓN 205
1.4 OBJETIVO GENERAL 206
1.5 ALCANCE 206

2 ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS ACTUALES DE ALUMBRADO PÚBLICO ORNAMENTAL Y DEPORTIVO **208**

2.1 INTRODUCCIÓN: 208
2.2 FUENTES LUMINOSAS 209
2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA SSL (SOLID STATE LIGHTING) *211*
2.2.2 TECNOLOGÍA PLASMA *234*
2.2.3 TECNOLOGÍA BIO-LED *238*
2.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA 242
2.3.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ALUMBRADO *243*
2.3.2 ENERGÍA FOTOVOLTAICA *244*
2.3.3 EQUIPOS PRINCIPALES *244*

3 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS MÉTODOS DE ILUMINACIÓN ORNAMENTAL **262**

3.1 INTRODUCCIÓN: 262
3.2 CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS DE FUENTES LUMINOSAS 262
3.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE ALUMBRADO ORNAMENTAL 265
3.3.1 CASO COMPARATIVO PARA FUENTES LUMINOSAS DE BAJA POTENCIA *265*
3.3.2 CASO COMPARATIVO PARA FUENTES LUMINOSAS DE ALTA POTENCIA *280*
3.4 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA FRENTE A LA GENERACIÓN CONVENCIONAL 288

4 DISEÑO LUMÍNICO ORNAMENTAL Y DEPORTIVO DEL PARQUE RECREACIONAL “EL PARAISO” **298**

4.1 INTRODUCCIÓN: 298
4.2 LO ESENCIAL DEL ALUMBRADO 299
4.2.1 DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE UNA FUENTE DE LUZ *299*
4.2.2 FLUJO LUMINOSO (POTENCIA LUMINOSA) *300*
4.2.3 ILUMINANCIA (NIVEL DE ILUMINACIÓN) *300*
4.2.4 ..... *302*

4.2.5 INTENSIDAD LUMINOSA 302
4.2.6 LUMINANCIA O BRILLO 303
4.2.7 LUZ VISIBLE 303
4.2.8 REPRODUCCIÓN CROMÁTICA 304
4.2.9 TEMPERATURA DE COLOR 305
4.2.10 DEPRECIACIÓN LUMINOSA 305
4.2.11 VISIÓN MESÓPICA 305
4.2.12 GRADO DE PROTECCIÓN 305
4.3 CÓMO ILUMINAR PARQUES 307
4.3.1 REQUISITOS FOTOMÉTRICOS 307
4.3.2 FUENTES DE LUz 309
4.3.3 LUMINARIAS 309
4.3.4 REGLAS DE ILUMINACION 310
4.3.5 COLOR DE LA LUZ 310
4.4 ILUMINACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UN PARQUE 311
4.4.1 VEGETACION 312
4.4.2 ÁREAS DE ACTIVIDAD RECREATIVA Y DEPORTIVA 314
4.4.3 SENDEROS: 316
4.4.4 PARQUES ACUÁTICOS RECREATIVOS 316
4.5 DISEÑO LUMÍNICO Y ELÉCTRICO DEL PARQUE “EL PARAISO 317
4.5.1 PARQUE ‘’EL PARAÍSO’’ 317
4.5.2 REDES EXISTENTES 318
4.5.3 REDES PROYECTADAS 319
4.5.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO PROYECTADO: DIMENSIONAMIENTO 334
4.5.5 ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DEL PROYECTO 349

5 CONCLUSIONES 354

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Iluminación RGB 215
Figura 2-2 Fósforo convertido 216
Figura 2-3 Procedimiento RGB 216
Figura 2-4 Enfoque híbrido 217
Figura 2-5 Modificación de la longitud de onda por fosforescencia 218
Figura 2-6 Componentes de la luminaria LED 221
Figura 2-7 Porcentaje de costos para una lámpara LED 225
Figura 2-8 Estructura básica de un OLE 227
Figura 2-9 OLED de matriz pasiva 229
Figura 2-10 OLED de matriz activa. 230
Figura 2-11 Estructura de un OLED transparente. 230
Figura 2-12 Estructura de un OLED de tapa emisiva. 231
Figura 2-13: Analogía entre un OLED transparente y un OLED de tapa emisiva. 231
Figura 2-14: OLED flexible. 232
Figura 2-15: OLED blanco. 232
Figura 2-16: Últimos prototipos de Philips y OSRAM. 233
Figura 2-17: Paso 1 236
Figura 2-18: Paso 2 237
Figura 2-19: Paso 3 237
Figura 2-20: Esquema de Bio-LED 240
Figura 2-21: Haz de luz es la bioluminiscencia de hoja llevada a cabo por las nanopartículas de oro en campo oscuro. 240
Figura 2-22: Hojas a los rayos de luz blanca en la misma zona. 241
Figura 2-23: Arboles cubiertos con Bio-LED 241
Figura 2-24: Célula solar fotovoltaica 245
Figura 2-25: Celda Monocristalina 246
Figura 2-26: Celda Policristalina 246
Figura 2-27: Celda Amorfa 247
Figura 2-28: Panel Fotovoltaico 247
Figura 2-29: Efecto de la temperatura 248
Figura 2-30: Efecto de la radiación incidente 249
Figura 2-31: Curva V-I 252
Figura 2-32: Batería 253
Figura 2-33: Regulador de carga 258
Figura 4-1: Iluminación Horizontal 301

Figura 4-2: Iluminación Horizontal 302
Figura 4-3: Angulo sólido 302
Figura 4-4: Luminancia $(\boldsymbol{cd}/\boldsymbol{m2})$ 303
Figura 4-5: Espectro visible 304
Figura 4-6: Ángulo de orientación (16) 338
Figura 4-7: Ángulo de inclinación 338

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 3-1: Comparación entre lámparas LED y sodio 267
Gráfica 3-2: Comparación entre lámparas LED y mercurio 268
Gráfica 3-3: Comparación entre lámparas LED y halogenuros metálicos 269
Gráfica 3-4: Comparación entre lámparas LED e incandescentes 270
Gráfica 3-5: Comparación entre lámparas LED y OLED 271
Gráfica 3-6: Comparación entre lámparas OLED y sodio 272
Gráfica 3-7: Comparación entre lámparas OLED y mercurio 273
Gráfica 3-8: Comparación entre lámparas OLED y halogenuros metálicos 274
Gráfica 3-9: Comparación entre lámparas OLED e incandescentes 275
Gráfica 3-10: Comparativo de los rangos de eficiencia de fuentes de iluminación 276
Gráfica 3-11: Comparativo de los rangos de CRI de fuentes de iluminación 277
Gráfica 3-12: Comparativo de los rangos de vida útil de fuentes de iluminación 277
Gráfica 3-13: Comparativo de emisiones de CO_2 entre fuentes de iluminación 278
Gráfica 3-14: Comparativo de costo por lumen entre fuentes de iluminación 278
Gráfica 3-15: Comparación entre lámparas plasma y sodio 281
Gráfica 3-16: Comparación entre lámparas de plasma y mercurio 282
Gráfica 3-17: Comparación entre lámparas plasma y halogenuros metálicos 283
Gráfica 3-18: Comparación entre lámparas plasma y LED 284
Gráfica 3-19: Comparativo de los rangos de eficiencia de fuentes de iluminación 285
Gráfica 3-20: Comparativo de los rangos de CRI de fuentes de iluminación 286
Gráfica 3-21: Comparativo de los rangos de vida útil de fuentes de iluminación 286
Gráfica 3-22: Comparativo de emisiones de CO_2 entre fuentes de iluminación 287
Gráfica 3-23: Comparativo de costo por lumen entre fuentes de iluminación 287

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Características de las fuentes de iluminación 276
Tabla 3-2: Características de las fuentes de iluminación 285
Tabla 3-3: Precios Preferentes Energía Renovables en (cUSD/kWh) 289
Tabla 3-4: Costos descontados de paneles solares y baterías 293
Tabla 3-5: Emisiones de CO2 en la producción de módulos (12) 295
Tabla 3-6: Factor de emisiones de CO_2 por tipo de combustible (13) 296
Tabla 3-7: Emisiones de los SSFV frente a los sistemas térmicos 296
Tabla 3-8: Ahorro de emisiones de los SSFV frente a los sistemas térmicos 297
Tabla 4-1: Clases de Iluminación 308
Tabla 4-2: Ángulos de inclinación, función de la latitud del lugar (16) 339
Tabla 4-3: Caída de tensión admisible 344

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, María Fernanda Freire Loayza, autor de la tesis "ALTERNATIVAS DE ILUMINACION PARA EL PARQUE EL PARAISO DE LA CIUDAD DE CUENCA"", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Eléctrica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 08 de abril de 2013

María Fernanda Freire Loayza
0705267854

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, María Fernanda Freire Loayza, autor de la tesis "ALTERNATIVAS DE ILUMINACION PARA EL PARQUE EL PARAISO DE LA CIUDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 08 de abril de 2013

María Fernanda Freire Loayza
0705267854

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Mirian Noemi Gordillo Lema, autor de la tesis "ALTERNATIVAS DE ILUMINACION PARA EL PARQUE EL PARAISO DE LA CIUDAD DE CUENCA", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Eléctrica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 08 de abril de 2013

Mirian Noemi Gordillo Lema
0302303888

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Fundada en 1867

Yo, Mirian Noemi Gordillo Lema, autor de la tesis "ALTERNATIVAS DE ILUMINACION PARA EL PARQUE EL PARAISO DE LA CIUDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 08 de abril de 2013

Mirian Noemi Gordillo Lema
0302303888

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES SOBRE ALTERNATIVAS DE ILUMINACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Desde hace ya un tiempo, el mundo se está viendo enfrentado a problemas energéticos. Las razones pueden ser muchas: aumento del consumo de energía eléctrica debido al constante crecimiento, tanto del sector residencial, como del sector industrial, quienes son los que demandan la mayor cantidad de energía.

Frente a esta crisis ha surgido la necesidad de aprovechar de mejor forma los recursos energéticos disponibles, para esto, en el campo de la iluminación se están diseñando dispositivos más eficientes. Por otro lado se han ideado formas de aprovechar distintos tipos de energías naturales con el propósito de convertirlas en energía eléctrica, las que además cuentan con la ventaja de ser renovables, dentro de estas se encuentran por ejemplo: la energía solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, etc.

1.2 ANTECEDENTES:

El servicio de alumbrado público se ha catalogado como un servicio público no domiciliario. Se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes públicos y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal dentro del perímetro urbano y rural del respectivo municipio o distrito, que es el responsable directo de velar y garantizar su prestación en condiciones óptimas.

Han sido muchos los cambios que han tenido las fuentes luminosas utilizadas en el alumbrado público a lo largo del tiempo hasta llegar a la actualidad, todos han ido mejorando de acuerdo a las tecnologías utilizadas, incluyendo los diseños de las lámparas. Ahora el futuro inmediato parece estar en los LEDS, OLEDS y BIOLEDS, que a pesar de tener un alto costo inicial presentan mejores características que las actuales, y lo mejor es que siguen evolucionando.

Lo importante con la iluminación exterior es buscar el contraste necesario para conseguir confort, que no provoque cansancio visual, y que al mismo tiempo ofrezca seguridad en las zonas de tránsito peatonal y de esparcimiento, sin alterar el medio ambiente.

Dado que los sistemas de iluminación en el sector municipal propician un alto consumo de energía, representan un interesante campo de investigación abierto en muchos sentidos donde se puede utilizar la electrónica para evaluar y desarrollar nuevas tecnologías que permitan lograr un ahorro energético, sin afectar los beneficios que genera la iluminación a la sociedad.

Por lo expuesto anteriormente, se debe realizar un análisis técnico y económico de las tecnologías actuales, que permitan determinar la mejor alternativa para la sustitución de luminarias de alto consumo energético y vida útil limitada.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En las ciudades, son cada vez más imprescindibles áreas verdes de recreación y deportivas al servicio de la gente, que en su rutina diaria o semanal necesitan lugares de esparcimiento, no solamente durante el día, sino también en la noche. Es por eso que el alumbrado público dentro de los parques, constituye un medio eficaz para reducir la delincuencia y fomentar el turismo en las noches, a su vez, facilitar las actividades nocturnas en los parques, con el fin de que pueda también resaltarse los elementos de interés que se incluyen en el mismo, tales como: macizos florales, praderas, setos, arbolado, áreas despejadas, monumentos, edificios, fuentes, lagunas, rocallas, muros, etc.

El alumbrado público en las áreas verdes está bajo la responsabilidad de los municipios de cada ciudad, incluyendo suministro de materiales y mantenimiento, lo que supone un gasto importante para un ayuntamiento. Es por esto que el consumo de energía de los parques debe ser eficiente y racional, para ello se debe promover el uso de artefactos eléctricos eficientes y observar normas que coadyuven a la eficiencia lumínica; por lo tanto la presente tesis pretende realizar un análisis de las mejores tecnologías utilizadas actualmente para la iluminación ornamental, y conjuntamente con un análisis comparativo

entre ellas, se procederá a la selección de la tecnología más idónea para este tipo de aplicación, considerando parámetros muy importantes dentro de lo que a ahorro energético y mejor reproducción de los colores se refiere.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Analizar nuevas alternativas de iluminación como LED, OLED, BIOLED, y Plasma, para uso ornamental y deportivo, mediante el análisis comparativo entre diferentes tecnologías basadas en sodio, mercurio y halogenuros metálicos; con el fin de realizar un estudio técnico-económico y su posible aplicación al parque "El Paraíso" de la ciudad de Cuenca.

Además, se analizará si es conveniente la aplicación de energías renovables a sistemas de alumbrado público ornamental.

Dentro de los objetivos específicos del presente trabajo se pretende realizar:

- Análisis técnico-económico de las tecnologías de iluminación convencionales frente a las actuales, aplicadas al alumbrado ornamental y de áreas deportivas.
- Diseño lumínico y eléctrico del parque "El Paraíso"

1.5 ALCANCE

Para alcanzar los objetivos propuestos en el presente trabajo de investigación, se ha convenido dividir el trabajo en cinco capítulos, en el capítulo I se presenta la introducción general de la investigación.

En el capítulo 2, se efectuará el análisis de las tecnologías más relevantes en el mercado (LED, OLED, BIOLED, y Plasma), orientadas al alumbrado público ornamental y de áreas deportivas, también se analizará la posibilidad de autoabastecimiento para el suministro del sistema de alumbrado en cuestión.

En el capítulo 3, se realizará el estudio técnico-económico de las tecnologías utilizadas en la iluminación. Finalizando con la selección+ de la tecnología más apropiada a utilizar en sistemas de alumbrado público ornamental y deportivo.

En el capítulo 4, como aplicación, se describirá la iluminación existente en el parque “El Paraiso”, en términos de eficiencia energética de la tecnología aplicada, niveles de iluminación y estética, acordes a las áreas en mención; y se procederá al diseño lumínico y eléctrico del parque.

Finalmente en el capítulo 5 se exponen las conclusiones y recomendaciones generales del presente trabajo de investigación.

CAPITULO II

2 ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS ACTUALES DE ALUMBRADO PÚBLICO ORNAMENTAL Y DEPORTIVO

2.1 INTRODUCCIÓN:

El consumo no eficiente de la energía eléctrica a nivel mundial ha originado inquietud en la comunidad científica y tecnológica, esto ha motivado el estudio y desarrollo de nuevos sistemas que permitan mejorar la eficiencia de operación y por ende produzcan un considerable ahorro de la energía eléctrica.

La iluminación es uno de los usos básicos de la energía en el mundo. Hoy, la iluminación representa alrededor del 19% del consumo eléctrico mundial (1). Es por ello que la actual tendencia en el diseño y construcción de nuevas fuentes luminosas se encuentre dirigida hacia la incorporación de lámparas más eficaces, las mismas que permitirán obtener ahorros en el consumo de energía eléctrica, mejorar las características de eficacia y eficiencia, así como el índice de rendimiento de color, vida útil promedio y temperatura de color.

Al hacer referencia al elevado consumo de energía eléctrica en lo que a iluminación se refiere, son tres los sectores que predominan en nuestro país debido a que tienen el mayor consumo en iluminación, estos son: El sector doméstico, comercial y alumbrado público y ornamental. Este último sector presenta una importante oportunidad de mejora, debido a que en el alumbrado público y ornamental está incluida la iluminación de los parques y jardines, en donde el elevado consumo se debe principalmente a que la mayoría de los sistemas de iluminación allí instalados, presentarían bajos niveles de eficacia lumínica.

Es por este elevado consumo de energía, que el alumbrado ornamental se presenta como propicio de investigación para analizar diferentes alternativas de iluminación, donde conjuntamente con la utilización de nuevas tecnologías, permitirían tener mejores fuentes de luz.

A pesar de que existe una gran variedad de tecnologías actualmente utilizadas para iluminación, ninguna es perfecta. En sistemas de iluminación exterior, muchas opciones usadas presentan una eficiencia baja, y generan contaminación lumínica, por lo que todos estos sistemas deberían ser mejorados.

Considerando que hoy en día la premisa de todos los gobiernos del mundo está orientada a disminuir los consumos energéticos, se deben buscar alternativas que puedan reducir dichos consumos. Como ya se mencionó, una de las opciones sería el cambio de tecnología; y otra, la fuente de abastecimiento que se tenga para las luminarias.

Dentro de la fuente de abastecimiento sería importante considerar el aprovechamiento de las energías renovables en estos espacios públicos. Entre todas las energías renovables existentes, la más interesante en el alumbrado de parques y jardines es la energía solar fotovoltaica.

Sistemas como éstos ya implementados en diferentes países han permitido lograr la reducción en la demanda de energía eléctrica de la red de distribución, y a su vez contribuir a la disminución de emisiones provenientes de combustibles fósiles y al cambio climático causado por ellas.

En este capítulo se abordarán las tecnologías más relevantes de iluminación como: LED, OLED, plasma, y BIOLED; y la forma más eficiente de ponerlas en funcionamiento con sistemas de generación fotovoltaicos.

2.2 FUENTES LUMINOSAS

En la actualidad se utilizan diferentes tecnologías en iluminación, sin olvidar que la más antigua fue la iluminación incandescente, la cual consume el 30% de la energía eléctrica usada para iluminación mientras que sólo producen un 7% de luz efectiva, típicamente varían en la eficiencia de 10 a 20 lm / W.

Lámparas de Baja Intensidad de Descarga:

- *Lámparas fluorescentes:* Se trata de una lámpara de vapor de mercurio de baja presión contenida en un tubo de vidrio, revestido en su interior con un material fluorescente conocido como fósforo, su eficiencia varía según el tipo de lámpara, aunque generalmente es de 5 y 8 veces mayor a las incandescentes, con eficiencias que van desde 25 hasta 118 lm / W, dependiendo de la duración, potencia y temperatura de color. (2)
- *Lámparas de inducción*: Estas lámparas constan de un tubo con gas a baja presión donde se sustituyen los electrodos por una antena. Esta antena es alimentada por un generador externo de alta frecuencia (250kHz) con el fin de generar un campo magnético dentro del gas. Con eficiencias 80 a 130 lm/W.

Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID): se basan en la luz emitida por medio de un gas o vapor que ha sido excitado por medio de una corriente eléctrica. Son las más eficaces que actualmente existen en el mercado, con eficiencias que varían de 40 a 130 lm / W. Sin embargo, los más altos grados de acción se logran a menudo a costa de la calidad del color. (2)

- *Vapor de mercurio a Alta presión*: Su funcionamiento se basa en el mismo principio de la fluorescente de baja intensidad de descarga, pero con la ventaja de que el color es corregido al elevar la presión del gas de mercurio (mayor longitud de onda y mayor potencia).
- *Lámparas de vapor de mercurio* con Halogenuros Metálicos: Son básicamente iguales a las anteriores pero que al introducir halogenuros metálicos en el interior del tubo se consigue aumentar considerablemente el rendimiento luminoso y aproximar el color a la luz diurna solar.
- *Vapor de sodio a Alta Presión*: La descarga se realiza a través del sodio (principalmente) con lo que se consigue aumentar el rendimiento luminoso.
- *Vapor de sodio a Baja Presión:* Son básicamente iguales a las anteriores que al introducir vapor de sodio a baja presión en el interior del tubo se

consigue muy alta eficiencia luminosa pero a cambio se consigue una muy baja temperatura de color.

Diodo emisor de luz (Light Emitting Diode-LED): Es un diodo semiconductor que cuando es atravesado por una corriente eléctrica, en sentido apropiado, emite luz monocromática sin producir calor.

Diodos orgánicos emisores de luz (Organic Light Emitting Diodes-OLED): Son diodos que se basan en una capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan, a una determinada estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por sí mismos.

Diodos emisores de bio-luz (Bio-LED): Se trata de un descubrimiento realizado en Taiwán, donde investigadores comprobaron que introduciendo nanopartículas de oro en el interior de las hojas de los árboles se conseguía que estos emitieran luz.

Plasma emisor de luz (LEP): Las lámparas de plasma son físicamente unas ampollas de cuarzo, las cuales internamente están cargadas con una mezcla de gases a baja presión que al aplicarle una tensión conducen y generan una luz brillante visible en forma de plasma.

2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA SSL (SOLID STATE LIGHTING)

En los últimos años, se han realizado varios estudios en los cuales se compara las principales características entre las fuentes luminosas convencionales y una tecnología de iluminación de estado sólido, la misma que día a día avanza con firmeza, para de esta manera poder consolidarse como una opción sustentable para el ahorro de energía

La Iluminación de Estado Sólido (SSL, por sus siglas en inglés), es una tecnología que nace como una alternativa en iluminación, la misma que hoy en día cuenta con un sin número de aplicaciones. Esta tecnología usa diodos emisores de luz (LED'S, por sus siglas en inglés) como fuente de iluminación. No utiliza filamento o gases como las fuentes convencionales, donde la emisión

proviene de un objeto sólido frente a los tubos de vacío o de gas empleados en las tecnologías antiguas.

Dentro de la iluminación de estado sólido, se puede hablar de dos tipos: LED Y OLED.

2.2.1.1 TECNOLOGÍA LED'S

Los Diodos Emisores de Luz son la tecnología SSL de mayor disponibilidad en el mercado, ofrecen una gran variedad de ventajas sobre otras tecnologías de iluminación, desde la eficiencia, solidez y duración, hasta la capacidad de poder generar de manera directa una gran cantidad de colores.

Hoy en día los LED'S se encuentran reemplazando rápidamente a otras fuentes de iluminación, además son la tecnología preferida para luces decorativas y de diferentes aplicaciones. La potencia de los LED'S, como fuente de iluminación general (luz blanca), es actualmente una de sus principales ventajas.

2.2.1.1.1 Los diodos LED'S

Los LED'S son dispositivos que generan luz de una manera totalmente diferente a otras fuentes de luz. El LED no es más que un tipo especial de diodo, que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por una corriente eléctrica, emite luz. Este fenómeno se lo conoce como electroluminiscencia.

Un LED es un diodo que permite el paso de la corriente eléctrica en un solo sentido, se encuentra compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor, el mismo que cuando se encuentra polarizado correctamente, emite luz de un solo color en un rango angosto de frecuencias. El color emitido desde un LED es identificado por la longitud de onda pico, la cual es medida en nanómetros (nm).

Se debe tener muy en cuenta, que la longitud de onda de pico, o lo que es lo mismo, el color de la luz, depende del material semiconductor utilizado en la construcción del diodo y del tipo de dopante (impurezas) que se le agregue, y

puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible, y terminando en el infrarrojo.

El diodo y su correspondiente circuito eléctrico se encapsulan en una cubierta plástica, de mayor resistencia que las de vidrio , de resina epoxi o cerámica según las diferentes tecnologías, y que además funciona como un sistema óptico (lente), que enfoca la luz producida. Este encapsulado consiste en una especie de cubierta sobre el dispositivo y en su interior puede contener uno o varios LED'S. Aunque el plástico puede ser de colores, es solo por razones de estética, esto no tiene nada que ver con el color de la luz que emite.

La mayoría de los LED'S son producidos usando una base de cristal de galio que difiere en uno o más materiales tales como el fósforo para producir distintos colores.

Los diodos consisten de dos capas de cristal, cada una formada por dos a tres elementos. Las combinaciones más comunes incluyen InGaAlP (Indio Galio Aluminio Fosfuro), AlGaAs (Arseniuro de Galio y Aluminio), AlGaP (Fosfuro de Aluminio y Galio), GaN (Nitruro de Galio), con una variedad de otras combinaciones que se utilizan para aplicaciones especiales.

2.2.1.1.2 COMPOSICIÓN DE LOS LED (COLORES DE LOS LED'S)

En la actualidad existen diodos LED'S de distintos colores, incluso de colores que los humanos no podemos ver, los mismos que dependen del material semiconductor con el que fueron fabricados, se tiene de color rojo, verde, azul, amarillo, ámbar, infrarrojo, y muchos más.

A continuación se describe brevemente como se encuentran formados cada uno de los LED'S dependiendo del color que emiten.

LED INFRARROJO: Formado de arseniuro de galio (GaAs), con una longitud de onda de $940\ \mathrm{nm}$ (no visible)

LED ROJO: En sus inicios tuvo dos combinaciones:

La primera se encuentra constituida por la combinación de Galio, Arsénico y Fósforo (GaAsP), con lo cual se obtiene un LED rojo de una intensidad relativamente baja, y con una longitud de onda de unos $650\ \text{nm}$ (20mA).

La segunda está basada en la combinación de Galio con el Fósforo (GaP), de lo cual se obtiene una longitud de onda de unos 700nm, sin embargo a pesar de que la eficiencia de conversión es más elevada que la GaAsP, su frecuencia de emisión se encuentra muy cerca del infrarrojo, la cual es una zona en la que el ojo no es muy sensible, y por lo tanto el LED parece tener bajo brillo a pesar de su superior desempeño de conversión.

Actualmente se emplea los LED'S de Arseniuro de Galio y Aluminio (GaAlAs) debido a su mayor luminosidad, con un máximo de radiación en la longitud de onda $660\ nm$.

LED ANARANJADO Y AMARILLO: Al igual que el LED rojo, estos se encuentran compuestos de Galio, Arsénico y Fósforo (GaAsP), pero en este caso para conseguir estas luces de longitud de onda más pequeña, lo que se hace es ampliar el ancho de la "banda prohibida" mediante el aumento de fósforo en el semiconductor, con una longitud de onda de entre $630\ \text{y}\ 720\ nm$.

LED VERDE: Formado de Fosfuro de Galio y Nitruro de Galio con una longitud de onda de entre $525\ \text{y}\ 550\ nm$.

LED AZUL: Formado por Seleniuro de Zinc (ZnSe), Nitruro de Galio e Indio (InGaN) y Carburo de Silicio (SiC), con una longitud de onda de entre $450\ \text{y}\ 480\text{nm}$.

LED ULTRAVIOLETA: Formado de diamante (C), se desconoce su longitud de onda.

La posibilidad de cambiar de colores se la conoce como "iluminación RGB" rojo, verde y azul (Red, Green y Blue por sus siglas en Inglés). Estos tres colores básicos permiten desarrollar todos los colores necesarios y existentes para lograr efectos lumínicos multicolores. La tecnología LED, por medio de un

secuenciador DMX, puede desplegar hasta 16.7 millones de colores dentro del triángulo compuesto por el rojo, verde, azul. (3)

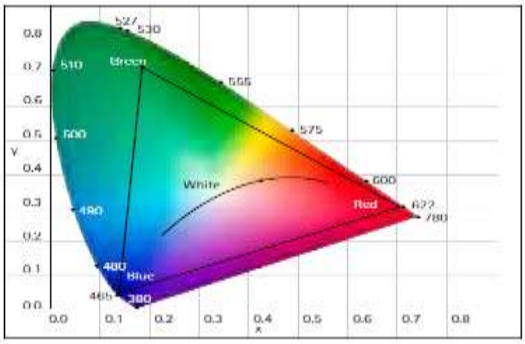


Figura 2-1 Iluminación RGB

COLOR DEL LED BLANCO

En un principio, solo se podían construir LED'S de color rojo, verde y amarillo, con poca intensidad de luz, lo que limitaba su utilización, poco después se crearon LED'S de casi todos los colores, excepto los de luz blanca, debido a que no se descubría aún el material que permitiera desarrollar un LED de luz azul, indispensable para la creación de la luz blanca.

No fue sino hasta el año 1995 que se inventaron los LED'S ultravioleta y azul, lo que dio paso al desarrollo del tan ansiado LED de luz blanca.

En los últimos años el LED blanco ha evolucionado rápidamente, por lo que se convierte hoy en día en la tecnología de iluminación que más avanza, y la que será, probablemente, la fuente dominante de luz en el futuro.

Los componentes del LED de luz blanca y las luminarias se basan normalmente en uno de los tres enfoques:

a) Modificación de la longitud de onda por fosforescencia o conversión de fosforo (UV+ fósforo) (bajo costo).

Se modifica la radiación UV a una longitud de onda visible mediante adición de una serie de fósforos en el encapsulado que absorben dicha radiación y emiten luz blanca en frecuencias visibles, es la tecnología más extendida en los LED'S blanco de alta intensidad.

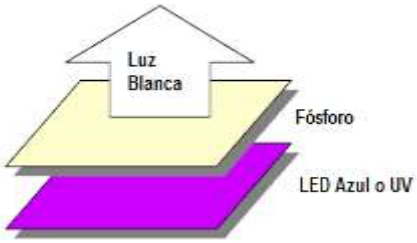


Figura 2-2 Fósforo convertido

b) El procedimiento RGB o mezcla de colores (Red-Green-Blue) (costo elevado)

Los diodos que emiten luz roja, verde y azul desarrollados con anterioridad permitieron que mediante la combinación en partes iguales de luz de los tres colores, controladas con mucha precisión mediante dispositivos adecuados, se obtenga la luz blanca.

Figura 2-3 Procedimiento RGB

c) Un enfoque híbrido que combina la conversión del fósforo y la mezcla de colores.

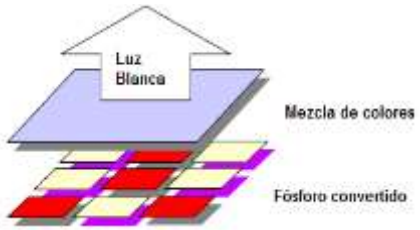


Figura 2-4 Enfoque híbrido

En la actualidad, la mayoría de los LED'S utilizan el enfoque de fósforo convertido para crear luz blanca. La luz blanca se genera mediante la mezcla de una porción de luz azul emitida directamente desde un molde de Nitruro de Galio (GaN) LED con luz amarilla de conversión descendente emitida por un fósforo. El fósforo puede estar situado en la superficie de emisión del diodo emisor de luz, dentro del encapsulado, o separado del mismo. Muchos fabricantes han logrado bajar la Temperatura de Color (CCT) e incrementar el Índice de Reproducción Cromática (CRI) mediante la mezcla de fósforo rojo con fósforo amarillo.

Dependiendo de la cantidad de fósforos y el tipo de éstos, se consigue que la luz blanca sea más o menos fría, o lo que es lo mismo, con más o menos temperatura de color. La temperatura de color (°kelvin) es la que define la blancura de la luz emitida (cálida o fría).

De esta manera se pueden conseguir LED'S de luz blanca con temperaturas de 7.000 K (luz fría), a 2.700K (luz cálida).

La temperatura de color para blancos fríos CCT = 4746-7040K, con un índice de reproducción cromática CRI = 70-80; mientras que para los blancos cálidos se tiene CCT = 2580-3710 K y CRI = 80-90.

Figura 2-5 Modificación de la longitud de onda por fosforescencia

TECNOLOGÍA LED EN ALUMBRADO PÚBLICO

Se conoce por regla general, que cuanto más fósforo se haya empleado en la obtención de LED blanco, más cálida será la luz conseguida, mayor será el Índice de Reproducción Cromática (CRI), pero tendrá una menor eficiencia.

Ahora, por el contrario, cuanto menos fósforo se haya empleado, la luz blanca generada será fría cercana al azul, con menor IRC, pero tendrá una mayor eficiencia.

De aquí la importancia de la temperatura de color, un parámetro que se debe tener muy en cuenta dentro de las características de los LED'S, la misma que como ya se dijo no tiene nada que ver con la temperatura, la vida útil o la depreciación, pero que si tiene una relación muy directa con el flujo emitido por los LED'S, y sobre todo con el efecto final que se obtendrá en una instalación exterior.

2.2.1.1.3 FUNCIONAMIENTO DE LOS DIODOS LED

El funcionamiento físico de los LED'S consiste en que, en los materiales semiconductores, un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia (banda inferior menos energética), pierde energía; esta energía pérdida se puede manifestar en forma de un fotón desprendido, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria. Ahora, esa energía también se puede manifestar en forma de calor, pero esto va a depender principalmente del tipo de material semiconductor que se esté utilizando. Cuando al polarizar directamente un diodo LED se consigue que por la unión PN sean inyectados huecos en el material tipo N y electrones en el material tipo P; O lo que es lo

mismo, que los huecos de la zona p se mueven hacia la zona n y los electrones de la zona n hacia la zona p, produciéndose por consiguiente, una inyección de portadores minoritarios.

Ambos desplazamientos de cargas constituyen la corriente que circula por el diodo. Si los electrones y huecos están en la misma región, pueden recombinarse, es decir, los electrones pueden pasar a "ocupar" los huecos, "cayendo" desde un nivel energético superior a otro inferior más estable.

Cuando estos portadores se recombinan, se produce la liberación de una cantidad de energía proporcional al salto de banda de energía del material semiconductor. Una parte de esta energía se libera en forma de luz, mientras que la parte restante lo hace en forma de calor, estando determinadas las proporciones por la mezcla de los procesos de recombinación que se producen.

La energía contenida en un fotón de luz es proporcional a su frecuencia, es decir, su color. Cuanto mayor sea el salto de banda de energía del material semiconductor que forma el LED, más elevada será la frecuencia de la luz emitida.

Para obtener como resultado una buena intensidad luminosa, y además evitar que el LED se pueda dañar, se debe tener muy en cuenta la temperatura de funcionamiento, (mientras mejor sea la disipación de calor, más larga será la vida del LED y mayor será el flujo luminoso emitido), y además elegir bien la corriente que atraviesa el LED; para ello, hay que tener muy en cuenta que el voltaje de operación va aproximadamente desde 1,8 hasta 3,8 voltios (dependiendo del material de fabricación y el color emitido de luz). Los valores de corriente que deben circular depende de la aplicación, básicamente se tiene que la corriente comprendida entre 10 y 20 miliamperios (mA) es para los diodos de color rojo, y entre los 20 y 40 miliamperios (mA) para los diodos de otros colores. (4)

Hay que tener muy en cuenta que los LED'S presentan una mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, y por el contrario, producen una mayor intensidad luminosa cuanto mayor es la corriente que circula por ellos,

es por esto que para tener una operación óptima de los mismos, se suele buscar un compromiso entre la intensidad luminosa y la eficiencia.

2.2.1.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS LED'S

Sin duda alguna una de las principales características es su eficacia. En el mercado se tienen disponibles lámparas LED que suelen alcanzar eficacias de alrededor de 70 lm / W, pero ciertos productos, tales como la lámpara L, producida por Philips, son capaces de alcanzar valores del 90 a 100 lm / W. Además han sido reportadas ciertas lámparas de prototipos con eficacias superiores a 150 lm/W. (5)

Las lámparas LED tienen las siguientes características:

- Vida útil promedio: > 50 mil horas, bajo mantenimiento
- Temperatura de color: 2700-7000 k
- Índice de rendimiento de color: CRI= 70-90 %
- Eficacia promedio: 80-100 lm/w
- Depreciación de flujo luminoso 30 – 40% (hasta 50.000 horas y después el flujo se mantiene constante)
- Temperatura de operación: – 35º a + 40º C
- Encendido y reencendido: rápido

Para el año 2030 el Departamento de Energía de EE.UU. ha estimado que la tecnología LED tendrá el potencial de producir un ahorro anual de energía de 190 teravatios-hora, lo que equivale a 24 grandes centrales eléctricas (1.000 MW).

Entre los años 2010 y 2030, el ahorro de energía acumulada se estima aproximadamente en 1.488 teravatios-hora en EE.UU. En ese mismo período, las emisiones de gases de efecto invernadero se reducirían en 246 millones de toneladas métricas, lo que equivale aproximadamente a $ 120 millones de dólares a los precios actuales de la energía. (6)

2.2.1.1.5 Componentes de luminarias LED

Como en cualquier sector, en el mercado de la iluminación LED existen diferentes productos, con distintos precios y distintas calidades, que se acomodan a las necesidades y nivel de exigencia de cada usuario.

El acelerado desarrollo de la tecnología LED y la amplitud de la oferta pueden crear confusión, por eso es necesario distinguir qué componentes influyen realmente en la calidad de una luminaria LED y de esta forma poder asegurarse de que realmente se hace una buena inversión al apostar por la iluminación eficiente.

Entender cada componente de una luminaria y su contribución al rendimiento de la luminaria en general, ayuda a resaltar las oportunidades para mejorar la eficiencia energética.

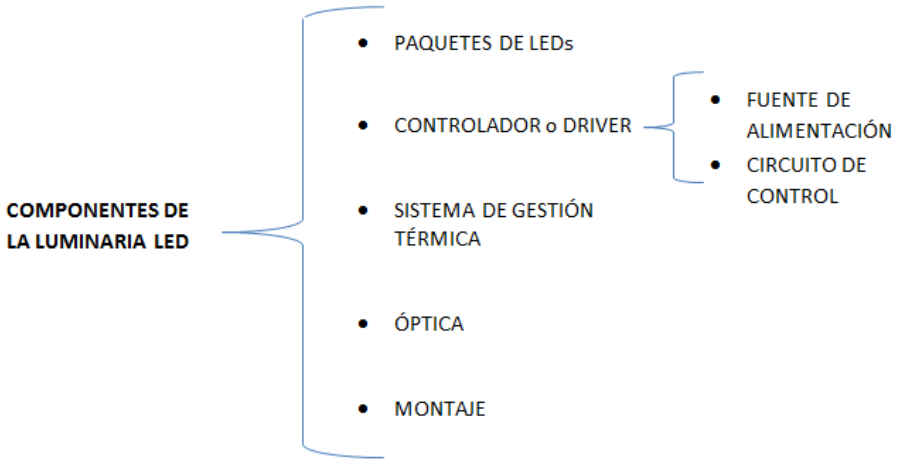


Figura 2-6 Componentes de la luminaria LED

LED: se refiere a un dispositivo semiconductor de unión pn (también conocido como chip) que emite UV incoherente, visible o radiación infrarroja cuando la polarización es directa. Es conveniente que antes de comprar una luminaria LED se investigue y pregunte por el fabricante del chip que se ha instalado, ya que de esa pequeña pieza dependerá en gran medida la calidad y duración de la lámpara.

- Paquete de LED: se refiere a un conjunto de uno o más LED'S que incluye enlace de alambre u otro tipo de conexiones eléctricas (térmicos, mecánicos, o interfaces eléctricas) y opcionalmente un elemento óptico.
- Arreglo o módulo de LED'S: se refiere a un conjunto de paquetes de LED'S (componentes), sujetos en una placa de circuito impreso o sustrato, posiblemente con elementos ópticos adicionales y las interfaces térmicas, mecánicas y eléctricas que están diseñadas para conectarse a lado de la carga del controlador de un LED.

CONTROLADOR O DRIVER DEL LED: se refiere a un dispositivo compuesto por una fuente de energía y circuitos de control del LED, diseñado para recibir la entrada de un circuito de derivación y operar ya sea un paquete de LED (componentes), o un arreglo (módulo).

- Fuente de alimentación se refiere a un dispositivo electrónico capaz de proporcionar y controlar la corriente, tensión, o potencia, dentro de los límites de diseño, ya que los LED'S no se conectan directamente a la corriente como una bombilla incandescente, sino que requieren de una fuente de alimentación previa (o convertidor de tensión), por lo que, el aprovechamiento real de la energía eléctrica de un LED depende también en gran medida de éste convertidor. Una fuente de alimentación apropiada influye en la eficiencia y la estabilidad de la luminaria.

- Circuito de control se refiere a componentes electrónicos diseñados para controlar una fuente de energía mediante el ajuste de la tensión de salida, ciclo actual o la obligación de cambiar o controlar de otro modo la cantidad y las características de la energía eléctrica suministrada a un paquete de LED (componente) o un arreglo (módulo).

SISTEMA DE GESTIÓN TÉRMICA: Es de especial importancia la gestión térmica, para que los módulos LED funcionen por debajo de la gama de temperaturas crítica, alcancen su máxima duración y desplieguen su potencia especificada durante todo el tiempo de funcionamiento.

La disipación del calor es una de las claves de la duración de un LED. Es importante explicar que los LED no emiten calor (por eso se llama luz fría), pero eso no significa que no lo generen. Es decir, el calor, al contrario que una bombilla incandescente, sale en la dirección contraria a la luz, lo que influye en la duración y funcionamiento de la lámpara LED. Por este motivo es necesario "extraer" ese calor, ya que hasta el 90 % de la energía puede llegar a perderse. Además de influir en la durabilidad, el calor también puede afectar al color y a la calidad de la luz, de ahí la importancia de una correcta disipación.

También es importante la carcasa exterior, que sea de un material ligero, resistente y que su estructura favorezca la disipación del calor, utilizando materiales como el aluminio, el magnesio.

LA ÓPTICA: La óptica es el conjunto de lentes exteriores que fijan la distribución de la luz emitida por el LED. La forma y composición de las lentes que constituyen la óptica puede modificarse en función de las necesidades de iluminación y distribución de la luz que se requieran. De esta forma, según la forma de la lente, el haz de luz puede hacerse converger o divergir. Entonces, es conveniente contar con el asesoramiento de un profesional que sugiera sobre qué tipo de óptica, es más conveniente de acuerdo al uso que se vaya a dar a la instalación LED.

2.2.1.1.6 LED: Indicadores de eficiencia

La eficiencia de conversión de potencia radiada en luz útil, se deriva de la capacidad de respuesta óptica del ojo humano. Esta fuente de ineficacia es la diferencia entre un espectro óptimo para un determinado CCT y CRI, y el espectro de la luz generada por el paquete de LED o luminaria.

La eficacia de la luminaria, es la relación de los lúmenes de salida con respecto a la energía eléctrica consumida por la luminaria. La eficacia del paquete de LED se refiere a la relación de los lúmenes fuera del paquete para la potencia aplicada al paquete, a una temperatura ambiente. Es importante tener en cuenta que el rendimiento de la luminaria es el que determina en última instancia el ahorro real de energía.

La eficiencia de conversión del fósforo, se refiere a la eficiencia con la que los fósforos convierten la longitud de onda de la luz absorbida. La eficiencia de fósforo incluye la eficiencia cuántica del fósforo y la pérdida de Stokes del proceso de conversión.

La eficiencia por mezcla de color, se refiere a las pérdidas sufridas mientras se mezclan los colores con el fin de crear la luz blanca. Esta eficiencia también es responsable de las pérdidas de dispersión y absorción en el fósforo y el encapsulante del paquete. La eficiencia puede ser descrita como la relación de los fotones que salen del encapsulante con respecto a los que se inyectan en él.

La eficiencia del controlador (Driver), representa la eficiencia de la electrónica en la conversión de la potencia de entrada de 120 V de corriente alterna a baja tensión de corriente continua, así como los controles necesarios para ajustar los cambios en las condiciones (por ejemplo, temperatura o edad), también como para mantener el brillo y el color o para el control activo del sistema de iluminación.

2.2.1.1.7 El costo de las fuentes de luz

Los precios de las fuentes de luz son típicamente comparados con un precio por base en kilolumen. Los costos iniciales para las lámparas han caído considerablemente durante el 2011, pero sigue siendo el reto SSL (**SOLID STATE LIGHTING)** en el mercado: Sobre una base normalizada de salida de luz (dólares por kilolumen), las lámparas LED se encuentran alrededor de doce veces el costo de la bombilla halógena y de tres veces el costo de un equivalente de una lámpara fluorescente compacta (CFL), pero el precio de las lámparas LED se espera que continúe su rápido descenso y el rendimiento por el contrario que siga mejorando. Como consecuencia de ello, las fuentes de luz LED se proyectan a ser cada vez más competitivas en base al costo inicial.

PORCENTAJE DE COSTOS

Como ya se mencionó, la luminaria está integrada por cinco componentes y en base a estos se tiene el porcentaje de costos por cada uno dentro del costo total. Cabe señalar que el desglose de costos relativos variará dependiendo del tipo de luminaria ya sea para interior o exterior. La figura 2-8 muestra el porcentaje de costos de una lámpara para exterior.

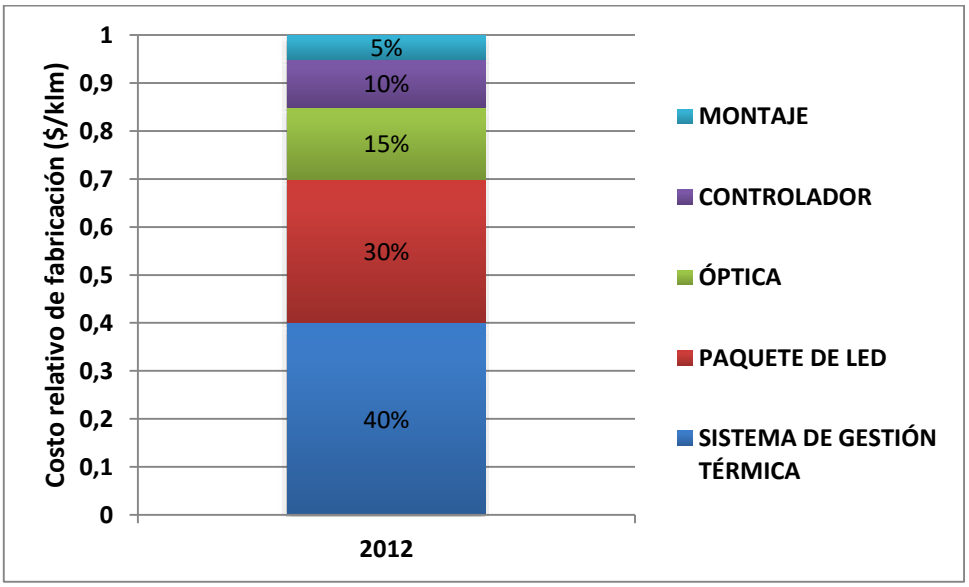


Figura 2-7 Porcentaje de costos para una lámpara LED

PRECIOS LÁMPARA LED

La iluminación exterior es un área donde los costos de ciclo de vida son una consideración muy importante. En los últimos años, el precio base para LED de exteriores que ofrecen alrededor de 8,000-10000, (es decir, sustituciones típicas de sodio de alta presión de 150W o 175W de halogenuros metálicos) se ha reducido de $150\ \$ / \text{klm}$ a $80\ \$ / \text{klm}$ y la eficacia ha aumentado de $50\ \text{lm} / \text{W}$ a $80\ \text{lm} / \text{W}$. En relación con la reducción del mantenimiento sobrecargado y menor consumo de energía, el período simple de recuperación para muchas instalaciones ha alcanzado alrededor de 8-10 años. (7)

2.2.1.2 TECNOLOGÍA OLED

La tecnología de diodos orgánicos emisores de luz (Organic Light Emitting Diodes - OLEDs) es una opción promisoria en la búsqueda de dispositivos lumínicos más eficientes. El interés de la industria en los OLEDs ha representado en la última década un avance bastante significativo en la construcción de dispositivos más brillantes y eficaces. Las primeras aplicaciones comerciales de los OLEDs se dieron en las pantallas de dispositivos móviles y televisores. Además, los OLEDs son excelentes postulantes para la iluminación de estado sólido, ya que a la fecha se han alcanzado eficiencias aceptables en OLEDs que emiten luz blanca que hacen viable la aplicación en este campo.

Es sabido que la iluminación fluorescente y los dispositivos LEDs no alcanzan un nivel de calidad lumínica muy elevado. Por un lado, la luz fluorescente tiene un déficit en cuanto a la emisión de tonos rojos, mientras que los LEDs entregan una iluminación con fuerte influencia de tonos azulados, aportando una excesiva frialdad a los espacios.

Esto no sucede en el caso de los OLED, que teniendo en cuenta la diversidad de materiales empleados en su fabricación permiten obtener una mejor calidad de luz blanca.

2.2.1.2.1 LED ORGANICO

Un diodo orgánico emisor de luz (OLED) es un dispositivo opto-eléctrico que consiste en un diodo que contiene una capa electroluminiscente basada en sustratos orgánicos, los cuales generan y emiten luz bajo estimulaciones eléctricas. Los OLEDs funcionan con tensiones muy bajas, del orden de 3 a 5 V.

2.2.1.2.2 ESTRUCTURA DE LOS OLEDS

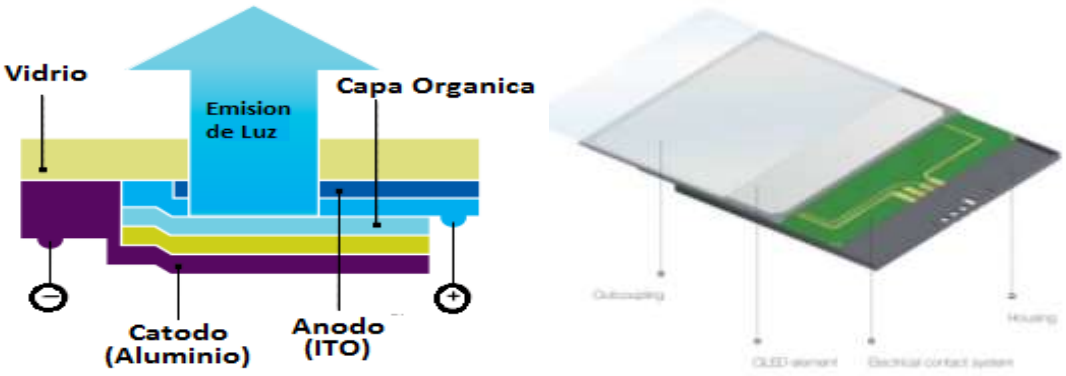


Figura 2-8 Estructura básica de un OLE

Como un LED, los OLED son dispositivos semiconductores de estado sólido, compuesto por finas capas orgánicas: capa de emisión y capa de conducción, que a la vez están comprendidas entre una fina película que hace de terminal ánodo y otra igual que hace de cátodo. En general las capas de emisión y conducción están hechas de moléculas o polímeros que conducen la electricidad. Sus niveles de conductividad eléctrica van desde los niveles aisladores hasta los conductores, y por ello se llaman semiconductores orgánicos.

2.2.1.2.3 MATERIAL ORGÁNICO EMPLEADO

El uso de materiales orgánicos en dispositivos emisores de luz es sin duda bueno, debido a su amplia variedad y relativa facilidad en el control de su composición cambiando químicamente sus propiedades. En la última década, los emisores fosforescentes más utilizados han sido los complejos de iridio, entre los materiales fosforescentes más eficientes y versátiles.

Estos muestran una alta eficiencia debido al pequeño tiempo de vida media del estado triplete. La elección de los materiales orgánicos y la estructura de las capas determinan las características de funcionamiento del dispositivo: color emitido, tiempo de vida y eficiencia energética.

2.2.1.2.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Si se aplica una diferencia de potencial a través del oled de manera que el ánodo sea positivo respecto del cátodo, esto causa una corriente de electrones que fluye en sentido ánodo - cátodo. Así, el cátodo inyecta electrones a la capa de emisión y el ánodo los sustrae de la capa de conducción. Seguidamente, la capa de emisión comienza a cargarse negativamente, mientras que la capa de conducción se carga con huecos. Las fuerzas electrostáticas atraen a los electrones y a los huecos, los unos con los otros, y se recombinan. Esto sucede más cerca de la capa de emisión, porque en los semiconductores orgánicos los huecos se mueven más que los electrones.

La recombinación es el fenómeno en el que un átomo atrapa un electrón. Dicho electrón pasa de una capa energética de mayor valencia a otra menor, liberándose una energía igual a la diferencia entre energía inicial y final, en forma de fotón. La energía que posea el fotón generado será la responsable del color de la luz emitida, que se detecta a través del electrodo ánodo.

Además la recombinación causa una emisión de radiación a una frecuencia que está en la región visible, y se observa un punto de luz de un color determinado. La suma de muchas de estas recombinaciones, que ocurren de forma simultánea, es lo que se llama imagen.

El color de la luz depende del tipo de molécula orgánica en la capa emisiva. La intensidad o el brillo de la luz dependen de la cantidad de corriente eléctrica aplicada. Mientras más corriente, más brillante es la luz.

2.2.1.2.5 TIPOS DE OLEDs

Hay varios tipos de OLEDs, siendo los principales:

- OLEDs de matriz pasiva
- OLEDs de matriz activa

Estos a su vez se pueden dividir o pueden ser:

- OLEDs transparentes
- OLEDs de tapa emisiva
- OLEDs plegables o flexibles
- OLEDs blancos

A) OLED DE MATRIZ PASIVA (PMOLED).

Los PMOLEDs (figura 2-10) están formados por tiras de capas orgánicas. Las tiras del ánodo son perpendicularmente dispuestas a las tiras del cátodo. Las intersecciones del cátodo y del ánodo componen los pixeles donde se emite luz. Las películas finas del material orgánico son activadas para emitir luz aplicando señales eléctricas a las líneas señaladas de filas y columnas. El brillo de cada pixel es proporcional a la cantidad de corriente aplicada.

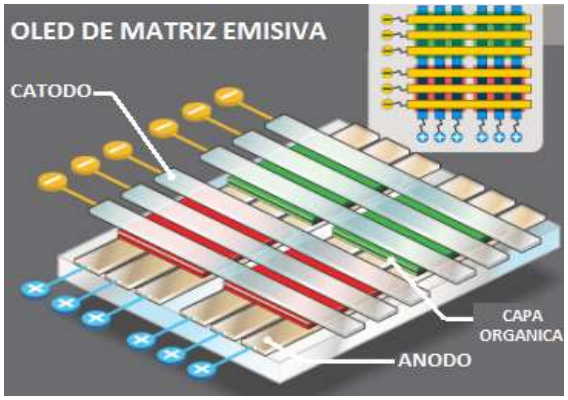


Figura 2-9 OLED de matriz pasiva

B) OLED DE MATRIZ ACTIVA (AMOLED)

Un AMOLED (figura 2-11) posee capas completas de cátodos, moléculas orgánicas y ánodos, pero una matriz formada por los recubrimientos de la capa del ánodo y una Película Fina de Transistor (TFT). El arreglo TFT es el circuito que determina que pixeles permanecen encendidos para formar una imagen.

Dos son las tecnologías principales utilizadas en el backplane TFT de los AMOLEDs, poli-silicio (Poli-si) y amorfo-silicio (a-Si)

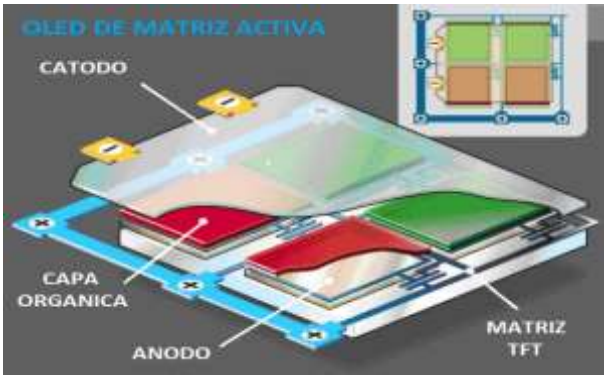


Figura 2-10 OLED de matriz activa.

C) OLED TRANSPARENTE

Los OLEDs transparente (figura 2-12) utilizan un terminal transparente para crear pantallas que pueden emitir en ambas caras consiguiendo ser transparentes, tienen solamente componentes transparentes (sustrato, cátodo y ánodo) y, cuando está apagado, es hasta 85 por ciento tan transparente como su sustrato.

Los OLEDs transparente pueden mejorar enormemente el contraste con el entorno, haciendo fácil el poder ver las pantallas con la luz del sol.

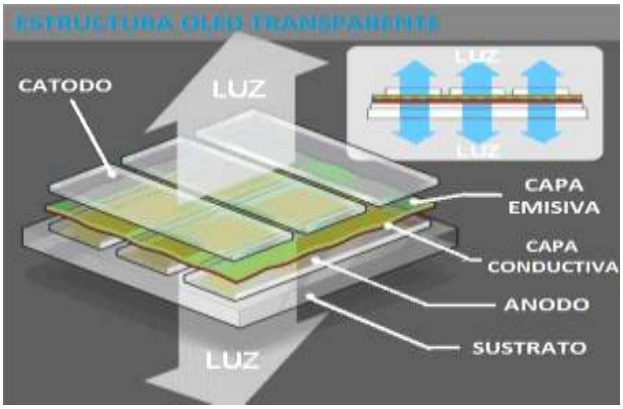


Figura 2-11 Estructura de un OLED transparente.

D) OLED DE TAPA EMISIVA

Los OLEDs de tapa emisiva (figura 2-13) pueden tener un sustrato que sea opaco o reflexivo. Son más adecuados en el diseño de matriz activa.

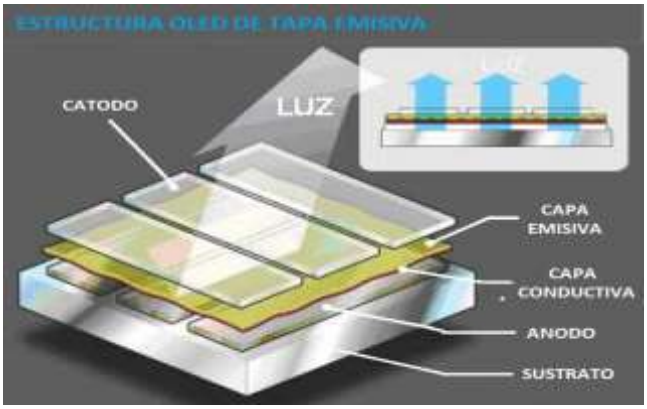


Figura 2-12 Estructura de un OLED de tapa emisiva.

La tecnología transparente y de tapa emisiva utilizan una estructura de contacto transparente para crear displays que puedan ser transparentes, es decir, tanto la superficie superior como la inferior sean emisivas o, exclusivamente sean de tapa emisiva (ver la figura 2-14).

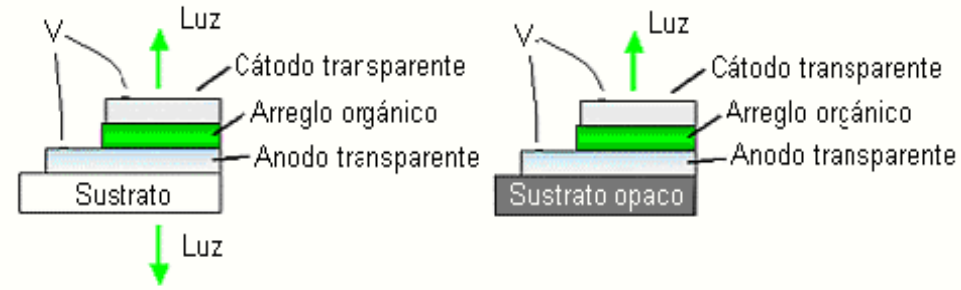


Figura 2-13: **Analogía entre un OLED transparente y un OLED de tapa emisiva.**

E) OLED PLEGABLE O FLEXIBLE

Un OLED plegable o flexible (figura 2-15) tiene sustratos hechos de hojas plásticas o metálicas muy flexibles. Los OLEDs plegables son muy ligeros y duraderos. Su utilización en dispositivos tales como teléfonos celulares y PDAs puede reducir los daños causados por golpes, que es una causa importante para la devolución y reparación.

Potencialmente, los displays plegables de OLED se pueden coser en telas para la confección de ropa "inteligente o smart", tal como ropa de supervivencia con un chip de computadora integrado, un teléfono celular, un receptor GPS37 y un display OLED cosido en ella.

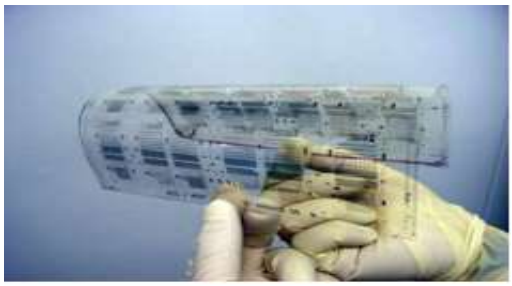


Figura 2-14: **OLED flexible.**

F) OLED BLANCO

Los OLEDs blancos (figura 2-16) emiten luz blanca que es más brillante, más uniforme y más eficiente en consumo de energía que la emitida por las luces fluorescentes. Los OLEDs blancos también tienen la calidad del verdadero color de la iluminación incandescente. Debido a que los OLEDs se pueden hacer en hojas grandes, pueden sustituir las luces fluorescentes que se utilizan actualmente en hogares, edificios y exteriores. Su uso podría potencialmente reducir los costos energéticos por iluminación.

Figura 2-15: **OLED blanco.**

Una gran ventaja de los OLED es la capacidad de sintonizar la emisión de luz a cualquier color que desee y cualquier tono de color o la intensidad, incluyendo el blanco. Lograr el índice de reproducción del color alto (CRI) cerca de 100.

Los OLED verdes y rojos tienen mayores tiempos de vida (30000hrs), sin embargo el azul no es tan duradero (10000). (5)

Los módulos OLED, proporcionan al diseñador mucha más libertad de expresión para generar atractivas instalaciones como sistemas de iluminación arquitectónica. Su diseño extremadamente fino es perfecto para conseguir elegantes y estéticas.

Son una fuente de luz plana, emisores de luz difusa que permitirán iluminar grandes superficies. No necesitan elementos de distribución de luz, reduciendo así el costo para la iluminación de los paneles. Los OLEDs son idóneos para grandes zonas donde se requieran potentes fuentes de luz plana.

El uso de grandes espacios con OLED redundará en una mayor eficiencia con un menor consumo energético. Una bombilla de luz OLED, por ejemplo, es en realidad una fina capa de material que emite luz blanca brillante, pero además los OLEDs pueden ser flexibles, transparentes, permitiendo todo tipo de aplicaciones de iluminación.

Un OLED es capaz de obtener la misma producción de luz blanca que un dispositivo de iluminación incandescente, aunque con una eficiencia y rendimiento energético superior que obtienen el resto de las tecnologías disponibles hasta hoy.

Figura 2-16: **Últimos prototipos de Philips y OSRAM.**

2.2.1.2.6 CARACTERÍSTICAS

Los OLEDs tienen las siguientes características:

- Vida útil promedio: entre 10 y 30 mil horas
- Eficiencia promedio: 65lm/w
- Índice de rendimiento de color: CRI=90
- Temperatura de color: 2700-4000 k

2.2.2 TECNOLOGÍA PLASMA

Para una mejor comprensión, se definir el PLASMA.

Se denomina plasma al cuarto estado de la materia, es similar al gas, pero en el cual las átomos y moléculas se encuentran fuertemente ionizadas, se encuentra compuesto de iones positivos, iones negativos, y además de átomos eléctricamente neutros pero "excitados", los mismos que se desexcitan emitiendo radiación electromagnética característica visible o bien, invisible como ultravioleta (UV) y/o infrarroja (IR).

Al igual que el gas, no tiene una forma o un volumen definido, a no ser que esté encerrado; pero a diferencia del mismo, el plasma al verse influenciado por un campo magnético puede formar estructuras como filamentos, rayos y capas dobles.

Los átomos de este estado se mueven libremente; cuanto más alta es la temperatura más rápido se mueven los átomos en el gas y en el momento de colisionar la velocidad es tan alta que se produce un desprendimiento de electrones.

2.2.2.1 Tecnología plasma: nuevo alumbrado eficiente

Si bien esta tecnología al carecer de partes móviles, cae dentro de la categoría SSL (Solid State Lighting) ya mencionada anteriormente, no se trata de LED, pues la diferencia fundamental radica en que los LED'S utilizan el dispositivo de estado sólido en sí mismo para la generación de la luz, mientras que las fuentes de plasma utilizan los elementos de estado sólido para generar RF (radio frecuencia) para alimentar una fuente de luz de plasma.

Esta tecnología ofrece muchas de las ventajas presentadas por los LED, pero de la misma manera varias diferencias básicas especialmente en su funcionamiento. Las características que comparte con los LED'S son: la gran fiabilidad que brindan los dispositivos de estado sólido, la direccionalidad de la luz que generan, y la posibilidad de atenuarlas de forma instantánea. Por otro lado las diferencias son que el plasma tiene una densidad lumínica mucho mayor, y que ofrece un espectro de color completo con CRI muy alto, es decir: el color de la luz que genera es muy parecido al de la luz natural, y sobre todo que es una tecnología superior en lo que respecta a la eficiencia energética, esto se debe a que el espectro electromagnético de estas lámparas es muy similar al sol.

Esta tecnología es capaz de combinar la fiabilidad de la tecnología de estado sólido con el brillo del espectro completo que ofrecen las Fuentes de HID (Descarga de Alta Intensidad); por este motivo, se la conoce como: Fuente de luz de alta intensidad de estado sólido.

Plasma emisor de luz (LEP): son lámparas de alto rendimiento, mucho más eficientes energéticamente que halogenuros metálicos o HID. Ideal para alumbrado público, LEP pueden reducir el consumo de energía hasta en un 70 por ciento. Mejor aún, mantienen más del 80% de sus niveles iniciales de luz para 50.000 horas, lo que reduce significativamente los costos de mantenimiento. (8)

Uno de los principales beneficios del LEP sobre LED y HID es la capacidad de escalar en rendimiento lumínico sin perder eficiencia y el aumento de la sobrecarga del sistema, como el tamaño y el costo. Adicionalmente estas lámparas emiten una luz de espectro blanco completo, sin la necesidad de una conversión secundaria de fósforo, tales como los utilizados por las fuentes LED o de inducción. La iluminación natural generada por la fuente LEP mejora considerablemente la visibilidad y la apariencia de color, con un CRI hasta 92%.

Las fuentes LEP pueden ser utilizadas para lograr la eficiencia de aplicación más efectiva que HID, iluminación de inducción o LED debido a su direccionalidad y tamaño. La fuente direccional evita que la luz quede atrapada en el interior de

una luminaria. Incluso con una amplia operación durante largos períodos de tiempo, las lámparas de cuarzo LEP no muestran oscurecimiento en las paredes, fenómeno que afecta a las lámparas de halogenuros metálicos tradicionales y HPS.

Las lámparas de plasma no son más que una fuente luminosa artificial de última generación, y físicamente son ampollas de cristal de cuarzo que se encuentran rellenas de una mezcla de gases inertes (argón, criptón) a baja presión que al aplicarle una tensión conducen y generan una luz brillante y visible en forma de plasma donde su color e intensidad varía en función del gas con el que estén cargadas, la presión interna y de la alta tensión aplicada.

2.2.2.2 FUNCIONAMIENTO

Estas fuentes crean emisores de luz de plasma mediante el acoplamiento de radio-frecuencia (RF) en una bombilla de cuarzo sin electrodos. La energía de RF se crea y se amplifica por medio de un circuito de RF que es accionado por un amplificador de potencia de estado sólido. Los tres pasos siguientes describen el proceso de generación de luz en todos los sistemas plasma emisor de luz:

Paso 1: Un circuito de RF se establece mediante la conexión de un amplificador de potencia de RF a una cavidad resonante de cerámica (disco).

En el centro de la cavidad está una bombilla sellada de cuarzo que contiene materiales consistentes de lámparas de halogenuros metálicos.

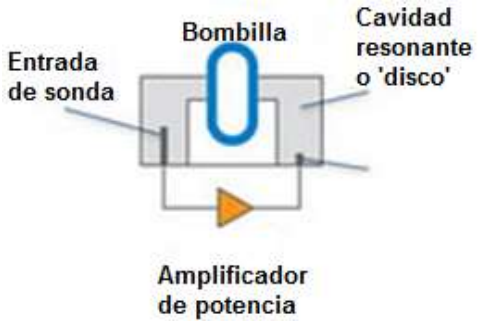


Figura 2-17: Paso 1

Paso 2: El disco, accionado por el amplificador de potencia, crea una onda estacionaria limitada dentro de sus paredes. El campo eléctrico es más fuerte en el centro de la bombilla que ioniza los gases que se encuentran dentro de la misma (resplandor violeta).

Figura 2-18: **Paso 2**

Paso 3: El gas ionizado a su vez, calienta y evapora el material de halogenuros metálicos que forman una columna de plasma brillante dentro de la bombilla (azul a luz brillante blanca). Esta columna de plasma está centrada dentro de la envoltura de cuarzo e irradia la luz de manera muy eficiente. En la parte trasera de la bombilla, un polvo altamente reflectante se utiliza para reflejar casi toda esta luz en la dirección de avance.

Figura 2-19: **Paso 3**

En términos simples, un LEP consta de dos partes fundamentales:

I.- Emisor resonante de cerámica que tiene dos principales funciones:

a) Proporcionar un medio de soporte y fijación de la cápsula de cuarzo.
b) Direccionar una señal de radio frecuencia para generar y concentrar un campo magnético de alta intensidad dentro de la cápsula de cuarzo.

II.- Amplificador electrónico de radio frecuencia que emite una señal de muy alto rango hacia el emisor resonante de cerámica, el cual tiene las siguientes características:

- Voltaje universal de alimentación: 120 – 277 V
- Factor de potencia: 98 %
- Distorsión total de armónicas: <10%
- Frecuencia de operación: 2 -3 GHz
- Potencia de consumo: 10% de la potencia de lámpara

Aunque pequeño, este producto emite luz blanca brillante suficiente para permitir a los diseñadores de iluminación reducir la cantidad de luminarias necesarias en la mayoría de los casos. LEP es la única fuente de alta intensidad de luz que puede atenuarse hasta alcanzar el 20% y volver a su máxima intensidad en una fracción de segundo. Esta capacidad proporciona una gran oportunidad para ahorrar energía y reducir los costos de operación cuando se combina con un sensor.

2.2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS PLASMA

Las lámparas de plasma tienen las siguientes características:

- Vida útil promedio: > 50 mil horas
- Temperatura de color: Tc = 4000-7000K
- Índice de rendimiento de color: CRI= 92%
- Eficiencia promedio: 115 – 150 lm/w
- Depreciación del flujo luminoso: baja (<2%, después de 10.000 horas)
- Temperatura de operación: – 40º a + 50º C

2.2.3 TECNOLOGÍA BIO-LED

La bioluminiscencia, o la capacidad de muchos seres vivos de producir luz y brillar en la oscuridad, es un fenómeno totalmente natural que lleva años fascinando a los científicos. Unos físicos electro-ópticos de Taiwán han descubierto que las nanopartículas de oro pueden inducir la bioluminiscencia en

las hojas de las plantas, lo que permitiría, que los árboles generen un brillo que podría alumbrar por sí mismos calles y carreteras.

Los nano-materiales son bien conocidos por sus interesantes propiedades físico-químicas. Recientemente, las nano-partículas de metales nobles han atraído la atención, debido a sus propiedades ópticas de resonancia de plasmón superficial. La resonancia de plasmón superficial produce puntos calientes de luz debido a un campo electromagnético más fuerte. Debido a su baja toxicidad, facilidad de emisión, y una fuerte y sintonizable resonancia de plasmón superficial. Estas nanopartículas convierten un material absorbente de luz en emisor y al introducirlas en las plantas se consigue que brillen proyectando luz a su alrededor.

Las plantas se convertirían no sólo en valiosos sumideros de CO2, sino también en generadores de energía lumínica ilimitada para nuestro futuro. Los científicos taiwaneses descubrieron mientras estudiaban nuevos compuestos para lograr diodos emisores de luz (LED) más eficientes.

La iluminación LED ha sustituido a las fuentes de luz tradicionales en el alumbrado público de las carreteras y calles. Sin embargo, una gran cantidad de diodos emisores de luz, blanca sobre todo, utiliza polvo de fósforo para estimular longitudes de onda diferentes. Pero el polvo de fósforo es tóxico y su precio es caro.

El Dr. Yen-Hsun Wu y su equipo han descubierto un método para reemplazar el polvo de fósforo por partículas de oro, se trata de diodos emisores de bio luz (LEDs biológicos) que absorben CO2 de la atmósfera durante las 24 horas del día.

En su investigación, el Dr. Yen-Hsun Wu implantó nanopartículas de oro en la Bacopa caroliniana, una planta acuática de agua dulce, la solución de nanopartículas, se difunden en las células de la planta después de un día o dos. Las plantas se exponen a los rayos ultravioleta, que activan los electrones en las nanopartículas y hacen que se emita una luz ultra-violeta. Esa luz, a su vez hace que la clorofila emita luz roja.

La clorofila, el pigmento fotosintético que da a las hojas su color verde característico, es ampliamente conocida por su capacidad de absorber ciertas longitudes de onda de la luz. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, tales como la exposición a la luz ultravioleta, la clorofila puede también producir una luz propia. Cuando se expone a la luz con una longitud de onda de unos 400 nanómetros de la clorofila color normalmente verde se ilumina en rojo.

Entonces con las nanoparticulas se consiguió la luz violetra, cuando las longitudes de onda más cortas de la luz, invisible para el ojo humano, llegó a las nanopartículas de oro, se excitan y empiezan a brillar violeta. Esa luz violeta golpea las moléculas de clorofila cercano, lo excita, y la clorofila produce entonces la luz roja.

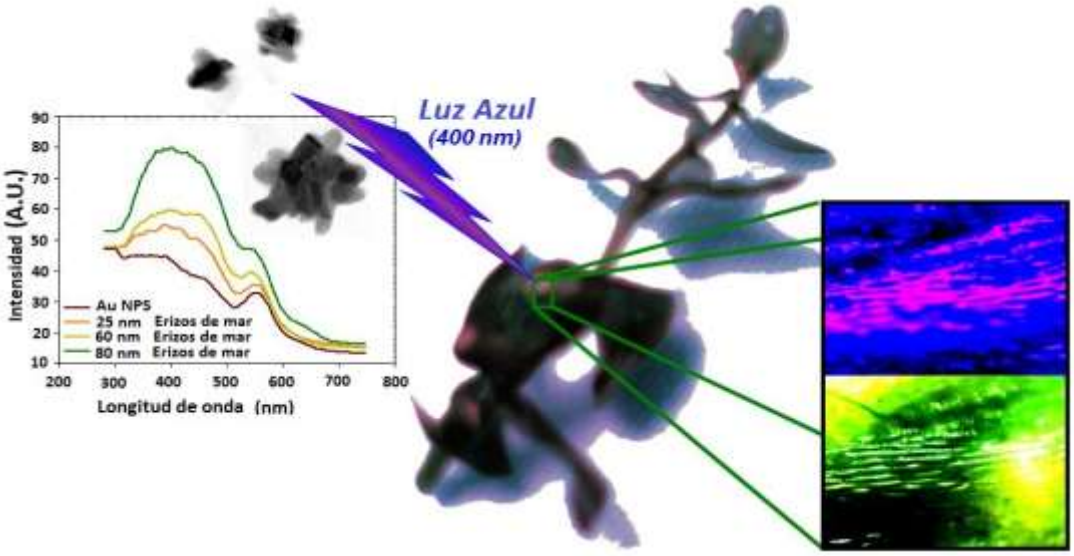


Figura 2-20: **Esquema de Bio-LED**

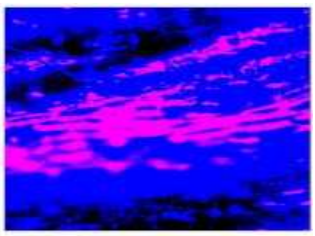


Figura 2-21: **Haz de luz es la bioluminiscencia de hoja llevada a cabo por las nanopartículas de oro en campo oscuro.**

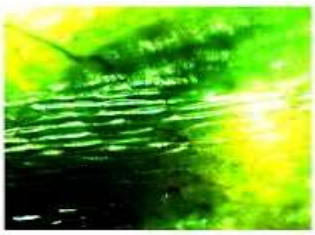


Figura 2-22: **Hojas a los rayos de luz blanca en la misma zona.**

En el futuro, la iluminación Bio-LED puede ser utilizada para iluminar los caminos y las calles, permitiendo alcanzar fácilmente tanto las metas de ahorro de energía como las de protección del medio ambiente, absorbiendo dióxido de carbono, ya que la luminiscencia Bio-LED hará que los cloroplastos realicen más fotosíntesis

Figura 2-23: **Arboles cubiertos con Bio-LED**

El brillo dorado de las luces de la calle pronto podría ser reemplazado por la fluorescencia verde de las hojas de los árboles y será capaz de elimina el CO2 de la atmósfera las 24 horas del día.

Un día, en realidad se podría tener una planta decorativa de oro corriendo por sus venas, brillando en nuestra sala de estar.

Más investigación sobre este tema es necesaria, porque existen varias cuestiones que están por resolver como; el costo que es un factor que tendrá que asumir un mantenimiento seguro, y otros costos involucrados en la creación de una Bio-LED.

La eficiencia del Bio-LED no es lo suficientemente alto para un dispositivo comercial. El principio de Bio-LED debería funcionar en otras plantas también, y podría ser utilizado como decoración, o incluso como una fuente de luz tenue.

Este descubrimiento, aún por desarrollar y analizar más profundamente, abre un abanico enorme de preguntas como:

¿Qué efectos tiene la introducción de nanopartículas de oro en el interior de las hojas de los árboles?, ¿Tiene efectos secundarios?,¿Contraindicaciones?

2.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Una de las crecientes preocupaciones de la humanidad en las últimas décadas ha sido el uso de recursos no renovables para la obtención de energía; de hecho, la progresiva toma de conciencia en las generaciones actuales ha permitido sumar esfuerzos que posibilitan lentamente cambiar hacia el uso de los últimos desarrollos tecnológicos que involucran nuevas fuentes de energía y emplean dispositivos eficientes. La creación de nuevos dispositivos electrónicos es en la actualidad de alta relevancia, ya que diversas compañías y grupos de investigación en muchas universidades del mundo incrementan cada día sus esfuerzos dirigidos a la consecución de un planeta ecológicamente más limpio.

El modelo de consumo energético actual, que se satisface mediante la combustión de fuentes de energía no renovables es insostenible, debido a que los yacimientos de las reservas de esos combustibles se están agotando.

Además éste proceso de combustión trae asociado la emisión de enormes cantidades de contaminación atmosférica de varios tipos, que dependen de la sustancia utilizada, estos son: dióxido de carbono (CO2), dióxido de azufre (SO2) y óxidos de nitrógeno (NOx), entre otras.

Los grandes esfuerzos para combatir la contaminación y las emisiones de GEI, sumado a la disminución gradual de las reservas de combustibles fósiles y su respectiva elevación de los precios, son razones que han despertado un inmenso interés en el uso de fuentes de energía renovables en los últimos años.

En el Ecuador se está dando serios pasos para que la matriz de generación de energía eléctrica se diversifique, según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, hasta el año 2020, se prevé un escenario del 80% de hidroelectricidad, complementado por un 10% de otro tipo de energías renovables (solar, eólica, etc.).

A más de ello, la creciente posibilidad de financiar proyectos vinculados a las energías renovables, a través de los Mecanismos de Desarrollo Limpio hace ver un posicionamiento cada vez más interesante de las fuentes no convencionales en el Ecuador.

Si bien al hablar de energías renovables se está haciendo referencia a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, y aplicables en cualquier situación, existen energías renovables que están completamente descartadas para su uso a pequeña escala, como son: la hidroeléctrica, geotérmica y mareomotriz. Sin embargo la energía solar por su parte, se presenta como la mejor opción para pequeñas aplicaciones, y es que cada vez es más común ver paneles instalados en los techos de los hogares, en los postes de alumbrado público, en parques, etc, por las facilidades que estos prestan al momento de tener un autoabastecimiento.

Energía Solar es una palabra muy común hoy en día, ésta energía es una de las energías renovables que se presentan como una alternativa a las fuentes tradicionales, resultaría irracional no intentar aprovechar, por todos los medios posibles esta fuente energética gratuita, e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

2.3.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ALUMBRADO

La energía solar fotovoltaica es utilizada para proveer una fuente de energía limpia, económica, disponible en el sitio, para diferentes aplicaciones de iluminación, entre las que se encuentra el alumbrado público, la iluminación de espectáculos, y de áreas recreativas. Los sistemas de alumbrado público solar

son sistemas que bien diseñados y con el adecuado mantenimiento entregan iluminación confiable y gratuita por muchos años.

2.3.2 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación directa de los rayos del sol (energía solar), y su transformación en energía eléctrica mediante un dispositivo electrónico denominado célula fotovoltaica.

La cantidad de energía eléctrica que un sistema fotovoltaico produce depende principalmente de dos factores:

-La cantidad de luz solar incidente;

-La eficiencia del sistema fotovoltaico para convertir esa luz en electricidad.

2.3.3 EQUIPOS PRINCIPALES

2.3.3.1 Células fotovoltaicas

Están realizadas con materiales semiconductores generalmente a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos. Estos semiconductores son tratados con el fin de formar dos capas dopadas diferente (tipo n y tipo p), que forman un campo eléctrico, dando lugar a una cara positiva y otra negativa, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 V, utilizando como materia prima la radiación solar.

Cuando la luz solar (fotones) inciden sobre una célula FV, pueden ocurrir tres casos: ser reflejados por la superficie de la célula, absorbidos (generando un par electrón-hueco), o pasar a su través (si su energía es inferior al ancho de la banda prohibida). Ahora, al ser absorbido un fotón, su energía se transfiere a un electrón de un átomo del material semiconductor. Con esta energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada al átomo para formar parte de una corriente eléctrica en un circuito eléctrico. Solamente los fotones que son absorbidos pueden generar electricidad, y son aquellos fotones con una energía superior a la banda prohibida, resultando el material transparente para el resto.

Las células solares se componen de las siguientes partes:

-Materiales semiconductores

-Malla metálica superior, encargada de colectar los electrones fotogenerados del semiconductor, corresponde a la terminal negativa y la malla posterior que corresponde a la terminal positiva, encargada de acumular las cargas positivas, y ambas mallas sirven de conexión al circuito eléctrico

-Vidrio o material encapsulante transparente que sella la célula y la protege medioambientalmente

-Capa de material antireflexivo que permite disminuir las pérdidas por reflexión (aumenta la cantidad de fotones absorbidos)

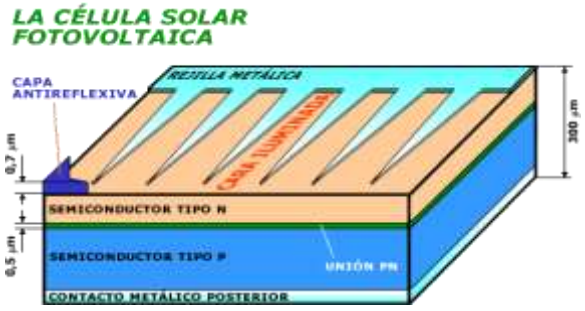


Figura 2-24: **Célula solar fotovoltaica**

2.3.3.1.1 Tipos de células fotovoltaicas

- **Cristalinas:** Dentro de las cuales se encuentran:
  - **Monocristalinas:** Se componen de secciones de un único cristal de silicio extraído de un baño de silicio fundido (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada). Tienen una duración de vida de 20 a 25 años, y generalmente son de color azul uniforme.

Figura 2-25: **Celda Monocristalina**

- Si monocristalino, tipo disco: más del 50% del mercado, es muy costoso, y con una eficiencia η=15-25%
- Si monocristalino concentrado: con una eficiencia de η=24-28%

- **Policristalinas:** Se fabrican a partir de silicio solar fundido en bloques. De ese proceso resultan cristales de tamaño relativamente visibles. Son más económicas que las anteriores, pero su eficiencia es menor. Son de color azul pero no uniforme.

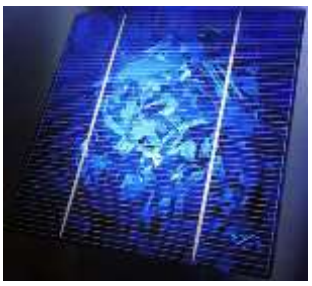


Figura 2-26: **Celda Policristalina**

- Si semi-policristalino: con una eficiencia de η=15-20%

- **Amorfas:** Son un compuesto hidrogenado de silicio, (silicio que no se ha cristalizado), es por esto que este tipo de células son muy delgadas y más simples y baratas de construir. Presentan un color marrón y gris oscuro Su precio y su eficiencia es mucho menor que las anteriores.

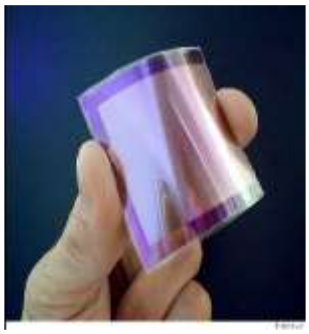


Figura 2-27: **Celda Amorfa**

- Si amorfo: con una eficiencia η=8-10%

2.3.3.2 Panel fotovoltaico

Figura 2-28: **Panel Fotovoltaico**

2.3.3.2.1. Módulo fotovoltaico

El módulo fotovoltaico es la unidad más pequeña que forma un generador FV.

Como ya se mencionó, las células FV tienen valores eléctricos demasiado pequeños para ser utilizados directamente en sistemas FV, es por esto que se conecta eléctricamente un número determinado de células, las mismas que pueden estar en serie o en paralelo, y es así como toman el nombre de módulos FV, adicionalmente el módulo proporciona un soporte y las protege medioambientalmente.

La potencia del módulo FV depende de:

-Su área activa

-Del número de células y su interconexión eléctrica

-De las condiciones de irradiancia y temperatura a los que se encuentra expuesto

El módulo más utilizado está formado por 36 células FV conectadas en serie, capaz de producir el voltaje suficiente para cargar una batería de 12 V.

Al conjunto de dos o más módulos fotovoltaicos se le denomina arreglo o PANEL FOTOVOLTAICO. Donde los módulos FV que conforman un arreglo se pueden conectar entre sí en serie, paralelo o de forma mixta. El conexionado que se elija está en función de la tensión, corriente y potencia que se requiera en el sistema donde se lo vaya a emplear.

2.3.3.2.1 Efecto de la temperatura

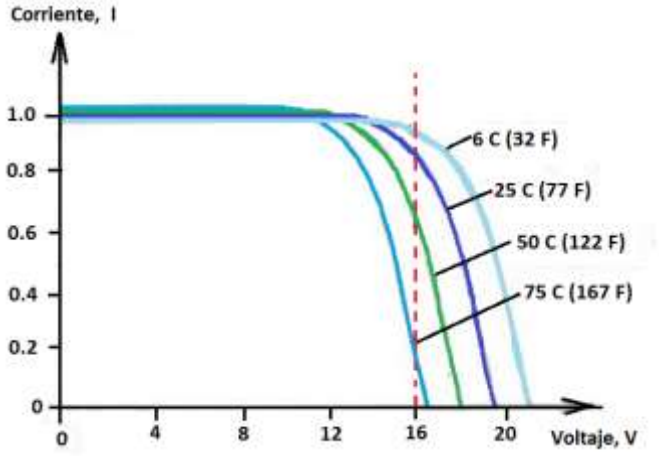


Figura 2-29: Efecto de la temperatura

La serie de curvas (fig. 2.28) elaboradas por los fabricantes en base a características de los paneles fotovoltaicos indican que: el voltaje del punto de máxima potencia tiende a disminuir en cuanto aumenta la temperatura. Es por esto que al momento de su implementación se debe seleccionar el módulo cuyo voltaje de máxima potencia sea igual con el voltaje de la batería, sin olvidar además que la temperatura de las celdas puede llegar a ser de 10 a 15 °C más alta que la temperatura ambiente.

Por cada $°C$ que la temperatura del panel sea mayor a $25\ °C$, el panel disminuye su eficiencia en unos 0.5%, a manera de ejemplo:

Si se tiene una temperatura ambiente de $30\ °C$

Con lo dicho anteriormente: $30ºC\ +\ 15\ ºC\ =\ 45\ ºC$

La Temperatura del Panel Solar sería $45ºC$

Ahora para que la eficiencia de un panel solar sea del 100%, la temperatura debe de ser $25ºC$ (una constante para todos los paneles solares).

Entonces: $45ºC - 25\,ºC = 20ºC$ (cantidad de grados de temperatura sobre el óptimo)

$20ºC\ x\ 0.5\% = 10\%$, así que la eficiencia del panel ahora es de $90\,\%$ a una temperatura ambiente de $30\,ºC$.

2.3.3.2.2 Efecto de la radiación incidente

La curva característica de una célula es la relación que existe entre la intensidad eléctrica que suministra la misma y la diferencia de potencial que hay entre sus extremos. Esta relación se ve directamente afectada por la intensidad de la radiación solar en un determinado instante, y como ya se mencionó anteriormente esta curva también depende de la temperatura a la que se encuentre la célula.

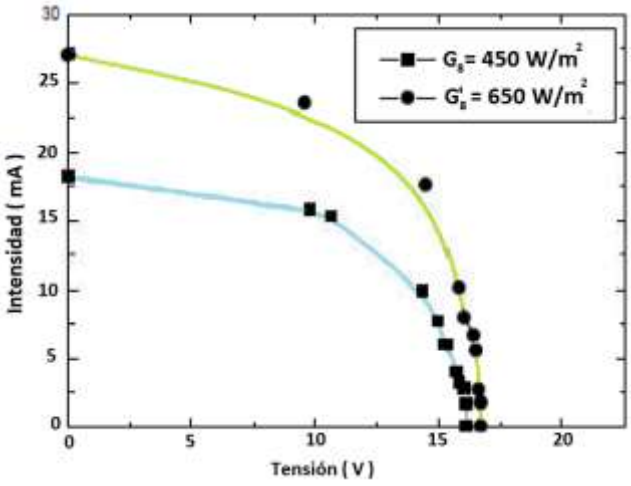


Figura 2-30: **Efecto de la radiación incidente**

En la figura se muestran dos curvas características de un panel comercial, para dos diferentes niveles de intensidad de radiación, $G = 450\ W/m^2\ y\ G = 650\ W/m^2$

Los extremos de ambas curvas corresponden a las condiciones:

Cortocircuito: en este caso la célula tiene una intensidad de corriente máxima ($27\ mA$ para una radiación de $650\ W/m^2$ y solo $18\ mA$ para una de $450\ W/m^2$)

Circuito abierto: no hay circulación de corriente y se produce el voltaje máximo de la célula (aproximadamente $17\ V$ para ambos casos).

De la figura se puede concluir que la radiación incidente sobre la célula afecta de forma determinante los amperios que suministra a prácticamente el mismo nivel de voltaje generado.

Estas curvas se obtienen experimentalmente en laboratorios que suministran un valor de radiación constante en un determinado tiempo, es por ello que no se puede caracterizar un panel con la radiación solar real, ya que se sabe que esta varía significativamente durante el día y no permanece constante.

2.3.3.2.3 Interconexiones de módulos fotovoltaicos

Para tener un mejor funcionamiento, no se debe conectar entre sí módulos que sean de distintas características, ni de distintos fabricantes.

Existen tres posibilidades de conexión:

- Paralelo
- Serie
- Paralelo / mixto

La potencia total de un generador fotovoltaico se obtiene:

$$P_{pg} = P_{pM} * N_T \qquad 2\text{-}1$$

En donde:

P_{pg}, es la potencia pico total del generador

P_{pM}, es la potencia pico del módulo

N_T , es el número de módulos (N_T=N_P * N_S)

En paralelo:

$$I_G = i_M * N_P \qquad 2\text{-}2$$

I_G, es la corriente del generador

i_M, es la corriente por módulo

N_P, es el número de paneles en paralelo

En serie:

$$V_G = V_M * N_S \qquad 2\text{-}3$$

V_G, es la tensión del generador

V_M, es la tensión por módulo

N_S, es el número de paneles en serie

En paralelo / serie:

Se combina lo expuesto anteriormente, para tener tensiones y corriente según los requerimientos.

El parámetro estandarizado para clasificar potencia de un panel FV se denomina potencia pico, y corresponde a la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas:

- Radiación de $1000\ W/m^2$
- Temperatura de célula de $25\ °C$ (no temperatura ambiente).

2.3.3.2.4 Parámetros básicos o característicos (suministrados por fabricantes):

1. Corriente de corto-circuito (Isc), es la corriente máxima que entrega el panel al cortocircuitar sus terminales (V=0).

2. Tensión de circuito abierto (Voc), es la tensión máxima que se puede medir sobre el panel y se da cuando el circuito está sin carga y no hay circulación de corriente (I=0).

3. Potencia Pico (Pmax), es la potencia que cederá el panel solar para las condiciones nominales de 1000 W/m2 de radiación y 25 °C de temperatura del panel.

4. Curva I-V (intensidad-tensión)

5. Curva I-V está definida para condiciones estándar de medida, con un nivel de irradiación de 1 kW/m2, temperatura 25ºC y una distribución espectral de radiación incidente.

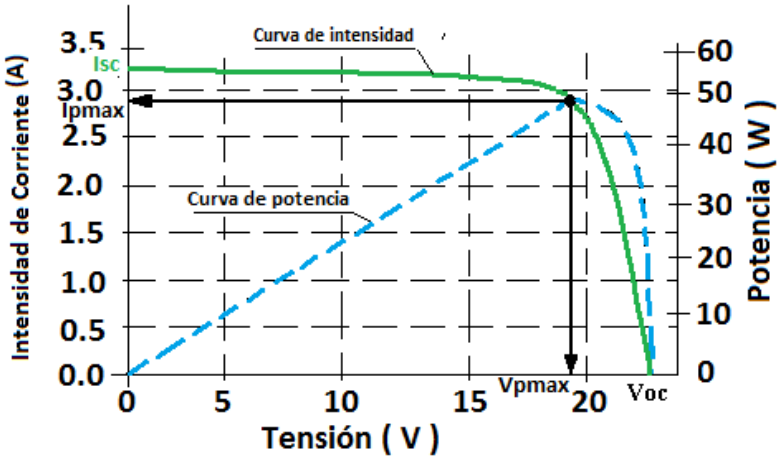


Figura 2-31: **Curva V-I**

La cantidad de energía solar aprovechable depende de muchos factores, algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación del sistema (orientación, inclinación, ubicación de paneles, etc.) y otros están en función de la localización geográfica y meteorología de la instalación.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras. En el caso particular de Ecuador, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar; entre las aplicaciones más destacadas en nuestro país se puede suministrar energía en emplazamientos aislados de la red (viviendas aisladas, faros, postes SOS, bombeos, repetidores de telecomunicaciones, etc.).

El futuro de la energía solar fotovoltaica en Ecuador

El costo de generación de energía mediante paneles fotovoltaicos es todavía alto; fluctúa entre US$0,20 - 0,30 por kWh generado. Dado que en la mayoría de regiones del mundo el precio de generación convencional fluctúa entre 3 y 13 centavos, estos sistemas no pueden competir directamente en costos con la energía proveniente de las distribuidoras, excepto en mercados remotos donde éstas no tienen redes instaladas y los costos de las líneas de transmisión no serían amortizables. Gracias a la investigación e inversión en mejoramiento de tecnología que se está elaborando en este campo, se espera que los costos de producción por kWh se reduzcan hasta el rango de US$0.12 - 0.15 por kWh o menos en los próximos 15 años.

2.3.3.3 La batería

Figura 2-32: Batería

Las baterías pueden ser consideradas el punto más débil de todo el sistema, ya que representan gran parte de la inversión, pero, tienen frecuentemente la vida más corta de toda la instalación.

Las baterías o acumuladores fotovoltaicos son sistemas de almacenamiento energético, acumulando la energía que se produce durante las horas de luminosidad, para de esta manera suministra la energía demandada por la carga durante las horas de operación nocturna, o periodos prolongados de mal tiempo. Además las baterías entregan una intensidad de corriente superior a la del panel FV.

Existen diferentes tipos de baterías con muy buenas características, pero, para aplicaciones fotovoltaicas, las más usadas son: Plomo-ácido (electrolito ácido).

Tipos de Baterías de Plomo para Aplicaciones Solares

Estas baterías son relativamente grandes y pesadas por el plomo. En la mayoría de los casos, se usan dos tipos de baterías de plomo:

1. Baterías Liquidas: Son las más antiguas y su simple producción permiten precios favorables. Existen en **versión abierta** con tapas que dejan sustituir el agua o en **versión 'libre de mantenimiento'** que son cerradas pero con válvulas para que posibles gases puedan escapar durante cargas excesivas (en realidad no son libre de mantenimiento, son de bajo mantenimiento). Sus ventajas aparte de los precios es que son menos problemáticos si se sobrecargan.

2. Baterías tipo VRLA: (abreviación del inglés: Valve Regulated Lead Acid battery). Estas baterías modernas tampoco son completamente selladas, pero contienen una tecnología que recombinan el oxígeno e hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Estas baterías funcionan en cualquiera posición. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM.

- **Baterías de Gel:** En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel. Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición. La corrosión es reducida y

son más resistentes a bajas temperaturas. Su vida es mucho mayor que la vida de las baterías liquidas y comparado con otras, son las menos afectadas en casos de descargas profundas.

- **Baterías tipo AGM**: En estas baterías, el ácido está fijado en fibras de vidrio. Sus ventajas adicionalmente a las de las baterías de gel son una mayor resistencia en climas fríos, su auto descarga sobre el tiempo es mínimo y tiene la eficiencia más alta de todas las baterías de plomo (hasta 95%). Tienen una baja resistencia interna que permiten corrientes altas.

Características básicas de las baterías:

Voltaje: Un módulo fotovoltaico normalmente trabaja con 12V (o múltiplos 6, 24, 48). Los elementos (vasos o celdas) de una batería de este tipo tiene tensiones entre 2,04 y 2,09 por elemento. Durante la descarga se consume electrolito disminuyendo el voltaje y la densidad. La estabilidad de la tensión durante el proceso de descarga es un factor de calidad de la batería. Un parámetro importante es la tensión de corte, que es la tensión para la que se finaliza la descarga de la batería y donde empiezan a producirse fenómenos no reversibles (1,7 y 1,9 V/elemento).

Intensidad de Corriente: Deben suministrar corriente durante tiempos prolongados. La capacidad de suministrar intensidad está relacionada con la porosidad de los electrodos y la concentración del electrolito. La densidad (para baterías estacionarias) suele ser de 1,24g/cm3. La densidad es un indicador del estado de la batería.

Capacidad: Es la cantidad de carga que se puede extraer de la misma sin afectar la tensión de manera grave. La capacidad se mide en Amperios Hora (Ah). Hay que considerar a la batería como un depósito de energía de volumen variable, de modo que este volumen disminuye si se vacía muy rápido y es mayor si la descarga se hace más lenta. Entonces la energía que se extrae depende de la intensidad de descarga y será mayor si esta intensidad es pequeña, para baterías fotovoltaicas la descarga suele ser de 100 horas. Al momento de dimensionar la batería se tiene que tener en cuenta la profundidad de descarga

diaria para aumentar su vida útil, y la profundidad de descarga máxima para no entrar en procesos irreversibles que impidan su completa recuperación.

Ciclos de vida: Una batería de un sistema fotovoltaico está sometida a ciclos de carga/descarga que pueden ser diarios, semanales, e incluso estacionales. Su vida útil depende de la periodicidad de los ciclos y de su profundidad, es decir de la cantidad de energía que se le extraiga en cada descargas. Una batería de este tipo no debe descargarse diariamente más del 20% de su capacidad nominal dada para 100 h. Descargas diarias del 10% de su capacidad nominal alargan enormemente su vida útil.

Una descarga del 70% sería aceptable sino continúa permanentemente en ese estado. Si se produce una descarga lo mejor es llevarla a su estado de máxima carga lo antes posible.

2.3.3.3.1 INTERCONEXIONES DE LAS BATERÍAS

Con la interconexión se establece la tensión del acumulador y la capacidad que tendrá el mismo. Se debe evitar interconectar celdas o baterías de distintas características o que hayan trabajado en condiciones distintas.

En serie: La tensión de celda es la tensión de la celda por el número de celdas en serie. Y la capacidad es la misma que tendría una celda individual.

En paralelo: la tensión de la celda se mantiene pero la capacidad se multiplica por el número de celdas o Baterías en paralelo.

La energía acumulada en un conjunto viene dada por:

$$E = C_B * V_B \qquad 2\text{-}4$$

En donde la tensión de la batería es V_B, es:

$$\mathbf{V_B = N_{elemento\ serie} * V_{elemento}} \qquad \mathbf{2\text{-}5}$$

Y su capacidad C_B es:

$$\mathbf{C_B = N_{elemento\ serie} * C_{elemento}} \qquad \mathbf{\ldots\ldots\ldots\ 2\text{-}6}$$

E, es la energía e wh

C_B, es la Capacidad en Ah del conjunto

V_B, es la tensión en voltios del conjunto

N, número de vasos en serie o paralelo

$V_{elemento}$, es tensión del elemento individual

$C_{elemento}$, es la capacidad del elemento en amperios hora, Ah

2.3.3.3.2 INTERACCIÓN ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Y BATERÍAS

Regularmente las baterías y los módulos FV trabajan de manera conjunta para alimentar a las cargas. En horas de la mañana los módulos comienzan a generar, (y aunque con menos rendimiento, estos también funcionan en los días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes), pero si la corriente que estos entregan es menor que la exigida por la carga, la batería deberá contribuir en el aporte (siempre y cuando se encuentre previamente cargada). A partir de una determinada hora en la mañana, la energía generada por los módulos FV supera la energía promedio demandada, entonces los módulos no solo atenderán la demanda sino que además, todo el exceso se almacenará en la batería que empezará a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda la entrega la batería. En horas de la noche como la generación es nula toda la energía demandada por la carga la abastece la batería.

2.3.3.4 REGULADOR DE CARGA

Figura 2-33: **Regulador de carga**

Es el equipo que realiza el control de carga de la batería, evitando que las baterías se sobrecarguen o sobre descarguen.

La mayor parte de los reguladores permiten que, inicialmente, toda la corriente proporcionada por el generador fotovoltaico pase hacia la batería. Después, cuando la batería está cerca de la plena carga, suministrará corrientes intermitentes, para mantener la batería en su estado de flotación.

Algunos reguladores también sobrecargan la batería periódicamente, con el fin de homogeneizar los elementos y disminuir la estratificación del electrolito.

2.3.3.4.1 VOLTAJES DE REGULACIÓN

Son los niveles de tensión a los cuales el regulador realiza el control o los cortes.

En los reguladores con regulación de sobrecarga y sobredescarga se utilizan cuatro valores de tensión de regulación:

• Tensión de corte por sobrecarga (Vsc)

• Tensión de rearme de carga (Vrc)

• Tensión de corte de sobredescarga (Vsd)

• Tensión de rearme de descarga (Vrd)

El voltaje Vsc es uno de los más importantes, permitiendo cargar la batería con un mínimo de gaseo y pérdida de agua. El valor de este voltaje es empírico y diferente para los distintos tipos y fabricantes de baterías.

La mayoría de los reguladores permiten la configuración de estos parámetros mediante potenciómetros que no deben ser accesibles al usuario.

2.3.3.5 INVERSOR

También llamado convertidor, permite transformar la corriente continua recibida de los paneles, en corriente alterna. Estos inversores deben llevar protección contra descarga del sistema, exceso de temperatura, batería baja e inversión de polaridad.

Puesto que, tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua, y si se incluye elementos que trabajan en corriente alterna, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente en alterna.

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

Aspectos importantes que deben cumplir los inversores para instalaciones autónomas:

- 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.

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. Sin embargo, un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema.

Principio de funcionamiento

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.

Ventajas de la energía solar fotovoltaica

- La energía que procede del sol es limpia, renovable, y gratuita
- Produce emisiones de CO2 insignificantes y no emite otros gases contaminantes a la atmósfera.
- Requiere poco mantenimiento.
- Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- No genera residuos ni ruidos.
- Tienen una vida larga (los fabricantes señalan una vida promedio de 25 años).
- El elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas (silicio), es el segundo elemento más abundante de la tierra, por lo que no es necesario explotar yacimientos de forma intensiva.
- Su instalación es relativamente simple.
- 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.
- Permite 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.

Mantenimiento de un sistema fotovoltaico

El funcionamiento y mantenimiento de un sistema FV es simple y no requiere un gran mantenimiento. Los sistemas FV no tienen partes móviles que puedan

desgastarse, estropearse o que tengan que ser reemplazadas. El funcionamiento de los sistemas FV debe ser comprobado mediante la medida de la energía (kWh) producida por el sistema. Dependiendo de la cantidad de suciedad y polvo acumulada, los paneles solares deber ser limpiados anualmente (en la mayoría de los países europeos, la cantidad de precipitaciones anuales es suficiente para limpiar la suciedad y el polvo delos paneles solares). También se debe garantizar que el sistema FV se mantenga libre de sombra durante su vida útil; el crecimiento de árboles y la construcción de nuevas casas, por ejemplo, pueden dar lugar a que el sistema FV quede sombreado

Las baterías de los sistemas FV sí requieren de un mantenimiento. Las baterías usadas en los sistemas FV son similares a las baterías de los coches, pero están diseñadas de modo diferente para permitir que la mayoría de su carga sea usada cada día. Las baterías diseñadas para proyectos FV plantean los mismos riesgos y demandan las mismas precauciones en el manejo y almacenamiento que las baterías de automóvil. No deben ser expuestas a un clima extremadamente frío y el fluido en baterías no selladas debe ser comprobado periódicamente.

CAPITULO III

3 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS MÉTODOS DE ILUMINACIÓN ORNAMENTAL

3.1 INTRODUCCIÓN:

La necesidad de elevar el nivel de eficiencia energética, motiva a incorporar nuevas fuentes de iluminación que se estén implementando hoy día en países desarrollados o que sean tecnologías nuevas o emergentes que tengan trascendencia sobre fuentes de iluminación convencionales (por ejemplo: incandescentes, vapor de mercurio, vapor de sodio, y halogenuros metálicos) tanto en sus parámetros eléctricos como lumínicos, abordando temas de eficacia lumínica, distribución de luz o contaminación del medio ambiente entre otros.

Entre las nuevas fuentes se encuentra la tecnología LED, OLED, BIOLED, y Plasma, que presentan un mayor ahorro energético que el resto de tecnologías utilizadas en la actualidad. Para elegir la tecnología idónea, se debe respaldar en un estudio adecuado que verifique la alta eficiencia de esta nueva tecnología y si además provee mayores o iguales beneficios económicos. Por tal razón, en el presente capítulo se expone los resultados de un análisis comparativo de sistemas de iluminación nuevos frente a convencionales, y en base a estos resultados se procederá a la elección de la tecnología. Además se realiza una evaluación económica entre la generación fotovoltaica frente a la generación convencional.

3.2 CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS DE FUENTES LUMINOSAS

Para realizar el análisis comparativo, se consideró las características fotométricas, cromáticas, ambientales y de duración junto con las consideraciones arquitectónicas y económicas, ya que todas estas constituyen condicionantes a la hora de elegir las fuentes luminosas.

De esto se desprende que, si bien no es posible dar reglas estrictas cuando se elige una lámpara, si es importante poseer criterios claros de elección a fin de priorizar aquellas características más relevantes.

Los criterios de selección se pueden dividir en:

- Criterios de eficacia
- Criterios cromáticos
- Criterios de duración
- Criterios de emisiones CO_2
- Criterio de costo por lumen

Criterios de eficacia:

Flujo luminoso (Potencia luminosa)

El flujo luminoso que produce una fuente de luz es la cantidad total de energía luminosa emitida o radiada por segundo, en todas las direcciones.

El flujo luminoso se representa por la letra griega ϕ y su unidad es el lumen (lm).

Rendimiento luminoso (Eficacia luminosa)

El rendimiento luminoso de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

Se representa por la letra griega ε, siendo su unidad el $lumen/watio$ (lm/W).

La fórmula que expresa la eficacia luminosa es:

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{P}\left(\frac{lm}{W}\right) \qquad 3\text{-}1$$

La eficacia es la caracteristica fotométrica más importante en cuanto a las consideraciones energéticas, ya que cuanto más eficiente es una lámpara se necesita menos potencia para producir la misma cantidad de luz.

Criterios cromáticos:

Reproducción cromática

La reproducción cromática está relacionada con el modo en que aparecen los objetos bajo una fuente de luz. La medida se llama "índice de reproducción cromática" o CRI.

Se define el índice de reproducción cromática como una valoración de la capacidad de una fuente de luz para reproducir fielmente los colores con respecto a un iluminante de referencia.

El CRI varía entre 0 y 100. Un CRI bajo indica que los objetos pueden verse poco naturales bajo la fuente, mientras que una luz con un índice CRI alto permitirá que los colores de un objeto se vean más reales.

El valor máximo del CRI de una fuente es igual a 100 (lo más parecido a la luz solar). Cuanto más alto el valor, mejor es la reproducción cromática. Las fuentes de luz que proporcionan un CRI de más de 80 son consideradas excelentes para el reconocimiento del color.

Criterios de duración:

La **vida útil** es el tiempo estimado en horas tras el cual es preferible sustituir la lámpara antes que mantenerla. Esto se hace por motivos económicos y para evitar una disminución excesiva en los niveles de iluminación en la instalación debido a la depreciación que sufre el flujo luminoso con el tiempo. Este valor sirve para establecer los periodos de reposición de las lámparas de una instalación.

Emisiones de CO_2

El CO_2 es producido en parte por la quema de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y derivados del gas, que son usados en su mayoría en centrales para generar la electricidad. El 19 % de esta electricidad es usada por el mundo para iluminación artificial y alrededor de un tercio de esto es consumido por bombillas ordinarias, aun cuando existen mejores alternativas disponibles en el

mercado; es por esto que la mejor acción para proteger el planeta es hacer un cambio de las lámparas ineficientes por eficientes, pues un menor consumo de energía significa menores emisiones de CO_2.

Costo por lumen

El costo por lumen define la eficiencia global del costo de la lámpara. Por esta razón hoy en día, los fabricantes de lámparas comercializan sus productos con un fuerte enfoque hacia la eficiencia de costos.

3.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE ALUMBRADO ORNAMENTAL

El análisis comparativo se ha dividido en 2 casos, en el primero se considera todas las tecnologías excepto plasma, debido a que éstas solo se encuentran en potencias altas y con flujos lumínicos muy grandes $(10000 - 50000\ lm)$; en el segundo caso se realizará la comparación de todos las tecnologías excepto OLED e incandescentes ya que por el contrario al caso anterior éstas no se encuentran en flujos tan altos.

Además se ha normalizado las magnitudes de cada grafica con respecto al valor mas alto obtenido en cada característica, Así el valor máximo tomará el valor de

3.3.1 CASO COMPARATIVO PARA FUENTES LUMINOSAS DE BAJA POTENCIA

Para la realización de éste análisis se tomó como punto de partida un flujo luminoso de $4000lm$, que se suele requerir para iluminar una caminera de $3m$ de ancho con una separación de $16m$ entre luminarias, resultado que se obtuvo de la simulación en el programa DIALux.

En base a este parámetro (lm), se busca lámparas dé cada tecnología con flujos similares, dando como resultado:

LED: $28\ W$

Halogenuros: $35W$

Sodio: $50W$

Mercurio: $80W$

Incandescente: $231W$

3.3.1.1 LED – SODIO

Las características consideradas para este análisis son:

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

LED: $90\ Lm/W$

SODIO: $100\ Lm/W$

Vida Útil (h): Dato del fabricante

LED: $50000\ h$

SODIO: $20000\ h$

Índice de Reproducción Cromática (CRI)*:* Dato del fabricante

LED: 85

SODIO: 60

Costo por lumen ($/lm)**:** Tomando en cuenta que el lumen es una magnitud de medida de la cantidad de potencia convertida en luz el costo de la energía convertida en luz viene dada en: ***$/lm.h***

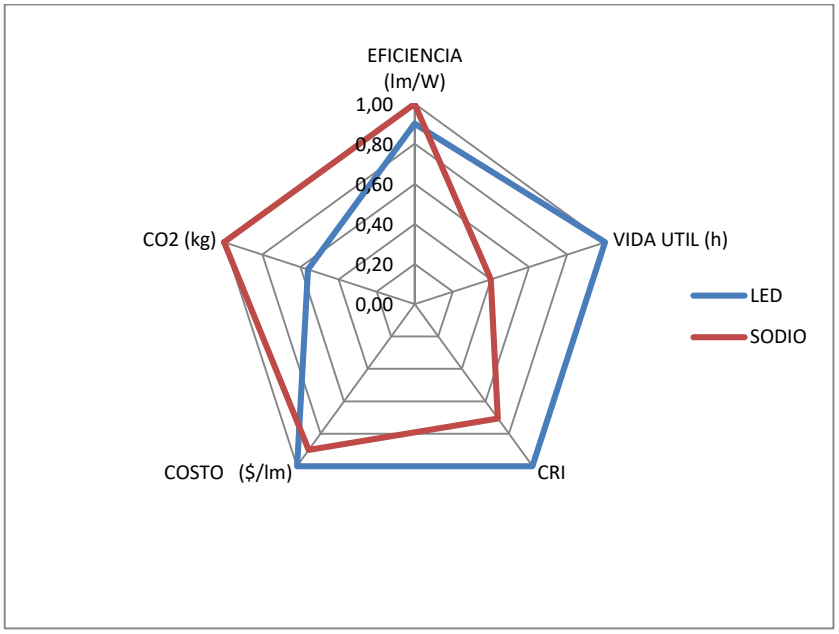
$$\frac{1}{\frac{[efieciencia\ [^{lm}/_{kW}]]}{[h\ ]*[^{\$}/_{kWh}]}} = \$/lm \qquad 3\text{-}2$$

Emisiones de CO2 (kg/año): *Considerando el factor de emisiones de CO2 de la matriz energética del ecuador* $[tCO2/MWh]$ *, y la potencia generada, tenemos el factor de emisiones de CO2 en* $kg\ CO2/\ año$

$$\left[\frac{tCO2}{MWh}\right] * \frac{\text{Mwh}}{\text{año}} * \frac{1000\text{kg}}{1\text{t}} = kg\ CO2/\ año$$

El factor de emisión del margen de operación promedio, para el año 2012 teniendo en cuenta los datos de la matriz energética fue $0{,}6012\ tCO2/MWh$ (9)

A continuación se muestra un resumen de las características antes mencionadas.



Gráfica 3-1: **Comparación entre lámparas LED y sodio**

3.3.1.2 LED – MERCURIO

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

LED: 90 Lm/W

MERCURIO: 50 Lm/W

Vida Útil (h): Dato del fabricante

LED: 50000 h

MERCURIO: 14000 h

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

LED: 85

MERCURIO: 52

Costo por Lumen ($\$/lm$):

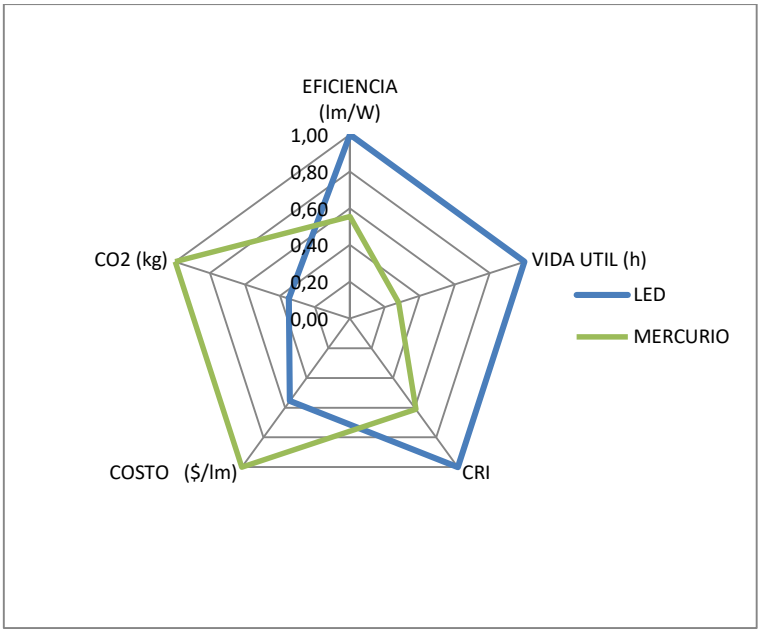
LED: 0,0039 $\$/lm$

MERCURIO: 0,0070 $\$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

LED: 74 $kg\ CO2/\ año$

MERCURIO: 211 $kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-2: **Comparación entre lámparas LED y mercurio**

3.3.1.3 LED - HALOGENUROS METÁLICOS

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

LED: 90 Lm/W

HALOGENUROS METÁLICOS: 92 Lm/W

Vida Útil (h): Dato del fabricante

LED: 50000 h

HALOGENUROS METÁLICOS: 10000 h

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

LED: 85

HALOGENUROS METÁLICOS: 80

Costo por Lumen ($\$/lm$):

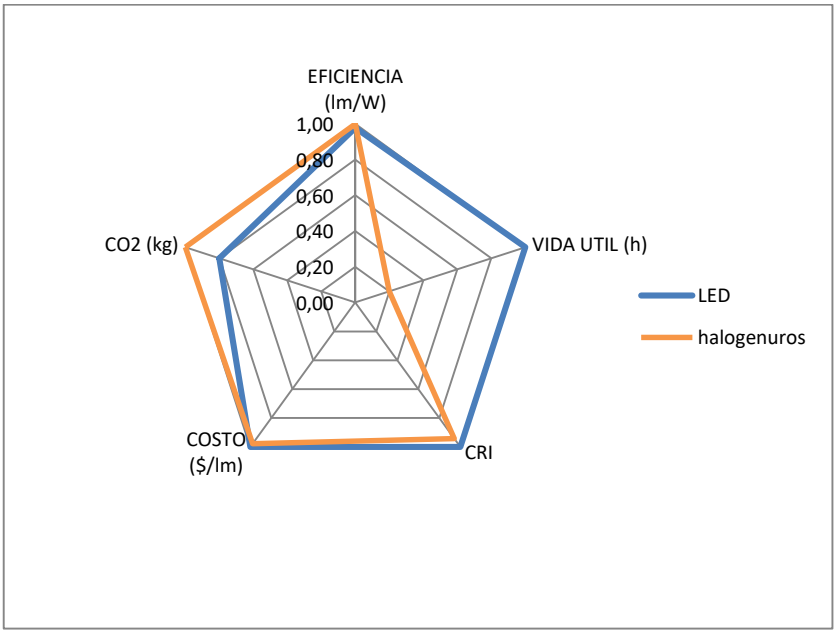
LED: 0,0039 $\$/lm$

HALOGENUROS METÁLICOS: 0,0037 $\$/lm$

Emisiones de CO_2 (kg/año):

OLED: 74 $kg\ CO2/\ año$

HALOGENUROS METÁLICOS: 92 $kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-3: **Comparación entre lámparas LED y halogenuros metálicos**

3.3.1.4 LED – INCANDESCENTE

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

LED: 90 Lm/W

INCANDESCENTE: 15 Lm/W

Vida Útil (h): Dato del fabricante

LED: 50000 h

INCANDESCENTE: 1000 h

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

LED: 85

INCANDESCENTE: 100

Costo por Lumen ($\$/lm$):

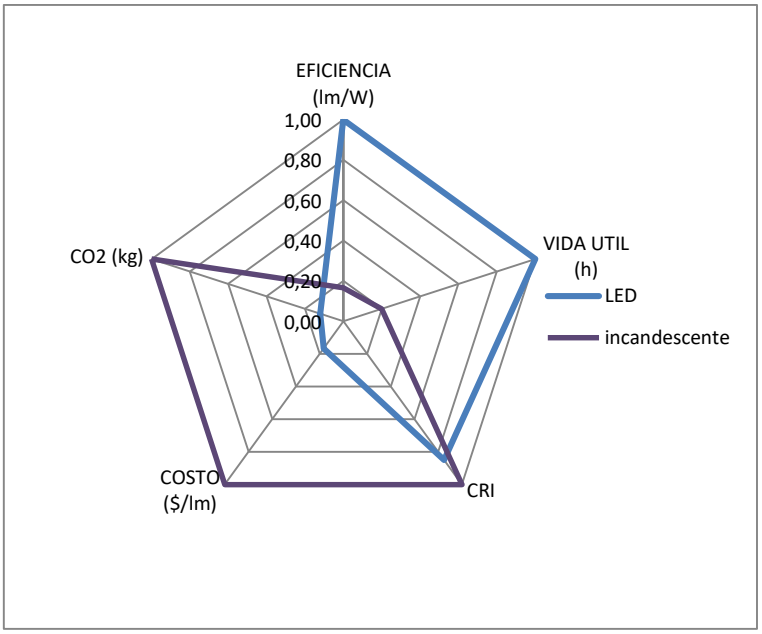
LED: $0{,}0039\ \$/lm$

INCANDESCENTE: $0{,}0234\ \$/lm$

Emisiones de CO_2 (kg/año):

LED: $74\ kg\ CO2/\ año$

INCANDESCENTE: $608\ kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-4: **Comparación entre lámparas LED e incandescentes**

3.3.1.5 LED – OLED

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

LED: 90 Lm/W

OLED: 65 Lm/W

Vida Útil (h): Dato del fabricante

LED: 50000 h

OLED: 10000 h

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

LED: 85

OLED: 85

Costo por Lumen ($\$/lm$):

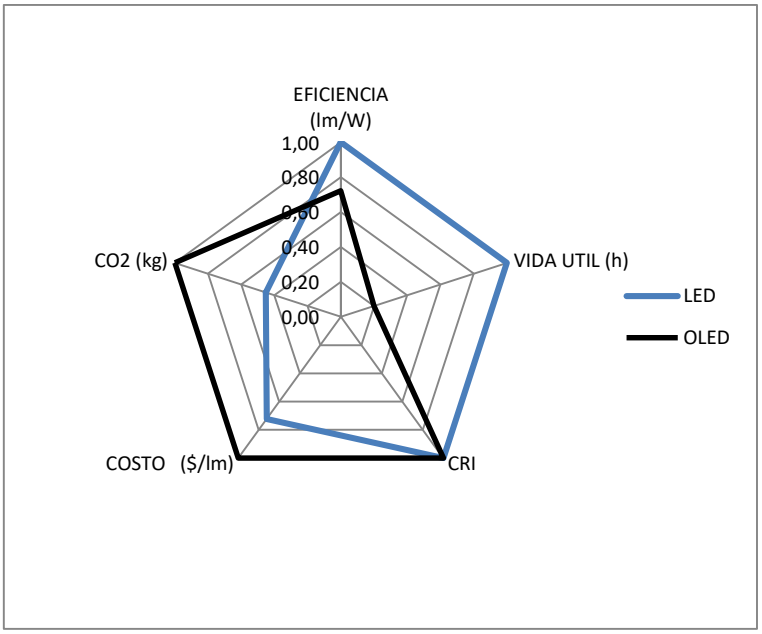
LED: $0{,}0039\ \$/lm$

OLED: $0{,}0054\ \$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

LED: $74\ kg\ CO2/\ año$

OLED: $163\ kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-5: **Comparación entre lámparas LED y OLED**

3.3.1.6 OLED - VAPOR DE SODIO

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

OLED: $65\ lm/W$

VAPOR DE SODIO: $100\ lm/W$

Vida Útil (h): Dato del fabricante

OLED: $10000\ h$

VAPOR DE SODIO: $20000\ h$

Índice de Reproducción Cromática (CRI)*:* Dato del fabricante

OLED: 85

VAPOR DE SODIO: 60

Costo por Lumen ($\$/lm$):

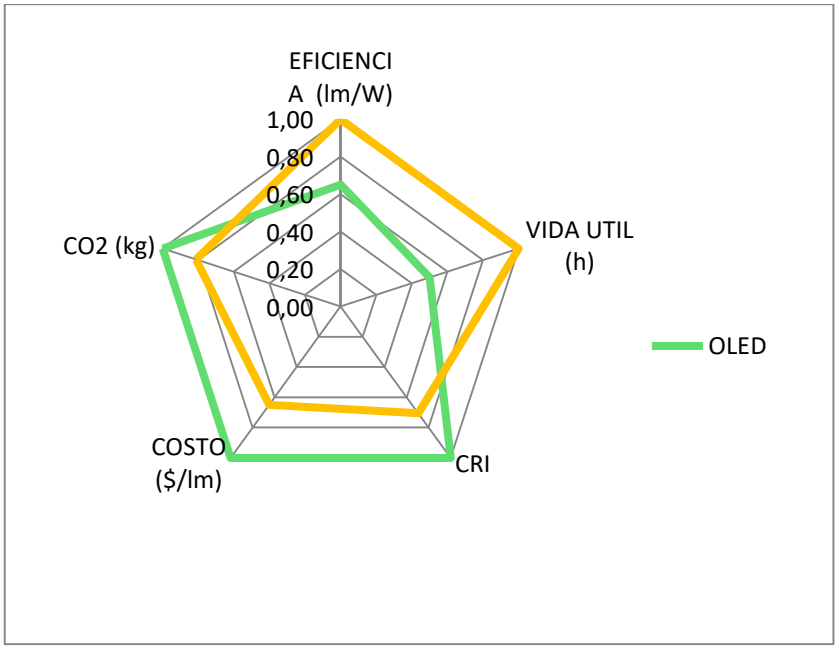
Oled: $0{,}0054\ \$/lm$

VAPOR DE SODIO: $0{,}0035\ \$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

OLED: $162\ kg\ CO2/\ año$

VAPOR DE SODIO: $132\ kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-6: **Comparación entre lámparas OLED y sodio**

3.3.1.7 OLED – MERCURIO

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

OLED: $65\ lm/W$

MERCURIO: $50\ lm/W$

Vida Útil (h): Dato del fabricante

OLED: $10000\ h$

MERCURIO: $14000\ h$

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

OLED: 85

MERCURIO: 52

Costo por Lumen ($\$/lm$):

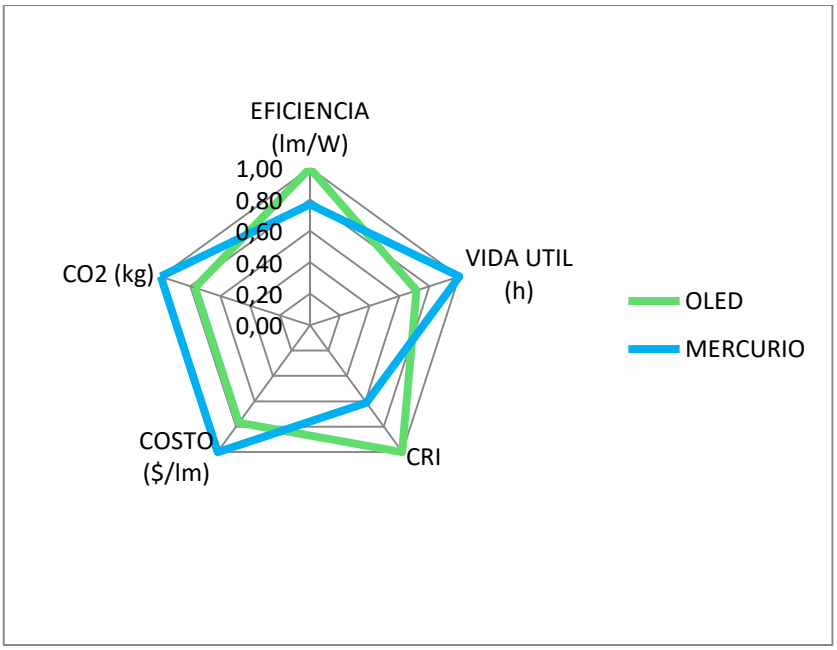
OLED: $0{,}0054\ \$/lm$

MERCURIO: $0{,}0070\ \$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

OLED: $162\ kg\ CO2/\ año$

MERCURIO: $211\ kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-7: **Comparación entre lámparas OLED y mercurio**

3.3.1.8 OLED - HALOGENUROS METÁLICOS

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

OLED: $65\ lm/W$

HALOGENUROS METÁLICOS: $92\ lm/W$

Vida Útil (h): Dato del fabricante

OLED: $10000\ h$

HALOGENUROS METÁLICOS: $10000\ h$

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

OLED: 85

HALOGENUROS METÁLICOS: 80

Costo por Lumen ($\$/lm$):

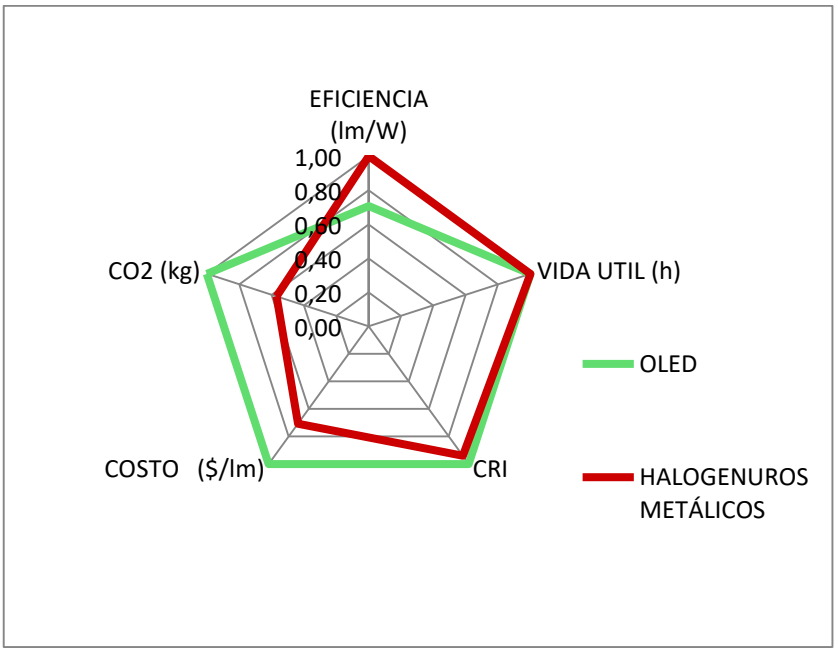
OLED: $0{,}0054\ \$/lm$

HALOGENUROS METÁLICOS: $0{,}0038\ \$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

OLED: $162\ kg\ CO2/\ año$

HALOGENUROS METÁLICOS: $92\ kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-8: **Comparación entre lámparas OLED y halogenuros metálicos**

3.3.1.9 OLED – INCANDESCENTE

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

OLED: $65\ lm/W$

INCANDESCENTE: $15\ lm/W$

Vida Útil (h): Dato del fabricante

OLED: $10000\ h$

INCANDESCENTE: $1000\ h$

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

OLED: 85

INCANDESCENTE: 100

Costo por Lumen ($\$/lm$):

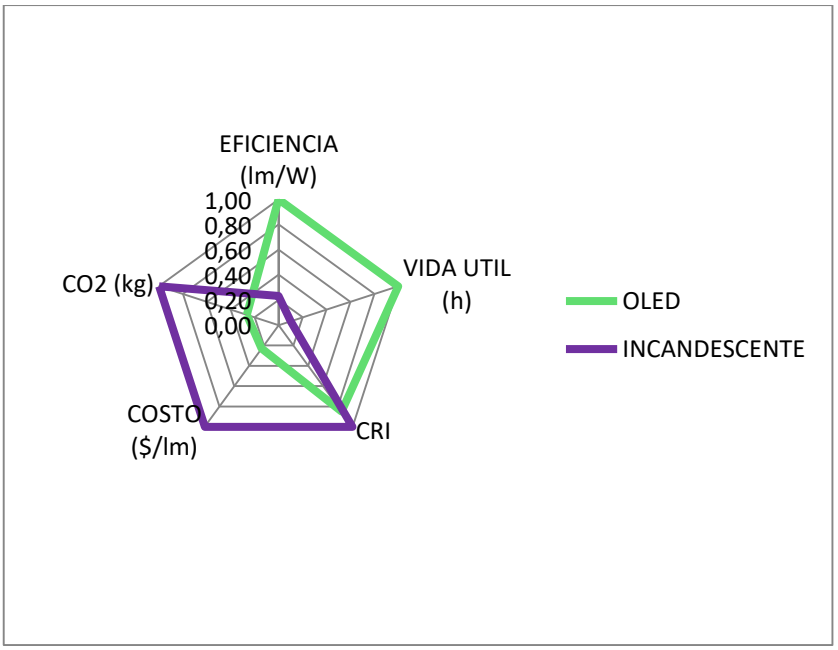
Oled: $0{,}0054\ \$/lm$

INCANDESCENTE: $0{,}0234\ \$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

OLED: $162\ kg\ CO2/\ año$

INCANDESCENTE: $608\ kg\ CO2/\ año$



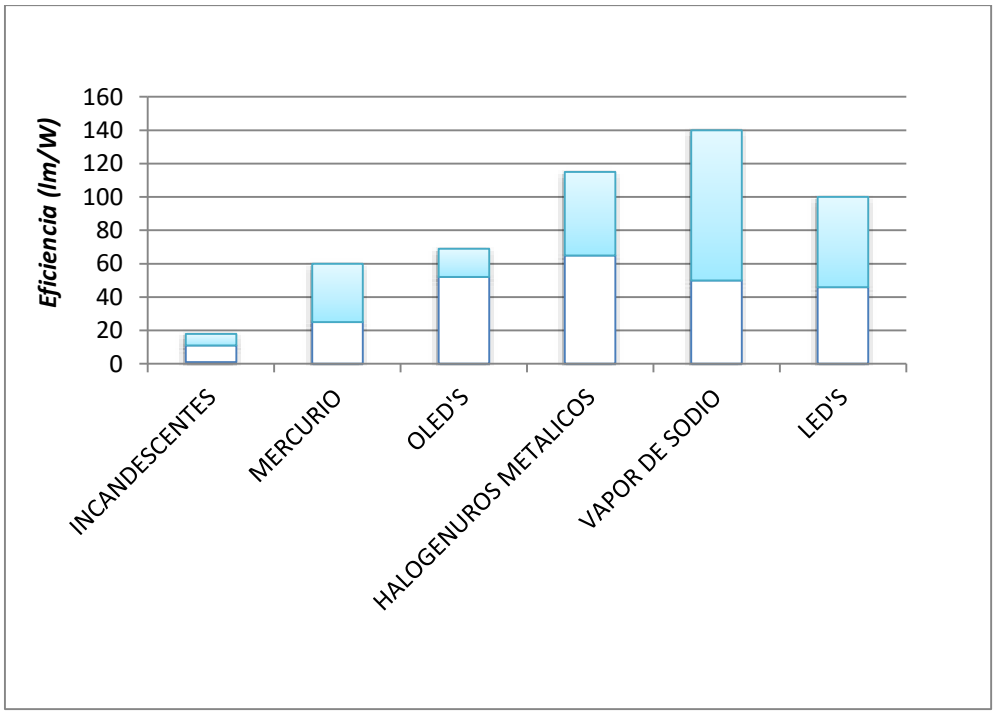
Gráfica 3-9: **Comparación entre lámparas OLED e incandescentes**

En la tabla 3-1, se presentan en forma ordenada cada tecnología con sus datos de fabricante y resultados obtenidos, a fin de realizar el análisis e interpretación de los mismos.

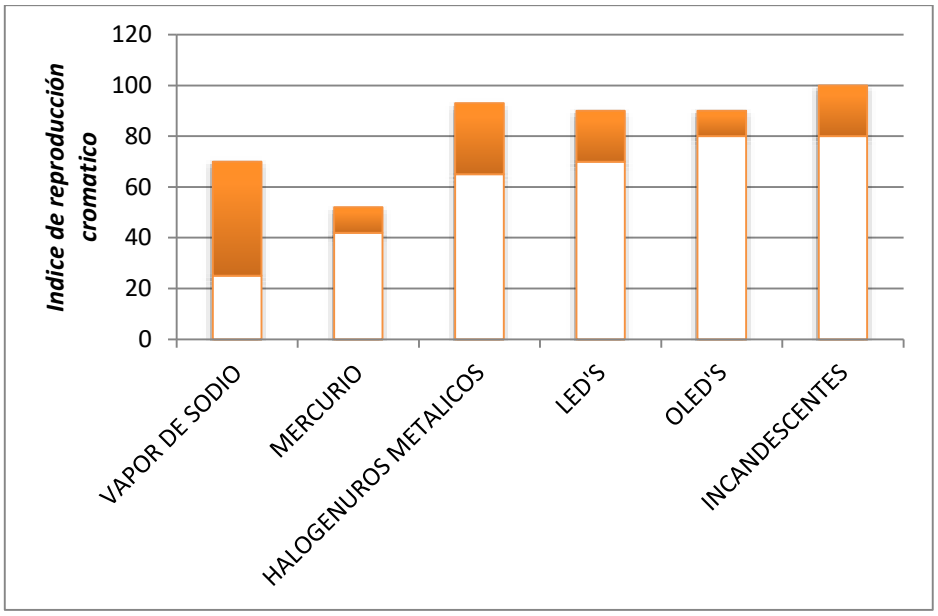
CARACTERÍSTICAS	SODIO	HALOGENUROS METÁLICOS	LED	OLED	MERCURIO	INCANDESCENTE
EFICIENCIA (lm/W)	100	92	90	65	50	15
VIDA ÚTIL (Kh)	20	10	50	10	14	1
CRI	60	80	85	85	52	100
COSTO $(\frac{\$}{lm})$	0,0035	0,0038	0,0039	0,0054	0,0070	0,0234
$CO_2(kg/año)$	132	92	74	162	211	608

Tabla 3-1: **Características de las fuentes de iluminación**

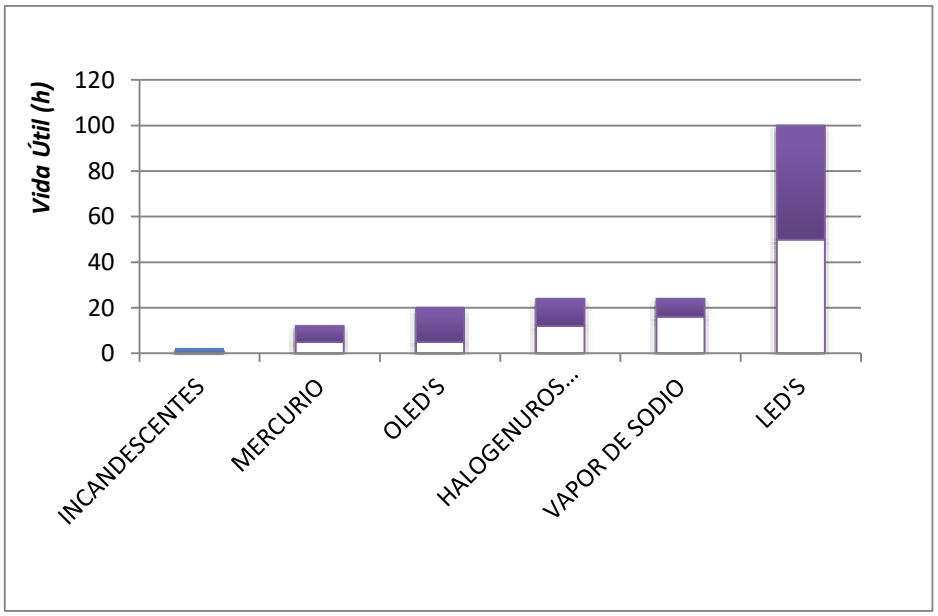
En los siguientes gráficos se muestra el comparativo de eficiencia, índice de reproducción cromática, vida útil, costo, y emisiones de CO_2 entre las tecnologías en mención.



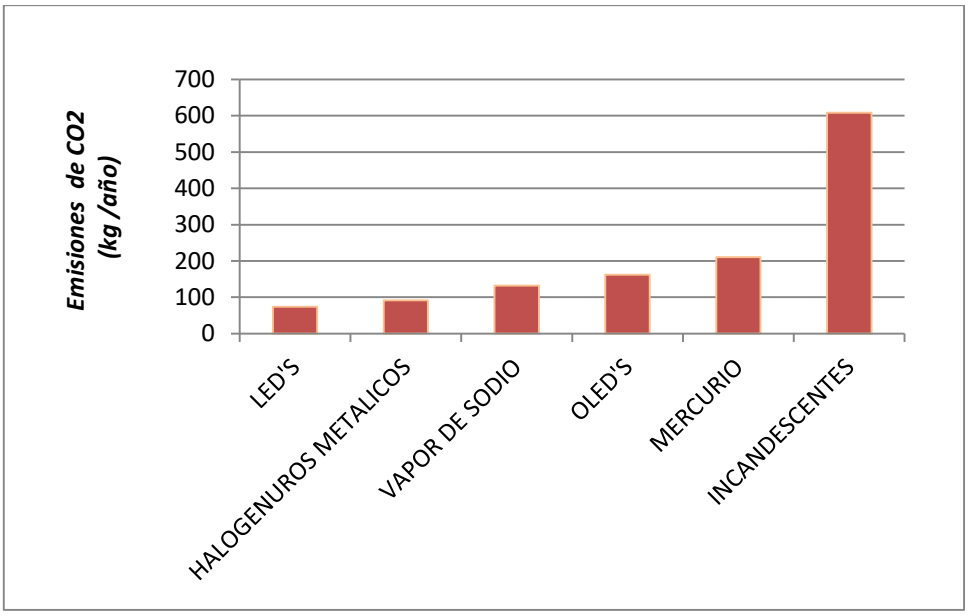
Gráfica 3-10: **Comparativo de los rangos de eficiencia de fuentes de iluminación**



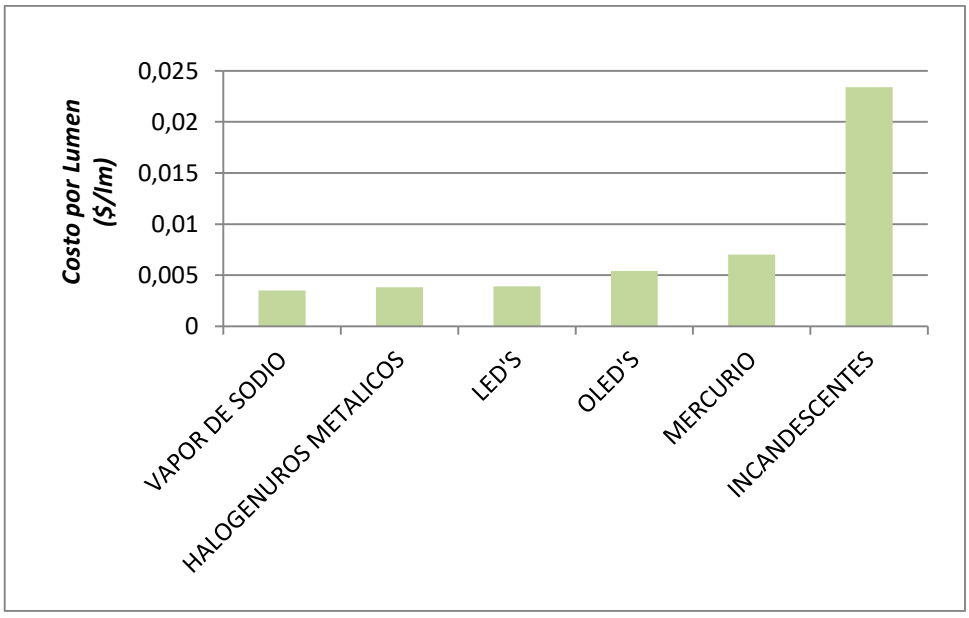
Gráfica 3-11: **Comparativo de los rangos de CRI de fuentes de iluminación**



Gráfica 3-12: **Comparativo de los rangos de vida útil de fuentes de iluminación**



Gráfica 3-13: **Comparativo de emisiones de CO_2 entre fuentes de iluminación**



Gráfica 3-14: **Comparativo de costo por lumen entre fuentes de iluminación**

En Ecuador el alumbrado público ha usado en su mayoría lámparas de sodio de alta presión, pero existe en la actualidad la tecnología de LED, que ya se ha comenzado a instalar como parte de proyectos piloto para, incentivar el uso de esta tecnología, por presentar mejores características que las actuales.

Se observa en la gráfica 3-1 que la tecnología que demuestra mayor eficiencia es la de vapor de sodio, como se mencionó en el capítulo II esta tecnología desde sus inicios ha venido logrando mejoras en su eficiencia, demostrando el porque es una de las tecnologías que aun predominan. Además se ha demostrado que han mejorado su reproducción de color, llegando a ser del orden de 65%. (10)

Los halogenuros metálicos se posicionan en una escala muy alta por su eficiencia, semejante al sodio y aunque es reciente puede romper el esquema tradicional en alumbrado público, considerando su reproducción de color del orden del 80%.

También se puede observar que el LED ha logrado eficiencias del $90\ lm/W$, esta tecnología en tan poco tiempo ha demostrado ser una fuente de iluminación en crecimiento rápido y continuo. Asimismo posee un CRI alto, alrededor de 90, que permite que se aprecie mucho más los matices de los colores, a diferencia de las lámparas de sodio y mercurio que, además de no ser instantáneas en su encendido, poseen una luz muy poco natural, con un CRI bajo (alrededor de 55). Además presentan el mayor tiempo de vida útil y la degradación de la potencia lumínica es de un 30% a las $50.000\ horas$. Estudios demuestran que la tecnología LED en el 2020 alcanzará su máxima eficiencia con respecto de las demás tecnologías. (10)

Los OLED son una tecnología que viene introduciéndose en el mercado, hasta el momento pruebas de laboratorio han demostrado una eficacia del orden de $65\ lm/W$, pero comercialmente se vende con eficacias del orden de hasta $20\ lm/W$. Sus mayores ventajas son la flexibilidad y la reproducción de color.

Las tecnologías legadas como la incandescente no han mostrado cambios relevantes de su eficacia, pero hoy en día se siguen utilizando, por supuesto con menor porcentaje por las políticas de ahorro energético y elevados costos arancelarios impuestas por el gobierno.

3.3.2 CASO COMPARATIVO PARA FUENTES LUMINOSAS DE ALTA POTENCIA

Para este análisis se tomó como punto de partida un flujo luminoso de $20000lm$, que se suele requerir para iluminar una cancha deportiva de $10m$ de ancho por $20m$ de largo, resultado que se obtuvo de la simulación en DIALUX.

En base a este parámetro (lm), se busca lámparas de cada tecnología con flujos similares, dando como resultado:

Sodio: $210W$

Halogenuros: $250W$

Plasma: $280W$

Mercurio: $400W$

LED: $250W$

3.3.2.1 PLASMA – SODIO

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

PLASMA: $130\ lm/W$

SODIO: $100\ lm/W$

Vida Útil (h): Dato del fabricante

PLASMA: $50000\ h$

SODIO: $20000\ h$

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

PLASMA: 92

SODIO: 60

Costo por Lumen ($\$/lm$):

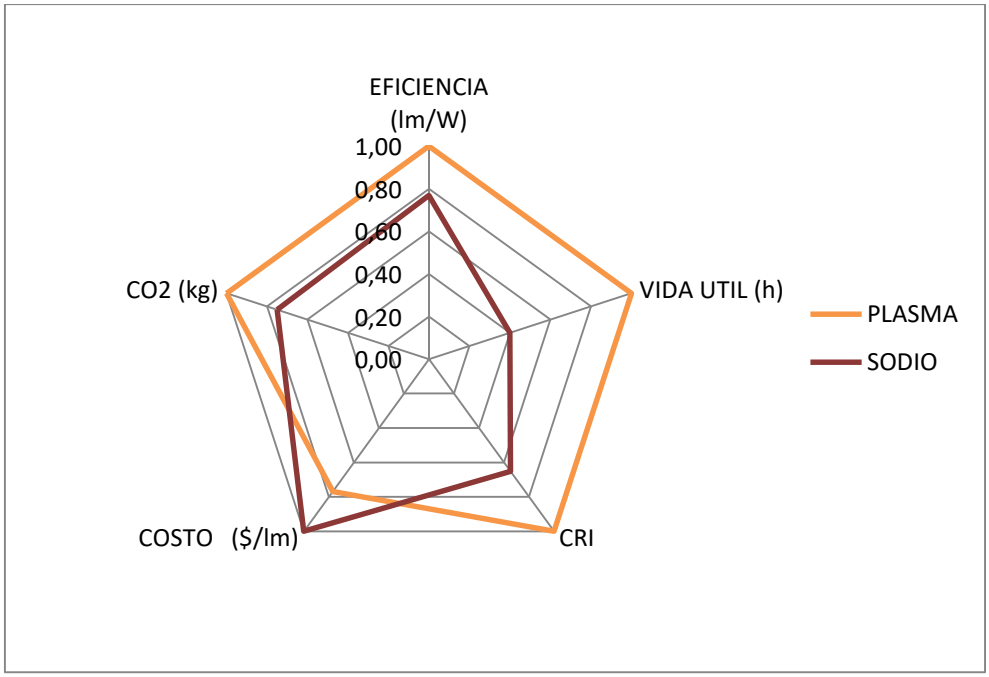
PLASMA: $0{,}0027\ \$/lm$

SODIO: $0{,}0035\ \$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

PLASMA: $737\ kg\ CO2/\ año$

SODIO: $553\ kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-15: **Comparación entre lámparas plasma y sodio**

3.3.2.2 PLASMA – MERCURIO

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

PLASMA: $130\ lm/W$

MERCURIO: $50\ lm/W$

Vida Útil (h): Dato del fabricante

PLASMA: $50000\ h$

MERCURIO: $14000\ h$

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

PLASMA: 92

MERCURIO: 52

Costo por Lumen ($\$/lm$):

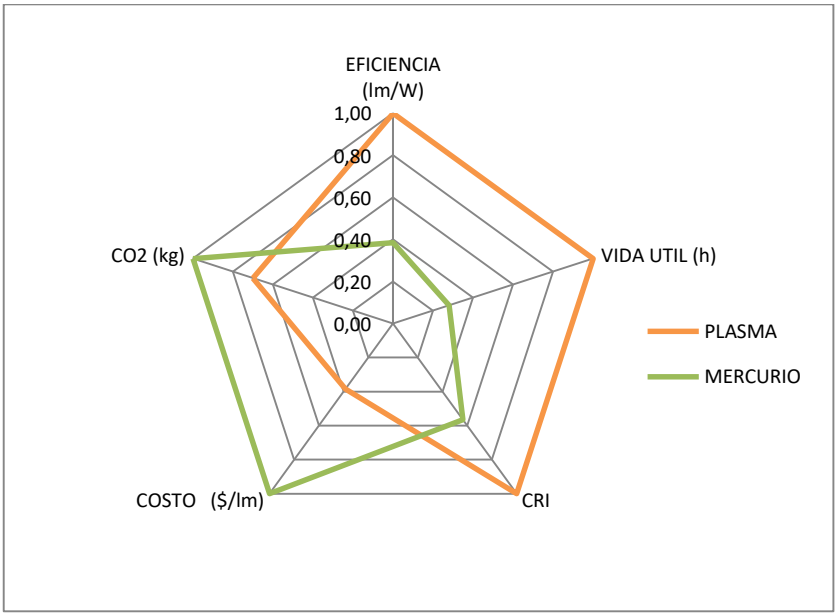
PLASMA: $0{,}0027\ \$/lm$

MERCURIO: $0{,}0070\ \$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

PLASMA: $737\ kg\ CO2/\ año$

MERCURIO: $1053\ kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-16: **Comparación entre lámparas de plasma y mercurio**

3.3.2.3 PLASMA - HALOGENUROS METÁLICO

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

PLASMA: 130 lm/W

HALOGENUROS METÁLICOS: 92 lm/W

Vida Útil (h): Dato del fabricante

PLASMA: 50000 h

HALOGENUROS METÁLICOS: 10000 h

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

PLASMA: 92

HALOGENUROS METÁLICOS: 80

Costo por Lumen ($\$/lm$):

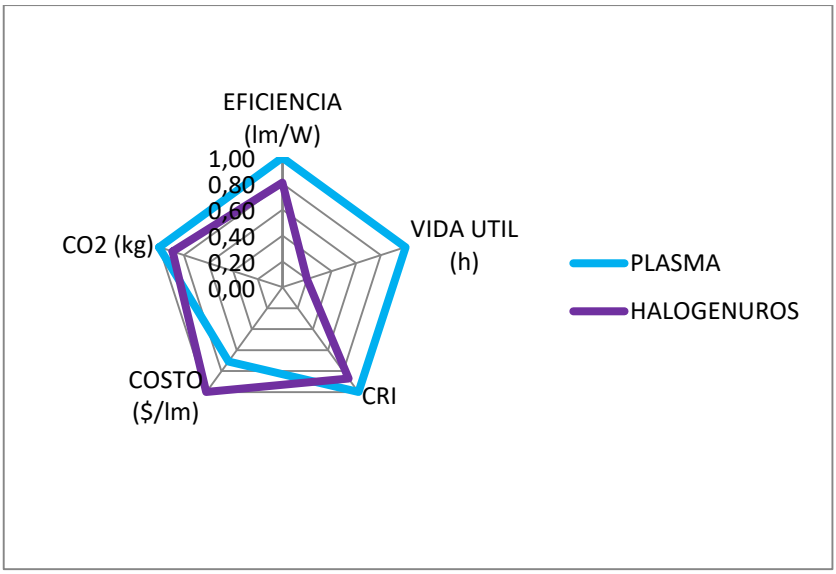
PLASMA: 0,0027 $\$/lm$

HALOGENUROS METÁLICOS: 0,0038 $\$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

PLASMA: 737 $kg\ CO2/\ año$

HALOGENUROS METÁLICOS: 658 $kg\ CO2/\ año$



Gráfica 3-17: **Comparación entre lámparas plasma y halogenuros metálicos**

3.3.2.4 PLASMA – LED

Eficiencia (lm/W): Dato del fabricante

PLASMA: 130 lm/W

LED: 90 lm/W

Vida Útil (h): Dato del fabricante

PLASMA: 50000 h

LED: 50000 h

Índice de Reproducción Cromática (CRI): Dato del fabricante

PLASMA: 92

LED: 85

Costo por Lumen ($\$/lm$):

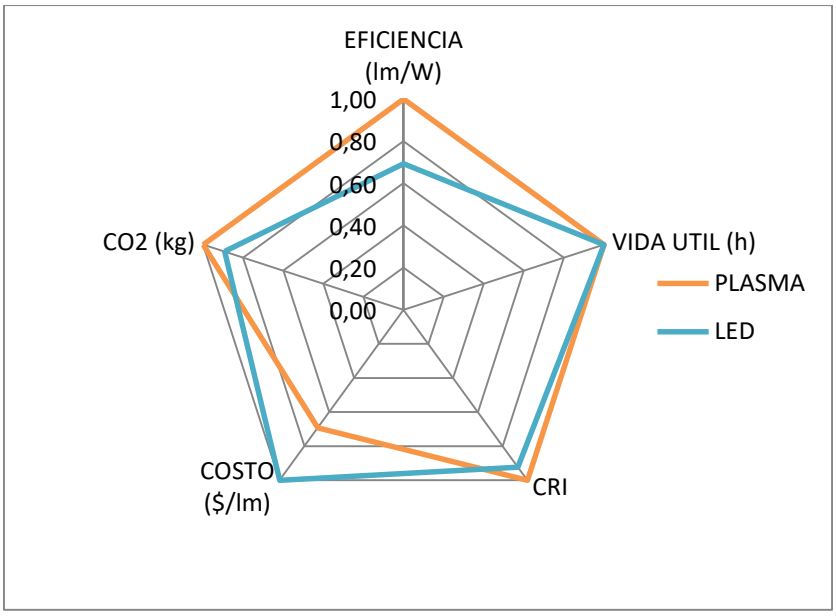
PLASMA: 0,0027 $\$/lm$

LED: 0,0039 $\$/lm$

Emisiones de CO2 (kg/año):

PLASMA: 737 $kg\ CO2/\ año$

LED: 658 $kg\ CO2/\ año$



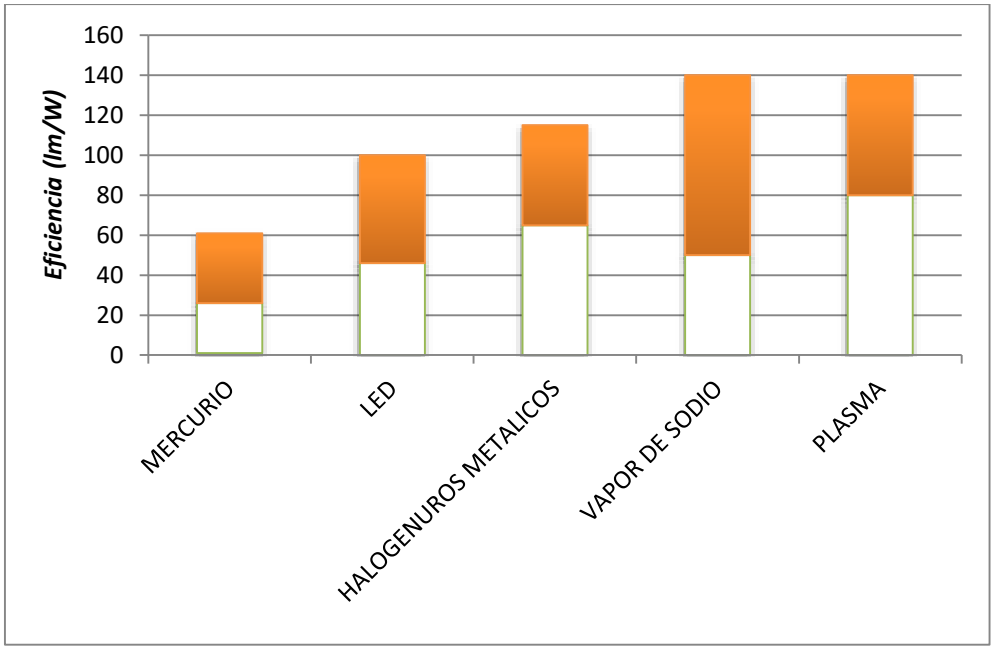
Gráfica 3-18: **Comparación entre lámparas plasma y LED**

En la tabla 3-2 se presentan en forma ordenada cada tecnología con sus datos de fabricante y resultados obtenidos, a fin de realizar el análisis e interpretación de los mismos.

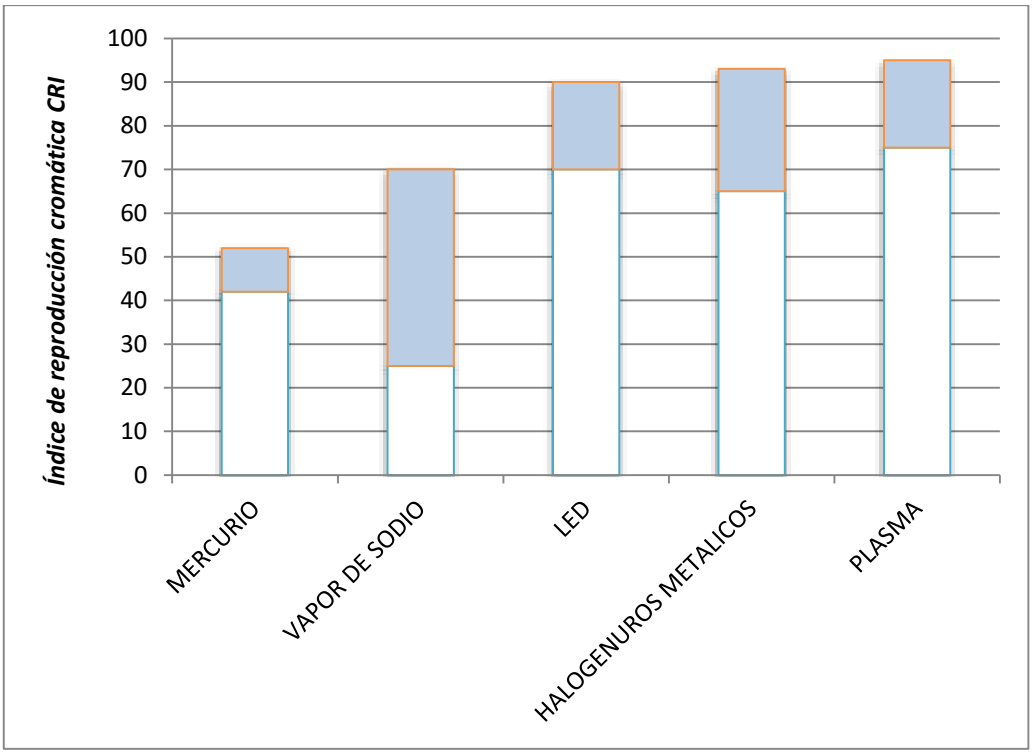
CARACTERÍSTICAS	PLASMA	SODIO	HALOGENUROS METÁLICOS	LED	MERCURIO
EFICIENCIA $(\boldsymbol{lm/W})$	130	100	92	90	50
VIDA UTIL $(\boldsymbol{kh})$	50	20	10	50	14
CRI	92	60	80	85	52
COSTO $(\$/\boldsymbol{lm})$	0,0027	0,0035	0,0038	0,0039	0,0070
$\boldsymbol{CO_2}$ $(\boldsymbol{kg/año})$	737	553	658	658	1053

Tabla 3-2: **Características de las fuentes de iluminación**

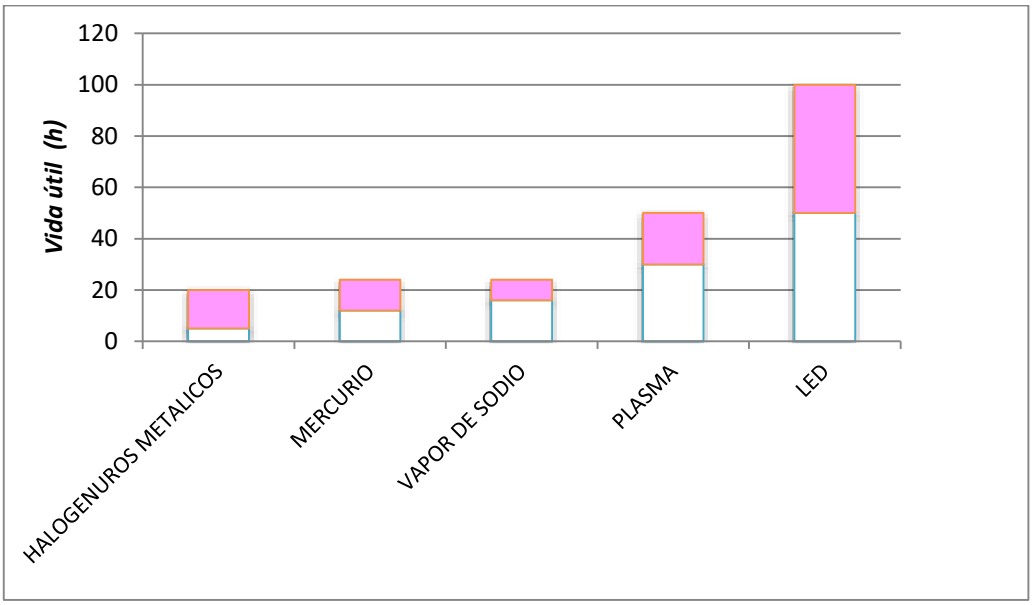
En los siguientes gráficos se muestra el comparativo de eficiencia, índice de reproducción cromática, vida útil, costo, y emisiones de CO2 entre las tecnologías en mención.



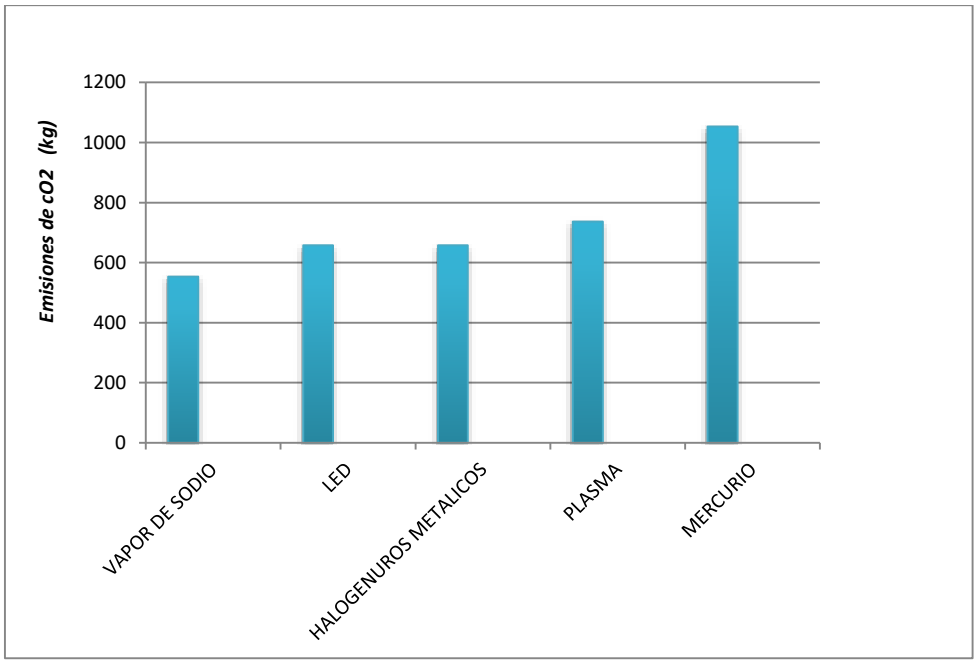
Gráfica 3-19: **Comparativo de los rangos de eficiencia de fuentes de iluminación**



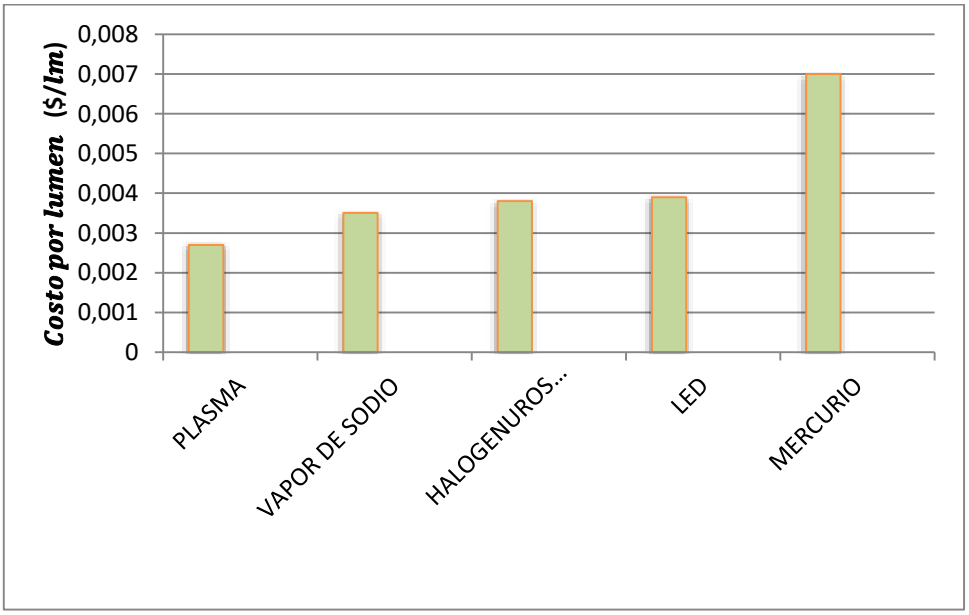
Gráfica 3-20: **Comparativo de los rangos de CRI de fuentes de iluminación**



Gráfica 3-21: **Comparativo de los rangos de vida útil de fuentes de iluminación**



Gráfica 3-22: **Comparativo de emisiones de CO_2 entre fuentes de iluminación**



Gráfica 3-23: **Comparativo de costo por lumen entre fuentes de iluminación**

Como se puede observar en la gráfica 3-18, la tecnología que demuestra mayor eficacia es la bombilla de plasma, lo que a su vez representa un menor costo por lumen emitido, ya que como se mencionó antes, el costo por lumen esta

inversamente relacionado con la eficiencia, y al presentar la mayor eficiencia tendrá el menor costo por lumen. Seguida muy de cerca por la de sodio y halogenuros metálicos.

La bombilla de plasma (PL), es una tecnología que aún está en etapa de crecimiento, sin embargo su eficacia muestra una tendencia de aumento y podría llegar a ser una tecnología muy eficiente en el tiempo. Es una tecnología que además de tener una buena reproducción de color (>79%), tiene la mayor vida útil ($50000\ h$) comparable con las demás tecnologías. Sin embargo, pese a todas sus ventajas no es muy aplicable para alumbrado a pequeña escala, principalmente por encontrarse en potencias muy grandes.

Adicionalmente se puede observar que las lámparas LED para aplicaciones que requieran grandes flujos luminosos, es decir, lámparas de gran potencia, no resulta conveniente, debido que al ser una tecnología nueva, no se ha desarrollado lo suficiente, esto no quiere decir que las lámparas LED no sean eficientes, al contrario son eficientes como se ha mostrado anteriormente pero para menores potencias.

Por su parte las lámparas de mercurio en ambos casos, al presentar la menor eficiencia y CRI, su uso se ha venido restringiendo en los últimos años en aplicaciones tales como alumbrado público, y en la mayoría de los casos ha sido sustituida por las de sodio y halogenuros, pero aún se sigue utilizando en fábricas o industrias donde la reproducción de color no es primordial.

3.4 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA FRENTE A LA GENERACIÓN CONVENCIONAL

La energía eléctrica generada a partir de la insolación con paneles fotovoltaicos, se perfila como una alternativa sumamente prometedora, por los avances tecnológicos que ha experimentado en los últimos años. A pesar de que la eficiencia de estos sistemas es baja (entre un 15% y 20%), en los últimos años se ha logrado mejorarla y a la vez reducir costos de fabricación.

Debido a los altos niveles de irradiación en el Ecuador (aproximadamente una media diaria de $4{,}2\ kWh/m^2$) es adecuado pensar en el aprovechamiento del

recurso solar para la generación de energía eléctrica. Entre las ventajas con que cuenta este tipo de Energías Renovables (ER) la fácil instalación de los paneles y mantenimiento mínimo de los mismos. La generación de energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos se la puede obtener en cualquier punto de nuestro país. La diferencia entre los distintos sitios radica en la eficiencia que tendrán los paneles de acuerdo a la insolación disponible.

El avance de la energía solar fotovoltaica en países europeos ha tenido un gran adelanto en los últimos años, si bien muchos de estos países no cuentan con niveles de insolación tan altos como los que presenta nuestro país. Como es el caso de Alemania, que en comparación con la insolación del Ecuador, presenta características inferiores, no obstante es el mayor productor de energía eléctrica fotovoltaica a nivel mundial. Esta comparación nos da una perspectiva del potencial eléctrico fotovoltaico que se podría desarrollar en nuestro país.

El organismo encargado de regular los precios de las energías renovables en el Ecuador es el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). Este organismo es el ente regulador de todo el sector eléctrico ecuatoriano: generación, transmisión, distribución y comercialización.

La Regulación No. CONELEC – 004/11 (11) establece los precios al productor por la energía medida en el punto de entrega, expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos de América por kWh, son los indicados en la Tabla 3-3.

CENTRALES	**TERRITORIO CONTINENTAL**	**TERRITORIO INSULAR DE GALÁPAGOS**
EÓLICAS	9.13	10.04
FOTOVOLTAICAS	40.03	44.03
SOLAR TERMOELÉCTRICA	31.02	34.12
CORRIENTES MARINAS	44.77	49.25
BIOMASA Y BIOGÁS< 5 MW	11.05	12.16
BIOMASA y BIOGÁS > 5 MW	9.60	10.56
GEOTÉRMICAS	13.21	14.53

Tabla 3-3: **Precios Preferentes Energía Renovables en (cUSD/kWh)**

Estos precios fueron fijados con el fin de incentivar la generación renovable no convencional.

Una de las principales limitantes que ha obstaculizado el desarrollo de las energías renovables no convencionales es el factor económico. El costo de introducir nuevos tipos de energía presenta un costo elevado por las diferentes variables que deben ser estudiadas antes, durante y después del proceso de introducción de la nueva tecnología.

Si a esto se suma la falta de información sobre el recurso y el desconocimiento de las tecnologías que deben ser aplicadas, el desarrollo de las energías renovables se ve muy limitado.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA Y GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA

Costo del Sistema Fotovoltaico

El costo de un sistema renovable está compuesto por el costo de sus componentes, su transporte e instalación. Además, se debe tomar en cuenta los costos de mantenimiento y de reemplaza.

$$\boldsymbol{Costo\ Total} = \boldsymbol{capital}\ (\boldsymbol{inversión}) + \frac{\boldsymbol{O}}{\boldsymbol{M}}(-\boldsymbol{Recup.}) \qquad 3\text{-}3$$

- La inversión inicial es fundamentalmente el costo de los SFV: paneles, almacenamiento (baterías), equipos de control/regulación, accesorios, instalación, pruebas y puesta en macha.
- Los costos anuales de Operación y Mantenimiento (O&M) son bajos (1 al 3% del costo del sistema)

a) Paneles

- Siempre pedir información a varios proveedores.
- La evaluación económica (financiera) se la tiene que hacer para el tiempo de vida del sistema (panel) que es de 15 a 20 años.

b) Baterías

- El costo es 75 a 100 US$/kWh (para baterías de 12V), o:
  - para baterías de 12V : US$ 0.9 a 1 por Ah
  - para baterías de 24V : US$ 1.8 a 2 por Ah

c) Componentes electrónicos

- Controlador: El precio de los controladores depende de su capacidad de corriente. Existen de 4 a 24 Amperios (entre US$ 40 y 120).
- Inversor: El precio de un inversor depende de su potencia. Puede calcularse en 500 a 700 US$/kW.
- Accesorios (*): luminarias, cables, breakers, etc.

Conocidos los costos de los diferentes componentes del sistema se calcula el costo del sistema.

Para este análisis se considera una energía de $468\ Wh/dia$, que proviene de una luminaria LED de 39W que estaría funcionamiento durante 12h.

Panel: $100\ Wp$

Costo: $\$4/Wp\ =\ \$400$

$$Energía\ necesaria\ =\ 468\ Wh/dia\ =\ 168.5\ kWh/año$$

Baterías

Almacenamiento de 3 días (esto significa $1300\ Wh$). Con 60% de descarga, se deben adquirir baterías de.

$$1.3/0.60\ =\ 2.2\ kWh\ \ (200\ Ah).$$

Con $100\ US\$/kWh$, esto cuesta $US\$\ 220$.

Asumiendo que el tiempo de vida de la batería es de 5 años, entonces deberán adquirirse 4 juegos de baterías en 20 años.

Sistema

La inversión total del sistema será de

$$US\$\ 400\ +\ 4\ x\ 220\ =\ US\$\ 1.280$$

incluyendo regulador, accesorios la inversión llegaría a costar $\$\ 1.500$

Con esto se tiene:

$$20\ años\ x\ 168.5\ kWh\ =\ 3.370\ kWh$$

Resultando un costo de

$$\$\ 1.500/3.370\ kWh = 0.44\ US\$/kWh$$

Aplicando el método del descuento se tiene:

Los beneficios y costos en $\boldsymbol{n}$ años deben multiplicarse por un factor D, que resulta de:

$$\boldsymbol{D} = (\frac{\boldsymbol{1+i}}{\boldsymbol{1+d}})^{\boldsymbol{n}} \qquad 3\text{-}4$$

Dónde:

D factor de descuento

d porcentaje de descuento (o interés) $0{,}2\ anual$

i índice de inflación $0{,}1\ anual$

Año (n)	Factor Descuento (D)	Costos (US$)	Costo descontado
0	1	400 + 220	660
5	0.65	220	143
10	0.42	220	92
15	0.29	220	64
Total		1.280	959

Tabla 3-4: Costos descontados de paneles solares y baterías

Valor Presente Neto (VPN)

El valor presente neto es el valor de la suma de todos los beneficios descontados y costos, es decir lo que vale la instalación total en dólares hoy.

El valor presente neto (VPN) del proyecto es de $959\,US\$$ y el precio de la electricidad se convierte en:

$$959/\,3370\;=\;0{,}28\,US\$/kWh.$$

Costo del sistema con diesel

Los equipos diesel tienen un tamaño mínimo y proporciona una gran cantidad de energía.

Si no hay suficientes usuarios, el diesel muy bien podría ser la opción más económica (considerar para potencias bajo 20 kW).

Energía

Se asume una carga promedio de 70%. Con 6 horas de uso al día, la energía diaria de salida es de.

$$0.70\;x\;6\;x\;20\;=\;84\;kWh.$$

En 20 años, la salida es de

$$20\ x\ 365\ x\ 84\ =\ 613\ 200\ kWh$$

¿Qué cantidad de combustible se necesitaría para producir $1\ kWh$ de electricidad?

El contenido de energía del diesel es aproximadamente $10\ kWh/litro$. Con una eficiencia máxima del 50%, uno necesita 0.2 litros. En la práctica, 25% de eficiencia (sobre todo porque el motor diesel no operará a carga completa), lo que da 0.4 litros por cada kWh.

El consumo diario de combustible es de.

$$84\ x\ 0.4\ =\ 33.6\ litros.$$

Costos

- A $1000\ US\$/kW$, el costo de inversión de un equipo de $20\ kW$ es de $US\$\ 20\ 000$.

El tiempo de vida de un equipo diesel es de $15000\ horas$; por lo tanto, con 6 horas diarias de uso, la vida del equipo es de 7 años, por lo que se requieren 3 equipos en $20\ años$.

En 20 años, se necesitan $245280\ litros$ de combustible. A $USA\ \$/litro\ 0.50$; esto significa un costo de $USA\ \$\ 122600$.

La inversión total se convierte en.

$$3\ x\ 20000\ +\ 122600\ =\ US\$\ 182600.$$

El costo de la electricidad sería de

$$US\$182\ 600/613\ 200\ =\ 0.30\ US\$/kWh.$$

Emisiones de CO_2

La electricidad que produce una instalación de energía solar fotovoltaica está libre de toda emisión de CO_2. En esto, y en su carácter distribuido y modular, radica la ventaja que esta fuente energética tiene sobre las fuentes convencionales.

Sin embargo, en la producción de los módulos y del resto de componentes (marcos de aluminio, inversores, etc) que integran una instalación fotovoltaica, se necesita consumir electricidad. Así, en la medida en que el sistema eléctrico está compuesto no sólo de renovables, sino también de centrales de gas, fuel oil y carbón, esa producción de módulos y componentes para instalaciones fotovoltaicas provoca emisiones de CO_2.

Emisiones de CO_2 en la producción de módulos	
Tipo de módulo	**Emisiones en gramos de CO_2/kWh**
Silicio policristalino	37
Silicio monocristalino	45

Tabla 3-5: **Emisiones de CO2 en la producción de módulos (12)**

Como se puede apreciar en la tabla 3-5, los módulos de silicio monocristalino son los que más emisiones generan en su producción; algo que se deriva de un uso de la electricidad mucho más intensivo que con el resto de módulos.

Factor de emisiones de CO_2 por tipo de combustible

Para cada tipo de combustible utilizado por las diferentes tecnologías de las unidades térmicas, son necesarios los factores de emisión de **CO_2** y las características que presentan los respectivos combustibles. Para el caso de estudio se utilizaron los valores de la Tabla 3.6.

Combustible	Densidad [ton/m^3]	Valor calorífico neto [TJ/10^3ton]	TJ/Gal	tCO2/TJ	FE [tCO2 /Gal]	FE [tCO2/ton]
Fuel oil	0,96	39,8	0,00014463	75,5	0,01091957	3
Diesel	0,88	41,4	0,00013791	72,6	0,01001227	3,01
Nafta	0,74	41,8	0,00011709	67,5	0,00790358	2,9
Crudo	0,86	40,1	0,00013054	71,1	0,00928139	2,85
Residuo	0,86	20,3	0,00006608	72,2	0,00477098	1,47
Gas Natural	0,00074	46,5	9,738E-07	54,3	5,2877E-05	2,52

Tabla 3-6: **Factor de emisiones de CO_2 por tipo de combustible (13)**

Para la generación mediante centrales térmicas es necesario $0.4\ litros$ por cada kWh.

Como se puede ver en la tabla 3.6 el factor de emisión, para el caso del diesel es de $0{,}01001227 tCO2\ /Gal$.

En consecuencia las centrales térmicas emitirían $1{,}057\ kgCO2/kWh$

A continuación, a manera de resumen se presenta una tabla, que muestra el costo de generar $1kwh$ con energía fotovoltaica y termoeléctrica, además las emisiones que presentan cada una de estas.

Tipo de Generación	Costo ($/kWh)	Tipo de combustible (Lt/kWh)	Factor de Emisiones kgCO2/kWh	Precio de los CER's $/tCO2
Fotovoltaica	28		0,045	10
Térmica	30	0,4	1,057	

Tabla 3-7: **Emisiones de los SSFV frente a los sistemas térmicos**

kgCO2 no emitidos	**1,005**
Ahorro de Emisiones ($/kWh)	0,01005
Ahorro por tipo de Generación ($/kWh)	**2**
Ahorro Total ($/kWh)	**2,01005**

Tabla 3-8: Ahorro de emisiones de los SSFV frente a los sistemas térmicos

Como se puede ver hay un ahorro de $USA\ \$0{,}01005$ por cada $kgCO2$ emitido por las centrales térmicas y un ahorro de $USA\ \$2$ por cada kilovatio de energía generada con energía solar fotovoltaica, lo que da un ahorro total de $USA\ \$\ 2{,}01005$ por cada kilovatio de energía generada con energía solar Fotovoltaica.

Por todas las ventajas ya expuestas de los sistemas fotovoltaicos sería conveniente hacer el estudio de factibilidad para la utilización de estos sistemas en iluminación exterior o pública como son parques, calles, monumentos, iluminación exterior de viviendas, etc.

CAPITULO IV

4 DISEÑO LUMÍNICO ORNAMENTAL Y DEPORTIVO DEL PARQUE RECREACIONAL “EL PARAISO”.

4.1 INTRODUCCIÓN:

En las ciudades, son cada vez más imprescindibles áreas verdes de recreación y deportivas al servicio de la gente, que en su rutina diaria o semanal necesita lugares de esparcimiento, no solamente durante el día, sino también en la noche. Es por eso que el alumbrado público dentro de los parques, se ha vuelto muy necesario, ya sea para facilitar el desplazamiento y la seguridad de los peatones, como también resaltar los elementos de interés que se incluyen en el mismo, como: macizos florales, praderas, arbolado, áreas despejadas, monumentos, fuentes, lagunas, rocallas, muros, etc., conjugándolos con su entorno.

Si durante el día el jardín invita a que sus usuarios paseen y descansen, es en buena medida por la riqueza y variedad del colorido de sus espacios. Al ocultarse el sol, los cromatismos del parque y la claridad, o lo tenue de sus luces, son importantes factores que animan a las personas a visitarlo.

La mayoría de las personas tienen un profundo aprecio por los jardines, parques y la naturaleza, y el hecho de que éstas visiten un parque vencida la tarde dependerá mucho de la luz artificial existente en el lugar, su distribución, su intensidad y su efecto sobre las plantas y elementos del jardín, por lo que primero y ante todo, la tecnología utilizada para iluminar un parque debe mezclar el entorno natural y complementar la estética de la vegetación y la ornamentación, para que de esta manera brinde la sensación de refugio y comodidad a las personas y se sientan a gusto al visitarlo.

Debe considerarse que en ciudades como la nuestra, la mayoría de las personas acuden a los parques en horas de la tarde, lo que origina que los colores resulten más vagos. En horas más tardías, la débil luz de la luna hace imposible distinguirlos, por lo que la iluminación diurna tiene que ser sustituida por iluminación artificial, para que de esta manera se conserve algunos de los

atractivos estéticos del jardín, y a su vez brinde seguridad al movimiento y al descanso de los usuarios.

La iluminación artificial como herramienta en el diseño de parques y jardines, es muy importante ya que permite crear y acentuar siluetas, establecer planos de iluminación y a la vez de penumbra, poniendo en valor cuantos elementos sean de interés, y acentuando la perspectiva y el efecto tridimensional.

No se pretende alcanzar con iluminación artificial el grado de luminosidad que se consigue con la luz solar, y además se debe tener en cuenta el hecho de que el ojo humano percibe de una forma modificada la expresión de los colores a consecuencia de los diferentes tonos e intensidades de la iluminación artificial. En muchas ocasiones se intenta erróneamente conseguir los efectos diurnos en el jardín mediante la instalación de una iluminación de gran intensidad, olvidando que la propia existencia de la luz artificial conlleva la aportación al jardín de una sensación visual completamente diferente a la que proporciona la luz solar.

En la técnica de la iluminación intervienen dos elementos básicos: la fuente productora de luz y el objeto que se va a iluminar. En este capítulo se va a detallar lo esencial del alumbrado que se debe conocer, sus magnitudes y unidades de medida fundamentales, empleadas para valorar y comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz, así mismo se dará a conocer cómo se debe iluminar los diferentes elementos de un parque, las técnicas de la iluminación que existen, los niveles de iluminación recomendados para cada ambiente.

4.2 LO ESENCIAL DEL ALUMBRADO

4.2.1 DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE UNA FUENTE DE LUZ

La distribución espectral representa la distribución de la energía radiada en longitudes de onda diferentes en la parte visible del espectro. Puede definirse para cada tipo de fuente de la luz.

4.2.2 FLUJO LUMINOSO (POTENCIA LUMINOSA)

El flujo luminoso que produce una fuente de luz es la cantidad total de energía luminosa emitida o radiada por segundo, en todas las direcciones.

El flujo luminoso se representa por la letra griega ϕ y su unidad es el lumen (lm). El lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia de valor $\mathbf{540} \cdot \mathbf{10^{12}}$ Hz.

Rendimiento luminoso (Eficacia luminosa)

El rendimiento luminoso de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

Se representa por la letra griega ε, siendo su unidad el $lumen/watio$ (lm/W).

La fórmula que expresa la eficacia luminosa es:

$$\boldsymbol{\varepsilon = \frac{\Phi}{P}\left(\frac{lm}{W}\right)} \qquad 4\text{-}1$$

4.2.3 ILUMINANCIA (NIVEL DE ILUMINACIÓN)

La iluminancia o nivel de iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área.

Se simboliza por la letra $\boldsymbol{E}$, y su unidad es el lux (lx). Un lux equivale a un lumen por metro cuadrado (lm/m²).

La fórmula que expresa la iluminancia es:

$$\boldsymbol{E = \frac{\Phi}{S}\left(lx = \frac{lm}{m^2}\right)} \qquad 4\text{-}2$$

La iluminancia es independiente de la dirección desde la que el flujo luminoso alcanza la superficie.

Se deduce de la fórmula que cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será su iluminancia, y que, para un mismo flujo luminoso

incidente, la iluminancia será tanto mayor en la medida en que disminuya la superficie.

Iluminancia horizontal

Para superficies horizontales, la iluminancia se calcula describiendo la distancia (d) entre la fuente de luz y el punto de cálculo por medio de la altura vertical (h) de la fuente de luz encima de la superficie.

En la figura, $h = d\cos(\gamma)$ de donde

$$d = {}^{h}/_{\cos(\gamma)} \qquad 4\text{-}3$$

$E_p = \frac{I\cos(\gamma)}{d^2}$ se convierte en

$$\boldsymbol{E_{horizontal} = \frac{I\cos(\gamma)^2}{h^2}} \qquad \textbf{4-4}$$

A esto se le llama iluminancia horizontal en el punto P.

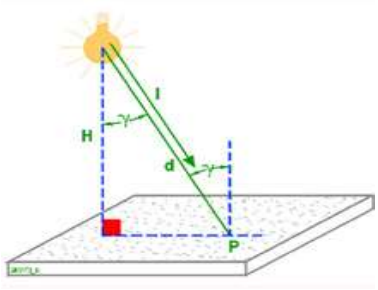


Figura 4-1: Iluminación Horizontal

Iluminancia vertical

La iluminación en el mismo punto P en una faceta vertical orientada hacia la fuente de luz también se puede dar en función de la altura (h) de esta fuente y del ángulo de incidencia (γ) de la intensidad luminosa I.

$E_v = \frac{I\,\mathrm{sen}(\gamma)}{d^2}$ y con

$$d = {}^{h}/_{\cos(\gamma)} \qquad 4\text{-}5$$

Se convierte en:

$$E_{vertical} = \frac{I\cos(\gamma)^2 * sen(\gamma)}{h^2} \qquad 4\text{-}6$$

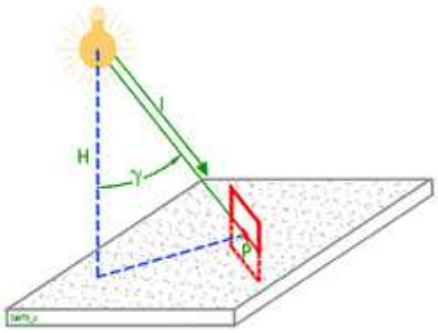


Figura 4-2: **Iluminación Horizontal**

4.2.4

4.2.5 INTENSIDAD LUMINOSA

Esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido ω.

Al igual que a una magnitud de superficie corresponde un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estéreo que se mide en *estereorradianes* (sr).

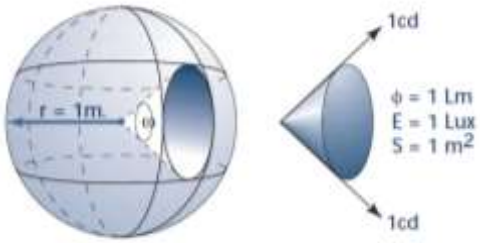


Figura 4-3: **Angulo sólido**

La intensidad luminosa de una fuente de luz puede definirse como: El flujo emitido en una dirección, radiado por unidad de ángulo sólido en esa dirección.

Su símbolo es I, su unidad es la candela (cd), y la fórmula que la expresa:

$$I = \frac{\phi(lm)}{\omega(sr)} \qquad \ldots\ldots\ldots 4\text{-}7$$

4.2.6 LUMINANCIA O BRILLO

Se llama Luminancia al efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz. La luminancia mide brillo de las fuentes luminosas primarias y de las fuentes que constituyen los objetos iluminados.

La visibilidad de todas las superficies y objetos que están en nuestro campo visual se debe a su luminancia, mientras que los niveles de iluminancia de hecho no se perciben.

Se representa por la letra L, siendo su unidad la $candela/metro\ cuadrado$ (cd/m^2) llamada “nit (nt)”.

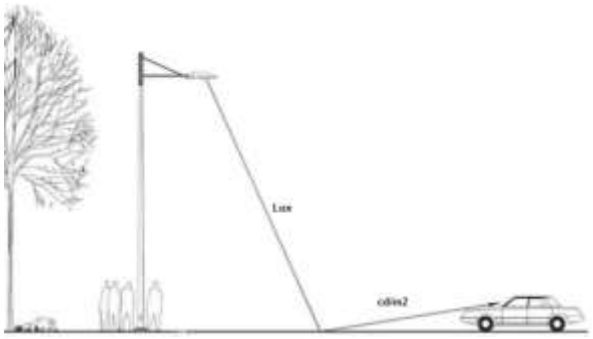


Figura 4-4: Luminancia (cd/m^2)

4.2.7 LUZ VISIBLE

La luz visible puede definirse como cualquier radiación capaz de actuar sobre la retina del ojo humano y que causa una sensación visual.

Cada simple radiación se diferencia de otras por su frecuencia, es decir su longitud de onda. La representación de una radiación por su longitud de onda es generalmente aceptada, porque la longitud de onda puede ser medida con gran precisión.

La representación gráfica de un espectro de radiación electromagnética también se basa en longitudes de onda.

La parte visible del espectro abarca el rango relativamente estrecho de entre $380\ nm\ y\ 780\ nm$.

Estos límites representan promedios obtenidos experimentalmente, porque, en realidad, pueden variar de un individuo a otro.

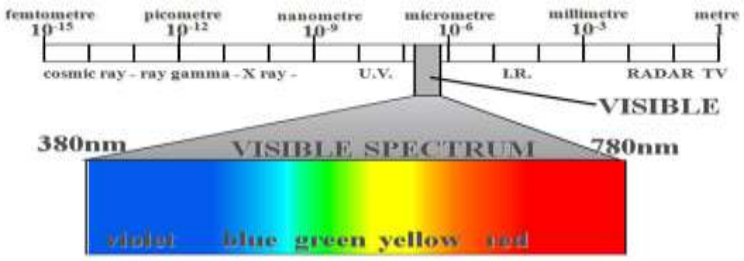


Figura 4-5: **Espectro visible**

4.2.8 REPRODUCCIÓN CROMÁTICA

La reproducción cromática está relacionada con el modo en que aparecen los objetos bajo una fuente de luz dada. La medida se llama "índice de reproducción cromática" o CRI.

Se define el índice de reproducción cromática como una valoración de la capacidad de una fuente de luz para reproducir fielmente los colores con respecto a un iluminante de referencia.

El CRI varía entre 0 y 100. Un CRI bajo indica que los objetos pueden parecer poco naturales bajo la fuente, mientras que una luz con un índice CRI alto permitirá que los colores de un objeto parezcan más naturales.

El valor máximo del CRI de una fuente es igual a 100 (lo más parecido a la luz solar). Cuanto más alto el valor, mejor es la reproducción cromática. Las fuentes de luz que proporcionan un CRI de más de 80 son consideradas excelentes para el reconocimiento del color.

4.2.9 TEMPERATURA DE COLOR

La temperatura de color mide el grado de frialdad o calidez de la tonalidad de una fuente de luz. Se mide en $^{o}Kelvin$. Existe una sensación subjetiva inversa en cuanto a la temperatura de color. A menor temperatura mayor sensación de calidez y a myor temperatura mayor sensación de frialdad.

4.2.10 DEPRECIACIÓN LUMINOSA

Es el descenso del flujo luminoso emitido por una lámpara a lo largo de su vida. Se expresa en % del flujo inicial, aunque la forma más común consiste en expresar esta característica en forma gráfica $Horas\ /\ Flujo$.

4.2.11 VISIÓN MESÓPICA

La visión mesópica es una visión intermedia (entre la fotópica (percepción visual que se produce con niveles de iluminación diurnos) y la escotópica (percepción visual que se produce con niveles muy bajos de iluminación, donde no se pueden percibir colores)),que se da en situaciones de niveles de iluminación, que sin llegar a la oscuridad total, tampoco llega a ser la luz de un día a pleno sol. Se trata, principalmente, del tipo de visión empleado en condiciones de luz artificial, donde tanto conos como bastones entran en juego. La visión mesópica está comprendida entre los niveles de luminancia que van desde 3 hasta 0,01 cd/m2, y es la zona donde se hallan los niveles de luminancia del alumbrado público.

4.2.12 GRADO DE PROTECCIÓN

Es el nivel de protección proporcionado por una envolvente contra el acceso a partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos solidos extraños, contra la penetración de agua o contra los impactos mecánicos exteriores.

Existen dos tipos de grados de protección y cada uno de ellos, tiene un sistema de codificación diferente, el Código IP y el Código IK.

Código IP: Es un sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por la envolvente contra el acceso a partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos solidos extraños, contra la penetración de agua y para suministrar una información adicional unida a la referida protección.

Este código está formado por dos números de una cifra cada uno, situados inmediatamente después de las letras ¨IP¨ y que son independientes uno del otro, además este código puede ser ampliado por medio de una letra adicional cuando la protección real de las personas contra el acceso a las partes peligrosas sea superior a la indicada por la primera cifra.

El número que va en primer lugar, denominado ¨primera cifra característica¨, indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas, y la protección del equipo contra la entrada de cuerpos sólidos extraños. Esta cifra va desde 0 (cero) hasta 6 (seis) y a medida que aumenta el valor de dicha cifra, indica que el cuerpo sólido que la envolvente deja penetrar es menor.

El número que va en segundo lugar, denominado ¨segunda cifra característica¨, indica la protección del equipo en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración de agua. Esta cifra va desde 0 (cero) hasta 8 (ocho), y a medida que va aumentando su valor, la cantidad de agua que intenta penetra en el interior es mayor y también se proyecta en mas direcciones.

Código IK

Es un sistema de codificación para indicar el grado de protección proporcionado por la envolvente contra los impactos mecánicos nocivos, salvaguardando así los materiales o equipos en su interior.

Este código se designa con un número graduado de cero (0) hasta diez (10); a medida que el número va aumentando indica que la energía de impacto mecánica sobre la envolvente es mayor.

4.3 CÓMO ILUMINAR PARQUES

4.3.1 REQUISITOS FOTOMÉTRICOS

El objetivo del sistema de iluminación de parques es proporcionar la debida seguridad a los peatones que transitan por los mismos, pero sin olvidar que no siempre es mejor proveer al parque de grandes niveles de iluminación, ya que el exceso de luz puede ocasionar efectos contrarios a los perseguidos, pues se pueden crear contrastes luz-sombra muy grandes, dando lugar a deslumbramientos y alterando el aspecto de las zonas con predominio vegetal, perdiéndose también la riqueza visual que ofrecen las matizaciones de claro-oscuro. En términos generales, el énfasis de la iluminación está en el control de luz artificial emitida, tanto en la cantidad de luz como en la calidad lumínica.

Más que instalar una excesiva iluminación que intente recrear la percepción diurna del jardín, es recomendable determinar los puntos que conviene iluminar, haciéndolo de manera que la luz emitida posea una tonalidad que ayude a dar viveza a los colores naturales y matice los diferentes tonos de verde, consiguiendo al mismo tiempo que queden perfectamente identificables los colores de las masas de flor sobre el fondo de césped. Es necesario que el diseño de la instalación esté pensado para evitar la contaminación luminosa. A tal efecto, debe impedirse la distribución de luz hacia arriba, para lo cual se apantallarán las luminarias que deban dirigirse hacia arriba para que limiten su proyección de luz estrictamente hacia el objeto a iluminar.

La seguridad y la comodidad de los visitantes del parque deben acomodarse tanto como su sensibilidad. La luminancia debe ser uniforme alrededor de áreas de descanso y a lo largo de las aceras en todos los lugares. También debe brillar bajo los árboles cerca de la acera, la mayoría de las personas que visitan los parques suelen pasar el tiempo bajo los árboles, por lo que se debe mantener estas áreas libres de sombras, la iluminación de parques debe ser más clara aún en las áreas alrededor de los baños públicos y fuentes, ya que la humedad no se puede ver claramente en el piso y puede crear el riesgo de que las personas resbalen. Así mismo la iluminación debe permitir a los peatones distinguir los obstáculos y otros riesgos del camino y ser conscientes de los movimientos de

otros peatones que puedan estar cerca. Es por esto que se vuelve muy importante considerar la iluminación en las superficies tanto horizontales como verticales.

Según la regulación emitida por el CONELEC No. 008/11, y denominada **«Prestación del Servicio de Alumbrado Público General»** (14), define 6 clases de áreas: de P1 a P6. La opción de la clase P depende de la importancia del área en términos del número de usuarios y la configuración circundante. Generalmente, los parques se iluminan a niveles relativamente bajos, con criterios de iluminación de clases P3 a P6. A partir de una determinada hora del anochecer, la iluminación puede apagarse por motivos de ahorro de energía.

El reconocimiento facial es por lo general necesario para los peatones, de modo que deben satisfacerse también determinados requisitos como una iluminancia vertical mínima $(E_{v,mín})$, y semicilíndrica mínima $(E_{sc,mín})$.

Se ofrecen a continuación los valores de los criterios de iluminación que hay que respetar para las diferentes clases P, tal como se encuentran en la regulación del CONELEC (14):

Clases de Iluminación	TIPO DE APLICACIÓN	
	Iluminancia Horizontal (lx) Referida a nivel de la superficie de uso	
	Promedio	**Mínimo**
P1	15.00	3.00
P2	10.00	2.00
P3	7.50	1.50
P4	5.00	1.00
P5	3.00	0.60
P6	2.00	0.40

Tabla 4-1: **Clases de Iluminación**

Al mismo tiempo, se espera una fuerte limitación de la emisión de luz superior, a fin de reducir al mínimo el efecto del resplandor del cielo.

4.3.2 FUENTES DE LUz

Los parques y las áreas verdes requieren por lo general fuentes que proporcionen luz blanca para obtener una buena reproducción cromática ($CRI = 60$). El contraste de color dado por la luz blanca hace que la visibilidad para los peatones sea mejor.

Además, estudios recientes sobre la visión han conducido a recomendar el uso de la luz blanca para áreas donde la visión periférica de los usuarios es una importante contribución.

4.3.3 LUMINARIAS

Las luminarias elegidas para iluminar los parques deben presentar un alto nivel de hermeticidad, al menos IP 66 (protección total contra los contactos y contra la penetración de polvo; protección frente a fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa), a fin de mantener las prestaciones iniciales el máximo de tiempo posible durante toda la vida de la instalación.

Adicionalmente al grado IP, las luminarias deben presentar al menos un IK 08 (soporta un impacto de una pieza de poliamida o de acero redondeada de 1,7 kg de peso, y que cayera desde una altura de 300 mm; resistente a impactos de energía de 5 J). Cuando se instalan las luminarias a una altura de montaje baja (hasta 5 m), debe tenerse en cuenta el vandalismo y utilizar materiales resistentes para la fabricación de las luminarias, como son el aluminio para el cuerpo y vidrio o policarbonato para el protector.

4.3.4 REGLAS DE ILUMINACION

Entender el deseo de las personas o clientes: Necesidades y gustos de las personas que habitan en los alrededores.

Decidir el efecto de la propuesta: Lo más indicado es hacer un balance entre la seguridad y la estética. Se debe tener en cuenta todas las actividades que se realizarán en el parques y otras areas a lo largo del año.

Crear un cuadro de colores: Emplear variedades de tipos, texturas y densidades de plantas.

Iluminación en capas: Escenas múltiples, creando una baja, media y alta estimulacion visual. Focos dramáticos e irregulares.

Juego de las sombras: La sombra es tan importante como la luz en sí misma. Hay que evitar el reflejo antiestético. Posicionar bien las lámparas. La fuente de luz debe siempre ceder protagonismo a los efectos que crea.

No temer el uso del color: Usarlo sabiamente asegurando equilibrio si se utilizan colores complemetarios.

Pensar verde: Utilizar lámparas de bajo consumo, eficiente, bajo manteniemiento y bajo costo.

4.3.5 COLOR DE LA LUZ

Cada tipo de lámpara tiene un cromatismo determinado que la hace más o menos adecuada para una aplicación específica. Es de gran importancia el tipo y color de la luz emitida en un parque debido a que los tonos amarillentos cálidos crean sensación de familiaridad y comodidad, mientras que la luz blanca azulada, parecida a la diurna, puede resultar encantadora por la noche, pero también es capaz de dar efectos fantasmagóricos y siniestros.

Las lámparas de color **blanco azulado** son más apropiadas para uso en jardines, ya que ponen de manifiesto el color de las coníferas, puesto que da lugar a que se perciba en ellas un color verde azulado.

Las lámparas de color **amarillo dorado** acentúan el color amarillento del follaje otoñal, pero en general no son adecuadas para su empleo en zonas verdes. Entre los casos especiales en que puede usarse, es de citar la iluminación de troncos de palmeras, siempre que en sus alrededores no existan otras especies vegetales que no convenga que sean iluminadas con este tipo de luz.

Las lámparas de color **blanco cálido o suave**, son útiles para distancias medias, debiendo seleccionarse las que tengan un alto rendimiento de color, sobre todo cuando se deban iluminar áreas o elementos lineales homogéneamente. Las lámparas de tamaño relativamente pequeño, son muy útiles para balizamientos, escalones y elementos de señalización.

Son muy utilizados los proyectores y más aún las lámparas dotadas de reflector. Los de tipo difusor son recomendables para la iluminación de las ramas de los árboles si se sitúan cerca del tronco; los concentradores se emplean para iluminar detalles o zonas inmediatas a las de circulación de los peatones. Asimismo, son de interesante uso las lámparas especiales de reflector que dirigen todo su flujo al reflector del proyector, lo que permite un perfecto control del haz luminoso. Si se utilizan reflectores de colores se consigue un mayor rendimiento luminoso que con el empleo de filtros.

4.4 ILUMINACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UN PARQUE

Los elementos que componen el campo visual son generalmente tres: objetos, entorno inmediato y entorno complementario o lejano.

El objetivo esencial de la iluminación es acentuar la belleza del escenario, destacando con luces y sombras los distintos elementos de interés que se incluyen en el mismo. Sin olvidar que la **iluminación de jardín** y parques debe ser sutil, además la atención debe ser acaparada por plantas, follaje, esculturas, y no por las luminarias. Existen muchas técnicas para este tipo de iluminación

decorativa y en todos los casos debe ser considerado particularmente el posicionamiento de las luces para evitar la polución lumínica, sin olvidar que el mejor efecto es producido, si la fuente de luz está escondida.

En la práctica luminotécnica, el nivel de iluminancia se mide en lux. Para poder hacerse una idea de estas magnitudes, será útil conocer que en un día soleado de verano ofrece $100.000\ lux$ a pleno sol y $10.000\ lux$ a la sombra; ahora con el cielo cubierto el valor está alrededor de $20.000\ lux$, mientras que en una noche de luna llena la medida sería tan sólo de $0.2\ lux$. Sin embargo para divisar el efecto de un rostro humano y poder reconocerlo sin esfuerzo hace falta una iluminación de $200\ lux$, ya que con $20\ lux$ los rasgos son apenas visibles.

Antes de recomendar los niveles de iluminación para los distintos espacios de un parque, es necesario recordar que no todos poseen el mismo valor estético, ni la misma utilidad, ni requieren la misma seguridad; por lo que, es necesario fijar la atención en lugares concretos para destacarlos, proporcionándoles un nivel luminoso que predomine sobre la luminosidad general del mismo.

La iluminación de un parque no debe alcanzar bajo ningún concepto los niveles que se recomiendan para interiores, los que van desde 200 hasta $2000\ lux$.

4.4.1 VEGETACION

Dentro del paisajismo, los árboles son los elementos más importantes para conformar espacios. La forma y el tamaño del tronco y de la copa varían en función del tipo o variedad del árbol. Las formas más conocidas de las copas son la esfera, la columna, la sombrilla y la palma. Además de la forma, tenemos las flores y las hojas que caracterizan el aspecto de los árboles, de acuerdo con la estación respectiva del año.

La técnica más usada para la iluminación de árboles es la conocida como Uplighting o iluminación ascendente, consiste en iluminar de abajo hacia arriba generalmente en forma rasante. Se puede colocar dos bañadores por delante que iluminan uniformemente el cuerpo de la copa; mientras que si hay bañadores laterales, éstos resaltan su flexibilidad. Si los bañadores están

dispuestos en tres de los lados, la copa quedará iluminada uniformemente por todos los costados y se disminuirá la flexibilidad. Este tipo de iluminación suele producir efectos realmente espectaculares, especialmente cuando se aplica sobre grandes árboles. Las luminarias más adecuadas para realizar esta técnica son las embutidas de piso, o las colocadas a la mitad del árbol; pueden ser en versión fija u orientable, como así también de espejo asimétrico, ideal para cubrir grandes superficies sin deslumbrar al observador.

Cuando se trata de árboles grandes, es posible que se necesiten varias luminarias para conseguir la iluminación uniforme y evitar una percepción distorsionada de las partes claras y oscuras. Las luminarias con orientación flexible mediante piquete, pueden ser adaptadas al crecimiento del árbol, corrigiendo su colocación.

Las luminarias empotrables de suelo se integran mejor en el paisaje, pero dan más trabajo cuando requieren una posición nueva.

Las luminarias colocadas en varios costados proporcionan una iluminación uniforme del árbol, mientras que el uso de una o solo dos luminarias produce una mayor flexibilidad. Los Uplights de haz intensivo se prestan para la iluminación acentuadora de troncos llamativamente altos.

El crecimiento de los árboles y el evitar deslumbramientos son detalles que hay que tener en cuenta al momento de la colocación y la orientación de las luminarias.

Los niveles recomendados para estas áreas verdes son de 20 a $100\ lux$ (2), esto permite crear unas zonas visuales generales, siendo suficientes $30\ lux$ en la mayoría de los casos. La vegetación es en su conjunto bastante oscura y poco reflectante, debido a su color y a los numerosos huecos que existen entre las hojas. Se puede estimar un coeficiente de reflexión de entre un 10% y un 30%, lo que hace que las necesidades lumínicas sean elevadas.

4.4.2 ÁREAS DE ACTIVIDAD RECREATIVA Y DEPORTIVA

El objetivo de iluminar escenarios deportivos o recreativos exteriores es ofrecer un ambiente adecuado para la práctica y disfrute de actividades deportivas por parte de jugadores y público. Bajo dos criterios fundamentales: Contraste elevado entre el jugador y el fondo y ausencia o minimización del deslumbramiento, para alcanzar una buena visibilidad y una práctica más continua y menos fatigante.

La técnica más usada para la iluminación de las áreas de actividad **es la conocida como Downlighting o iluminación descendente,** que consiste en proveer luz que viene de todas direcciones, inunda todo el espacio y rellena toda la zona, iluminando por igual todas las superficies que delimitan dicha área y los objetos contenidos en ella. Con ello se obtiene una percepción única del espacio, perdiendo interés las cosas en beneficio del conjunto. Pueden utilizarse diversos tipos de luminarias de emisión luminosa directa de regular concentración, montadas sobre aleros, enrejados o árboles medianos.

También suele emplearse una técnica de iluminación conocida como **moonlighting** o **iluminación de luna** en castellano. Esta modalidad constituye sin duda la más natural de todas las formas de iluminar un parque o jardín, ya que simula la iluminación de una noche de luna llena. No es fácil de lograr, ya que se corre el riesgo de que el predio termine pareciendo una "playa de estacionamiento".

Consiste en montar proyectores en los árboles más altos. La gran mayoría iluminará en forma descendente el piso, pero de forma irregular, (debido a las sombras producidas por el follaje), mientras que algunos pocos lo harán hacia arriba alumbrando el follaje. La luz debe ser muy blanda y suave; blanda porque la luz de luna es difusa por excelencia y suave porque hay que recordar que la iluminancia producida por la luna llena no supera los 0,2 lux.

Para el caso específico de los campos deportivos, hay que considerar que en ellos se encuentran una gran variedad de superficies reflectantes como el balón,

los uniformes de los jugadores, la superficie de la cancha, de las graderías y los espectadores.

Por lo anterior, los diseños y los cálculos se deben basar en la cantidad de luz incidente o Iluminancia, tanto horizontal como vertical:

La iluminancia horizontal es prácticamente la que determina el nivel de luz en el terreno de juego y como éste sirve de fondo visual para los jugadores y la pelota, es relevante tener una iluminancia horizontal suficiente para crear las condiciones de contraste correcto con el fondo. La iluminancia horizontal necesaria para un campo deportivo determinado depende de:

- El nivel de competencia previsto para la cancha (recreativa, entrenamiento, torneos o profesional)
- El tipo de juego, que a su vez determina la velocidad y tamaño de la pelota, el movimiento de los deportistas y la distancia entre éstos y la pelota durante el juego.

La iluminancia vertical, en un campo de juego, es importante para reconocer los objetos y se calcula para escenarios que realizan torneos y juegos profesionales especialmente en donde hay afluencia de público y requerimientos de transmisiones de televisión.

Para los jugadores, la iluminancia vertical es importante y debe venir de todas direcciones a fin de evitar las sombras que podrían comprometer la visibilidad de la pelota de juego. No obstante, si éstos ocupan una posición fija, la iluminancia horizontal deberá comprobarse en la dirección principal de observación.

Se recomienda una intensidad luminosa en función de que la actividad realizada en ellas sea entrenamiento, competición, etc. Para entrenamiento, los campos de fútbol, las piscinas, las canchas de tenis, canchas de baloncesto y vóley requieren $50 - 600\ lux$ (2).

4.4.3 SENDEROS:

En la iluminación de caminos y paseos del parque, el principal requisito planteado es una iluminancia suficiente para identificar escalones, rostros y a su vez poder transitar con seguridad. Además, una iluminación de la vegetación que acompañe al trayecto genera una sensación de seguridad, ya que permite identificar mejor el entorno.

La técnica de iluminación de senderos debe ser utilizada prudentemente. Se realiza con mayor frecuencia utilizando iluminación hacia abajo de baja potencia, una senda sutilmente iluminada puede ser la mejor opción así como lo más seguro. La tecnología en balizas y faroles, son las más recomendadas, porque no irradian luz por encima del plano del horizonte del cierre superior de la luminaria, protege eficazmente contra el deslumbramiento a peatones. A menudo, para iluminar trayectos son suficientes luminarias de orientación pequeñas.

Se recomienda un nivel de iluminación de 10 a $20\ lux$ [1] para todas las zonas por donde circulan personas, incluyendo caminos, escaleras y cambios de nivel, debiéndose aumentar a unos $100\ lux$ en los puntos importantes de unión de la red viaria del parque.

4.4.4 PARQUES ACUÁTICOS RECREATIVOS

La iluminacion subacuatica **s**olamente se pondrá, si se va a tomar el cuidado de que el agua esté limpia. Por su parte, la iluminacion de seguridad (contorno), se debe poner siempre para evitar accidentes.

Se debe tener en cuenta los siguientes efectos al usar luz en conjunto con el agua:

Efecto de la luz en agua turbulenta o gaseosa

El agua turbulenta tiene burbujas de aire ínter mezcladas que reaccionan con la luz haciendo al agua resplandecer y tomar su color con más brillo. Debido a esto

lo mejor es usar luces adentro del agua y debajo de la turbulencia para acentuar el efecto, como el de una cascada por ejemplo.

Efecto de la luz en agua quieta y plana

Al no tener aire mezclado, la luz pasará a través del agua o reflejará la superficie, dependiendo del ángulo. La textura del contenedor del agua y su profundidad son factores influyentes en la forma de iluminar.

Para el caso existente en el parque que es agua quieta, se recomienda utilizar luz externa ya que normalmente el agua es turbia y su iluminación interior es desagradable, dependiendo de las piedras o vegetación y obviamente de la superficie de agua entre otros, la selección de luces puede variar mucho.

En una laguna lo que más interesa, es destacar su forma, su textura, la entrada del agua, los asientos o su profundidad, entre otros. Las luces se colocan siempre que sea posible en puntos donde no se crucen directamente con la mirada y cerca de la superficie para; maximizar el área de alumbramiento y poder darle servicio sin tener que sumergirse. Por otra parte, lo más recomendable es colocar las luces por el contorno de la laguna, con el fin de destacar de una mejor manera su forma. Una de las tecnologías usadas son las conocidas como ¨tiras¨, las mismas que permiten acoplarse con mayor facilidad, a su vez que producen una luz muy suave y de colores, que resulta muy llamativa; además son de muy bajo consumo, suficiente para los efectos que se desea alcanzar.

4.5 DISEÑO LUMÍNICO Y ELÉCTRICO DEL PARQUE “EL PARAISO

4.5.1 PARQUE ‘’EL PARAÍSO’’

El Parque ‘’El Paraíso’’ ubicado en el área de Gapal, junto a las sedes de las Facultades de Ciencias Médicas y Odontología de la Universidad de Cuenca, con una extensión de 17 hectáreas es sin duda una de las áreas naturales más grande y atractiva de la ciudad.

Dispone en efecto de una laguna artificial provista de pequeños botes, muelles de ingreso y un islote en el centro de la laguna. El agua para la laguna es captada

del río Yanuncay y luego del paso por dos lagunas de sedimentación recorre canales hasta llegar al parque. A través de un sistema de desfogue, las aguas son devueltas al río.

Junto a la laguna, abundante vegetación, árboles grandes de eucalipto y de otras especies forestales, senderos por donde la gente camina. El sendero conduce a la unión de los ríos Tomebamba y Yanuncay.

Canchas para prácticas deportivas de niños y jóvenes y juegos infantiles.

Este espacio urbano tiene además un área destinada a aprender las señales de tránsito con signos, símbolos, semáforos, con el fin de brindar a los visitantes instrucción en seguridad vial, normas de comportamiento y tránsito

En el centro del parque una especie de arcoíris soporta a una serie de relojes que indican las horas de Ecuador, España, Italia, Nueva York, Los Ángeles, Chile, Moscú.

El parque El Paraíso dispone de un teléfono monedero, kioscos, patio de comidas, servicios higiénicos, cabañas y troncos para descansar.

4.5.2 REDES EXISTENTES

4.5.2.1 RED DE MEDIA TENSIÓN

La red de media tensión corresponde al alimentador # 0324, con una configuración de 3x2(2) en la cual están conectados cuatro transformadores, el primero es un banco de tres transformadores monofásicos signados con los números 16273, 16745, 16767 con un total de 45kVA para la iluminación de las canchas y parqueaderos, y el cuarto es un transformador de 45kVA que se utiliza para la realización de eventos públicos.

4.5.2.2 RED DE BAJA TENSIÓN

Esta red es del tipo mixta aérea y subterránea, la parte aérea tiene una configuración de 2x2(4), que alimenta luminarias de NA 150W ubicadas en la vereda junto a la vía ‘’Pasaje del Paraíso’’ entre tanto la parte subterránea con

configuración 3x4(4) CU TTU sirve para alimentar los reflectores de las canchas, cada poste consta de tres reflectores de 1000W y tres de 400W, mientras que para la iluminación del parqueadero son postes con seis reflectores de 400W montados en estructuras hexagonales y crucetas de madera.

4.5.2.3 Alumbrado Público

En el interior del parque y por las áreas de recreación, existe ya un sistema de alumbrado, se encontraron once lámparas en postes de H.A. que se hallan sin funcionar, las mismas que se cree conveniente sean desmontadas, ya que para estas áreas se planifica una reestructuración completa de sus sistemas de iluminación, en todo caso, lo que se podría reutilizar serían los postes. En lo que respecta a iluminación de áreas verdes, se encontró que, en las camineras que están en la orilla del rio Yanuncay, hay veinte y tres proyectores a nivel del piso; en el otro costado del parque cerca de los arbustos hay once proyectores, dentro de la isla hay cuatro proyectores pequeños, además se encontraron cinco reflectores montados en postes de madera, ninguna de estas lámparas funciona. El único alumbrado que sirve es el de las chanchas, sin embargo, no cumple con los requerimientos necesarios de iluminación.

4.5.3 REDES PROYECTADAS

A continuación se realiza el estudio del sistema eléctrico para la iluminación del Parque, donde se plantea el autoabastecimiento de algunos sectores del mismo, mediante el uso de paneles solares. Además se considera los criterios y regulaciones generales para la completa implementación de sistemas de iluminación, para garantizar que cada sistema se encuentre dentro de los límites de iluminación recomendados para cada uno de los espacios.

Conocidos los elementos sobresalientes del parque (vegetación, lagunas, muros de piedras naturales), se buscará conseguir que la iluminación ornamental desempeñe un importante factor artístico y a la vez ambiental, que permita resaltar estos elementos, permitiendo crear un ambiente seguro y sobre todo acogedor.

Al momento de iluminar la vegetación (grandes árboles, matorrales) se evitará alterar los ciclos propios de la naturaleza (plantas, aves del parque), para lo cual se emplearan fuentes luminosas de bajas potencias, y se considerará lo reglamentado por la CENTROSUR: ¨limitar el tiempo de encendido de las lámparas hasta 22:00 horas como máximo¨.

Por otro lado, se buscará reducir al máximo la contaminación luminosa, lo que se logrará utilizando fuentes lumínicas con sistemas ópticos específicos (difusores transparentes y reflectores de elevado rendimiento), que permitan tener una emisión de luz monodireccional hacia el piso.

A fin de garantizar la confiabilidad, calidad y vida útil de todos los elementos lumínicos utilizados para este diseño, se ha observado que estos cumplan con todas las rigurosas normas y regulaciones internacionales, con los más altos grados de protección a la penetración de sólidos, líquidos y resistencia a impactos mecánicos ($IP - IK$). Adicionalmente, el diseño lumínico debe cumplir con la Regulación 008/2011 CONELEC, en lo que se refiere a niveles de iluminación recomendados para cada espacio del parque.

4.5.3.1 RED DE MEDIA TENSIÓN Y TRANSFORMACIÓN

No se proyectan redes en media tensión, esto debido a que se reutiliza el banco de transformadores para dotar de servicio eléctrico al parque, ya que la demanda total es de 45KVA. Ver Anexo 1. Para la determinación de la demanda, se considera la potencia a instalar, aplicando un factor de demanda igual a uno, dado que todas las luminarias se encienden a la vez, y un factor de potencia del 90%.

4.5.3.2 RED DE BAJA TENSIÓN

La red inicia desde el banco de transformadores ubicado en el poste de H.A de 11m # 254288, desde los terminales de las bases fusibles NH del transformador, se colocará una bajante hacia el tablero de medición, colocado en el mismo poste, la cual será de 3x2(2) AWG, tipo TW , e irá protegida con tubo EMT de 2''.

El tablero de medición irá sujeto al poste mediante abrazaderas simples, colocado a una altura máxima de 1,80m.

Desde las barras del tablero de medición se alimentará de forma subterránea con conductor de Cu tipo TTU con configuración 3x1/0(1/0) Cu, a un tablero de distribución ubicado en el cerramiento frontal de la oficina administrativa, de donde se derivan 7 circuitos para la iluminación de canchas, parqueadero y árboles.

Los cables irán dentro de tubería de PVC de 2'', la misma que estará enterrada a $30cm$, como mínimo, de profundidad para lo cual se excavará una zanja de $30\ cm$ de ancho.

El tablero de distribución será del tipo SQUAR D normalizados para el empotramiento de los interruptores termo-magnéticos que servirán de protección para los circuitos derivados.

4.5.3.2.1 POZOS DE REVISIÓN

En la ruta y cerca de la instalación de los proyectores se ubicarán pozos de revisión, con objeto de que allí se realicen los empalmes de sus acometidas y desde la red subterránea, facilitando así el mantenimiento, tendido y conexión. Los pozos de revisión estarán conformados por tubos de hormigón tipo campana de $\boldsymbol{0,30\ de\ diámetro\ x\ 0,60m\ de\ profundidad}$, con tapa de hormigón. Cabe recalcar que al pie de cada poste se colocaría un pozo de revisión, para labores de mantenimiento.

4.5.3.2.2 POZOS FOTOVOLTAICOS

Se ubicarán bajo el sistema de generación fotovoltaica, donde irán ubicados elementos como: regulador, baterías, e inversor; el tamaño de cada pozo, dependerá de las características de cada elemento a usar, considerando la carga instalada en cada sector.

4.5.3.3 SISTEMA DE ALUMBRADO

El sistema de iluminación del parque se encontrará dividido en 19 sectores, de los cuales el **Sector 1, Sector 2,** y **Sector 3** serán alimentados de la red, y los 16 restantes mediante sistemas de generación fotovoltaicos.

4.5.3.3.1 Sector 1

Este sector se encuentra formado por cuatro canchas: una cancha de fútbol con dimensiones normalizadas (llano), dos canchas de fútbol de césped sintético y una cancha reglamentaría de básquet (cemento). Referirse Plano 1.

Diseño: Para la iluminación de la cancha denominada en el plano como (1) se instalarán proyectores de luz blanca tipo HQI de 1000 W, montados sobre postes de H. A. de 16m de altura, con 4 proyectores cada poste; para el caso de las canchas denominadas (2, 3 y 4) se instalarán proyectores de 400 W de las mismas características de los anteriores, montados sobre postes de H. A. de 14m de altura, con 2 y 4 proyectores. Todo esto con una carga instalada de 33.6 kW.

Niveles de iluminancia requeridos para canchas no reglamentarias (lux): 50min-200máx (15)

Niveles de iluminancia obtenidos de la simulación (lux): 101

A continuación se detallan los circuitos para las canchas:

Circuito1: iluminación de la cancha denominada en el plano como (2)

Circuito2: iluminación de la cancha denominada en el plano como (3)

Circuito3: iluminación de la cancha denominada en el plano como (4)

Niveles de iluminancia requeridos para canchas reglamentarias (lux): 100min-600máx (15)

Niveles de iluminancia obtenidos de la simulación (lux): 205

Circuito4: iluminación de la cancha denominada en el plano como (1-1)

Circuito5: iluminación de la cancha denominada en el plano como (1-2)

Cancha Grande

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

4.5.3.3.2 Sector 2 (Circuito6)

Este sector se encuentra formado por dos parqueaderos (cemento): el primero y el más grande está ubicado a la entrada del parque, mientras que el segundo está del lado de la Av. Pasaje del Paraíso. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia requeridos (lux): 30min-50máx (15)

Niveles de iluminancia obtenidos de la simulación (lux): 45

Diseño: Para los parqueaderos se usa postes de 12m con lámparas LED de 150W. Esto con una carga instalada de 4.2kW.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

4.5.3.3.3 Sector 3 (Circuito7)

Este sector se encuentra formado solamente por los árboles ubicados entre el parqueadero pequeño (Av. Pasaje del Paraíso) y las canchas. Referirse Plano 1.

Diseño: Se utilizarán lámparas LED tipo empotradas de 40W, y con el fin de brindar un ¨baño de luz ¨, se colocará un poste de H.A. de 14 m de altura con cuatro proyectores de 150 W cada uno. Con una demanda máxima de 0.920kW.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos

Para la iluminación de los siguientes sectores, todas las lámparas son tecnología LED.

Conductores:

Los conductores a utilizase en los tres primeros sectores, serán tipo sólido con aislamiento TTU, que saldrán desde el tablero de distribución de manera subterránea, e irán al interior de politubo de diámetro adecuado.

4.5.3.3.4 Sector 4

Este sector se encuentra formado por una laguna pequeña; un patio de comidas; una caminera de 94m de largo y árboles de eucalipto que están a la orilla del río Yanuncay. También se incluye la iluminación decorativa de la oficina y el baño. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para el patio de comidas:

Requeridos (lux): 20min-30máx (2)

Obtenidos de la simulación (lux): 23

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx (15)

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación del contorno de la laguna, se instalarán ¨tiras¨ de 1,7W cada 5m, y lámparas empotrables de 0,6W para el puente; demanda total de 76,1W. Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 13,5m en postes ornamentales de 5m, y para la iluminación de árboles a la orilla del rio Yanuncay, se instalarán proyectores de 27W, colocados a la mitad de la altura del árbol; demanda total de 182W. Para la iluminación del patio de comidas se instalarán farolas asimétricas de 16W y simétricas de 34W, en postes ornamentales de 4m; demanda total de 164W. Para la iluminación exterior de baños y oficina, se instalarán bañadores de pared de 3W; demanda total de 48W.

La carga instalada del sector 4 es de 470,1W. Anexo 2

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.5 Sector 5

Este sector se encuentra formado por la parte Sur de la laguna grande; por una caminera de 161m de largo y árboles de eucalipto; todo esto a la orilla del rio

Yanuncay. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx (15)

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de la orilla de la laguna, que queda del lado del rio Yanuncay, se instalarán lámparas empotrables 1,2W cada 10m en disposición tresbolillo, lámparas empotrables de 0,6W y balizas de 12W para el puente, y para la iluminación del contorno superior de la laguna, se instalarán ¨tiras¨ de 1,7W cada 5m ; demanda total de 103,2W. Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 13,5m en postes ornamentales de 5m; demanda total de 208W. Para la iluminación de árboles grandes a la orilla del rio Yanuncay, se instalarán proyectores de 27W, colocados a la mitad de la altura del árbol; y para iluminación de árboles medianos, se instalarán proyectores de 18W de doble flujo, colocados a la mitad de la altura del árbol; demanda total de 144W.

La carga instalada del sector 5 es de 431,2W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.6 Sector 6

Este sector se encuentra formado por la parte sur-este de la laguna grande; por una caminera de 202m de largo, árboles grandes y medianos, todo esto a la orilla del rio Yanuncay. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx (15)

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación del primer tramo de la orilla de la laguna, que queda del lado del rio Yanuncay, se instalarán lámparas empotrables 1,2W cada 6m**;** para la iluminación del segundo tramo, donde existen árboles muy pequeños, se instalarán lámparas empotrables de 12,7W; demanda total de 134,7W. Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 13,5m en postes ornamentales de 5m; demanda total de 256W. Para la iluminación de árboles grandes, se instalarán proyectores de 27W, colocados a la mitad de la altura del árbol; y para iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W; demanda total de 134W.

La carga instalada del sector 6 es de 524,7W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.7 Sector 7

Este sector se encuentra formado por la parte norte de la laguna grande, y muros de piedras al contorno; por una caminera de 108m de largo; árboles medianos; y por la iluminación decorativa de una cabaña. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 13,5m en postes ornamentales de 5m, y a la entrada balizas de 12W**;** demanda total de 152W. Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W; demanda total de 480W. Para la iluminación del contorno de la laguna, donde existen árboles muy pequeños, se instalarán lámparas empotrables de 12,7W; demanda total de 134,7W. Para la iluminación de muros de piedras, se instalaran tiras de 1,7W cada 10m de ambos lados; demanda total de 20,4W. Para la iluminación exterior de las cabañas, se instalarán lámparas empotrables de 1,2W para gradas y 3W para las esquinas; demanda total de 34,2W.

La carga instalada del sector 7 es de 800,9W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.8 Sector 8

Este sector se encuentra formado por la parte norte-oeste de la laguna grande, y muros de piedras al contorno; por una caminera de 145m de largo; árboles medianos. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx (14)

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 13,5m en postes ornamentales de 5m; demanda total de 176W. Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W; demanda total de 320W. Para la iluminación de la orilla de la laguna, se instalarán lámparas empotrables 1,2W cada 6m, y para la iluminación de muros de piedras, se instalaran tiras de 1,7W cada 10m de ambos lados; demanda total de 28,2W.

La carga instalada del sector 8 es de 524,2W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.9 Sector 9

Este sector se encuentra formado por árboles medianos; por arbustos; y por la iluminación decorativa de un baño. Referirse Plano 1.

Diseño: Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W; demanda total de 320W. Para la iluminación de arbustos, se instalarán proyectores de 27W; demanda total de 162W. Para la iluminación exterior de baños, se instalarán bañadores de pared de 3W; demanda total de 24W.

La carga instalada del sector 9 es de 506W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.10 Sector 10

Este sector se encuentra formado por la parte oeste de la laguna grande, y muros de piedras al contorno; por una caminera de 149m de largo; árboles medianos; y por la iluminación decorativa de un baño. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx (14)

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 12m en postes ornamentales de 5,5m; demanda total de 208W. Para la iluminación de la orilla de la laguna, se instalarán lámparas empotrables 1,2W cada 10m en disposición tresbolillo, lámparas empotrables de 0,6W y balizas de 12W para el puente; demanda total de 48W. Para la iluminación de muros de piedras, y para el contorno superior de la laguna, se instalarán ¨tiras¨ de 1,7W cada 10m y 5m respectivamente; demanda total de 76,5W. Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W, y proyectores de 18W de doble flujo, colocados a la mitad de la altura del árbol; demanda total de 454W. Para la iluminación exterior de baños, se instalarán bañadores de pared de 3W; demanda total de 24W.

La carga instalada del sector 10 es de 810,5W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.11 Sector 11

Este sector se encuentra formado por árboles medianos; una caminera de 90m de largo; y por la iluminación decorativa de una cabaña. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx (14)

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W $\boldsymbol{N°\ 2x16}$; demanda total de 320W. Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 12m en postes ornamentales de 5,5m, y para los árboles que forman parte de la caminera se instalaran proyectores de 18W con doble flujo, colocados a la mitad de la altura de árbol; demanda total de 226W.Para la iluminación exterior de las cabañas, se instalarán lámparas empotrables de 1,2W para gradas y 3W para las esquinas; demanda total de 34,2W

La carga instalada del sector 11 es de 580,2W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.12 Sector 12

Este sector es una isla grande formada por árboles medianos; y una caminera de 100m de largo. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx (14)

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W; demanda total de 440W. Para la iluminación de la caminera se instalarán balizas de 80 cm de altura de 12W cada 12m en disposición tresbolillo; demanda total de 396W. Para la iluminación de la orilla de la laguna, se instalarán lámparas empotrables 1,2W cada 6m; demanda total de 56,4W.

La carga instalada del sector 12 es de 892,4W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.13 Sector 13

Este sector es una isla pequeña formada por árboles medianos. Referirse Plano **Diseño:** Para la iluminación del primer tramo de la orilla de la laguna, se instalarán lámparas empotrables 1,2W cada 6m**;** para la iluminación del segundo tramo, donde existen árboles muy pequeños, se instalarán lámparas empotrables de 12,7W; con una carga instalada de 95,4W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.14 Sector 14

Este sector se encuentra formado por árboles medianos; y una caminera de 27m de largo. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W y de doble flujo de 18W. Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 13,5m en postes ornamentales de 5m.

La carga instalada del sector 14 es de 106W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.15 Sector 15

Este sector se encuentra formado por árboles medianos; y una caminera de 65m de largo. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W y para los árboles grandes se instalarán proyectores de 27W. Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 13,5m en postes ornamentales de 5m.

La carga instalada del sector 15 es de 203W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.16 Sector 16

Este sector se encuentra formado por árboles medianos; y una caminera de 32m de largo. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia para la caminera:

Requeridos (lux): 3min-15máx (2)

Obtenidos de la simulación (lux): 14

Diseño: Para la iluminación de árboles medianos, se instalarán lámparas empotrables de 40W y de doble flujo de 18W. Para la iluminación de la caminera se instalarán faroles de 16W cada 13,5m en postes ornamentales de 5m.

La carga instalada del sector 16 es de 146W. Anexo 2.

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica, considerando la carga instalada en este sector.

4.5.3.3.17 Sector 17

Este sector está formado por un patio para bailoterapia; se instalará una lámpara de 83W en cuatros postes de fibra de vidrio de 12m, cada poste contará con su propia generación fotovoltaica. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia requeridos (lux): 20min-30máx (2)

Niveles de iluminancia obtenidos de la simulación (lux): 26

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica para cada poste, considerando la carga instalada.

4.5.3.3.18 Sector 18

Este sector está formado por un área destinada a enseñar las señales de tránsito; se instalarán dos lámparas de 83W en cuatro postes de fibra de vidrio de 12m, cada poste contará con su propia generación fotovoltaica. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia requeridos (lux): 20min-30máx (2)

Niveles de iluminancia obtenidos de la simulación (lux): 25

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica para cada poste, considerando la carga instalada.

4.5.3.3.19 Sector 19

Este sector está formado por un área de juegos; se instalaran dos lámparas de 83W en seis postes de fibra de vidrio de 12m, cada poste contará con su propia generación fotovoltaica. Referirse Plano 1.

Niveles de iluminancia requeridos (lux): 20min-30máx (15)

Niveles de iluminancia obtenidos de la simulación (lux): 25

En el Plano 2, se puede observar los circuitos.

Ver Anexo 3, donde se presenta un resumen de las características de los elementos de la instalación fotovoltaica para cada poste, considerando la carga instalada.

Conductores:

Los conductores para la alimentación de las luminarias ornamentales y decorativas (Sector 4-16), serán de tipo concéntrico e irán al interior de politubo de diámetro adecuado, desde el pozo fotovoltaico de manera subterránea. Mientras que para la iluminación funcional (Sector 17-19), serán del mismo tipo y bajarán desde el panel a la lámpara.

4.5.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO PROYECTADO: DIMENSIONAMIENTO

Se entiende por dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico, a una serie de procesos de cálculo que se deben realizar, para la selección de los elementos necesarios de la instalación fotovoltaica y sus parámetros, que permitan un funcionamiento eficiente y confiable de dicho sistema.

4.5.4.1 Determinación de la carga/consumo

El primer paso para el dimensionamiento de una red fotovoltaica, es la estimación de los consumos diarios, esto se logra conociendo el tipo de cargas a conectar, la potencia de funcionamiento de cada una, el número de aparatos de determinado tipo (n), y las horas diarias de funcionamiento.

Para la determinación de los componentes del sistema de alimentación (panel, regulador, baterías, inversor), dimensionamiento de conductores y protecciones, se procedió a dividir el parque por sectores.

Cálculo y selección del número de paneles solares

PARAMETROS A CONSIDERAR:

Radiación solar $[KWh/m^2 - día]$

Tensión del sistema $(V\ CC)$

Factor inversor

- **Irradiación Solar**

Otro aspecto muy importante a tomar en cuenta, es la irradiación solar $[KWh/m^2 - día]$ existente en el lugar donde se va a instalar el sistema.

En la mayor parte de los lugares del mundo se conoce cuánta irradiación solar promedio está disponible. Este promedio se mide en Horas de sol perfecto o HSP (PSH en inglés).

Para el caso de la ciudad de Cuenca, se considera una irradiación solar promedio de $4{,}5\ KWh/m2 - día$ [3].

HPS: Una hora perfecta de sol representa una hora de sol luminoso, sin nubes; lo que equivale a una radiación de $1000\ W$ (vatios) por m^2 durante una hora. Por

lo tanto, el HSP se obtiene sumando toda la energía recibida en el día y dividiendo esta suma por $1000\ W/m^2$.

Entonces:

$$\boldsymbol{HPS\ Cuenca = \frac{4{,}5\ KWh/m2}{1000\ W/m^2}} \qquad \textbf{4-8}$$

$$HPS\ Cuenca = 4{,}5\ h$$

Por lo tanto, para el caso de Cuenca que tiene un HSP de $4{,}5\ h$, significa que, se puede contar con un promedio de $4{,}5$ horas de sol radiante, sin nubes, por día.

Sin embargo, para el dimensionamiento de los paneles, el cálculo se debe realizar con la irradiación solar del mes menos favorable, que para el caso de la ciudad de Cuenca se presenta en el mes de junio y es de $3{,}92\ KWh/m2 - día$ [3], que vendría a ser el caso más crítico, para el cual el sistema debe responder sin ningún problema.

Selección de la tensión nominal de un sistema aislado

Los sistemas aislados pueden trabajar a tres posibles tensiones nominales: 12V, 24V, 48Vcc. La elección de una tensión u otra dependerá del tamaño del sistema.

Para un sistema grande una tensión de $48Vcc$ será mucho más manejable, pues permitirá usar un cableado más fino.

Para un sistema pequeño una tensión de $12\ Vcc$, permitirá ahorrar bastante dinero en baterías y paneles.

Estas tensiones son nominales, pero el sistema casi nunca operara a estas tensiones, por ejemplo: según el estado de carga de la batería un sistema a 12V puede tener una tensión entre 10V y 15V.

La tensión de operación del sistema, será el que condicionará a la tensión de las baterías, regulador, e inversor.

- **Factor inversor**

Existen algunos aparatos que funcionan con corriente continua, pero, si se incluye elementos que trabajan en corriente alterna, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente en alterna. Es por esto que se debe conocer la eficiencia del inversor, este dato es de gran importancia debido a que los inversores funciona con mayor rendimiento cuando trabaja entre 80% y 92% de capacidad nominal, más de este rango el inversor va perdiendo características de máxima eficiencia.

- ***Posicionamiento del sistema***

Para aprovechar de mejor manera los paneles fotovoltaicos, la radiación solar sobre el panel debe ser lo más perpendicular posible, por eso, es muy importante que al posicionar los paneles, se les des cierta orientación e inclinación. Este posicionamiento viene determinado por dos ángulos: ***Acimut*** $(\boldsymbol{\alpha})$ ***e*** **Inclinación** $(\boldsymbol{\beta})$

  - ***Acimut*** $(\boldsymbol{\alpha})$***:*** ángulo que forma la dirección en la cual está orientado el panel con el plano sur-norte (para instalaciones localizadas en el hemisferio norte) o norte-sur (para instalaciones localizadas en el hemisferio sur).

La máxima captación en los colectores solares con estructura y orientación fija, se logra colocando los módulos dirigidos hacia el Sur en el caso de una región en el hemisferio Norte, y hacia el Norte en el caso de ubicaciones en el hemisferio Sur ($\boldsymbol{\alpha}$ = 0°). Esta configuración permite balancear las posibilidades de captación entre la mañana y la tarde si se suponen características similares de irradiación.

δ vale $0°$ 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 $+90°$.

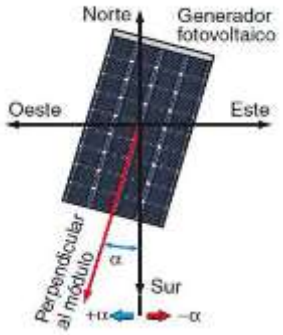


Figura 4-6: Ángulo de orientación (16)

Como la instalación se va a realizar en la ciudad de Cuenca, muy cerca de la línea ecuatorial hacia el sur, el panel solar se debe orientar hacia el norte, con una variación máxima de +/- 20 grados.

Por otro lado, una variación de hasta $30º$ en el azimutal, puede provocar variaciones mínimas ($< 1\%$).

- **Inclinación** ($\boldsymbol{\beta}$)**:** ángulo que forma el panel con el plano horizontal. Su valor es 0 si el módulo se coloca horizontal y 90 grados si se coloca vertical.

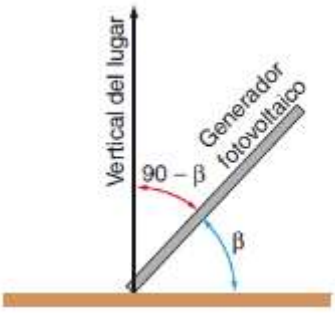


Figura 4-7: Ángulo de inclinación

La inclinación óptima para los sistemas FV varía con la latitud, es por eso que cuando se realiza la instalación de un sistema fotovoltaico se requiere conocer la latitud geográfica del lugar donde se vaya a ubicar. Para el caso de Cuenca se tiene una latitud de $2°53´57´´ S$.

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

Tabla 4-2: Ángulos de inclinación, función de la latitud del lugar (16)

Como recomendación para todo el año, la inclinación que se aplica en el sistema fotovoltaico es de 15°; a su vez permite el adecuado drenaje del agua.

- **Irradiación global sobre la superficie inclinada**

La irradiación sobre el plano inclinado, viene dada por la siguiente expresión cuadrática:

$$G(\beta) = A * G(0) + B * (G(0)^2) \qquad 4\text{-}9$$

Donde los coeficientes A y B vienen recogidos en tablas.

$(\beta = 15°)$ Y $(\emptyset = 2°53´57´´)$

$G(0)$: Irradiación sobre el plano horizontal, $3{,}92\ kWh/m^2$

A: depende de la inclinación del panel (β) y del coeficiente de reflectividad del suelo $\rho = 0{,}3$ hierba húmeda

B: depende de la latitud del emplazamiento $(\emptyset)$, la inclinación del panel (β) y del mes de peor radiación del año

De las tablas se obtuvo. [4]

$A = 0{,}986 \quad B = -0{,}0181$

$$G(\beta) = 0{,}986 * 3{,}92 - 0{,}0181 * (3{,}92)^2$$

$$G(\beta) = 3{,}6\ kWh/m^2$$

Una de las maneras de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico, es utilizando el siguiente procedimiento:

$$B = \frac{consumo\ de\ energía(kWh-día)*fi}{Tensión\ del\ sistema} \quad 4\text{-}10$$

B: carga de corriente diaria $[A-h]$

fi: factor inversor $(1{,}2)$

$$C = B * fs \quad 4\text{-}11$$

C: carga de corriente diaria corregida $[A-h]$

fs: factor de seguridad $(1{,}1)$ (pérdidas del sistema)

$$D = \frac{C}{HSP} \quad 4\text{-}12$$

D: corriente pico del SFV $[A]$

$$E = \frac{D}{I_{Pmax}} \quad 4\text{-}13$$

I_{Pmax}: corriente pico del módulo seleccionado (dato catálogo)

E: arreglo de módulos en paralelo (tomar el numero entero inmediato superior)

$F = (tensión\ del\ sistema)/(tension\ nominal\ del\ módulo(dato\ catálogo))$ 4-14

F: arreglo de módulos en serie (redondear al entero superior)

$$H = E * F \quad 4\text{-}15$$

H: número total de módulos

Cálculo y selección de la batería de almacenamiento

Para el análisis se debe considerar que, las baterías no funcionan a un 100% de eficiencia y por recomendación de su fabricante nunca se deben descargar por completo (factor de descarga), para evitar entrar en procesos irreversibles y disminuir la vida útil.

Pd: $0{,}5$ para baterías Estacionaria plomo/ácido; $0{,}4$ para Arranque plomo/ácido; $0{,}6$ para sin mantenimiento plomo/ácido.

Para una batería común de plomo, la eficiencia puede ser del 90% pero depende mucho del uso de la batería. Cuando se carga y se usa constantemente, la eficiencia será alta, pero, cuando la batería se usa poco, la auto descarga provocará una baja eficiencia.

Además para el diseño, se debe tener en cuenta el número de días de autonomía, es decir, se tendrá una baja radiación solar con días nublados. Si se considera un almacenamiento en la batería de 2 días, esto significa que la capacidad de la batería debe ser de por lo menos 2 veces el consumo de carga diaria para poder suplir energía durante 2 días sin sol.

Dimensionamiento del banco de baterías:

$$H = C * N/(Pd) \qquad \textit{4-16}$$

Esta ecuación permite calcular la capacidad del banco de baterías, a partir de:

C: carga de corriente diaria corregida

N: días de autonomía

Pd: profundidad de descarga permitida $(0{,}6)$

$H[A-h]$: capacidad corregida de las baterías

$$I = H/(capacidad\ nominal\ de\ la\ bateria(dato\ catalogo)) \qquad 4\text{-}17$$

I: arreglo de baterías en paralelo (redondear al entero superior)

$$J = (tensión\ del\ sistema)/(tension\ nominal\ de\ la\ bateria(dato\ catalogo))$$

J: arreglo de baterías en serie (redondear al entero superior)

$$K = I * J \qquad 4\text{-}18$$

K: número total de baterías

4.5.4.2 Cálculo y selección del regulador de carga

En la mayoría de los casos, el precio del regulador representa solamente el 5% de la inversión inicial en el sistema FV. Pero, el costo que puede representar a largo plazo es mucho mayor, debido a que las baterías pueden ser el componente de mayor costo a lo largo de la vida útil del sistema, y la duración de estas dependen directamente de la calidad del regulador de carga. Por esa razón deben emplearse reguladores de carga de buena calidad y con una vida útil superior a los 10 años.

El tamaño del regulador está determinado por la máxima corriente que puede esperarse del sistema fotovoltaico. Esta puede ser tanto la corriente de los paneles a la batería, o la corriente de la batería hasta la carga. Ambas corrientes máximas deben calcularse para determinar la capacidad de la unidad de control.

Por cuestiones de seguridad, se debe elegir un regulador que pueda disipar un intensidad máxima $\mathbf{I_{maxReg}}$ de un 20% mayor que la intensidad máxima proporcionada por el campo de paneles.

$$\boldsymbol{I_{maxReg} = 1.2 * E * I_{Pmax}} \qquad \text{4-19}$$

E: arreglo de módulos en paralelo (tomar el numero entero inmediato superior)

4.5.4.3 Selección del inversor

Un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema, es por eso que, al dimensionar los paneles se debe considerar un Factor inversor. La potencia nominal de salida del inversor deberá ser mayor que la potencia total de la carga.

La ventaja del inversor es que el voltaje de operación es mucho más alto por lo que puede evitarse el uso de cables gruesos. Por lo tanto, resulta económicamente viable utilizar un inversor cuando la carga se encuentra a distancias muy grandes del panel, porque, al trabajar con corriente continua de bajo valor $(12V\ o\ 24V)$, el número de amperios aumenta, lo que provocaría que las pérdidas en los conductores sean muy notorias.

4.5.4.4 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE TENSIÓN

Permite calcular la sección del cable que se va a usar para conectar los diferentes elementos del sistema fotovoltaico. Es muy conveniente instalar lo más cerca posible entre sí los paneles, el sistema de regulación y el sistema de acumulación, ya que de esta forma las caídas de tensión en los cables son menores, las secciones necesarias también, así como la longitud del cable y su costo.

La sección básicamente se elige en función de la corriente que va a circular por los cables y la longitud del mismo.

Al circular una corriente eléctrica a través de los conductores de una instalación; se produce en ellos una caída de tensión que responde a la siguiente expresión:

$$(\boldsymbol{Va} - \boldsymbol{Vb}) = \boldsymbol{I} * \boldsymbol{Rc} \qquad 4\text{-}20$$

$Va - Vb$: caída de tensión admisible en el cable $\Delta V\ [V]$

I: Corriente que circula por el conductor $[A]$

Rc: Resistencia de los Conductores $[\Omega]$

La resistencia de un conductor eléctrico, viene dada por:

$$\boldsymbol{Rc} = \frac{\boldsymbol{2*\rho*L}}{\boldsymbol{A}}\ [\boldsymbol{\Omega}] \qquad 4\text{-}21$$

Donde:

ρ : Resistividad específica del conductor (Ohm*mm^2/m)

Para un conductor de cobre $\rho = 0{,}0018\ \Omega * \frac{mm^2}{m}$

L: Longitud del conductor hasta el receptor (m)

A: Sección de conductor (mm^2)

La expresión para determinar la sección del conductor, en función de la caída de tensión admisible, es:

$$\boldsymbol{A[mm^2] = \frac{2*\rho*L}{\Delta V} * I} \qquad \textbf{4-22}$$

Los valores recomendables de caída de tensión admisible (ΔV), según los equipos que interconecta, viene expresada en términos porcentuales y en términos absolutos según la tensión de trabajo.

CAIDA DE TENSIÓN ADMISIBLE			
EQUIPOS	**Tensión de trabajo**	**% de caída de tensión**	**valor en voltios de caída**
	nominal	**admisible**	**admisible**
Módulos-Regulador	12	5	0,6
	24	8	1,92
	36	10	3,6
	48	10	4,8
Regulador-Batería	12	0,5	0,06
	24	0,5	0,12
	48	1,5	0,72
Batería-Inversor	12	0,5	0,06
	24	1	0,24
	48	2	0,96
Batería/Inversor-Cargas	12	3	0,36
	24	3	0,72

Tabla 4-3: Caída de tensión admisible

De acuerdo a la sección calculada, se selecciona el número del conductor.

4.5.4.5 Diagrama:

El esquema del circuito dependerá de las aplicaciones, ya sea para aplicaciones con consumos de CC, de CA, o ambas, pues de estas dependerá el uso de un determinado elemento (Ejm: inversor).

En cualquier caso, será necesario incorporar elementos de protección como: fusibles contra circuitos, protecciones para la línea de módulos a regulador, regulador a los consumos de C.C, regulador a inversor, inversor a consumos en CA, regulador a baterías.

El circuito presentado es para un SFV con cargas de CA a $220V$.

4.5.4.6 Estructura de soporte mecánica para el generador

Para estas estructuras pueden emplearse materiales como: aluminio, hierro forjado, acero inoxidable o fibra de vidrio.

La estructura de soporte debe ser capaz de resistir un mínimo de 15 años expuesta a la intemperie, sin que la corrosión o fatiga del material sea apreciable; y efectos del viento.

El diseño de la estructuras de soporte debe facilitar la limpieza de los módulos fotovoltaicos y la inspección de las cajas de conexión.

CONCLUSIONES

La iluminación de estado sólido, hoy en día, se presenta como la mejor alternativa para una iluminación más eficiente y consecuentemente una mayor protección del medio ambiente, pues su menor potencia de consumo es sin duda una de sus principales ventajas.

En lo que respecta a la iluminación de estado sólido, la tecnología con más aplicaciones es la LED, y no es raro, ya que el hecho de emplearse tanto en áreas interiores como exteriores, les permite incrementar su uso.

Al mencionar los OLED, no se puede hablar realmente de una tecnología OLED en sí, sino más bien de tecnologías basadas en OLED, ya que son varias, y sus aplicaciones son realmente amplias, sin embargo en iluminación exterior es casi nula, debido básicamente a su tipo de construcción y por no presentar protecciones contra agentes atmosféricos.

Las LEP por su parte, se presentan como una tecnología mucho más eficiente energéticamente, y al encontrase en grandes potencias, se considera ideal para áreas que requieran grandes flujos como canchas deportivas, y para alumbrado público.

Los BIO-LED son una tecnología muy reciente, de la que sólo se conoce que, las nanopartículas de oro al hacer contacto con las hojas de los árboles, emiten luz. Entonces, si ésta tecnología se desarrollara más, se convertiría en un tipo de iluminación autosustentable y muy llamativa, pues se tendría a los árboles iluminando las avenidas o los parques.

Las tecnologías presentadas en este trabajo, tienen grandes posibilidades de aplicaciones en diferentes áreas y según las necesidades de cada una, necesidades que podrían ser cubiertas por cualquiera de estas fuentes, es por esto que no son necesariamente tecnologías rivales, sino más bien, que cada una tiene aplicaciones diferentes.

Todas estas fuentes luminosas tienen muchas ventajas en común, pero la mayor contribución que presentan se encuentra al momento de ahorrar energía, y producir un nuevo tipo de iluminación.

Según el análisis realizado a las diferentes tecnologías de alumbrado, se podría decir que las lámparas LEDS en la actualidad son las más costosas del mercado en comparación al acostumbrado vapor de sodio o halogenuros metálicos, pero el precio se ve justificado al brindar otras ventajas sobre dichas fuentes de luz, como las mencionadas en el transcurso de este análisis. Además estas lámparas ofrecen una amplia variedad de colores, formas, y estilos; adicionalmente el grado de madurez alcanzado por los LEDS y la mayor disponibilidad en el mercado de estos productos, convierten a esta tecnología en la solución más viable para iluminación ornamental. Otra ventaja de los LEDS, es que, al alimentarse con baja tensión, permite aplicar los SFV para su autogeneración.

Hay que tener en cuenta que, los ahorros realmente significativos, requieren de gran inversión, en consecuencia es importante mejorar los sistemas a tiempo, antes de intentar cambios importantes de equipos cada cierto ciclo.

El uso de sistemas solares fotovoltaicos como fuentes de energía, son medidas que permiten en parte, aliviar el uso de energías convencionales, consiguiendo de esta manera alcanzar cierta independencia, y permitiendo a su vez, reducir los niveles de contaminación que exige el ecosistema de nuestro planeta, ya que prácticamente estos sistemas generan muy pocas emisiones de CO2, en comparación a la generación con quema de combustibles fósiles, disminuyendo asimismo, la necesidad de construir centrales eléctricas para satisfacer la demanda energética.

La poca implementación de estos sistemas en nuestro país, ha provocado que los costos asociados con dichas instalaciones, sean sumamente elevados, volviéndolos de esta manera, muy poco rentables, sin embargo, a la larga produce rentabilidad económica debido a que la energía proveniente del sol no tiene costo, y los gastos por mantenimiento son muy bajos.

Nuestro país, consciente del grado de importancia de la generación eléctrica con fuentes convencionales, y con el fin de incentivar este tipo de generación, ha desarrollado políticas con las cuales se pretende compensar los altos costos de adquisición de los equipos, con un valor por Kwh generado, dicha regulación (Regulación No. CONELEC – 004/11) establece que el precio al productor por la generación de energía solar fotovoltaica es de $40{,}03\ cUSD/kWh$; con este valor, el tiempo de recuperación de la inversión de sistemas fotovoltaicos será de aproximadamente 13 años.

Por todo lo establecido anteriormente, se realizó el diseño de un sistema de iluminación para el parque El Paraíso, con tecnología LED y generación fotovoltaica. Con la finalidad de que éste asegure características como: alta eficiencia, ahorro de energía, largo tiempo de vida y la posibilidad de crear efectos de iluminación.

4.5.5 ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DEL PROYECTO

RED DE BAJA TENSIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**U**	**CANT.**	**PRECIO REFERENCIAL POR UNIDAD**	**TOTAL**
1	conductor aislado TW Cu # 2 AWG	m	36,8	4,95	182,16
2	Conductor desnudo cobre 7 hilos # 2 AWG	m	4	4,72	18,88
3	Tubo EMT 2"	m	9,2	8,21	75,532
4	tuberia de PVC 3"	m	108	2,33	251,64
5	tuberia plastica tipo politubo de 2"	m	304	2,5	760
6	tuberia plastica tipo politubo de 1"	m	542	0,58	314,36
7	tuberia plastica tipo politubo de 3/4"	m	155	0,37	57,35
8	tuberia plastica tipo politubo de 1/2"	m	3240	0,19	615,6
9	conductor de cobre aislado TTU 1/0 AWG	m	490	7,88	3861,2
10	conductor de cobre aisaldo TTU 6 AWG	m	2946	2,01	5921,46
11	conductor de cobre aislado THHN 10 AWG	m	1440	1,3	1872
12	conductor de cobre aisaldo THHN 12 AWG	m	906	1,2	1087,2
13	Conductor concentrico 2x16	m	10610	0,85	9018,5
14	Poste de 16m HA	u	6	830,65	4983,9
15	Poste de 14m HA	u	14	439,55	6153,7
16	Poste de 12m HA	u	40	321,29	12851,6
17	Poste ornamental 4m	u	8	460	4000
18	Poste ornamental 5m	u	79	520	46610
19	Poste ornamental 5.5m	u	13	570	8320
20	poste de fibra de vidrio 12m	u	14	546	7700
21	breaker trifasico de 20A o	u	4	40	160
22	breaker trifasico de 32A	u	3	49	147
23	breaker bifasico de 6A	u	49	26,9	1318,1
24	breaker de CC 10 A	u	4	6,3	25,2
25	breaker de CC 20A	u	12	7,057	84,684
26	breaker de CC 30A	u	2	12,56	25,12
27	breaker de CC 40A	u	26	24,78	644,28
28	breaker de CC 50A	u	2	38,23	76,46
29	breaker de CC 60A	u	6	52,87	317,22
30	medidor trifasico	u	1	500	500
31	varilla copperweld de 5/8" x 1 m de longitud	u	1	8,87	8,87
32	conductor de cobre desnudo # 8 AWG	u	4	2,8	11,2
33	fisible 10A	u	93	2,11	196,23
34	PORTA FUSIBLE	u	93	1,88	174,84
35	BIFASICO DE 30	u	6	30	180
36	BIFASICO DE 40	u	3	48	144
			TOTAL BAJA TENSIÓN:		118668,286

LUMINARIAS					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**U**	**CANT.**	**PRECIO REFERENCIAL POR UNIDAD**	**TOTAL**
1	Proyectores1000W	u	24	206	4944
2	Proyectores 400W	u	24	190	4560
3	Proyectores 150W	u	36	150	5400
4	Luminaria led 150W	u	31	1190	36890
5	Baliza 12W	u	37	99	3663
6	Luminaria empotrable 0.6W	u	18	32	576
7	Tiras LED 1.7W	u	137	100	13700
8	Luminaria empotrable 1,2W	u	144	30	4320
9	Bañador de pared 3W	u	16	20	320
10	Luminaria empotrables 3W	u	9	20	180
11	Luminaria de doble flujo	u	16	100	1600
12	Proyectores 27W	u	15	50	750
13	Luminaria empotrablae 40W	u	64	90	5760
14	Luminaria empotrable 12.7 W	u	24	28	672
15	Faroles 16W	u	91	238	21658
16	Faroles 32W	u	2	418	836
			TOTAL LUMINARIAS:		105829

SISTEMA FOTOVOLTAICO					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**U**	**CANT.**	**PRECIO REFERENCIAL POR UNIDAD**	**TOTAL**
1	Panel solar policristalino de 250W	u	93	735	68355
2	Baterías plomo/ácido 24VDC 100 Ah	u	5	180	900
3	Baterías plomo/ácido 24VDC 150 A h	u	1	270	270
4	Baterías plomo/ácido 24VDC 200 A h	u	43	360	15480
5	inversor 24VDC-220VAC 150	u	6	150	900
6	inversor 24VDC-220VAC 200	u	10	220	2200
7	inversor 24VDC-220VAC 300	u	1	290	290
8	inversor 24VDC-220VAC 600	u	6	440	2640
9	inversor 24VDC-220VAC 1000	u	3	590	1770
10	Regulador de carga 24VDC-12A	u	2	110	220
11	Regulador de carga 24VDC-20A	u	6	160	960
12	Regulador de carga 24VDC-30A	u	1	205	205
13	Regulador de carga 24VDC-40A	u	13	250	3250
14	Regulador de carga 24VDC-50A	u	1	280	280
15	Regulador de carga 24VDC-60A	u	3	390	1170
		TOTAL SISTEMA FOTOVOLTAICO:			98890

MANO DE OBRA				
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**CANT.**	**PRECIO REFERENCIAL POR UNIDAD**	**TOTAL**
1	TENDIDO DE CONDUCTOR TTU 6 AWG EN POLITUBO PVC	2946	147,6	434,8296
2	TENDIDO DE CONDUCTOR TTU 1/0 AWG, 1F EN DUCTO	490	186,75	91,5075
3	TENDIDO DE CONDUCTOR THHN 12 AWG EN POLITUBO PVC	906	53,34	48,32604
4	TENDIDO DE CONDUCTOR THHN 10 AWG, EN POLITUBO PVC	1440	68,58	98,7552
5	TENDIDO DE POLITUBO DE HASTA 3" Y GUIA, POR M.	4241	0,71	3011,11
6	MONTAJE E INST. PROYECTOR 150W	36	11,73	422,28
7	MONTAJE E INST. PROYECTOR 400W	24	17,78	426,72
8	MONTAJE E INST. PROYECTOR 1000W	24	20,32	487,68
9	MONTAJE E INST. LUMINARIAS EMPOTRABLES LED 40W. EN PISO, INC. EXCAV.	64	25,15	1609,6
10	MONTAJE E INST. LUMINARIA LED 150W.	31	13,4	415,4
11	MONTAJE E INST. BALIZAS LED 12 W.	37	8,4	310,8
12	MONTAJE E INST. LUMINARIAS EMPOTRABLES LED 12,7W. EN PISO, INC. EXCAV.	24	10,45	250,8
13	MONTAJE E INST. TIRAS LED 1.7W.	137	5,03	689,11
14	MONTAJE E INST. FAROLES LED 16W.	91	6,71	610,61
15	MONTAJE E INST. FAROLES LED 32W.	2	6,71	13,42
16	MONTAJE E INST. PROYECTOR LED 27W.	50	25,15	1257,5
17	MONTAJE E INST. LUMINARIAS DE DOBLE FLUJO LED 18W.	16	22,7	363,2
18	MONTAJE DE ESTRUCTURA PARA SOPORTE PANEL FOTOVOLTIACO	13	35,63	463,19
19	MONTAJE E INST. DE PANELES SOLARES	93	11	1023
20	MONTAJE E INST. DE REGULADORES DE CARGA	26	19,9	517,4
21	MONTAJE E INST. DE BATERIAS	49	11,9	583,1
22	MONTAJE E INST. DE INVERSORES	26	11,9	309,4
23	CARGA-TRANSPORTE-DESCARGA DE POSTE DE FIBRA DE 12M.	14	14,06	196,84
24	CARGA-TRANS-DESCARGA POSTE H.A.12M.	40	27,31	1092,4
25	CARGA-TRANS-DESCARGA POSTE H.A.14M.	14	40,47	566,58
26	CARGA-TRANS.-DESCARGA POSTE H.A.16M.	6	61,71	370,26
27	IZADO,RETACADO POSTE H.A. HASTA 12M,CON MAQUINA DESPLAZ.<=1000M.	40	34,29	1371,6
28	IZADO,RETACADO POSTE H.A. HASTA 14M,CON MAQUINA,DESPLAZ.<=20M.	14	42,63	596,82
29	IZADO,RETACADO POSTE H.A. HASTA 16M,CON MAQUINA,DESPLAZ.<=20M.	6	63,94	383,64
30	IZADO Y RETACADO DE POSTES ORNAMENLTALES DE 4-5.5 M. CON PERSONAL	93	51,99	4835,07

31	EXCAV. PARA TENSOR O POSTE <=16M,D>=80CM,TER NORMAL O CONG,DISPERSO	6	26,79	160,74
32	EXCAV. PARA TENSOR O POSTE <=14M,D>=60CM,TER NORMAL O CONG,DISPERSO	14	20,8	291,2
33	EXCAV. PARA TENSOR O POSTE <=12M,D>=60CM,TER NORMAL O CONG,DISPERSO	54	15,51	837,54
34	EXCAVACION DE ZANJA EN TERRENO NORMAL Y/O CONGLOMERADO M3	763,38	15,51	11840,02
35	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE POR M3	42	15,13	635,46
36	RELLENO DE ZANJA	763,38	7,76	5923,8288
37	POZO DE REVISION DE TUBO DE HORMIGON D=30CM,H=50CM, CON TAPA Y SELLADO	92	28,95	2663,4
		TOTAL MANO DE OBRA:		45203,14094

RESUMEN ECONÓMICO	
TOTAL BAJA TENSIÓN	118668,29
TOTAL LUMINARIAS	105829,00
TOTAL SISTEMA FOTOVOLTAICO	98890,00
TOTAL MANO DE OBRA	45203,14
TOTAL DE MANO DE OBRA:	368590,43

5 CONCLUSIONES

Según el análisis realizado, es la iluminación de estado sólido, la que se presenta como la mejor alternativa para una iluminación más eficiente y consecuentemente una mayor protección del medio ambiente, ya que su menor potencia, es una de sus principales ventajas.

En lo que respecta a la iluminación de estado sólido, la tecnología más sobresaliente es la LED, debido a que presenta las mejores características y además, el hecho de poder emplearse tanto en áreas internas como externas, le permite aumentar su campo de aplicaciones.

Adicionalmente se puede observar que, las lámparas LED para aplicaciones que requieran grandes flujos luminosos, es decir, gran potencia, no resultan muy convenientes, pues al ser una tecnología nueva, no se ha desarrollado lo suficiente. Esto no quiere decir que no sean eficientes, por el contrario, son eficientes como se ha demostrado, pero lo son, para aplicaciones en potencias bajas.

Al mencionar los OLED, no se puede hablar realmente de una tecnología OLED, sino más bien de tecnologías basadas en OLED, ya que son varias, y su campo de aplicación es realmente amplio.

Los OLED son una tecnología que viene introduciéndose de a poco en el mercado, y a pesar de los avances que ha tenido ésta tecnología, aún queda un largo camino por recorrer en términos de rendimiento y costo, antes de que pueden competir para su uso en aplicaciones de iluminación general.

La tecnología plasma por su parte, aún se encuentra en etapa de crecimiento, pese a esto, se presenta como la tecnología más eficiente energéticamente, de las analizadas en este trabajo.

Los BIO-LED son una tecnología muy reciente, de la que sólo se conoce que, las nanopartículas de oro al hacer contacto con las hojas de los árboles, emiten luz. Entonces, si ésta tecnología se desarrollara más, se convertiría en un tipo de iluminación autosustentable y muy llamativa, pues se tendría a los árboles iluminando las avenidas o los parques.

Las tecnologías presentadas en este trabajo, tienen diferentes campos de aplicación, y según las necesidades de cada área, podrían ser servidas por cualquiera de estas fuentes, es por esto que no se consideran tecnologías rivales.

Para concluir el análisis realizado a las diferentes tecnologías de alumbrado, se puede decir que, las lámparas LEDS en la actualidad son las más costosas del mercado, en comparación al vapor de sodio o halogenuros metálicos, sin embargo, éstas poseen ciertas ventajas en sus características sobre las fuentes convencionales de luz, como las mencionadas en el transcurso de este análisis. Además, estas lámparas ofrecen una amplia variedad de colores, formas, y estilos; adicionalmente, la mayor disponibilidad en el mercado de estos productos, convierten a esta tecnología en la solución más viable para la iluminación ornamental.

Los LEDs, al ser luminarias de bajas potencia, permiten utilizar sistemas fotovoltaicos (SFV) para su autoabastecimiento.

El uso de sistemas solares fotovoltaicos como fuentes de energía, son medidas que permiten en parte, aliviar el uso de energías convencionales, consiguiendo de esta manera alcanzar cierta independencia, y permitiendo a su vez, reducir los niveles de contaminación del planeta, ya que prácticamente estos sistemas generan muy pocas emisiones de CO2, en comparación a la generación con quema de combustibles fósiles, disminuyendo asimismo, la necesidad de construir centrales eléctricas para satisfacer la demanda total energética.

La poca implementación de sistemas fotovoltaicos en nuestro país, ha provocado que los costos asociados con dichas instalaciones, sean elevados, volviéndolos de esta manera, muy poco rentables.

Nuestro país, consciente del grado de importancia de la generación eléctrica con fuentes no convencionales, y con el fin de incentivar este tipo de generación, ha desarrollado políticas con las cuales se pretende compensar los altos costos de adquisición de los equipos, con un valor por Kwh generado, dicha regulación (Regulación No. CONELEC – 004/11) establece que el precio al productor por la generación de energía solar fotovoltaica es de $40{,}03\ cUSD/kWh$.

RECOMENDACIONES:

Las luminarias OLED no son recomendables para iluminación en exteriores, debido a su construcción tipo panel, y por no presentar las adecuadas protecciones contra agentes atmosféricos.

Las lámparas plasma, pese a todas sus ventajas, no son muy aplicables para alumbrado a pequeña escala, pues al encontrase en grandes potencias, son consideradas para la iluminación de áreas que requieran grandes flujos, como canchas deportivas y alumbrado público.

Se debería impulsar la masificación de los sistemas fotovoltaicos en el país, para lograr extender y diversificar la matriz energética, esto se lograría mediante programas de exoneración de impuestos por parte del Gobierno para reducir los altos costos de inversión. Además crear estándares por parte de las empresas distribuidoras en nuestro país para el diseño, construcción y operación de sistemas de energía alternativa, además incentivar el desarrollo de proyectos y estudios de este sector energético.

REFERENCIAS

1. **International Energy Agency. [En línea] [Citado el: 20 de Octubre de 2013.] http://www.iea.org/.**

2. Navigant Consulting, Inc. Departamento de Energia. [En línea] January de 2012. http:/apps1.eere.energy.gov/builddings/pdf/ssl/2010-lmcfinal-2012.pdf.

3. Standares DMX512. [En línea] htpp://www.usitt.org/Resources/standares2/DMX512.

4. Cezar Alza. Diodos Led. *Diodos Led.* [En línea] Mayo de 2008. http://www.diodos-led/diodos-led.shtml.

5. Lighting Research and Development, Building Technologies Program. *iluminación de estado sólido de investigación y desarrollo multianual plan del programa.* [En línea] Abril de 2012. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/2010-iMC-final-jan-2012.PDF.

6. Navigant Consulting, Inc. Energy Savings Potential of Solid-State Lighting. [En línea] Februry de 2010. http://apps1.ee.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ssl-energy-savinp-reports-10-30.pdf.

7. Demonstration Assessment of Light-Emitting Diode (LED) Roadway Lighting . *Demonstration Assessment of Light-Emitting Diode (LED) Roadway Lighting.* [En línea] December de 2011. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/2011_gateway_fdr-drive.pdf.

8. Gaylen, Worldwide Energy Vice President and COO. WORLDWIDE ENERGY. [En línea] Octubre de 2012. http://www.worldwideenergy.com/small-high-output-light-emitting-plasma.

9. EDUERDO, OCHOA CAÑIZQRES JORGE. Tendencia del factor de emisiones de co2 del sector eléctrico ecuatoriano basado en la metodología de la convención macro de las naciones unidas sobre el cambio climático. Quito : s.n., 2012.

10. Inés Lima Azevedo, M. Granger Morgan, and Fritz Morgan. "The transition to Solid-State lighting". 2009. Vol. Vol. 97 .

11. 004/11, CONELEC –. Regulación No. CONELEC – 004/1. 2012.

12. Fthenakis y Alsema, 2006 y Centro de Investigación Medioambiental Fotovoltaica, del Laboratorio Nacional de Brookhaven. Emisiones de CO2 en la producción de módulos. 2006.

13. CORDELIM. Estudio de factor de emisión de CO 2 . 2007.

14. CONELEC. Regulación No. 008/11 CONELEC. 20011.

15. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

16. fotovoltaica, Energía. Cálculo de una instalación aislada. 2010.

ANEXOS

ANEXO 1: DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR Y CAÍDAS DE TENSION

TABLERO DE DISTRIBUCION	CIR-CUITO Num.	DESCRIPCION DEL CIRCUITO	N° DE FASES	VOL-TAJE (V)	CARGA INSTALADA (W)	FACT. DE COINC.	FACT. DE POT.	DEMANDA MAXIMA (W)	I NOM. (A)	SECC. CONDUC. AWG	PROT. (A)	FASES CONECT.
	1	Cancha 2	3	220	3.200,00	1	0,9	3.200,00	9,34	10	20	R S T
	2	Cancha 3	3	220	3.200,00	1	0,9	3.200,00	9,34	10	20	R S T
TD-1	3	Cancha 4	3	220	3.200,00	1	0,9	3.200,00	9,34	10	20	R S T
canchas	4	Cancha 1-1	3	220	12.000,00	1	0,9	12.000,00	35,03	6	32	R S T
	5	Cancha 1-2	3	220	12.000,00	1	0,9	12.000,00	35,03	6	32	R S T
	6	Parqueadero	3	220	6.000,00	1	1	6.000,00	15,76	6	32	R S T
	7	Árboles	3	220	920	1	1	920	2,42	12	20	R S T
CARGA TOTAL INSTALADA		**ACOMETIDA DESDE BREAKER**	**3**	**220**	**40.520,00**	**1**	**0,9**	**40.520,00**	**118,29**	**3x1/0(1/0) - TTU**	**3x63**	**R S T**
DEM. MAX. EN TD1		**3X63 A. EN TABLERO DE MEDICION**										

DEMANDA MAXIMA		**40,52**	**KW**
X FACTOR DE COINCIDENCIA ENTRE TABLEROS		1,00	
= DEMANDA MAXIMA COINCIDENTE		**40,52**	**KW**
/ FACTOR DE POTENCIA GENERAL		0,90	
DEMANDA MAXIMA DE DISEÑO:		**45,02**	**KVA**
POTENCIA MAXIMA REQUERIDA:		**45,02**	**KVA**

CÁLCULO DE CAIDA DE TENSIÓN (B. T. proyectado)									
SECTOR		LONGITUD	DEMANDA	TENSIÓN	NÚMERO	CORRIENTE	CONDUCTOR	RESISTENCIA	ΔV%
		[m]	MÁXIMA [W]	[VAC]	DE FASES	[A]	AWG	[ohm/Km]	Acumulado
1	C1	100	3200	220	3	9,34	10	3,27	3,05
	C2	72	3200	220	3	9,34	10	3,27	2,20
	C3	40	3200	220	3	9,34	10	3,27	1,22
	C4	140	12000	220	3	35,03	6	1,27	4,03
	C5	82	12000	220	3	35,03	6	1,27	3,32
2	C6	210	6000	220	3	15,76	6	1,27	3,90
3	C7	219	920	220	3	2,42	12	5,21	2,76
4	C1	234	77	220	2	0,35	16	13,22	1,08
	C2	152	182	220	2	0,83	16	13,22	1,66
	C3	120	164	220	2	0,75	16	13,22	1,18
	C4	100	48	220	2	0,22	16	13,22	0,29
5	C1	228	104	220	2	0,47	16	13,22	1,42
	C2	181	208	220	2	0,95	16	13,22	2,26
	C3	197	144	220	2	0,65	16	13,22	1,70
6	C1	185	135	220	2	0,61	16	13,22	1,50
	C2	207	256	220	2	1,16	16	13,22	3,18
	C3	237	134	220	2	0,61	16	13,22	1,91
7	C1	118	135	220	2	0,61	16	13,22	0,96
	C2	144	152	220	2	0,69	16	13,22	1,32

	C3	116	480	220	2	2,18	16	13,22	3,35
	C4	43	34,2	220	2	0,16	16	13,22	0,09
	C5	80	204	220	2	0,93	16	13,22	0,98
8	C1	227	28,2	220	2	0,13	16	13,22	0,38
	C2	160	176	220	2	0,80	16	13,22	1,69
	C3	85	320	220	2	1,45	16	13,22	1,63
9	C1	40	24	220	2	0,11	16	13,22	0,06
	C2	120	162	220	2	0,74	16	13,22	1,17
	C3	132	320	220	2	1,45	16	13,22	2,54
10	C1	197	48	220	2	0,22	16	13,22	0,57
	C2	168	208	220	2	0,95	16	13,22	2,10
	C3	106	454	220	2	2,06	16	13,22	2,89
	C4	100	24	220	2	0,11	16	13,22	0,14
	C5	154	76,5	220	2	0,35	16	13,22	0,71
11	C1	102	34,2	220	2	0,16	16	13,22	0,21
	C2	114	226	220	2	1,03	16	13,22	1,55
	C3	80	320	220	2	1,45	16	13,22	1,54
12	C1	392	56,4	220	2	0,26	16	13,22	1,33
	C2	103	396	220	2	1,80	16	13,22	2,45
	C3	83	440	220	2	2,00	16	13,22	2,19
13	C1	144	95,4	220	2	0,43	16	13,22	0,83
14	C1	110	106	220	2	0,48	16	13,22	0,70
15	C1	88	203	220	2	0,92	16	13,22	1,07
16	C1	63	146	220	2	0,66	16	13,22	0,55

ANEXO 2: DETERMINACIÓN DE LA CARGA/CONSUMO

SECTOR 4

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	POTENCIA INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGÍA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Faroles	14	16	224	4	832
Tiras	43	1,7	73,1	4	292,4
Proyectores	2	27	54	4	216
Faroles	2	34	68	4	272
Bañadores de pared	16	3	48	4	192
Lámparas empotrables	5	0,6	3	4	12
TOTAL:			740,1		1880,4

SECTOR 5

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	POTENCIA INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Faroles	13	16	208	4	832
Tiras	30	1,7	51	4	204
Proyectores	4	27	108	4	432
Lámparas empotrables	7	0,6	4,2	4	16,8
Lámparas de doble flujo	2	18	36	4	144
Lámparas empotrables	20	1,2	24	4	96
TOTAL:			431,2		1724,8

SECTOR 6

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	POTENCIA INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Faroles	16	16	256	4	1024
Lámparas empotrables	2	40	80	4	320
Proyectores	2	27	54	4	216
Lámparas empotrables	17	1,2	20,4	4	81,6
Lámparas empotrables	9	12,7	114,3	4	457,2
TOTAL:			524,7		2098,8

SECTOR 7

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA

	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Faroles	8	16	128	4	512
Lámparas empotrables	12	40	480	4	1920
Balizas	2	12	24	4	96
Tiras	12	1,7	20,4	4	81,6
Lámparas empotrables	9	12,7	114,3	4	457,2
Lámparas empotrables	9	3	27	4	108
Lámparas empotrables	6	1,2	7,2	4	28,8
TOTAL:			800.9		3203,6

SECTOR 8

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Faroles	11	16	176	4	704
Lámparas empotrables	8	40	320	4	1280
Lámparas empotrables	15	1,2	18	4	72
Tiras	6	1,7	10,2	4	40,8
TOTAL:			524,2		2096,8

SECTOR 9

EQUIPO	**CANTIDAD**	**POTENCIA UNITARIA**	**P. INSTALADA**	**HORAS DE USO**	**ENERGIA DIA**
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Lámparas empotrables	8	40	320	4	1280
Bañadores de pared	8	3	24	4	96
Proyectores	6	27	162	4	648
TOTAL:			506		2024

SECTOR 10

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Faroles	13	16	208	4	832
Lámparas empotrables	10	40	400	4	1600
Lámparas doble flujo	3	18	54	4	216
Lámparas empotrables	17	1,2	20,4	4	81,6
Tiras	45	1,7	76,5	4	306
Balizas	2	12	24	4	96
Lámparas empotrables	8	3	24	4	96
Lámparas empotrables	6	0,6	3,6	4	14,4
TOTAL:			810,5		3242

SECTOR 11

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Lámparas empotrables	8	40	320	4	1280
Lámparas doble flujo	9	18	162	4	648
Lámparas empotrables	6	1,2	7,2	4	28,8
Lámparas empotrables	9	3	27	4	108
Farolas	4	16	64	4	256
TOTAL:			580,2		2320,8

SECTOR 12

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Lámparas empotrables	11	40	440	4	1760
Balizas	33	12	396	4	1584
Lámparas empotrables	47	1,2	56,4	4	225,6
TOTAL:			892,4		3569,6

SECTOR 13

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Lámparas empotrables	6	12,7	76,2	4	304,8
Lámparas empotrables	16	1,2	19,2	4	76,8
TOTAL:			95,4		381,6

Sector 14

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Lámparas empotrables	1	40	40	4	160
Faroles	3	16	48	4	192
Lámparas de doble flujo	1	18	18	4	72
TOTAL:			106		424

Sector 15

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Lámparas empotrables	2	40	80	4	320
Farolas	6	16	96	4	384
Proyectores	1	27	27	4	108
TOTAL:			203		812

Sector 16

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	P. INSTALADA	HORAS DE USO	ENERGIA DIA
	[u]	[W]	[W]	[h/día]	[W-h/día]
Lámparas empotrables	2	40	80	4	320
Farolas	3	16	48	4	192
Lámparas de doble flujo	1	18	18	4	72
TOTAL:			146		584

ANEXO 3: ELEMENTOS DE LA INSTACIÓN FOTOVOLTAICA PARA CADA SECTOR

SECTOR 4: CARGA INSTALADA 470,1W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL***	***POTENCIA TOTAL***
3	***24***	***245***	***735***
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE***	
1	***24***	***30***	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD***	
2	***24***	***300***	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA***
1	***24***	***220***	***600***
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS***
3,85	22,99	10	30

SECTOR 5: CARGA INSTALADA 431,2W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
4	*24*	*245*	*980*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*40*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
2	*24*	*400*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*600*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
5,3	30,8	8	40

SECTOR 6: CARGA INSTALADA 524,7W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
4	*24*	*245*	*980*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*40*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
2	*24*	*400*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*600*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
5,3	30,8	8	40

SECTOR 7: CARGA INSTALADA 800,9W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
6	*24*	*245*	*1470*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*60*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
3	*24*	*600*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*1000*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
7,8	45,9	6	55

SECTOR 8: CARGA INSTALADA 524,2W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
4	*24*	*245*	*980*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*40*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
2	*24*	*400*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*600*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
5,3	30,8	8	40

SECTOR 9: CARGA INSTALADA 506W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
4	*24*	*245*	*980*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*40*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
2	*24*	*400*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*600*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
5,3	30,7	8	40

SECTOR 10: CARGA INSTALADA 810,5W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
6	*24*	*245*	*1470*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*60*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
3	*24*	*600*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*1000*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
7,9	45,9	6	55

SECTOR 11: CARGA INSTALADA 580,2W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
5	*24*	*245*	*1225*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*50*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
3	*24*	*500*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*600*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
6,4	37,3	8	40

SECTOR 12: CARGA INSTALADA 892,4W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
7	*24*	*245*	*1715*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*60*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
4	*24*	*700*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*1000*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
8,9	53,5	6	55

SECTOR 13: CARGA INSTALADA 95,4W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
1	*24*	*245*	*245*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*12*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
1	*24*	*100*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*150*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
1,3	7,7	16	10

SECTOR 14: CARGA INSTALADA 106W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
1	*24*	*245*	*245*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*12*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
1	*24*	*100*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*150*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
1,3	7,7	16	10

SECTOR 15: CARGA INSTALADA 203W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
2	*24*	*245*	*490*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*20*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
1	*24*	*200*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*300*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
2,6	15,4	12	20

SECTOR 16: CARGA INSTALADA 146W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
2	*24*	*245*	*490*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*20*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
1	*24*	*150*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*200*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
2,6	15,4	12	20

SECTOR 17: CARGA INSTALADA 83W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
2	*24*	*245*	*490*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*20*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
1	*24*	*200*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*150*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
2,6	15,5	12	20

Nota: En este sector se tiene cuatro estructuras de este tipo

SECTOR 18: CARGA INSTALADA 166W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
4	*24*	*245*	*980*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*40*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
2	*24*	*400*	
No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*200*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
5,3	30,7	8	40

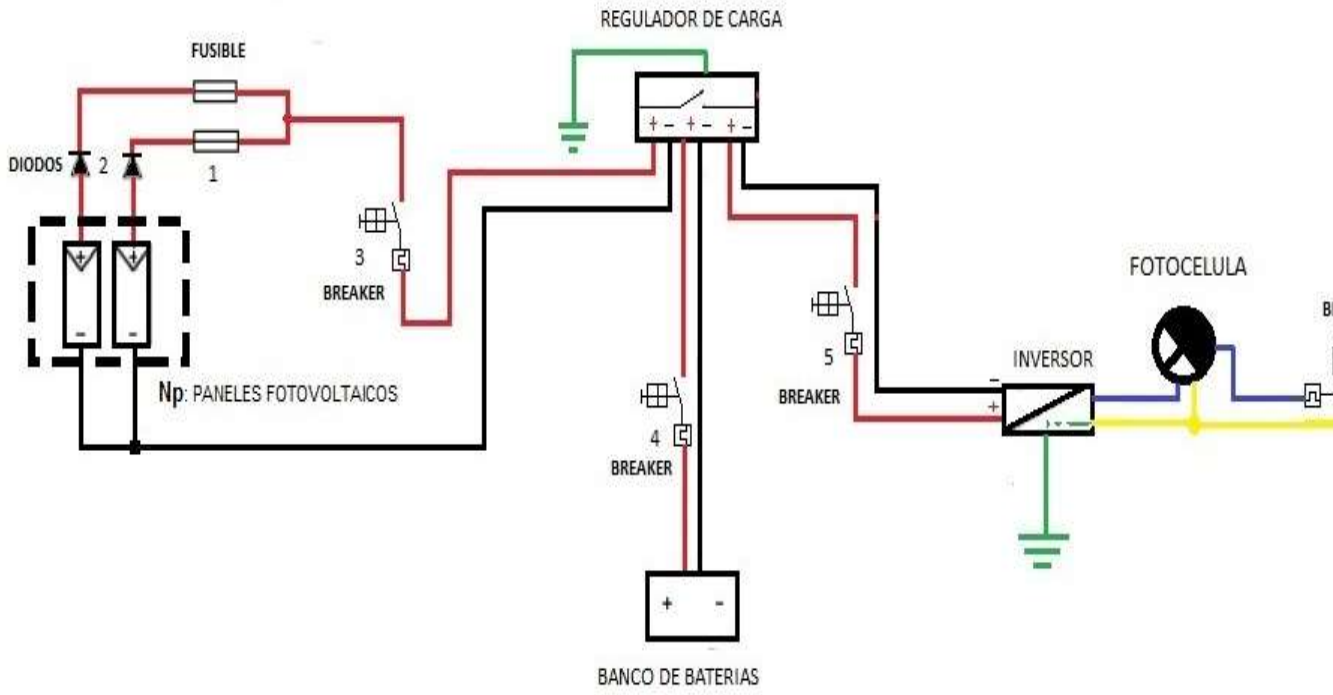
Nota: En este sector se tiene cuatro estructuras de este tipo

SECTOR 19: CARGA INSTALADA 166W			
No PANELES	***TENSIÓN[Vcc]***	***POTENCIA PANEL[W]***	***POTENCIA TOTAL[W]***
4	*24*	*245*	*980*
No REGULADOR	***TENSIÓN[Vcc]***	***CORRIENTE[A]***	
1	*24*	*40*	
No BATERÍAS	***TENSIÓN[Vcc]***	***CAPACIDAD[A-h]***	
2	*24*	*400*	

No INVERSOR	***TENSIÓN ENTRADA[Vcc]***	***TENSIÓN SALIDA[Vac]***	***POTENCIA[W]***
1	*24*	*220*	*200*
SECCIÓN CÁLCULADA(mm2)	***AMPERIOS[A]***	***SECCIÓN AWG***	***AMPERIOS[A]***
5,3	30,7	8	40

Nota: En este sector se tiene seis estructuras de este tipo

ANEXO 4: ESQUEMA ELECTRICO DE UNA RED FOTOVOLTAICA



ANEXO 5: RESULTADO DE LA SIMULACIÓN POR SECTORES EN EL PROGRAMA DIALUX

SECTOR 1: CANCHAS

CANCHA DE FUTBOL GRANDE

LUMINARIAS UTILIZADAS

SITECO 5NA75301VB02 SiCOMPACT® S2 MAXI
N° de artículo: 5NA75301VB02
Flujo luminoso (Luminaria): 66249 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 90000 lm
Potencia de las luminarias: 1140.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 82 99 100 100 74
Lámpara: 1 x HIT-DE-h15 1000W/959 Leitung I=187
(Factor de corrección 1.000).

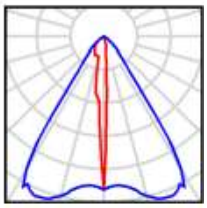
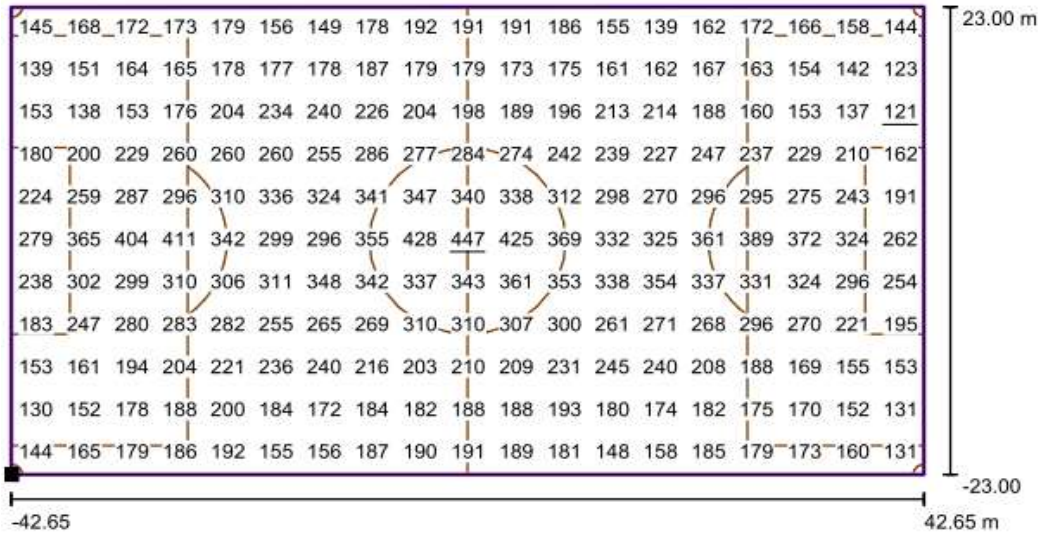
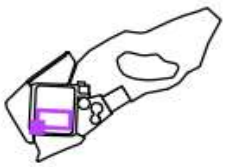


GRÁFICO DE VALORES (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 610

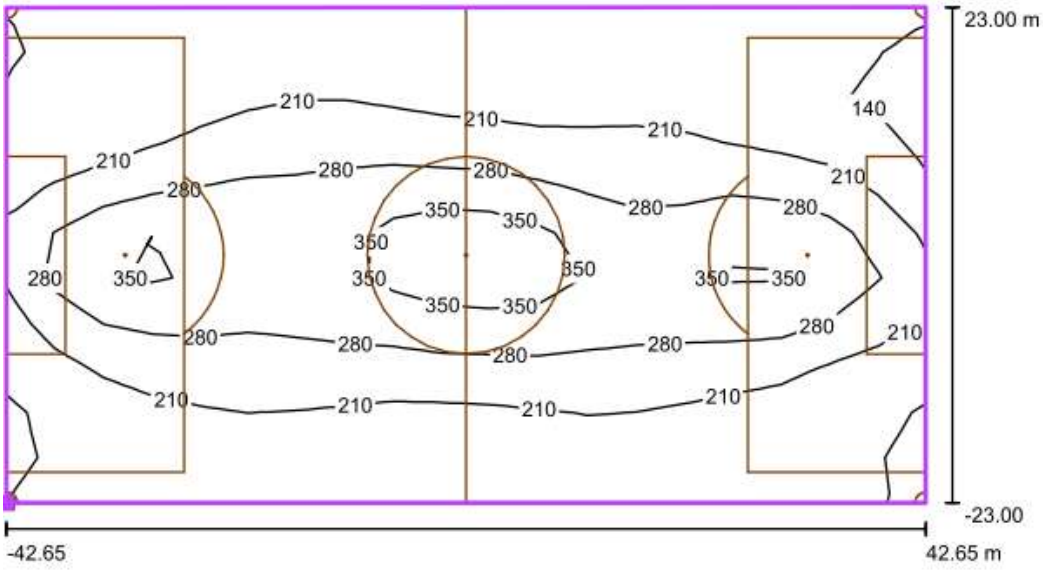
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (120.482 m, 95.574 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 11 Puntos

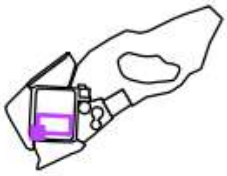
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
231	121	447	0.52	0.27

ISOLÍNEAS (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 610

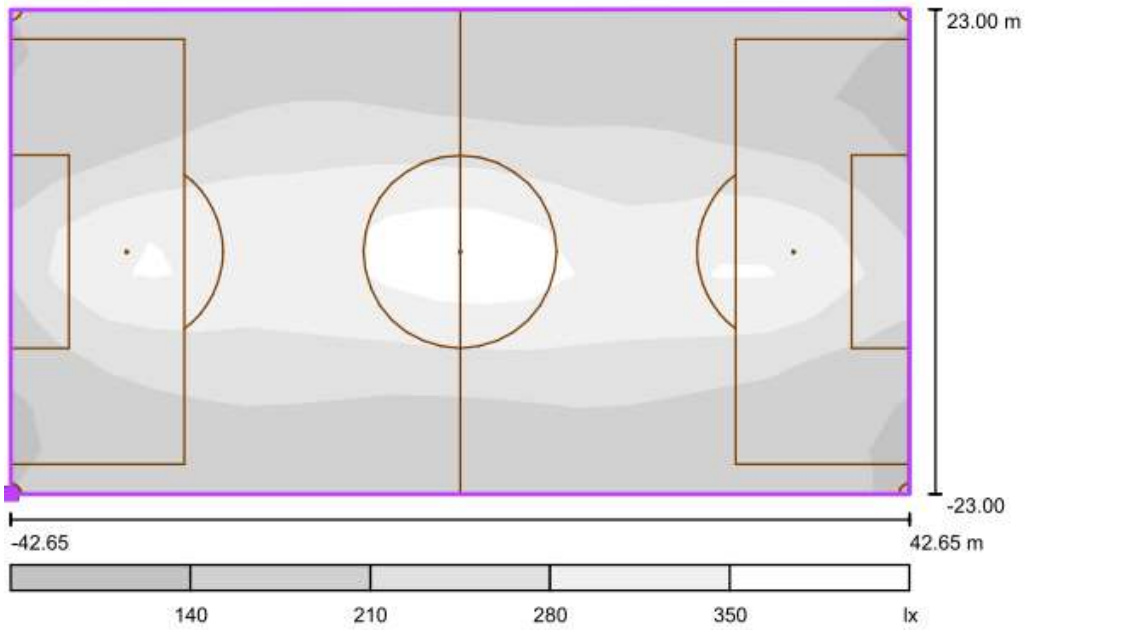
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (120.482 m, 95.574 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 11 Puntos

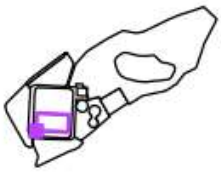
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
231	121	447	0.52	0.27

GAMA DE GRISES (E, PERPENDICULAR)



Escala 1 : 610

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (120.482 m, 95.574 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 11 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
231	121	447	0.52	0.27

CANCHA DE FUTBOL PEQUEÑA

LUMINARIAS UTILIZADAS

HAVELLSSYLVANIA 0039829 Sylveo 2 HSI-TSX 400W, Asymmetric Beam, 4200k
N° de artículo: 0039829
Flujo luminoso (Luminaria): 26195 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 36000 lm
Potencia de las luminarias: 450.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 55 93 100 100 72
Lámpara: 1 x HSI-THX 400W (Factor de corrección 1.000).

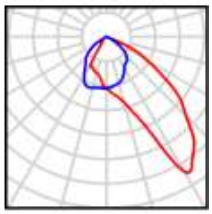


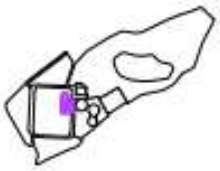
GRÁFICO DE VALORES (E, PERPENDICULAR)

85	98	108	111	111	108	105	105	106	108	112	115	110	99	85
81	96	105	108	110	112	108	106	106	106	112	114	105	94	82
77	91	98	104	107	110	109	106	105	105	109	107	99	89	79
76	87	95	102	107	108	107	106	105	106	107	103	96	88	77
77	87	95	104	109	107	105	106	106	106	105	103	97	91	78
79	89	98	108	111	107	105	105	106	105	105	104	102	95	81
80	91	101	108	109	106	103	102	101	99	102	103	103	94	82

7.05 m
-7.05
-16.65
16.65 m

Valores en Lux, Escala 1 : 239

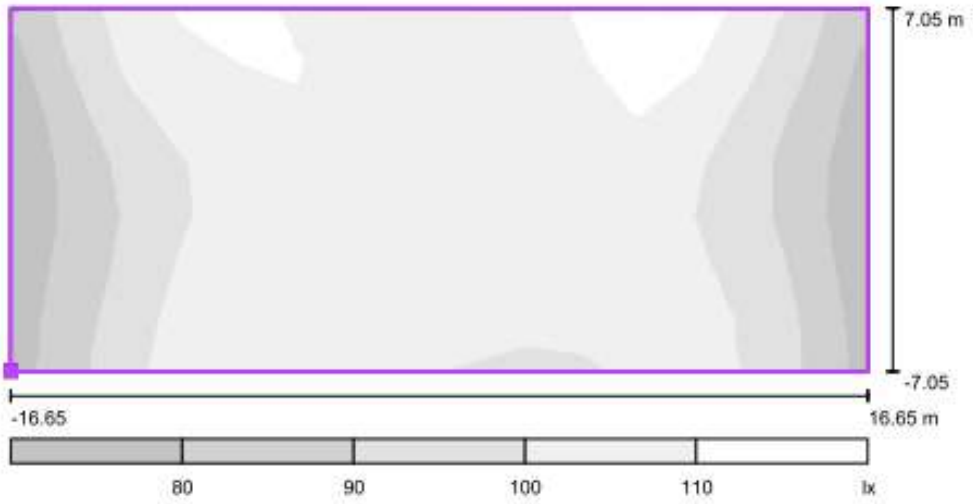
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (204.539 m, 156.692 m, 0.000 m)



Trama: 15 x 7 Puntos

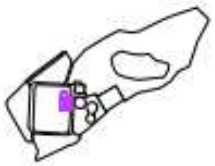
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
100	76	115	0.76	0.66

GAMA DE GRISES (E, PERPENDICULAR)



Escala 1 : 239

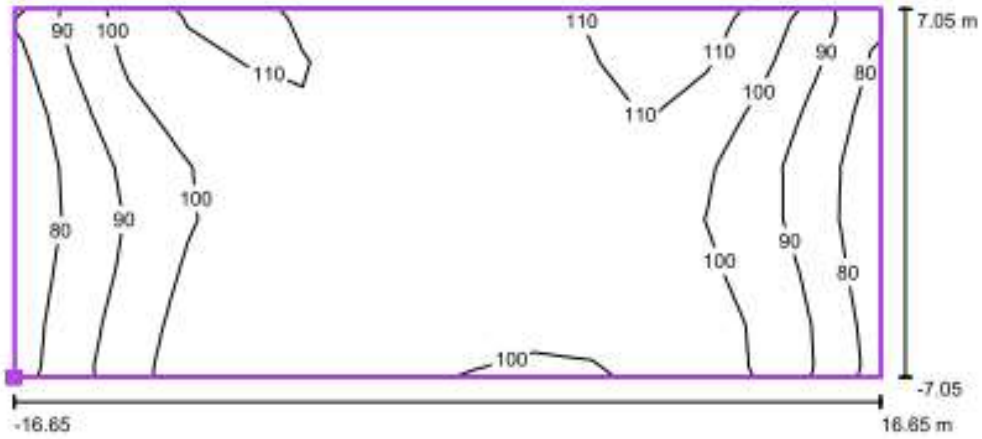
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (204.539 m, 156.692 m, 0.000 m)



Trama: 15 x 7 Puntos

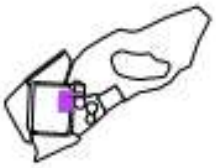
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
100	76	115	0.76	0.66

ISOLÍNEAS (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 239

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (204.539 m, 156.692 m, 0.000 m)

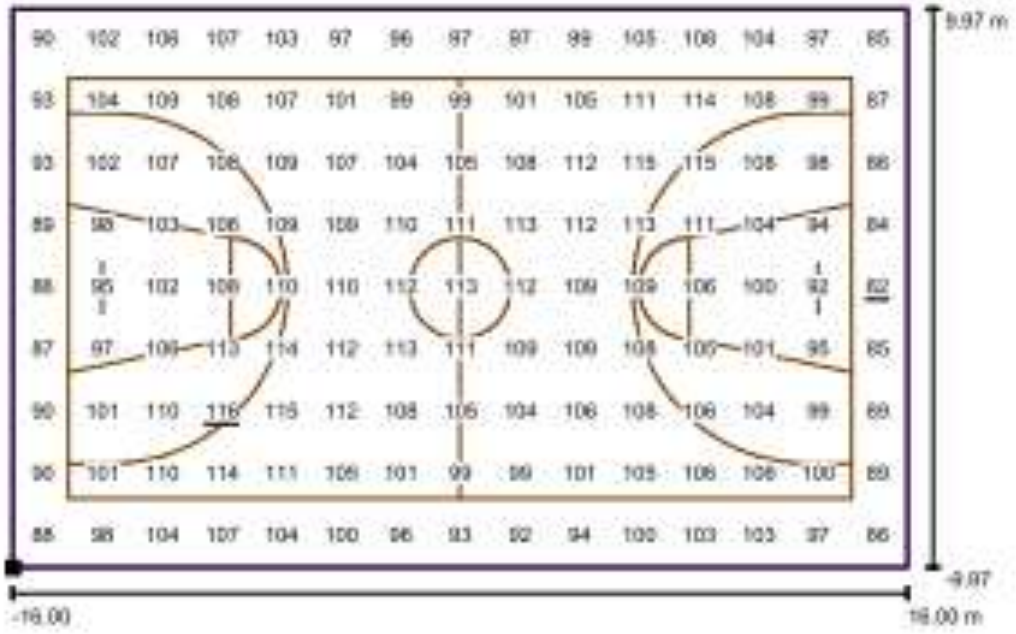


Trama: 15 x 7 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
100	76	115	0.76	0.66

CANCHA DE BALONCESTO

GRÁFICO DE VALORES (E, PERPENDICULAR)



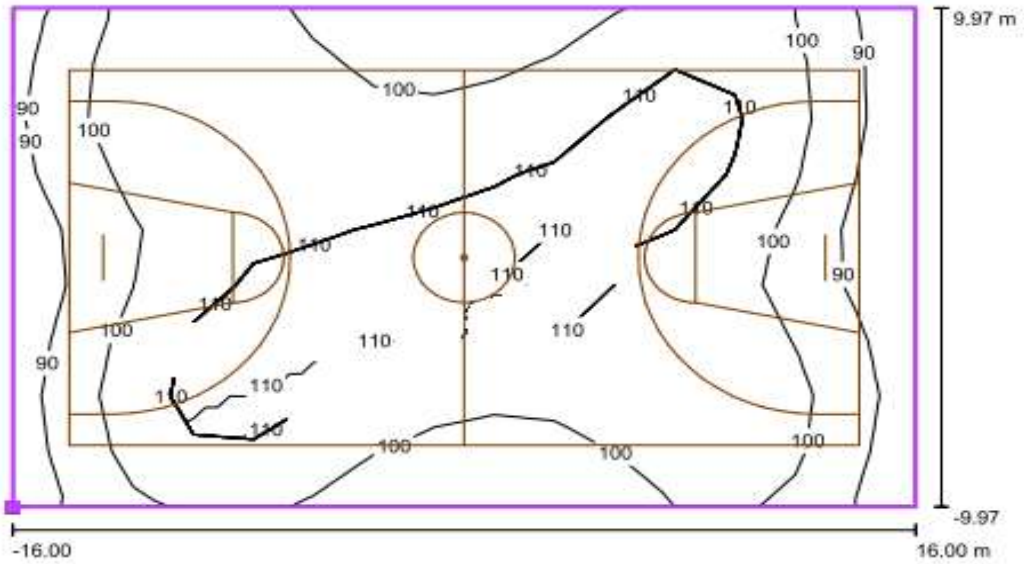
Valores en Lux, Escala 1 : 229

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (176.491 m, 158.962 m, 0.000 m)

Trama: 15 x 9 Puntos

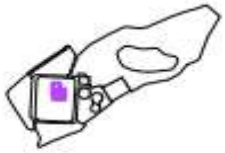
E_{m} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{m}	E_{min} / E_{max}
103	82	116	0.80	0.71

ISOLÍNEAS (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 229

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (176.491 m, 158.962 m, 0.000 m)



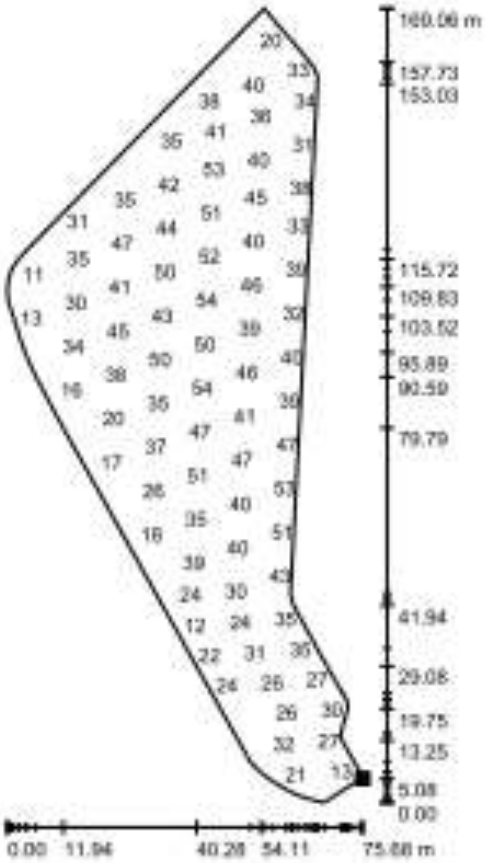
Trama: 15 x 9 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
103	82	116	0.80	0.71

SECTOR 2

PARQUEADERO GRANDE

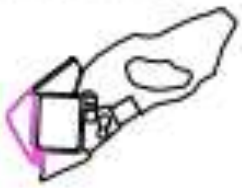
GRÁFICO DE VALORES (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 1323

No pudieron representarse todos los valores calculados.

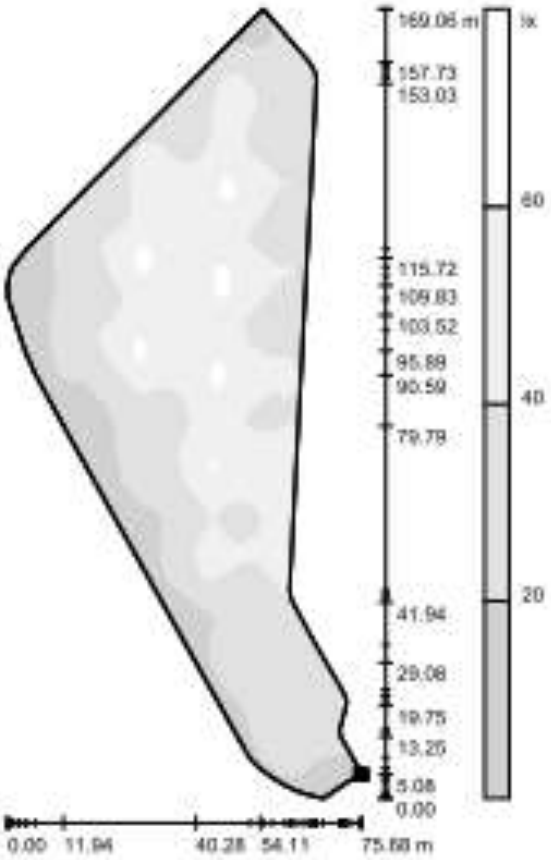
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(114.241 m, 56.292 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

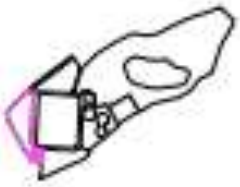
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
35	5.98	64	0.169	0.094

GAMA DE GRISES (E, PERPENDICULAR)



Escala 1 : 1323

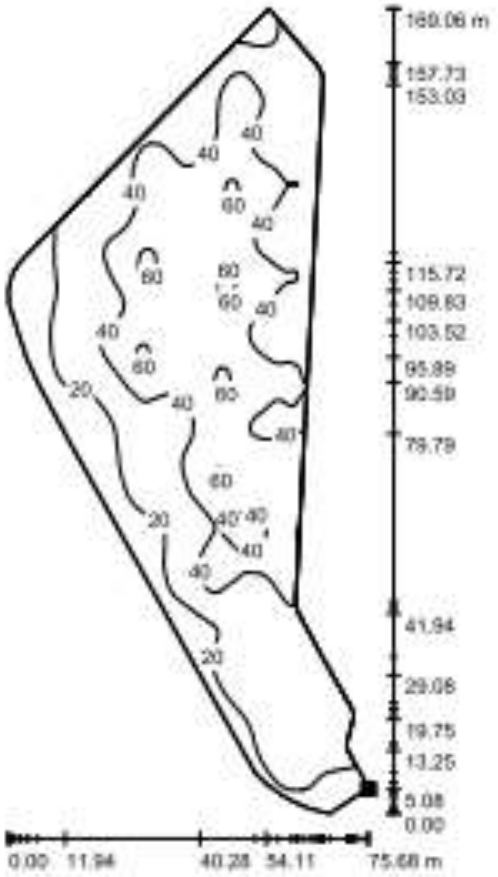
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(114.241 m, 56.282 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_{m} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{m}	E_{min} / E_{max}
35	5.98	64	0.169	0.094

ISOLÍNEAS (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 1323

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(114.241 m, 56.292 m, 0.000 m)

Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
35	5.98	64	0.169	0.094

PARQUEADERO PEQUEÑO

LAMPARAS A UTILIZAR

Philips BGP322 T35 1xGRN98-2S/740 A
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 8491 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9760 lm
Potencia de las luminarias: 82.7 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 38 74 98 100 86
Lámpara: 1 x GRN98-2S/740 (Factor de corrección 1.000).

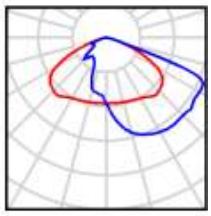
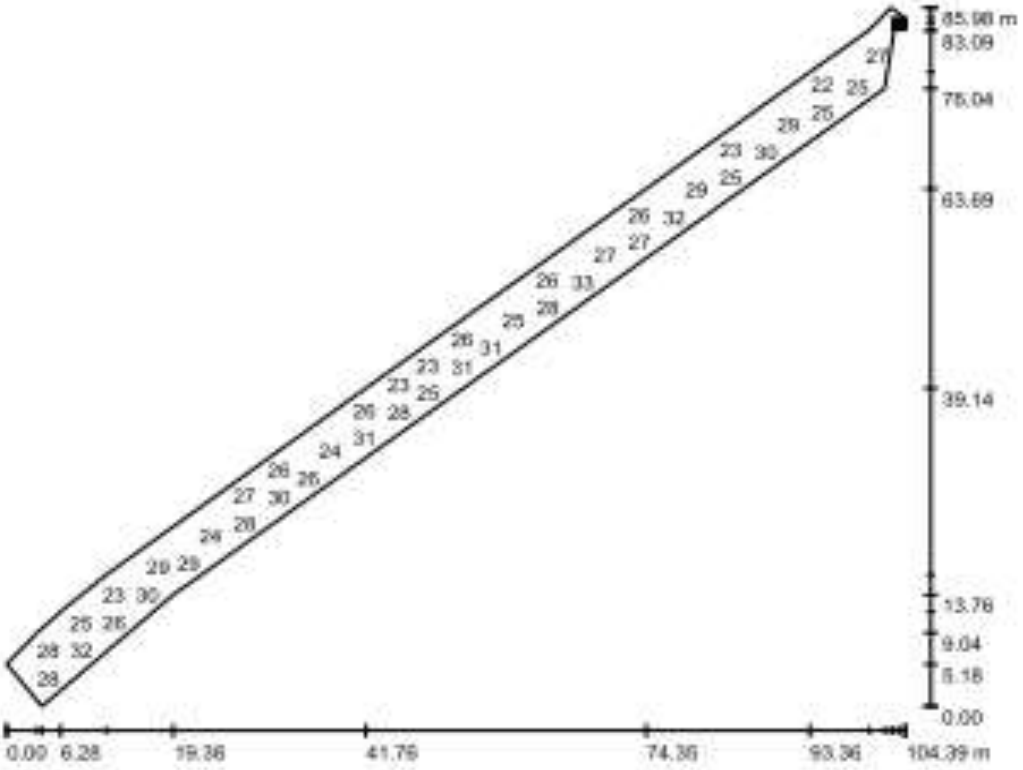


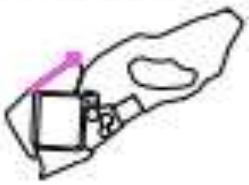
GRÁFICO DE VALORES (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 747

No pudieron representarse todos los valores calculados.

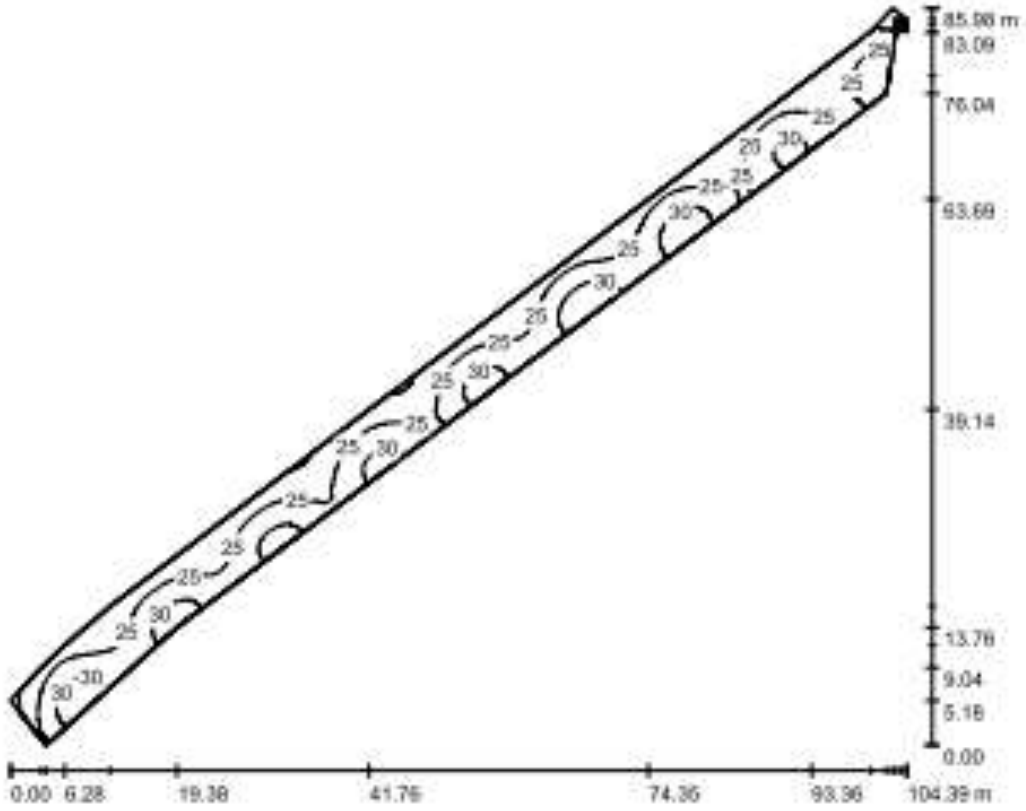
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(197.915 m, 300.028 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

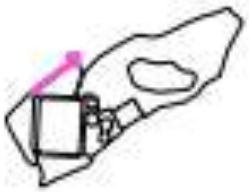
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	15	34	0.577	0.437

ISOLÍNEAS (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 747

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(197.915 m, 300.028 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

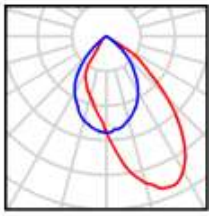
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	15	34	0.577	0.437

SERTOR: 3,9

ILUMINACIÓN GENERAL

LUMINARIAS UTILIZADAS

HAVELLSSYLVANIA 0039913 SYLFLOOD 1
Asymmetric + bulb HSI-TD 150W 4K
N° de artículo: 0039913
Flujo luminoso (Luminaria): 6688 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 13000 lm
Potencia de las luminarias: 173.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 74 98 100 100 51
Lámpara: 1 x HSI-TD 150W (Factor de corrección 1.000).



SERTOR:4

BAILOTERAPIA

LUMINARIAS UTILIZADAS

Philips BGP322 T35 1xGRN98-2S/740 A
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 8491 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9760 lm
Potencia de las luminarias: 82.7 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 38 74 98 100 86
Lámpara: 1 x GRN98-2S/740 (Factor de corrección 1.000).

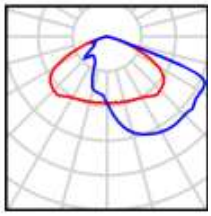
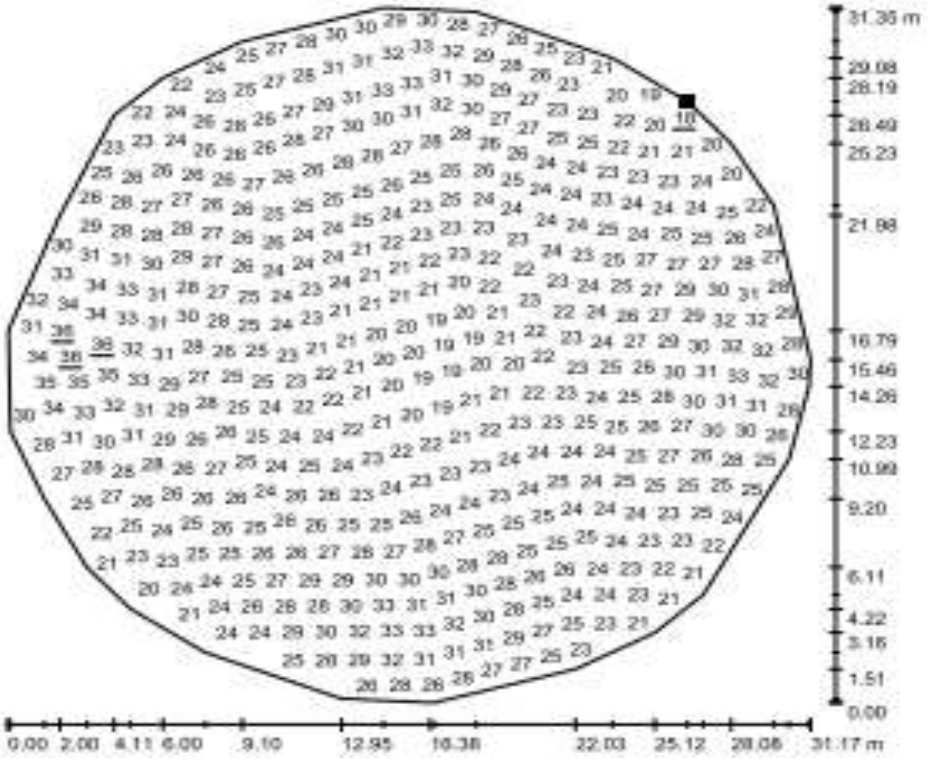


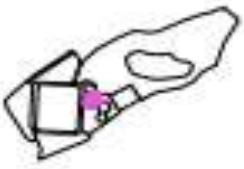
GRÁFICO DE VALORES (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 246

No pudieron representarse todos los valores calculados.

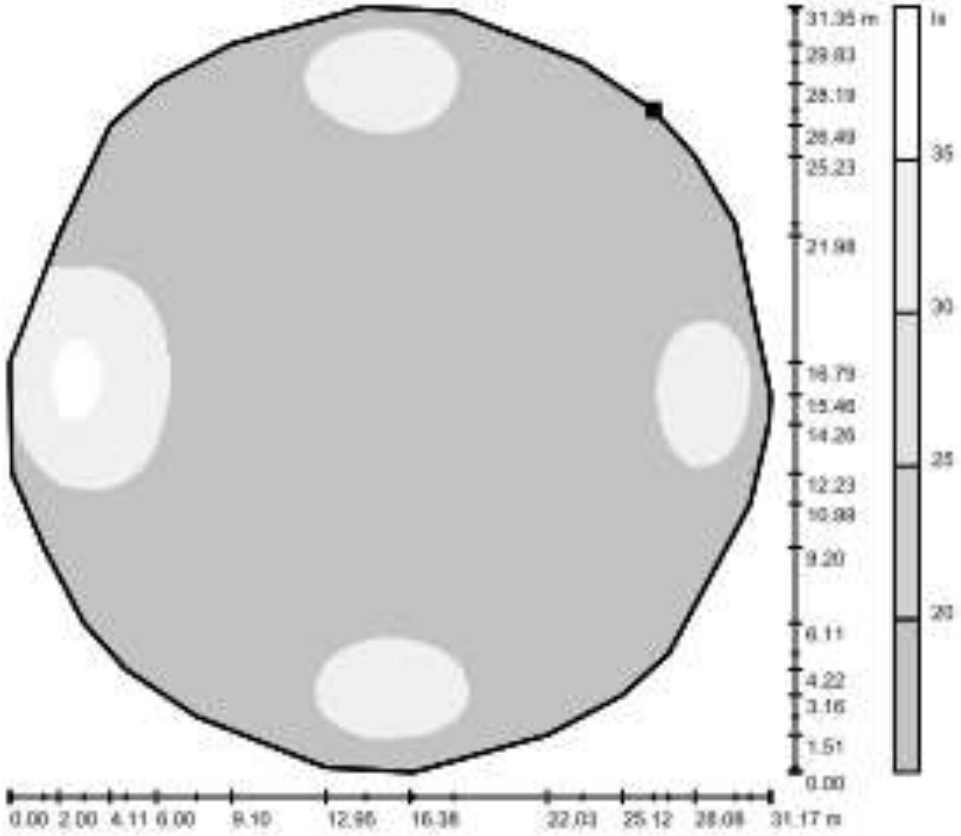
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(253.117 m, 172.033 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	18	36	0.704	0.500

GAMA DE GRISES (E, PERPENDICULAR)



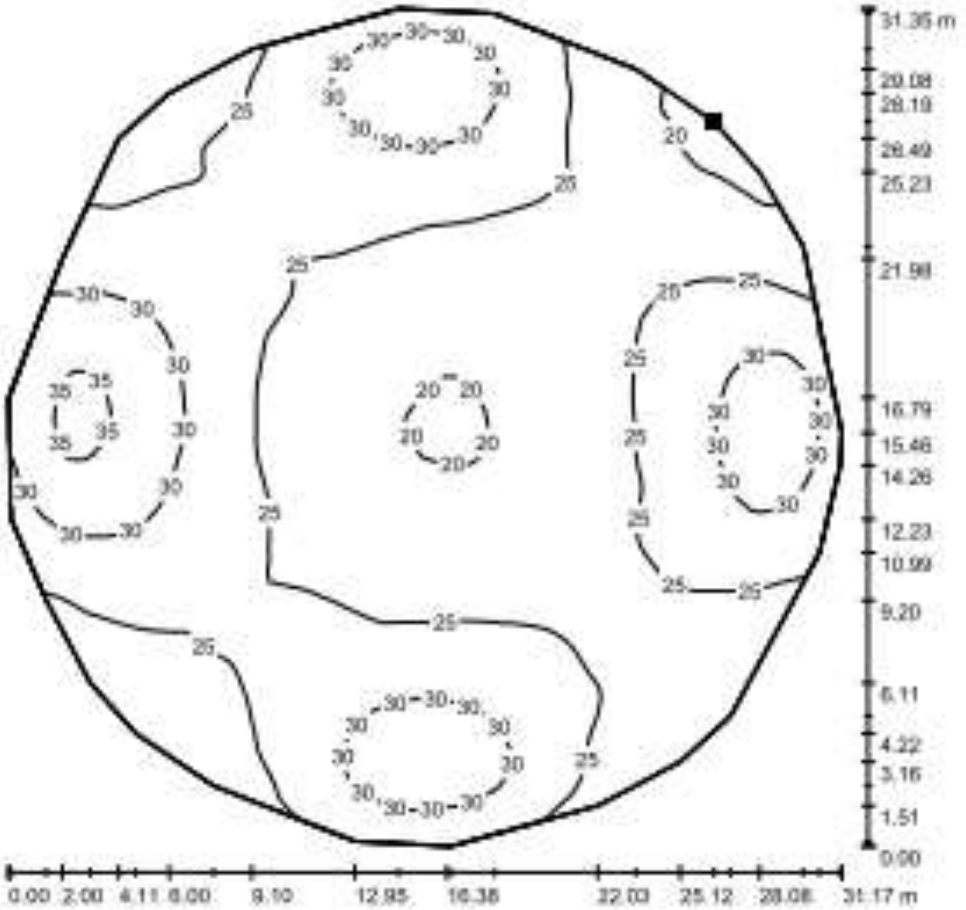
Escala 1 : 254

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(253.117 m, 172.033 m, 0.000 m)

Trama: 128 x 128 Puntos

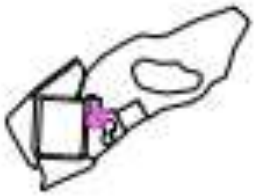
E_{hr} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{hr}	E_{min} / E_{max}
26	18	36	0.704	0.500

ISOLÍNEAS (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 246

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(253.117 m, 172.033 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

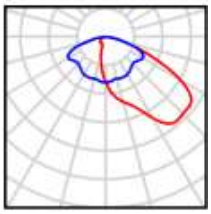
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	18	36	0.704	0.500

PATIO DE COMIDAS

LUMINARIAS UTILIZADAS

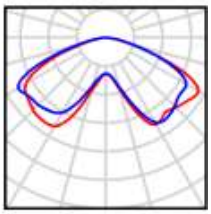
SCHREDER 291402 ISLA LED
N° de artículo: 291402
Flujo luminoso (Luminaria): 1846 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1846 lm
Potencia de las luminarias: 1.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 30 68 97 100 99
Lámpara: 1 x 28 XR-E WHT 1.2 W - 1 XRE-ROY 1.2 W (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



SCHREDER 291441 ISLA LED
N° de artículo: 291441
Flujo luminoso (Luminaria): 2856 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 2856 lm
Potencia de las luminarias: 1.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 32 72 97 100 100
Lámpara: 1 x 42 XR-E WHT 1.2 W - 1 XRE-ROY 1.2 W (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



ERCO 33364000 Kubus Bañador de suelo 1xLED 3W neutral white (Tipo 1)
N° de artículo: 33364000
Flujo luminoso (Luminaria): 219 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 300 lm
Potencia de las luminarias: 3.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 89 99 100 100 73
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).

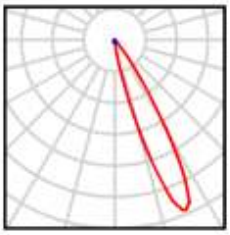
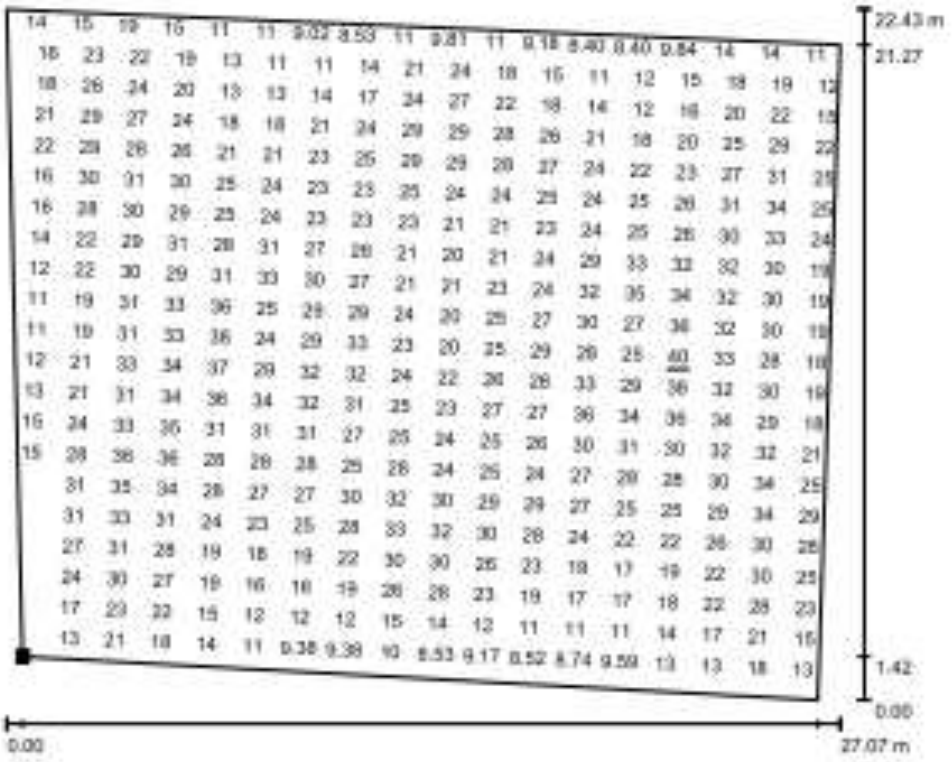


GRÁFICO DE VALORES (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 194

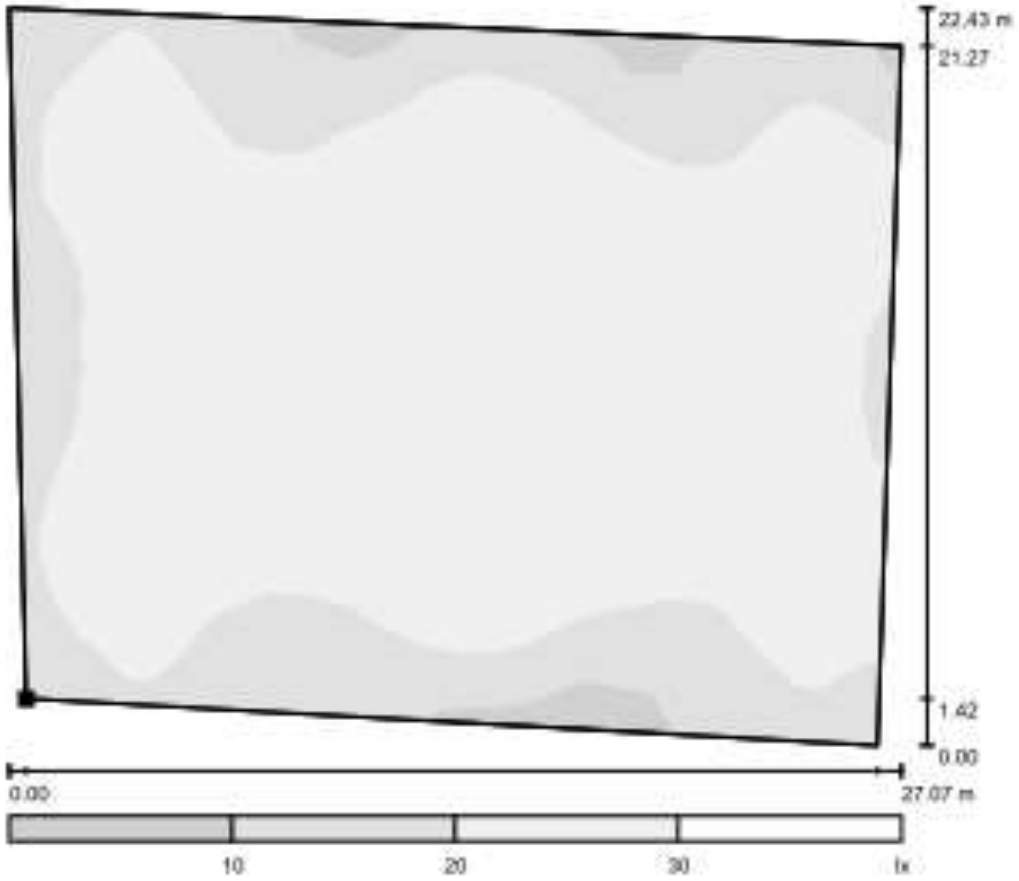
No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(229.072 m, 188.392 m, 0.000 m)

Trama: 128 x 128 Puntos

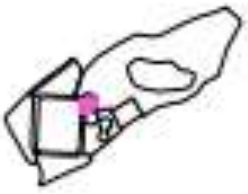
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
23	7.59	40	0.323	0.189

GAMA DE GRISES (E, PERPENDICULAR)



Escala 1 : 194

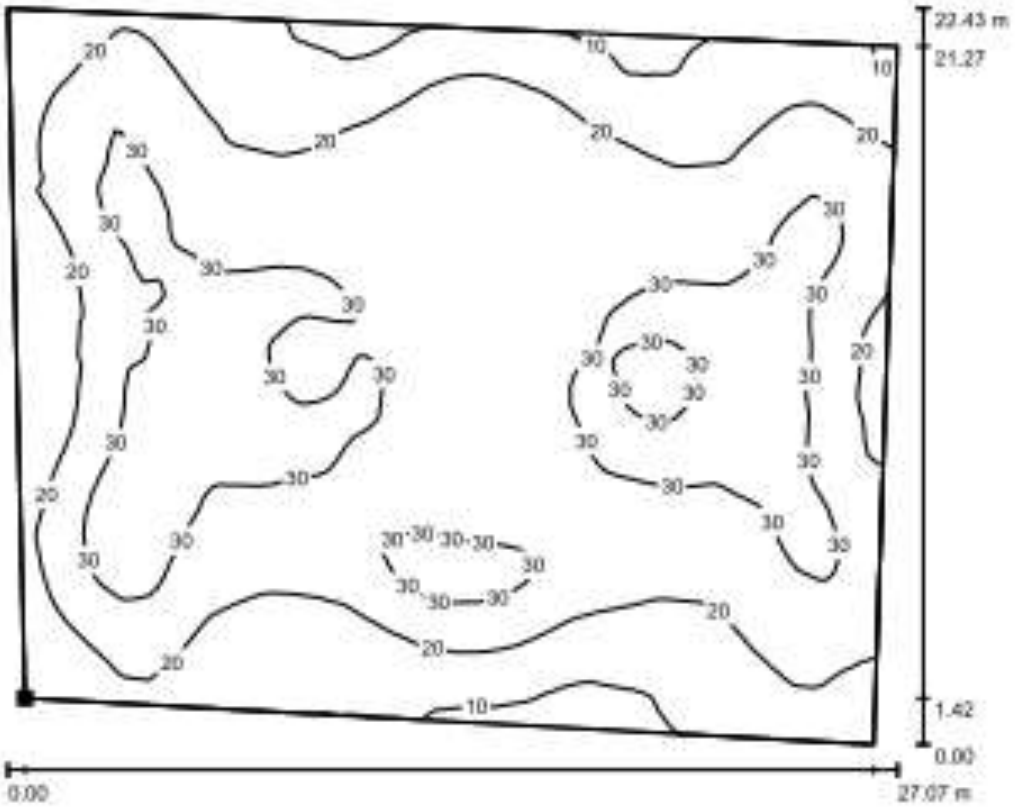
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(229.072 m, 188.392 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
23	7.59	40	0.323	0.189

ISOLÍNEAS (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 194

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(229.072 m, 188.392 m, 0.000 m)

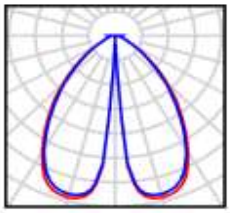
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
23	7.59	40	0.323	0.189

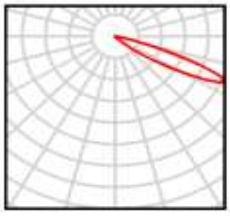
LOS SECTOR: 5,6,7,8,10,12,13 QUE CONFORMAN LA LAGUNA Y PARTE DE LAS CAMINERAS ASI COMO EN LOS CONTORNOS DE MUROS DE PIEDRA.

ILUMINACIÓN GENERAL

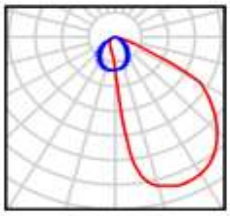
ERCO 33334000 Midipoll Baliza 1xLED 8W warm white
N° de artículo: 33334000
Flujo luminoso (Luminaria): 211 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 640 lm
Potencia de las luminarias: 9.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 69 92 98 100 33
Lámpara: 1 x LED 8W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).



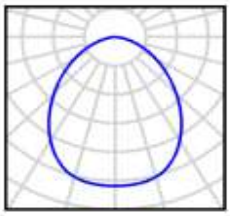
ERCO 33750000 Axis Walklight 1xLED 1.7W neutral white
N° de artículo: 33750000
Flujo luminoso (Luminaria): 35 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 90 lm
Potencia de las luminarias: 2.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 00 14 86 99 38
Lámpara: 1 x LED 1,7W blanco neutro (Factor de corrección 1.000).



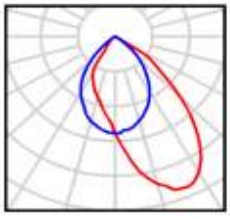
ERCO 33752000 Luminaria de orientación LED 1xLED 0.6W warm white
N° de artículo: 33752000
Flujo luminoso (Luminaria): 6 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16 lm
Potencia de las luminarias: 1.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 54 91 99 100 40
Lámpara: 1 x LED 0,6W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).



ERCO 33758000 Luminaria de orientación LED 1xLED 0.6W neutral white
N° de artículo: 33758000
Flujo luminoso (Luminaria): 6 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23 lm
Potencia de las luminarias: 1.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 56 85 98 100 24
Lámpara: 1 x LED 0,6W blanco neutro (Factor de corrección 1.000).



HAVELLSSYLVANIA 0039913 SYLFLOOD 1 Asymmetric + bulb HSI-TD 150W 4K
N° de artículo: 0039913
Flujo luminoso (Luminaria): 6688 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 13000 lm
Potencia de las luminarias: 173.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 74 98 100 100 51
Lámpara: 1 x HSI-TD 150W (Factor de corrección 1.000).



SERTOR: 18

GUEGOS

LUMINARIAS UTILIZADAS

Philips BGP322 T35 1xGRN98-2S/740 A
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 8491 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9760 lm
Potencia de las luminarias: 82.7 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 38 74 98 100 86
Lámpara: 1 x GRN98-2S/740 (Factor de corrección 1.000).

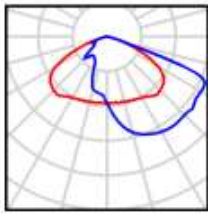
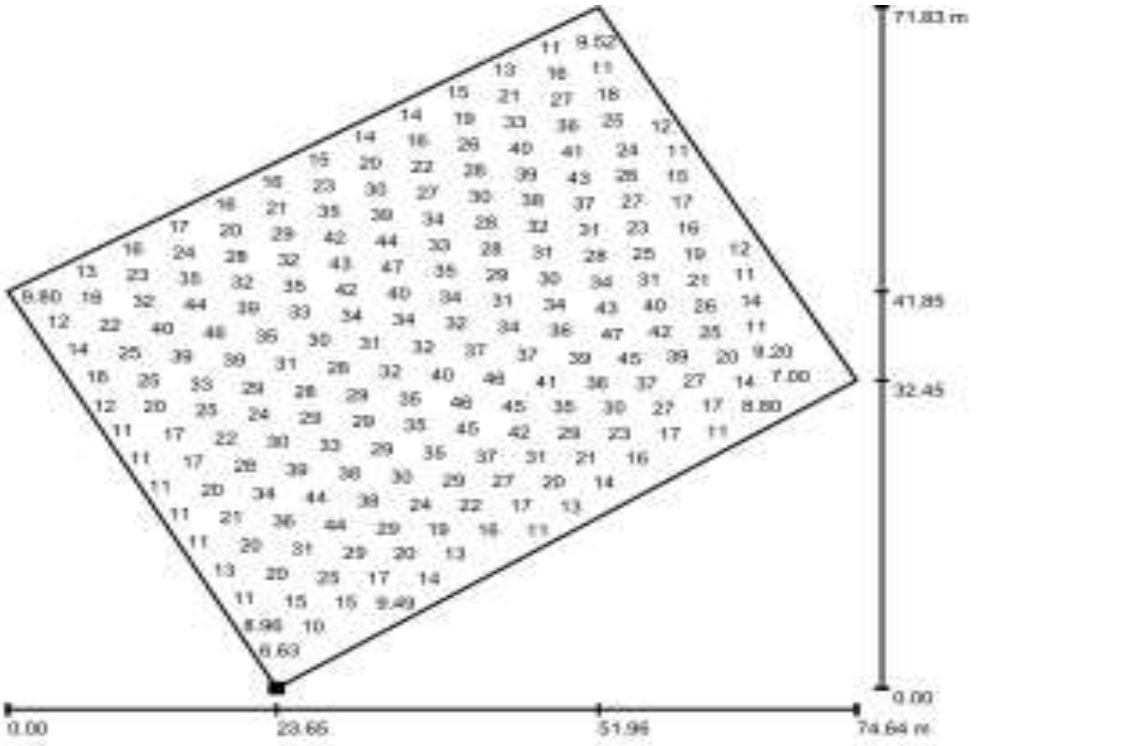


GRÁFICO DE VALORES (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 562

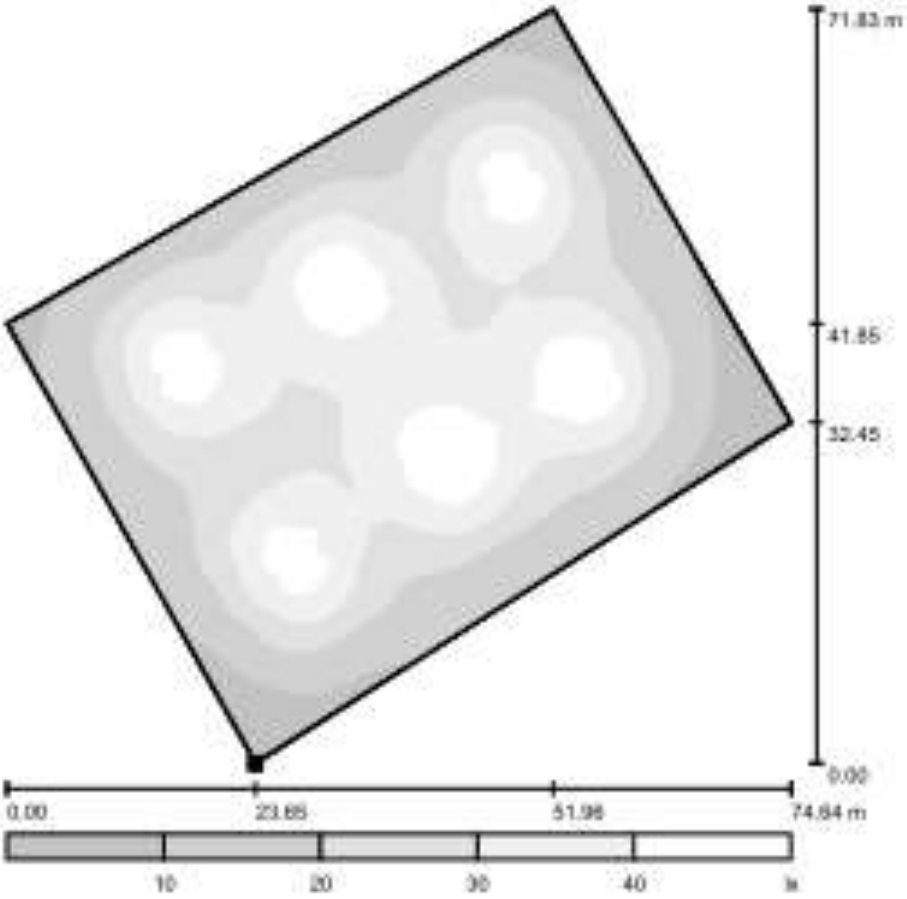
No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(313.649 m, 136.361 m, 0.000 m)

Trama: 128 x 128 Puntos

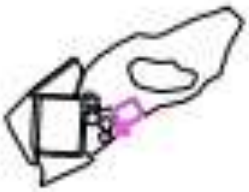
E_{m} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{m}	E_{min} / E_{max}
25	4.12	50	0.162	0.083

GAMA DE GRISES (E, PERPENDICULAR)



Escala 1 : 610

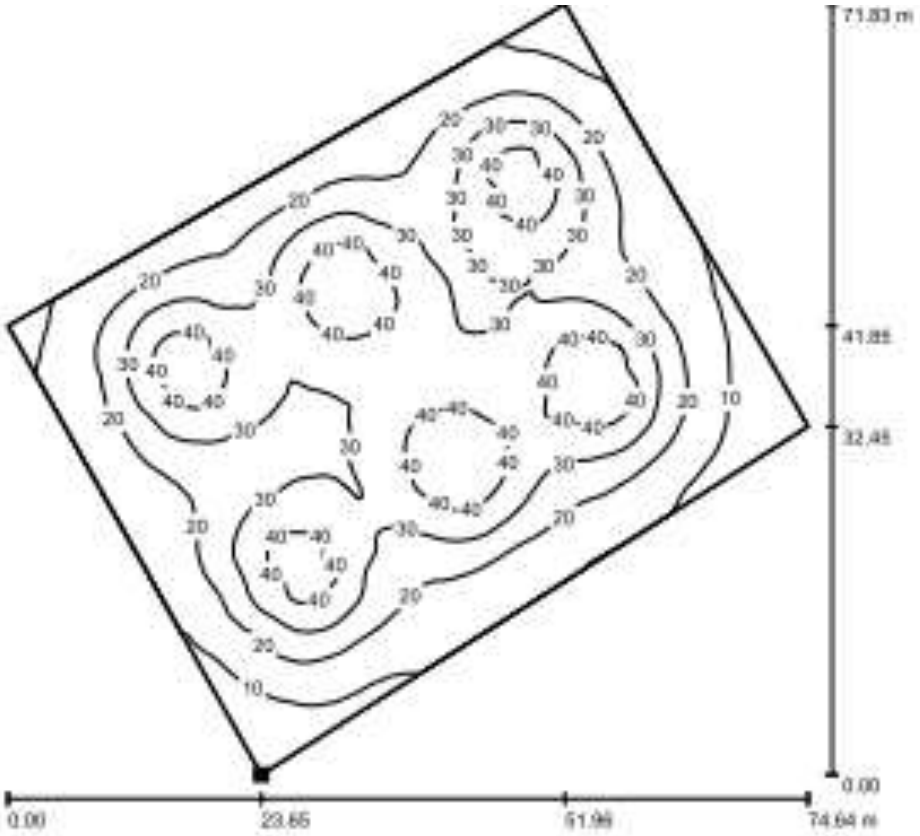
Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(313.649 m, 136.361 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_{ra} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
25	4.12	50	0.162	0.083

ISOLÍNEAS (E, PERPENDICULAR)



Valores en Lux, Escala 1 : 562

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(313.649 m, 136.361 m, 0.000 m)

Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
25	4.12	50	0.162	0.083

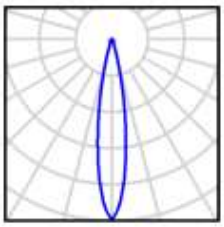
SECTOR 7

CABAÑA

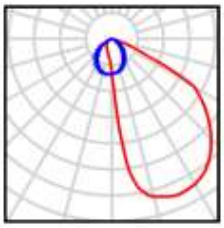
LUMINARIAS UTILIZADAS

Disano 1670 MASTERLED 3W 1670 Microfloor MASTERLED 3W -
N° de artículo: 1670 MASTERLED 3W
Flujo luminoso (Luminaria): 117 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 117 lm
Potencia de las luminarias: 3.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 96 100 100 99 106
Lámpara: 1 x Masterled3w (Factor de corrección 1.000).

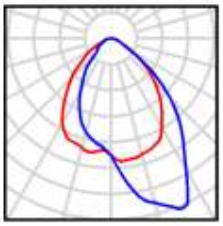
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



ERCO 33752000 Luminaria de orientación LED 1xLED 0.6W warm white
N° de artículo: 33752000
Flujo luminoso (Luminaria): 6 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16 lm
Potencia de las luminarias: 1.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 54 91 99 100 40
Lámpara: 1 x LED 0,6W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).



ARBOLES

LUMINARIAS UTILIZADAS

Philips DBP521 1xCDM-Tm20W EB A GC-AS (Tipo 1)
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 140 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 280 lm
Potencia de las luminarias: 23.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 67 92 98 100 50
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).