TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA A TRAVÉS DE TECNOLOGÍA L.E.D. Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA.

CASO DE ESTUDIO: EXTERIORES DE LOS EDIFICIOS DE LAS ESCUELAS DE INGENIERÍA QUÍMICA Y DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.

Presentando ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Bustamante L., Benjamín J.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA A TRAVÉS DE TECNOLOGÍA L.E.D. Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA.

CASO DE ESTUDIO: EXTERIORES DE LOS EDIFICIOS DE LAS ESCUELAS DE INGENIERÍA QUÍMICA Y DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Alexander Cepeda

Presentando ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Bustamante L., Benjamín J.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 07 de noviembre de 2012

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Benjamín J. Bustamante L., titulado:

"SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA A TRAVÉS DE TECNOLOGÍA L.E.D. Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA.
CASO DE ESTUDIO: EXTERIORES DE LOS EDIFICIOS DE LAS ESCUELAS DE INGENIERÍA QUÍMICA Y DE INGENIERÍA ELÉCTRICA"

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención Potencia, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Pedro Pinto
Jurado

Prof. Nerio Ojeda
Jurado

Prof. Alexander Cepeda
Prof. Guía

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, a mis padres Ana y Alberto, a mi esposa Wendy y a mi hijo Jesús.

Por ser lo más importante en mi vida.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

A mis padres por ser unas personas extraordinarias a los que admiraré toda mi vida por su fortaleza y constancia, además por sus palabras de aliento en los momentos oportunos de mi vida y porque todos mis triunfos son la materialización de sus buenos deseos, por apoyarme en toda mi carrera y aconsejarme sobre las lecciones de vida. A mis hermanos porque han compartido los momentos difíciles y felices de mi vida. A mi esposa por haberme acompañado en todos los momentos, por todo su apoyo incondicional, su paciencia y porque siempre contribuyó de manera muy importante a mis alegrías durante mi formación académica y por los maravillosos ocho años que llevo a su lado. A mis amigos (ustedes saben quienes son), que de alguna u otra manera me ayudaron y forman parte de este logro que es convertirme en ingeniero electricista.

A mi tutor Ing. Alexander Cepeda por haberme permitido formar parte de este proyecto, por sus invaluables consejos, por estar siempre dispuesto a ayudarme y por haberme enseñado a tener la excelencia como principio en el ejercicio profesional y a mí querida Universidad Central de Venezuela, por brindar a mí y a muchos profesionales del país la oportunidad de desarrollarnos sin pedirnos prácticamente nada a cambio que no sea esfuerzo y dedicación.

Bustamante L., Benjamín J.

SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA A TRAVÉS DE TECNOLOGÍA L.E.D. Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA.

CASO DE ESTUDIO: EXTERIORES DE LOS EDIFICIOS DE LAS ESCUELAS DE INGENIERÍA QUÍMICA Y DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.

Tutor Académico: Alexander Cepeda. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Potencia. Institución: U.C.V. 2012. (pág. 128 h. + anexos.)

Palabras Claves: Iluminación; Tecnología LED; DIALux; Sistemas Fotovoltaicos; Energías Alternativas; Diseño de sistemas fotovoltaicos autónomos; Demanda Eléctrica.

Resumen. La Ciudad Universitaria de Caracas, cuenta con bajos niveles de iluminación artificial en las áreas a cielo abierto, y en particular en las caminerías; además, el sistema de iluminación originalmente instalado en los corredores techados ha sido remplazado sin estudio. El presente trabajo sienta sus bases en la caracterización por simulación y medición del sistema actual de iluminación de la facultad de ingeniería específicamente en el corredor techado comprendido entre las Escuelas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Química y sus perímetros exteriores, también se plantea el diseño de un sistema de iluminación con base a tecnología HP-LED mediante el uso del software DIALux; con los resultados obtenidos se realizará un estudio comparativo entre la luminaria existente y la propuesta. Para el sistema planteado se proyecto el dimensionamiento de suministro de energía a través de un sistema fotovoltaico, estimando para ello el nivel de radiación solar promedio en las zonas de interés así como el consumo eléctrico diario debido a las cargas conectadas, luego del diseño se compilo la información necesaria para la realización de una estimación de costos de los equipos para la implementación del proyecto a futuro.

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN ..... **ii**
DEDICATORIA ..... **iii**
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS ..... **iv**
RESUMEN ..... **v**
ÍNDICE GENERAL ..... **vi**
ÍNDICE DE ECUACIONES ..... **x**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xi**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **xiii**
INTRODUCCIÓN **14**
CAPÍTULO I **16**
CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROYECTO **16**
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16
1.2. JUSTIFICACIÓN 17
1.3. OBJETIVO GENERAL 17
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 17
CAPÍTULO II **19**
MARCO TEÓRICO. **19**
2.1. La Luz. 19
2.2. Propiedades de la Luz. 20
2.3. Espectro Visible y Efecto Purkinje 21
2.4. Propiedades Cromáticas de la Luz 23
2.5. Conceptos de Iluminación. 25
2.5.1. Candela 26
2.5.2. Cuerpo Negro. 26
2.5.3. Curva de Distribución de Intensidad Luminosa. 26
2.5.4. Curvas Isocandelas. 26
2.5.5. Curvas Isolux. 27
2.5.6. Deslumbramiento o Encandilamiento. 27
2.5.7. Apantallamiento. 27
2.5.8. Eficacia luminosa. 28
2.5.9. Uniformidad media. 29
2.5.10. Uniformidad global. 29
2.5.11. Flujo luminoso. 29
2.5.12. Iluminación. 30
2.5.13. Iluminancia inicial. 30
2.5.14. Iluminación media 30
2.5.15. Lumen. 30
2.5.16. Luminancia 31
2.5.17. Luminaria. 31
2.5.18. Lux. 31

2.6. Luminarias. 32
2.6.1. Los espejos 32
2.6.2. La curva de distribución luminosa 34
2.6.3. Rendimiento de la luminaria. 36
2.6.4. Distribución luminosa 37
2.7. Programa DIALux 38
2.7.1. Datos de entrada. 41
2.7.2. Factor de Mantenimiento. 42
2.7.3. Factor de Utilización 43
2.8. La energía solar. 44
2.9. Celda solar. 45
2.9.1. Orígenes de las celdas solares. 45
2.9.2. Elaboración de las celdas solares. 46
2.9.3. Funcionamiento de las celdas solares 48
2.10. Sistemas de seguimiento solar. 50
2.10.1. Colocación sobre soporte estático. 51
2.10.2. Sistemas de seguimiento solar de 1 eje. 51
2.10.3. Sistemas de seguimiento solar de dos ejes. 52
2.11. Otros elementos asociados a los paneles solares fotovoltaicos. 53
2.11.1. Regulador. 53
2.11.2. Batería. 53
2.11.3. Inversores. 54
CAPÍTULO III 55
METODOLOGÍA DE DISEÑO 55
3.1. Sistema de Iluminación. 55
3.1.1. Fase 1. Recopilación Documental. 55
3.1.2. Fase 2. Levantamiento, Registro y Cuantificación de las Características Eléctricas y Lumínicas. 55
3.1.3. Fase 3. Modelación y Simulación de los Niveles de Iluminación. 56
3.2. Sistema Fotovoltaico. 57
3.2.1. Fase 1. Estimación del Nivel de Radiación Solar. 57
3.2.2. Fase 2. Estimación de la Carga. 57
3.2.3. Fase 3. Diseño del Generador Fotovoltaico 57
3.2.4. Fase 4. Determinación de la Capacidad Nominal de la Batería. 60
3.2.5. Fase 5. Elección del Controlador de Carga 61
3.2.6. Fase 6. Elección del Inversor 61
3.2.7. Fase 7. Cableado del Sistema. 62
3.2.8. Fase 8. Protección contra Sobrecorriente. 63
3.2.9. Fase 9. Instalación de Medios Desconexión. 63
3.2.10. Fase 10. Sistema de Cableado. 64
CAPÍTULO IV 65
RESULTADOS Y ANÁLISIS 65
4.1. Estado Actual del Sistema de Iluminación. 65
4.1.1. Pasillo de Ingeniería. 65
4.1.2. Escuela de Ingeniería Química 66

4.1.3. Escuela de Ingeniería Eléctrica. 66
4.2. Niveles de Iluminación Experimentales. 67
4.2.1. Pasillo de Ingeniería. 67
4.2.2. Exterior Escuela de Ingeniería Eléctrica. 69
4.2.3. Exterior Escuela de Ingeniería Química. 71
4.3. Estudio Comparativo de los Niveles de Iluminación. 73
4.3.1. Pasillo de Ingeniería. 73
4.3.2. Exterior Escuela de Ingeniería Eléctrica. 78
4.3.3. Exterior Escuela de Ingeniería Química. 85
4.4. Diseño del Sistema Fotovoltaico. 90
4.4.1. Pasillo de Ingeniería. 91
4.4.2. Exterior Escuela de Ingeniería Eléctrica 98
4.4.3. Exterior Escuela de Ingeniería Química. 106
4.5. Luminarias de tecnología HP-LED. 115
4.6. Estimación de Costo. 115
4.7. Determinación de Ahorro Energético 117
CONCLUSIONES 119
RECOMENDACIONES 121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 123
BIBLIOGRAFÍA 125
ANEXOS 249
ANEXO 1. Especificaciones Luminaria Philips Modelo TMS011
ANEXO 2. Especificaciones Luminaria Philips Modelo TL-D Su|per 80
ANEXO 3. Especificaciones Luminaria Obralux Modelo EX-08
ANEXO 4. Especificaciones Luminaria Osram Modelo HQI-T 400W N E40 FLH1
ANEXO 5. Especificaciones Luminaria Philips Modelo MWF330 HPI-T Plus 400W
ANEXO 6. Especificaciones Luxómetro Digital Hagner EC1
ANEXO 7. Especificaciones Luxómetro Digital Amprobe LM120
ANEXO 8. Especificaciones Luminaria Enesolar T8-LED-600mm
ANEXO 9. Protocolo de Medición Pasillo de Ingeniería
ANEXO 10. Protocolo de Medición Escuela de Ingeniería Eléctrica
ANEXO 11. Protocolo de Medición Escuela de Ingeniería Química
ANEXO 12. Características de Iluminación Vías Urbanas
ANEXO 13. Características de Iluminación Vías y Áreas Públicas de Circulación de Peatones
ANEXO 14. Características de Iluminación Vías y Áreas Públicas para Estacionamientos
ANEXO 15. Memoria de Cálculo para el Pasillo de Ingeniería Sistema Actual
ANEXO 16. Memoria de Cálculo para el Pasillo de Ingeniería Sistema Propuesto
ANEXO 17. Memoria de Cálculo para el Exterior de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Sistema Actual
ANEXO 18. Especificaciones Luminaria Philips IW Reach Powercore

ANEXO 19. Especificaciones Luminaria Philips Speedstar BGP321 GRN195-2S_740DM
ANEXO 20. Memoria de Cálculo para el Exterior de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Propuesto sin luminaria interna
ANEXO 21. Memoria de Cálculo para el Exterior de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Propuesto con luminaria interna
ANEXO 22. Memoria de Cálculo para el Exterior de la Escuela de Ingeniería Química Sistema Actual
ANEXO 23. Memoria de Cálculo para el Exterior de la Escuela de Ingeniería Química Sistema Propuesto
ANEXO 24. Datos Meteorológicos de la Ciudad Universitaria de Caracas
ANEXO 25. Especificaciones Inversor Xantrex PROsine 1000
ANEXO 26. Especificaciones de los Paneles Yake Solar
ANEXO 27. Especificaciones de las Batería Duncan SP-200-12
ANEXO 28. Especificaciones de los Reguladores Flexmax FM-60 y FM-80
ANEXO 29. Especificaciones Inversor Falcon AC-1500W-24V
ANEXO 30. Plano del Pasillo de Ingeniería
ANEXO 31. Plano de Exteriores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica
ANEXO 32. Plano de Exteriores de la Escuela de Ingeniería Química

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. Eficacia Luminosa. 28
ECUACIÓN 2. Uniformidad Media 29
ECUACIÓN 3. Uniformidad Global 29
ECUACIÓN 4. Iluminancia Media 30
ECUACIÓN 5. Luminancia 31
ECUACIÓN 6. Tamaño de la Cuadricula 38
ECUACIÓN 7. Índice del Local 42
ECUACIÓN 8. Demanda de Energía diaria 57
ECUACIÓN 9. Estimación de la Potencia Nominal del Generador 58
ECUACIÓN 10. Número de Paneles en Serie 59
ECUACIÓN 11. Número de Ramas de Paneles en Paralelo 59
ECUACIÓN 12. Capacidad Nominal de la Batería 61
ECUACIÓN 13. Corriente Máxima del Controlador 61
ECUACIÓN 14. Potencia de Salida del Inversor 62

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Espectro Electromagnético 19
FIGURA 2. Diferentes tipos de modificación de la Luz 21
FIGURA 3. Espectro Visible 21
FIGURA 4. Curva vλ y Efecto Purkinje 23
FIGURA 5. Temperatura de Color 24
FIGURA 6. Reflector especular 33
FIGURA 7. Reflector dispersor 33
FIGURA 8. Reflector elíptico 33
FIGURA 9. Reflector parabólico 34
FIGURA 10. Reflector asimétrico 34
FIGURA 11. Curva de distribución luminosa 35
FIGURA 12. Curva de distribución luminosa con simetría 36
FIGURA 13. Ajuste de Tramas en DIALux 40
FIGURA 14. Dimensiones del Local 41
FIGURA 15. Unión p – n 48
FIGURA 16. Composición de una celda solar 49
FIGURA 17. Efecto fotovoltaico en una célula solar 49
FIGURA 18. Mecanismo de seguimiento 51
FIGURA 19. Ubicación y Dirección del Panel. 60
FIGURA 20. Ubicación área experimental Pasillo de Ingeniería. 68
FIGURA 21. Ubicación área experimental exterior EIE 70
FIGURA 22. Ubicación área experimental exterior EIQ 72
FIGURA 23. Ubicación de las Luminarias en el pasillo de Ingeniería 74
FIGURA 24. Ubicación de las Luminarias operativas. 74
FIGURA 25. Superficie de cálculo del área de interés Pasillo de Ingeniería. 75
FIGURA 26. Colores Falsos del Pasillo de Ingeniería Sistema Actual. 76
FIGURA 27. Colores Falsos del Pasillo de Ingeniería Sistema Propuesto. 77
FIGURA 28. Ubicación de las Luminarias en la EIE Sistema Actual. 78
FIGURA 29. Superficie de cálculo del área de interés EIE. 79
FIGURA 30. Colores Falsos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Sistema Actual. 80
FIGURA 31. Ubicación de las Luminarias en la EIE Sistema Propuesto sin la Luminaria de Interiores. 81
FIGURA 32. Ubicación de las Luminarias en la EIE Sistema Propuesto con la luminaria de interiores 83
FIGURA 33. Colores Falsos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Sistema Propuesto. 84
FIGURA 34. Ubicación de las Luminarias en la EIQ Sistema Actual. 85
FIGURA 35. Superficie de cálculo del área de interés EIQ. 86

FIGURA 36. Colores Falsos de la Escuela de Ingeniería Química Sistema Propuesto. 87
FIGURA 37. Ubicación de las Luminarias en la EIQ Diseño Original. 88
FIGURA 38. Ubicación de las Luminarias en la EIQ Sistema Propuesto. 89
FIGURA 39. Colores Falsos de la Escuela de Ingeniería Química Sistema Propuesto. 90

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Índice de Rendimiento Cromático de acuerdo al tipo de Luz Artificial 25
TABLA 2. Características Fotométricas de Lámparas Convencionales 28
TABLA 3. Factores de reflexión de distintos colores y materiales para luz blanca 44
TABLA 4. Valores Experimentales de Iluminancias en el Pasillo de Ingeniería. 68
TABLA 5. Valores Experimentales de Iluminancias exterior EIE 70
TABLA 6. Valores Experimentales de Iluminancias exterior EIQ..... 72
TABLA 7. Valores de Iluminancias en el Pasillo de Ingeniería Sistema Actual.. 75
TABLA 8. Valores de Iluminancias Pasillo de Ingeniería Sistema Propuesto 77
TABLA 9. Valores de Iluminancias en la EIE Sistema Actual 79
TABLA 10. Valores de Iluminancias en la EIE Sistema Propuesto. 82
TABLA 11. Valores de Iluminancias en la EIE Sistema Propuesto con la luminaria de interiores..... 84
TABLA 12. Valores de Iluminancias en la EIQ Sistema Actual. 86
TABLA 13. Valores de Iluminancias en la EIQ Sistema Propuesto..... 89
TABLA 14. Estimación de Costos por Equipos. 117
TABLA 15. Consumo del Sistema de Iluminación Actual y Propuesto..... 118

INTRODUCCIÓN

Históricamente, el desarrollo de la sociedad humana se ha basado en el aprovechamiento de fuentes energéticas tradicionales: carbón, petróleo y gas natural. Producto de su uso indiscriminado se ha generado un deterioro ambiental en todos los ámbitos que puede llegar a niveles insostenibles si no se toman correctivos oportunos. Evidencias palpables de la degradación del ecosistema mundial son: el calentamiento global, la disminución de la capa de ozono y la lluvia ácida, por lo que la necesidad de utilizar en primer término sistemas más eficientes de aprovechamiento de la energía y en segundo término desarrollar otras fuentes energéticas que remplacen los combustibles fósiles, es cada vez más apremiante. En el área de iluminación de espacios a cielo abierto, la utilización de Diodos Emisores de Luz de Alta Potencia (High Power Light Emisor Diode ó HP-LED) garantiza más y mejores espacios exteriores iluminados artificialmente, con larga vida útil (>50000 h) y con mínima reflactancia. Adicionalmente, la combinación de iluminación a base de HP-LED alimentados con fuentes alternas de energía, como por ejemplo sistemas fotovoltaicos, contribuyen a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en lugares donde los niveles de radiación solar y las restricciones patrimoniales para el suministro de energía eléctrica marcan limitaciones y oportunidades, respectivamente.

La Ciudad Universitaria de Caracas, cuenta con bajos niveles de iluminación artificial en las áreas a cielo abierto, y en particular en las caminerías y áreas verdes; además, el sistema de iluminación originalmente instalado en los corredores peatonales techados (pasillos) ha sido remplazado sin estudio. En la actualidad, en su condición de Patrimonio Mundial de la Humanidad desde el 2002, la mayoría de los pasillos cubiertos de la CUC tienen alumbrado artificial a base de lámparas de descarga del tipo fluorescentes, en contraposición del concepto original conformado predominantemente por puntos de luz embutidos en techo; las caminerías, a cielo

abierto, alrededor de los perímetros de las edificaciones poseen en menor grado alumbrado del tipo vapor de sodio de baja presión o de haluros metálicos, a través de luminarias tipo látigo simple, y en otros casos, tipo reflector, ambos sobre las planta techo de las edificaciones y todas alimentadas eléctricamente desde los sistemas de suministro convencional, a través de sub-tablero alimentados por la red eléctrica de las edificaciones adyacentes. Este tipo de tecnología es poco eficiente (no mayor a 160 lm/Watt) y requiere altos niveles de mantenimiento (menor a 8000 horas/lámpara), aunado al deterioro progresivo de los sistemas eléctricos por obsolescencia, bajo mantenimiento y restricciones de intervención desde la inscripción (2002) de la CUC en la lista UNESCO de Patrimonios Mundiales de la Humanidad que imponen que la actualización a nuevos sistemas debe realizarse de forma estructurada, reversible y con la mejor tecnología disponible.

Así mismo, normativas nacionales como lo previsto en el decreto Ley N° 6.992, publicado, el 3-11-2009, en la gaceta oficial N° 372.680, imponen a las instituciones públicas al uso eficiente de la energía y en particular a la reducción de sus consumos eléctricos en al menos 20%, lo que impone cambios en la infraestructura eléctrica existente.

CAPÍTULO I

CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo tecnológico ha experimentado un fuerte crecimiento en todo el mundo con el objetivo fundamental de incrementar la penetración de la electricidad solar y reducir a la vez las emisiones de gases de efecto invernadero; además de hacer un uso eficiente de la energía.

El manejo eficiente de la energía representa simplemente, anticiparse a la posibilidad de reducir el consumo. Significa un replanteamiento de conciencia y voluntad en el rol que se debe desempeñar para lograr una contribución en la supervivencia y prosperidad de la Sociedad, de las Instituciones y de las Empresas, tomando como inicio el respeto por la vida, los recursos y el entorno.

Por todo lo antes expuesto se propone el presente Trabajo Especial de Grado que plantea la necesidad de estudiar y proyectar un sistema de alumbrado, basado en HP-LED, alimentado por un Sistema Foto-Voltaico, a fin de contribuir con la valoración de métodos de implantación de Alumbrados Públicos no convencionales así como también; cambios en la infraestructura eléctrica existente, alimentados desde un sistema energético tradicional a uno considerado renovable o limpio, este estudio se desarrollará en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad Venezuela presenta deficiencias en la generación de energía eléctrica a través de los métodos convencionales debido al gran consumo que se ha manifestado durante los últimos años, por el incremento de la población y el derrochamiento de la misma, debido a esto y otras razones se está estudiando la posibilidad de utilizar sistemas de iluminación más eficientes alimentados por energías alternativas con el uso de la tecnología (HP-LED) para contribuir con la reducción del consumo; además de esto, la FIUCV presenta bajos niveles de iluminación en las diversas áreas que la componen y con la puesta en marcha de esta iniciativa se contribuye con las regulaciones impuestas por el ejecutivo nacional, mejorando el sistema de iluminación existente brindando mayor confort y confianza a la comunidad universitaria.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Proyectar un Sistema de Iluminación de espacios exteriores (áreas verdes y corredores techados) de la Facultad de Ingeniería a través de tecnología HP-LED alimentadas por fuentes alternas de energía.

Caso de estudio: Pasillo de Ingeniería y Perímetro Exterior de los edificios de las Escuelas de Ingeniería Química y de Ingeniería Eléctrica).

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de la instalaciones eléctricas asociadas al Alumbrado, su estado de deterioro y establecer que equipos se pueden reutilizar para un nuevo sistema de tecnología HP-LED
- Realizar un estudio comparativo, por simulación a través del software DIALUX, entre el sistema de alumbrado actual y un sistema basado en

tecnología HP-LED, en los mismos puntos del alumbrado existentes y proponer, en caso necesario, la reubicación de los puntos de iluminación para optimizar los niveles de iluminación.

- Especificar las características de las luminarias de tecnología HP-LED y proyectar la adecuación del sistema eléctrico existente para su alimentación óptima.
- Proyectar un sistema foto-voltaico para la implementación del sistema de energía eléctrica, alterno al existente, tomando como base los equipos existentes en la Escuela de Ingeniería Eléctrica "Melchor Centeno V" (EIE).
- Comparar experimentalmente los niveles de iluminación de una luminaria con tecnología HP-LED versus una luminaria convencional, ambos dispuestas sobre un punto de alumbrado existente en la planta techo de la EIE, alimentadas con la fuente convencional y con la fuente no convencional, respectivamente.
- Determinar el costo de implantación del sistema de alumbrado propuesto, estimar los ahorros energéticos y financieros asociados a la propuesta de iluminación y de suministro de energía.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

2.1. La Luz.

La luz es una forma de energía radiante a la cual el ojo es sensible. La luz que podemos ver es una pequeña porción del amplio sistema de energía oscilante, que incluye los rayos X, la luz ultravioleta UV, la infrarroja, las microondas y las ondas de radio, todas ellas conocidas como el espectro electromagnético. [1]

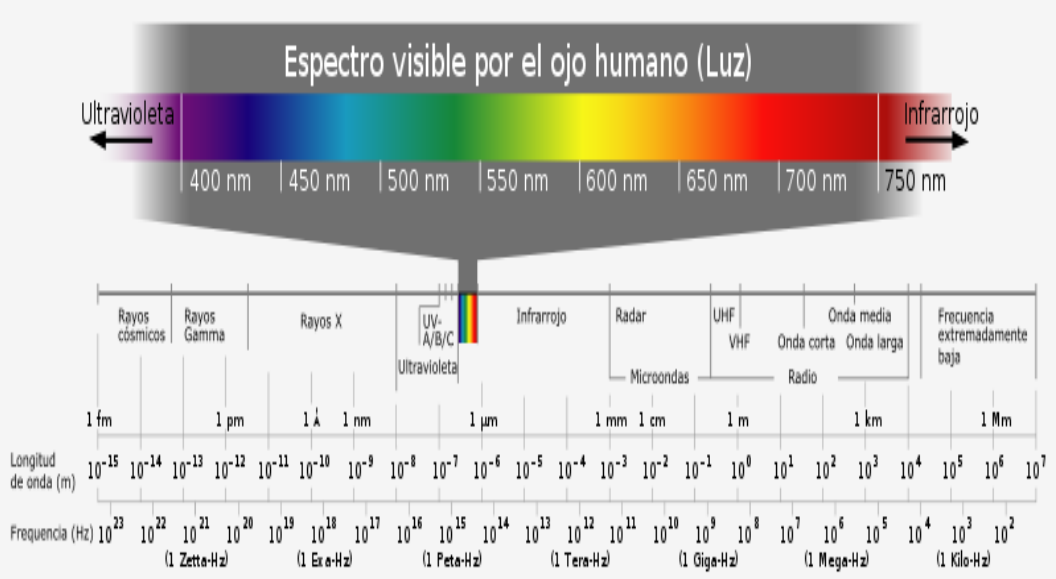


FIGURA 1. Espectro Electromagnético

La manera en la que percibimos la apariencia de los objetos depende de cómo estos reflejan la luz y de cómo están iluminados. Un objeto que parece rojo a nuestra vista se ve de tal color porque refleja la porción roja de las ondas del espectro y absorbe todas las demás. [1]

La separación de los componentes de la luz según rango de longitud de onda es lo que se conoce como “Espectro”. Si se hace pasar la luz por un prisma de vidrio transparente, produce un espectro formado por los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. Este fenómeno es causado por las diferencias de sus longitudes de onda. El rojo es la longitud del onda más larga y el violeta la más corta. El ojo humano percibe estas diferentes longitudes de onda como Colores. [1]

2.2. Propiedades de la Luz.

Cuando un rayo de luz encuentra un obstáculo en su camino choca contra la superficie de éste y una parte es reflejada. Si el cuerpo es opaco, el resto de la luz será absorbida y la otra atravesará el cuerpo, transmitiéndose. De esta forma se tiene cuatro fenómenos diferentes:

- **Reflexión:** Se produce cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios diferentes, ya sean gases, líquidos o sólidos. La componente de luz reflejada por dicho objeto es la que el ojo percibe como color. [1]

- **Refracción:** Ocurre cuando la luz es desviada de su trayectoria al atravesar la superficie de separación entre dos medios diferentes. [1]

- **Transmisión:** Es el fenómeno que se da cuando la luz cambia de dirección al atravesar un medio sólido, líquido o gaseoso y luego vuele a cambiar al salir de éste. [1]

- **Absorción:** Sucede cuando la luz blanca choca con un objeto, al igual que en el proceso de reflexión, mientras el resto de los componentes de la luz son absorbidos. De esta manera, si el objeto refleja todos los componentes de la luz veremos a dicho objeto blanco. De lo contrario, si los absorbe todos lo veremos negro. [1]

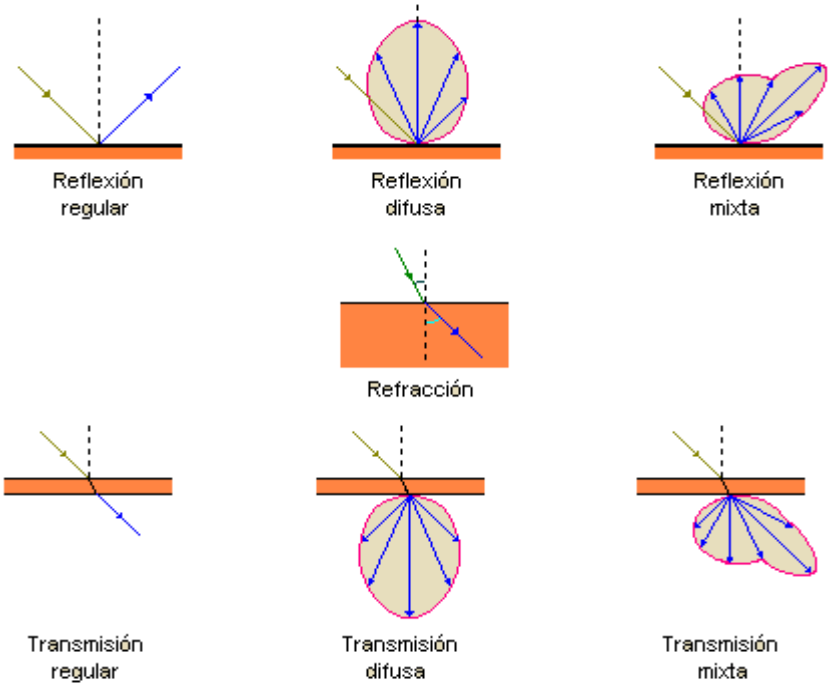


FIGURA 2. Diferentes tipos de modificación de la Luz

2.3. Espectro Visible y Efecto Purkinje.

El espectro visible para el ojo humano es aquel que va desde los 380 ηm de longitud de onda para el color violeta hasta los 780 ηm para el color rojo. Fuera de estos límites, el ojo no percibe ninguna clase de radiación.

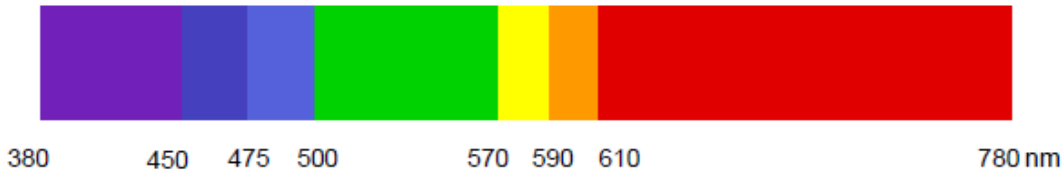


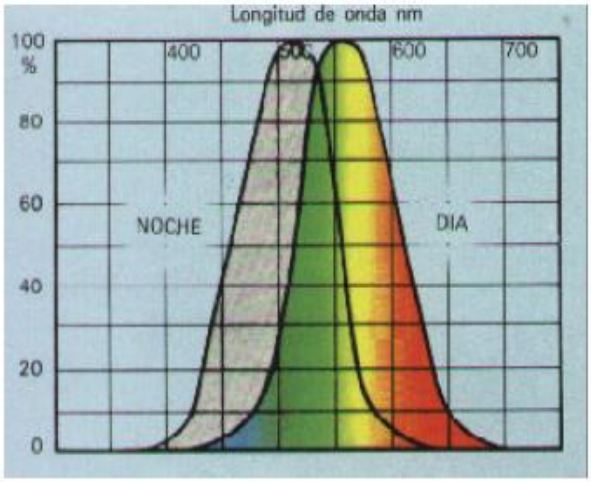
FIGURA 3. Espectro Visible

La sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda, suponiendo todas las radiaciones luminosas de igual energía, se representa mediante una curva denominada “curva de sensibilidad del ojo” ó “curva vλ”. [2]

El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 555 ηm que corresponde al color amarillo verdoso y la mínima a los colores rojo y violeta. Esta situación es la que se presenta a la luz del día ó con buena iluminación y se denomina "visión fotópica" (actúan ambos sensores de la retina: los conos, fundamentalmente sensibles al color y los bastoncillos, sensibles a la luz). En el crepúsculo y la noche, ("visión escotópica") se produce el denominado Efecto Purkinje, que consiste en el desplazamiento de la curva νλ hacia las longitudes de onda más bajas, quedando la sensibilidad máxima en la longitud de onda de 507 ηm. Esto significa que, aunque no hay visión de color, (no trabajan los conos) el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul del espectro y casi ciego al rojo; es decir que, durante el Efecto Purkinje, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá mucho más brillante que el rojo. [2]

El efecto Purkinje data del siglo XIX cuando el investigador Johanes Purkinje, se dio cuenta que si uno mira por un buen rato el paisaje nocturno bañado por la luz de la Luna llena de a poco éste se va poniendo azul. Este efecto recibe el nombre de "desplazamiento Purkinje" o "desplazamiento azul" y se puede apreciar con bastante nitidez en zonas oscuras que se encuentren alejadas de las grandes e iluminadas ciudades. La respuesta fisiológica de este efecto podría estar en la distribución y características de los "conos" y "bastones" existentes en la retina de nuestros ojos. Los conos nos permiten ver los colores y los finos detalles, pero funcionan sólo con una alta intensidad luminosa. Sin embargo, a medida que el Sol se oculta y comienza a transitar por los "tres tipos de crepúsculo", de a poco los bastones comienzan a activarse permitiéndonos alcanzar un nivel aceptable de visión nocturna. Los bastones son mil veces más sensibles que los conos aunque no son capaces de percibir los colores; y esto explicaría en parte del porqué vemos "todo gris" bajo la luz de la Luna llena. Pese a lo anterior, la explicación fisiológica del "desplazamiento azul" sería que la luz de la Luna llena excita de tal manera a los bastones hasta el punto que ellos son capaces de interaccionar con los conos sólo en el rango azul del espectro.

visión escotópica



visión fotópica

FIGURA 4. Curva vλ y Efecto Purkinje

2.4. Propiedades Cromáticas de la Luz

Las propiedades de una fuente de luz, a los efectos de la reproducción de los colores, se valorizan mediante el Índice de Reproducción Cromática (IRC) ó CRI (Color Rendering Index). Este factor se determina comparando el aspecto cromático que presentan los objetos iluminados por una fuente dada respecto al que presentan iluminados por una luz de referencia.

Generalmente se usan dos sistemas para medir las propiedades cromáticas de una fuente lumínica. Uno de ellos es la temperatura de color, la cual indica la apariencia cromática de la luz y cuyos resultados son cuantitativos en términos de cantidad de violeta o rojo. El otro es el índice de rendimiento del color, el cual indica la apariencia de un objeto que está siendo iluminado, en términos cualitativos de reproducción del color. [1]

- **Temperatura de Color:** La temperatura de color (Tc) de una fuente lumínica es medida por su apariencia cromática y está basada en el principio según el cual, todos los objetos cuando aumentan su temperatura, emiten luz. El color

de esa luz cambia dependiendo del incremento de la temperatura, expresada en Kelvin (K).

Cuando un metal es calentado, pasa por una gama de colores que van desde el rojo al azul, pasando por el rojo claro, naranja, amarillo, blanco y blanco azulado. A los efectos de la temperatura de color, se habla de un radiante teórico perfecto denominado cuerpo negro de Planck. El cero de la escala Kelvin equivale a -273 °C, lo que significa que exceden a la escala centígrada en 273 °C. Así por ejemplo, una lámpara de 6500 K equivale al color que toma el cuerpo negro cuando es calentado a una temperatura de 6500 - 273 = 6227 °C.

Cuando en una fuente de luz predomina el rojo, se dice que es una luz cálida, por el contrario si predomina el azul se dice que es fría. En la práctica, para conseguir un ambiente agradable a la vista, las fuentes frías requieren niveles de iluminación mayores que las fuentes cálidas. Las lámparas utilizadas normalmente se dividen en tres grupos de temperaturas de color:

- Blanco cálido (ww). Temperatura de color inferior a 3300 K
- Blanco neutro (nw). Entre 3300 y 5000 K
- Luz día (tw). Superior a 5000 K

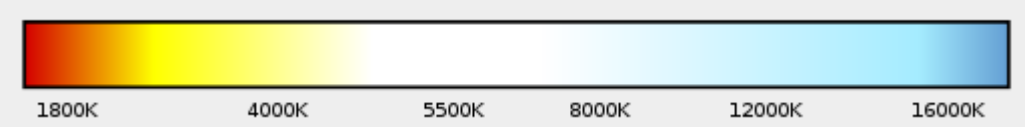


FIGURA 5. Temperatura de Color

- **Índice de reproducción cromática (IRC ó Ra)**

Dependiendo del lugar de aplicación y de la tarea visual a realizar, la luz artificial debe procurar una percepción del color adecuada. La capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores se mide con el índice de reproducción cromática Ra. El concepto de la reproducción cromática de una fuente luminosa se define por el aspecto de los colores de los objetos iluminados en comparación con el aspecto que ofrecen bajo una luz de referencia (en principio, la luz natural o luz de espectro continuo). El valor Ra se determina iluminando un conjunto de ocho colores de muestra establecidos por la norma DIN 6169-1 [3], con la luz de referencia y con la luz que se analiza, valorando de 0 a 100 la reproducción cromática de cada muestra. Haciendo la media de los índices de los ocho colores se obtiene el índice Ra. Para Ra=100, los colores obtenidos con la fuente de luz son idénticos a los producidos por la fuente de referencia.

TABLA 1. Índice de Rendimiento Cromático de acuerdo al tipo de Luz Artificial

Fuente de Luz Artificial	Índice de Rendimiento Cromático (IRC – Ra)
Lámpara Incandescente	100 (valor de referencia)
Lámpara Luz Mixta	60
Lámpara Vapor de Mercurio	45 – 60
Lámpara Haluros Metálicos	60 – 97
Lámpara Sodio Alta Presión	21 – 25
Lámpara Sodio Baja Presión	Nulo (monocromático)
Lámpara Fluorescentes	65 – 97

2.5. Conceptos de Iluminación.

Como es habitual en todas las disciplinas técnicas y científicas, la tecnología de la iluminación también tiene una terminología propia. Términos especiales, conceptos específicos y unidades de medida se utilizan para definir las características

de las lámparas y de las luminarias. A continuación se presentan los más representativos a utilizar para efecto de este trabajo.

2.5.1. Candela.

Es la unidad internacional (S.I) normalizada de la intensidad luminosa y representa la intensidad producida por una superficie de 1/600.000 m^2 de un cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino a una presión de 101,35 newton/m^2, en la dirección normal a dicha superficie. [4]

Unidad: Cd ó Lm/sr

2.5.2. Cuerpo Negro.

a) Es el radiador térmico que absorbe completamente sin distinción de longitudes de ondas, dirección o polarización, todas las radiaciones incidentes sobre el mismo. [4]
b) Es el radiador térmico que para una determinada temperatura, tiene la máxima densidad espectral de excitancia radiante para cualquier valor de longitud de onda. [4]

2.5.3. Curva de Distribución de Intensidad Luminosa.

Es la curva generalmente en coordenadas polares, que representa la distribución de los valores de la intensidad luminosa de una fuente, en un plano que pasa por el centro de la luz, en función del ángulo que forma el vector representativo de la intensidad luminosa con una dirección determinada en el plano. [4]

2.5.4. Curvas Isocandelas.

Son las curvas representan las direcciones en las cuales la intensidad luminosa es constante. Ordinariamente estas curvas se indican mediante una representación plana de una esfera imaginaria, en cuyo centro se sitúa el punto de luz y sobre cuya superficie se han trazado las curvas isocandelas, en función de sus ángulos verticales y horizontales. [4]

2.5.5. Curvas Isolux.

Son las curvas que representan el lugar geométrico de todos los puntos de una superficie iluminada por una fuente luminosa situada a una determinada altura de montaje, en los cuales el valor de la iluminancia es el mismo. Generalmente las coordenadas de los puntos se expresan en un sistema de ejes rectangulares. Con la altura de montaje como unidad de longitud. [4]

2.5.6. Deslumbramiento o Encandilamiento.

Es el estado de la visión en el cual se siente incomodidad, reducción de la capacidad de percibir objetos visualmente (confiabilidad visual) o ambas cosas a la vez, debido a una distribución inadecuada de las luminarias de las fuentes o al contraste de luminancias en el campo de visión, entre valores extremos o excesivos en el espacio y en el tiempo.

Se denomina deslumbramiento fisiológico o perturbador (Disability Glase) al que produce una disminución en la capacidad de visión y deslumbramiento psicológico o molesto (Disconfort Glare) al que reduce la comodidad visual. [4]

2.5.7. Apantallamiento.

Es la técnica usada para ocultar de la visión directa por parte de un observador las fuentes de luz y otras superficies de alta luminancia en el interior de una luminaria, con el fin de evitar o reducir el encandilamiento o deslumbramiento. [4]

2.5.8. Eficacia luminosa.

Es la relación entre el flujo total emitido y la potencia total absorbida. La eficacia de una lámpara se determina mediante ecuación. [4]

$$\eta_L = F/P$$

ECUACIÓN 1. Eficacia Luminosa.

Donde:

η_L : Eficiencia luminosa [lm/W]

F : Flujo lumínico [lm]

P : Potencia [W]

TABLA 2. Características Fotométricas de Lámparas Convencionales [5]

Lámpara	Temperatura de Color (K)	Eficiencia (lm/W)
Incandescente convencional	2700	15
Incandescente halógena lineal	2950	18
Incandescente halógena reflectora	2850	15
Incandescente halógena de baja tensión	3000 - 3200	18
Fluorescente lineal T5 alta frecuencia	3000 - 4100	104
Fluorescente lineal T8 alta frecuencia	3000 - 4100	75
Fluorescente compacta	2700 - 4000	80
Fluorescente compacta doble	2700 - 4100	70
Vapor de Mercurio	6500	50
Mercurio halogenado (baja potencia)	3200	80

Mercurio halogenado (alta potencia)	4000	85
Sodio de alta presión (baja potencia)	2100	90
Sodio de alta presión (alta potencia)	2100	104

2.5.9. Uniformidad media.

Es la relación entre los valores de la iluminancia mínima y la media en una superficie. [6]

$$U_1 = E_{\min} / E_{med}$$

ECUACIÓN 2. Uniformidad Media

Donde:

U_1: Uniformidad media

$E_{\min}$: Iluminancia mínima [lm]

E_{med}: Iluminancia media [lm]

2.5.10. Uniformidad global.

Es la relación entre la iluminancia mínima y la máxima en la calzada, denominándose uniformidad global ó uniformidad general. [6]

$$U_2 = E_{\min} / E_{\max}$$

ECUACIÓN 3. Uniformidad Global

Donde:

U_1: Uniformidad global

$E_{\max}$: Iluminancia máxima [lm]

2.5.11. Flujo luminoso.

Es la potencia radiante evaluada según su acción sobre un receptor selectivo, cuya sensibilidad espectral está definida por las eficiencias luminosas espectrales normalizadas (curva de sensibilidad normalizada del ojo humano). [4]

Símbolo: ϕ
Unidad: lumen [lm]

2.5.12. Iluminación.

Es la aplicación de la radiación visible a un objeto. [4]

2.5.13. Iluminancia inicial.

Es la iluminancia medida en condiciones normales de operación y con los equipos e instalaciones limpias y nuevas. [4]

2.5.14. Iluminación media.

Es el promedio ponderado en el área de una superficie, de los valores de la iluminancia en cada uno de sus puntos. [4]

$$E_{med} = \int \frac{E}{A}.dA$$

ECUACIÓN 4. Iluminancia Media

Donde:

E_{med} : Iluminancia media [lm]

E : Iluminancia [lm/m^2]

A : Área [m^2]

2.5.15. Lumen.

Es el flujo luminoso emitido por una fuente puntiforme de intensidad igual a una candela, contenido en un ángulo sólido de un esteroradian. [4]

Símbolo: lm

$$lumen = \frac{cd}{sr}$$ (Unidad internacional normalizada de flujo luminoso)

2.5.16. Luminancia.

Es el cociente entre el flujo luminoso útil que llega a un elemento de superficie y el área de dicho elemento (Densidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie) [4]

$$L = \frac{dF}{dA}$$

ECUACIÓN 5. Luminancia

Donde:

L : Luminancia [cd/m^2]

F : Flujo luminoso

A : Área

2.5.17. Luminaria.

Es el artefacto o aparato que sirve para distribuir, filtrar o transformar la luz producida por una o varias lámparas en su interior y que comprende todas las partes necesarias para fijar, proteger y conectar al circuito de alimentación de dichas lámparas. [4]

2.5.18. Lux.

Es la iluminancia producida por un flujo luminoso de un lumen, uniforme distribuido sobre una superficie de un metro cuadrado. [4]

$$Lux = \frac{lumen}{m^2} \text{ (Unidad internacional normalizada de flujo luminoso)}$$

2.6. Luminarias.

La óptica de las luminarias es el elemento que define el tipo de emisión luminosa que tendrá esta. Las ópticas tienen un componente básico que es el espejo o reflector. Este será el encargado de "modelar" la distribución luminosa de cada luminaria.

2.6.1. Los espejos

El material por excelencia para la construcción de los espejos es el aluminio en sus versiones básicas de brillante ó semi-mate. El aluminio brillante pulido a espejo, liso y anodizado, es el material indicado para todas aquellas ópticas en las que la precisión en el direccionamiento de los haces de luz sea fundamental. Cuando lo que se busca es que la luminaria tenga una emisión de luz del tipo dispersora, el espejo que se utiliza generalmente es del mismo material pero "gofrado" (efecto de martillado del aluminio). [2]

Reflector especular

Su superficie lisa y de alto poder reflectante permite una gran precisión en el direccionamiento de los haces pudiéndose lograr así luminarias de muy alto rendimiento. [2]

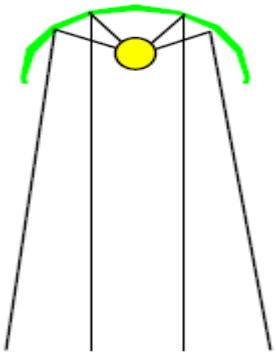


FIGURA 6. Reflector especular

Reflector dispersor

Con aluminio de superficie "gofrada" y de alto poder reflectante se pueden logar excelentes espejos destinados a distribuciones de luz más abiertas. [2]

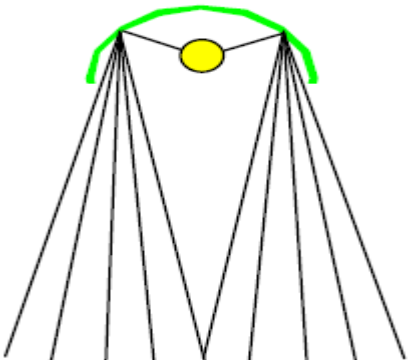


FIGURA 7. Reflector dispersor

Los espejos pueden clasificarse por su forma en tres grandes grupos: circulares, parabólicos y elípticos. Existen otras formas y también combinaciones entre algunas de las anteriores (circular con parabólico, asimétricos, etc.). Aunque sin duda los más populares son los reflectores parabólicos, elípticos y asimétricos. [2]

Reflector elíptico

Típico perfil del espejo de las luminarias destinadas a iluminar los puestos de trabajo con pantallas de video. El desarrollo de este reflector evita que las altas intensidades se extiendan por encima de un determinado ángulo (generalmente 65°) reflejándose en los monitores. [2]

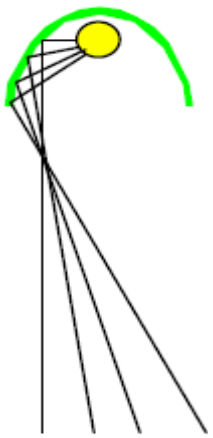


FIGURA 8. Reflector elíptico

Reflector parabólico

Muestra la tradicional concentración de haces paralelos producidos cuando una fuente puntual se encuentra en el centro del foco.

La intensidad será mayor en el centro del haz. Con este perfil se logran proyectores de gran rendimiento. [2]

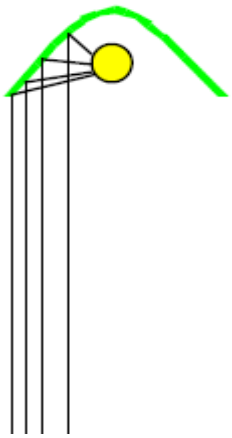


FIGURA 9. Reflector parabólico

Reflector asimétrico

Estos reflectores tienen la propiedad de dirigir los haces de luz hacia una sola mitad del hemisferio inferior.

Se les utiliza fundamentalmente en todos aquellos casos donde se deseé iluminar intensamente una superficie vertical. [2]

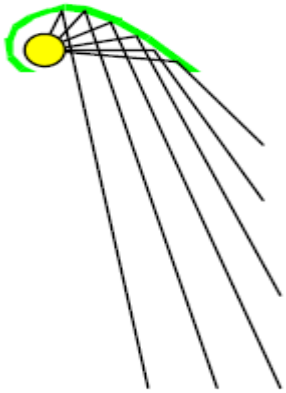


FIGURA 10. Reflector asimétrico

2.6.2. La curva de distribución luminosa

La curva de distribución luminosa es el resultado de tomar medidas de intensidad luminosa en diversos ángulos alrededor de una luminaria y transcribirlas en forma gráfica, generalmente en coordenadas polares. La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección (a mayor distancia mayor intensidad). Estas mediciones se efectúan en distintos planos verticales de la luminaria, ya que la emisión de luz podrá diferir de uno a otro plano según el tipo de lámpara y de difusor (louver). [2]

En general, la curva de distribución luminosa polar de una luminaria se representa mostrando dos de sus planos verticales; el transversal y el longitudinal (0º y 90º). Cuando la representación es en color, generalmente el plano transversal es rojo y el longitudinal azul o negro. Cuando se presenta en blanco y negro, el transversal es en trazo lleno y el longitudinal en punteado. [2]

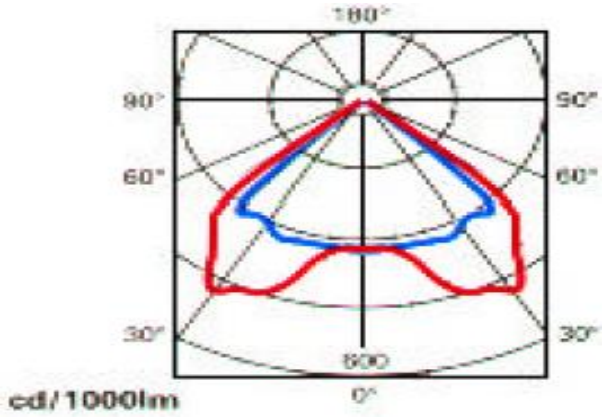


FIGURA 11. Curva de distribución luminosa

Una vez conformada la curva de distribución luminosa, esta dará lugar a todo el resto de la información fotométrica suministrada por el laboratorio de luminotecnia encargado del estudio (rendimiento de la luminaria, coeficiente de utilización, gráfico de luminancias, curvas isolux, etc.) [2]

En los casos en los que la distribución luminosa de una luminaria tiene el mismo comportamiento en todos sus planos verticales, la curva polar se representa mediante un solo trazo generalmente de color rojo o bien en negro de trazo lleno. Este es el caso de las luminarias de distribución luminosa con simetría alrededor de su eje vertical, conocidas como “sólido fotométrico”. [2]

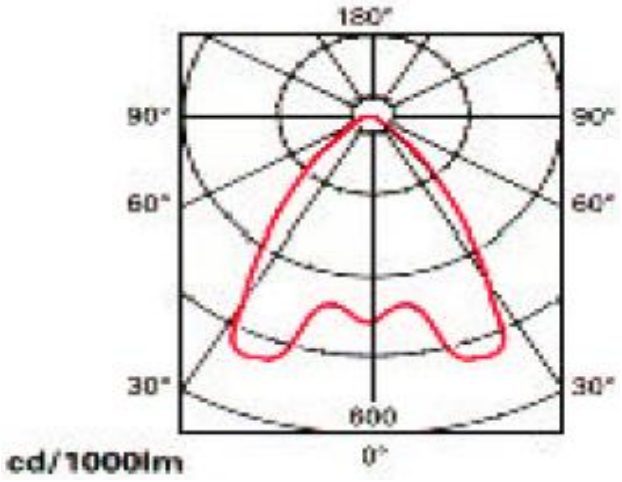


FIGURA 12. Curva de distribución luminosa con simetría

La lectura de la curva de distribución luminosa permitirá optar por la luminaria más adecuada y lograr un proyecto más económico. Una luminaria de distribución ancha y buen rendimiento permitirá un gran distanciamiento entre las mismas sin sacrificar la uniformidad de la iluminación. [2]

2.6.3. Rendimiento de la luminaria.

El rendimiento de la luminaria permite conocer qué cantidad del flujo luminoso de la fuente de luz utilizada es devuelto por dicha luminaria. Este dato es de vital importancia en el aspecto económico de una instalación de iluminación. [2]

Existen luminarias que, por sus características constructivas como así también por los elementos reflectantes y difusores que la componen (espejos, pantallas, louvers, acrílicos, vidrios, etc.) entregan un porcentaje muy pequeño del total del flujo luminoso emitido por la fuente. Esto da como resultado una instalación antieconómica tanto en la inversión inicial como en el costo del consumo eléctrico, por cuanto se deberán colocar demasiadas luminarias para obtener el nivel de iluminación deseado. [2]

2.6.4. Distribución luminosa

La más importante de las funciones que cumple una luminaria es la de modificar la distribución del flujo luminoso que emana de la fuente a la cual contiene. Así podrá convertirse en un proyector, haciendo que la emisión sea fuertemente concentrada, o en difusora, y apantallar las lámparas ocultándolas del ángulo de visión para evitar el deslumbramiento. [2]

Por la forma en que las luminarias distribuyen el flujo luminoso, se clasifican básicamente en cinco grupos:

- **Iluminación Directa:** Es aquella en la cual la fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo o el área a iluminarse.

- **Iluminación semi – Directa:** Es la que la proyección del flujo luminoso que sale al área de trabajo proviene de la combinación de la luz directa de la fuente de luz y una parte del flujo luminoso que se refleja en las paredes techos y mobiliario.

- **Iluminación Indirecta:** Es en la que la fuente luminosa es dirigida a una pared, techo o a un mobiliario la cual o las cuales reflejan al flujo luminoso a la zona a iluminarse.

- **Iluminación semi - Indirecta:** es aquella en la cual el manantial emite flujos luminosos, unos inciden en el techo o en otro tipo de superficie que los refleja hacia la zona de trabajo, otras traspasan directamente superficies opacas y se distribuyen en todas las direcciones y uniformemente en la zona de trabajo.

- **Iluminación Difusa:** Es aquella en la que la fuente luminosa emite rayos, los cuales son dirigidos directamente a una superficie opaca y al traspasarlas se reparten uniformemente en todas las direcciones del área de trabajo.

2.7. Programa DIALux

La empresa alemana DIAL ha desarrollado un software de cálculo de iluminación, llamado DIALux, adaptado a los productos que ofrecen los grandes fabricantes de luminarias, este software se basa en el "Método de Radiosidad", este método emplea el principio de la conservación de energía, ya que toda la luz que es proyectada sobre una superficie y no es absorbida será remitida por esta superficie. [7]

Luego de crear una geometría para los cálculos en DIALux (puede ser un escenario exterior o interior), se pasa por el módulo RadiCal (Radiosity Calculator) donde se subdivide en superficies y patches (cuadriculas), debido a que existen diferentes valores de iluminancia en todas las partes de una superficie. En las normas, UNE-EN 12193 [8] y UNE-EN 12464-2 [9], se determinan los parámetros para una trama. Estos parámetros proporcionan un tamaño de cuadricula máximo que no se debe sobrepasar. Este módulo calcula tanto el intercambio de luz entre luminarias y cualquier otra superficie (alumbrado directo) como el intercambio de luz entre superficies iluminadas (alumbrado indirecto) [7]. El cálculo se lleva a cabo utilizando la fórmula siguiente:

$$p = 0{,}2 * 5^{\log(d)}$$

ECUACIÓN 6. Tamaño de la Cuadricula

Donde:

p : Tamaño máximo de la cuadricula [m]

d : Es la distancia más larga de la superficie [m]

Entonces se tiene una trama de 10 x 10 puntos sobre una superficie de 10 m x 10 m o un tamaño de cuadricula máximo de 1 m. Para comprobar mediciones eso es seguramente un valor sensato, pero no se puede considerar suficiente para calcular el intercambio de irradiación en un local. Porque cuando más estrechos son los rayos de luz emitidas de las luminarias, serán más grandes los errores producidos por este método [7].

El efecto de la luz de una luminaria con un rayo de luz estrecho, o incluso el simple efecto de un rayo de luz cuando una luminaria está instalada cerca de la superficie iluminada, no se puede representar hasta que no se use una trama más fina. Por otra parte una trama muy fina para todas las superficies excedería el tiempo de cálculo y la capacidad de memoria de cualquier ordenador. Es por eso que un buen software tiene que decidir por sí solo cuando una cuadricula tiene que ser subdividida aún más y cuando no. Por supuesto, el tiempo de cálculo es considerablemente más corto si se trabaja con tramas menos finas. La relación del tiempo de cálculo al tamaño de trama no es lineal pero si exponencial, ya que cada superficie (cuadricula) puede intercambiar irradiación con cualquier otra superficie (cuadricula). El DIALux es capaz de ajustar la trama más fina, cuando se va a calcular la luz directa y de igual manera al calcular la luz indirecta [7].

FIGURA 13. Ajuste de Tramas en DIALux

En la figura 13 se puede observar que en todas las partes en donde la iluminancia sobre una superficie cambia considerablemente se divide la superficie en cuadriculas más pequeñas.

DIALux emplea la radiosidad jerárquica, este proceso jerárquico calcula primero una estructura de vínculo que indica cuál cuadricula intercambia luz, cuando se ha establecida esta estructura, se efectúa el intercambio de luz verdadero. A continuación la estructura de vínculo es afinada y el intercambio de luz repetido. Este proceso es reiterado. De esta manera se obtiene cada vez aproximaciones mejores a las condiciones de alumbrado reales. La estructura de vínculo puede ser comprendida como una representación compacta de la matriz del factor de forma. Como factor de forma se define la parte de la energía emisora la cual alcanza el receptor. El factor de forma es 1 cuando toda la energía de un cuadricula es transmitida a otra. Debido a las relaciones de tamaño y de ángulo, el factor de forma es siempre más pequeño que 1. Además del elemento emisor - receptor se memorizan informaciones sobre los factores de forma y las relaciones de visibilidad. Este procedimiento tiene una ventaja

enorme. De esta manera DIALux es capaz de calcular diferentes energías simultáneamente. [7]

2.7.1. Datos de entrada.

- Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de trabajo), normalmente de 0,85 cm.

- Elegir la luminaria en los catálogos instalados en el programa o crear la luminaria de interés.

- Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación (suspendido, empotrado).

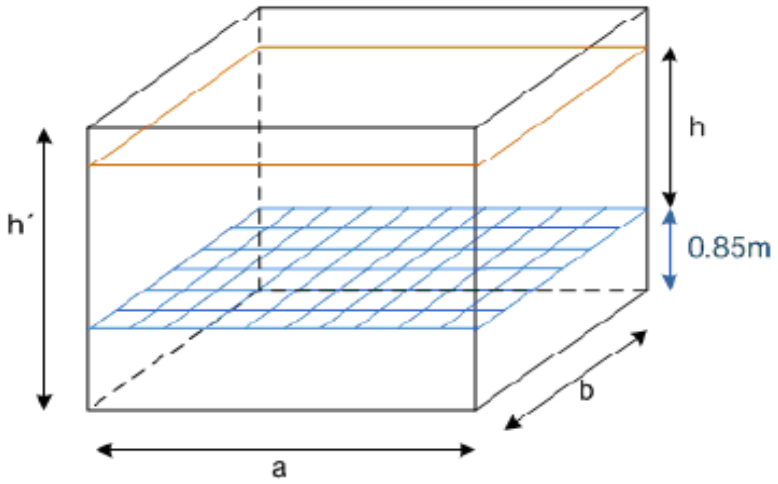


FIGURA 14. Dimensiones del Local

- Índice del local se determina a partir de la geometría del local, a través de la siguiente fórmula:

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

ECUACIÓN 7. Índice del Local

Dónde:

k : Índice del local

a : Ancho del local [m]

b : Largo del local [m]

h : Altura desde la luminaria hasta el plano de trabajo [m]

El valor de k es un número comprendido entre 1 y 10, a pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 utilizando la fórmula, y estos valores no se consideran ya que la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable. [10]

2.7.2. Factor de Mantenimiento.

El factor de mantenimiento (F_m) o de conservación de la instalación se define como la relación entre la iluminancia producida por la instalación de alumbrado en un instante dado y la iluminancia producida cuando ésta es nueva. Este factor incluye las pérdidas debidas a la disminución del flujo de la lámpara y a la acumulación de suciedad en las luminarias y el ambiente. Con un programa de mantenimiento adecuado se puede limitar la depreciación de la emisión de luz, teniendo en cuenta que el elemento más influyente es la suciedad de las luminarias. Los valores que se estiman para ambientes de trabajos limpios son considerando que el factor de mantenimiento está en torno a 0,8 – 0,9 y para ambientes sucios en torno a 0,5 – 0,6. [10]

2.7.3. Factor de Utilización

El factor de utilización (F_u) es la relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie de referencia (flujo útil) y el flujo luminoso total de la lámpara. Su valor se encuentra tabulado en función de los valores que tomen los siguientes parámetros:

- Índice del local, calculado a partir de sus dimensiones.
- Reflectancias de techo, paredes y suelo.
- Tipo de alumbrado y distribución de la intensidad luminosa (curva fotométrica de la luminaria).

Por lo tanto, el factor de utilización depende por una parte de las características de las luminarias y por otra parte, de las características del local a iluminar.

Las reflectancias de techo, paredes y suelo deben fijarse con la mayor exactitud posible ya que parte del flujo incidente sobre dichas superficies es reflejado hacia la superficie de referencia, pudiendo contribuir notablemente al valor final del flujo útil. Estos valores se pueden apreciar en la tabla 3 para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados. Normalmente están disponibles en los manuales de iluminación o en la documentación técnica que facilitan los fabricantes para sistemas de alumbrados. [10]

TABLA 3. Factores de reflexión de distintos colores y materiales para luz blanca

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Blanco	0,70 – 0,85	Mortero claro	0,35 – 0,55
Gris claro	0,40 – 0,50	Mortero oscuro	0,20 – 0,30
Gris oscuro	0,10 – 0,20	Hormigón claro	0,30 – 0,50
Negro	0,03 – 0,07	Hormigón oscuro	0,15 – 0,25
Crema, amarillo claro	0,50 – 0,75	Arenisca clara	0,30 – 0,40
Marrón claro	0,30 – 0,40	Arenisca oscura	0,15 – 0,25
Marrón oscuro	0,10 – 0,20	Ladrillo claro	0,30 – 0,40
Rosa	0,45 – 0,55	Ladrillo oscuro	0,15 – 0,25
Rojo claro	0,30 – 0,50	Mármol blanco	0,60 – 0,70
Rojo oscuro	0,10 – 0,20	Granito	0,15 – 0,25
Verde claro	0,45 – 0,65	Madera clara	0,30 – 0,50
Verde oscuro	0,10 – 0,20	Madera oscura	0,10 – 0,25
Azul claro	0,40 – 0,55	Aluminio mate	0,55 – 0,60
Azul oscuro	0,005 – 0,15	Aluminio abrillantado	0,80 – 0,85

2.8. La energía solar.

La energía solar es la energía producida en el Sol y llega a la Tierra a través del espacio en cuantios de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar y su valor medio es 1366 W/m². Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que varía un 0,2% en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera. [11]

La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende, de forma complicada pero predecible del día, de la hora y de la latitud. Además la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor. [11]

2.9. Celda solar.

Las celdas solares son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, ya sea directamente mediante el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química. [12]

La forma más común de las celdas solares se basa en el efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia de foto voltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir trabajo útil. [12]

2.9.1. Orígenes de las celdas solares.

Aunque las celdas solares eficientes han estado disponibles recién desde mediados de los años 50, la investigación científica del efecto fotovoltaico comenzó en 1839, cuando el científico francés, Henri Becquerel descubrió que una corriente eléctrica podría ser producida haciendo brillar una luz sobre ciertas soluciones químicas. El efecto fue observado primero en un material sólido (el metal selenio) en 1877. Este material fue utilizado durante muchos años para los fotómetros, que requerían de cantidades muy pequeñas de energía. Una comprensión más profunda de los principios científicos, fue provista por Albert Einstein en 1905 y Schottky en 1930, la cual fue necesaria antes de que celdas solares eficientes pudieran ser confeccionadas. Una célula solar de silicio que convertía el 6% de la luz solar que incidía sobre ella en electricidad fue desarrollada por Chapin, Pearson y Fuller en

1954, y esta es la clase de célula que fue utilizada en usos especializados tales como satélites orbitales a partir de 1958. [12]

Las celdas solares de silicio disponibles comercialmente en la actualidad tienen una eficiencia de conversión en electricidad de la luz solar que cae sobre ellas cercana al 18%, a una fracción del precio de hace treinta años. [12]

En la actualidad existen una gran variedad de métodos para la producción práctica de celdas solares de silicio (amorfas, monocristalinas o policristalinas), del mismo modo que para las celdas solares hechas de otros materiales (seleniuro de cobre e indio, teluro de cadmio, arseniuro de galio, etc.).

2.9.2. Elaboración de las celdas solares.

Las celdas solares de silicio se elaboran utilizando planchas (wafers) monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas. Las planchas monocristalinas (de aproximadamente 1/3 a 1/2 milímetros de espesor) se cortan de un gran lingote monocristalino que se ha desarrollado aproximadamente a 1400°C, siendo este catalogado como un proceso muy costoso. El silicio debe ser de una pureza muy elevada y tener una estructura cristalina casi perfecta.
Las planchas policristalinas son realizadas por un proceso de moldeo en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se deja asentar. Entonces se rebana en planchas. Como las planchas policristalinas son hechas por moldeo son apreciablemente más baratas de producir, pero no tan eficiente como las celdas monocristalinas. El rendimiento más bajo es debido a las imperfecciones en la estructura cristalina que resultan del proceso de moldeo. [12]

En los dos procesos anteriormente mencionados, casi la mitad del silicio se pierde como polvo durante la etapa de cortado. El silicio amorfo, una de las tecnologías de lámina delgada, es creado depositando silicio sobre un substrato de

vidrio de un gas reactivo denominado silano (SiH_4). El silicio amorfo forma parte de un grupo de tecnologías de lámina delgada. Este tipo de célula solar se puede aplicar como película a substratos de bajo costo tales como cristal o plástico. Otras tecnologías de lámina delgada incluyen lámina delgada de silicio multicristalino, las celdas de seleniuro de cobre e indio/sulfuro de cadmio, las celdas de teluro de cadmio/sulfuro del cadmio y las celdas del arseniuro de galio. Las celdas de lámina delgada tienen muchas ventajas incluyendo una deposición y un ensamblado más fácil, la capacidad de ser depositadas en substratos o materiales de construcción baratos, la facilidad de la producción en masa, y la gran conveniencia para aplicaciones grandes. [12]

En la producción de celdas solares se le introducen al silicio átomos de impurezas (dopado) para crear una región tipo "p" y una región tipo "n" de modo de producir una unión p-n. El dopado se puede hacer por difusión a alta temperatura, donde las planchas se colocan en un horno con el dopante introducido en forma de vapor. Hay muchos otros métodos de dopar el silicio.
En la fabricación de algunos dispositivos de lámina delgada la introducción de dopantes puede ocurrir durante la deposición de las láminas o de las capas. [12]

Un átomo del silicio tiene 4 electrones de valencia (aquellos más débilmente unidos), que enlazan a los átomos adyacentes. Substituyendo un átomo del silicio por un átomo que tenga de 3 a 5 electrones de la valencia producirá un espacio sin un electrón (un agujero) o un electrón extra que pueda moverse más libremente que los otros, ésta es la base del doping. En el doping tipo "p", la creación de agujeros, es alcanzada mediante la incorporación en el silicio de átomos con 3 electrones de valencia, por lo general para este proceso se utiliza boro. En el dopaje de tipo "n", la creación de electrones adicionales es alcanzada incorporando un átomo con 5 electrones de valencia, generalmente fósforo. La unión p-n se presenta en la figura mostrada a continuación:

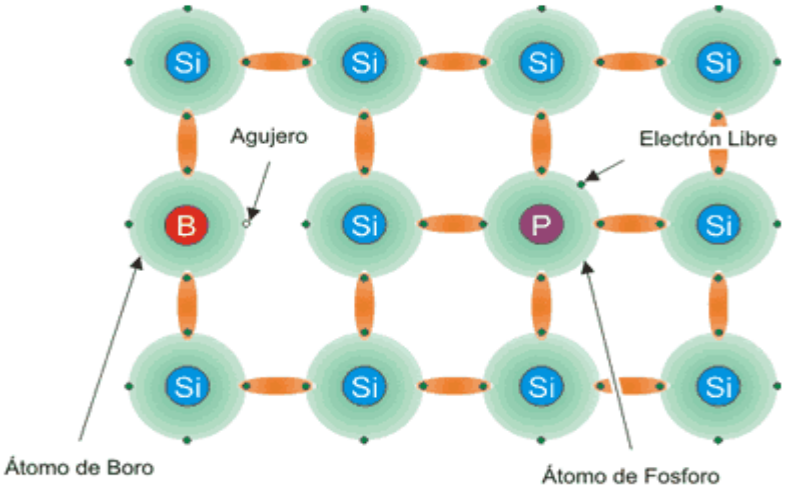


FIGURA 15. Unión p – n

Una vez que se crea una unión p-n, se hacen los contactos eléctricos al frente y en la parte posterior de la célula evaporando o pintando con metal la plancha. La parte posterior de la plancha se puede cubrir totalmente por el metal, pero el frente de la misma tiene que tener solamente un patrón en forma de rejilla o de líneas finas de metal, de otra manera el metal bloquearía al sol del silicio y no habría ninguna respuesta a los fotones de la luz incidente. [12]

2.9.3. Funcionamiento de las celdas solares

Para entender la operación de una célula fotovoltaica, necesitamos considerar la naturaleza del material y la naturaleza de la luz del sol. Las celdas solares están formadas por dos tipos de material, generalmente silicio tipo “p” y silicio tipo “n” como se explico anteriormente. La luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el silicio y el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas (“agujeros”) de las cargas negativas (“electrones”) dentro del dispositivo fotovoltaico. Los agujeros se mueven hacia la capa positiva o capa de tipo “p” y los electrones hacia la negativa o capa tipo “n”. Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se

pueden recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía del potencial interno. Por lo tanto si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos como se muestra en la figura 15 y 16. [12]

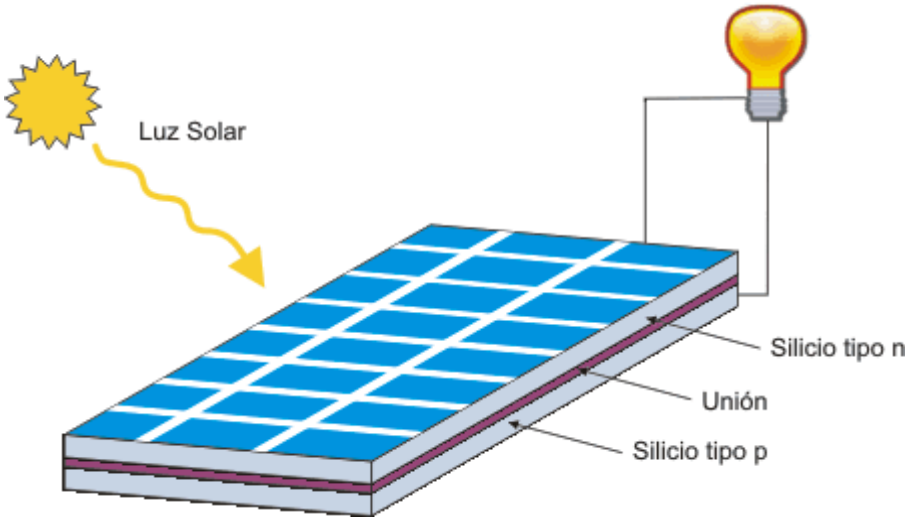


FIGURA 16. Composición de una celda solar

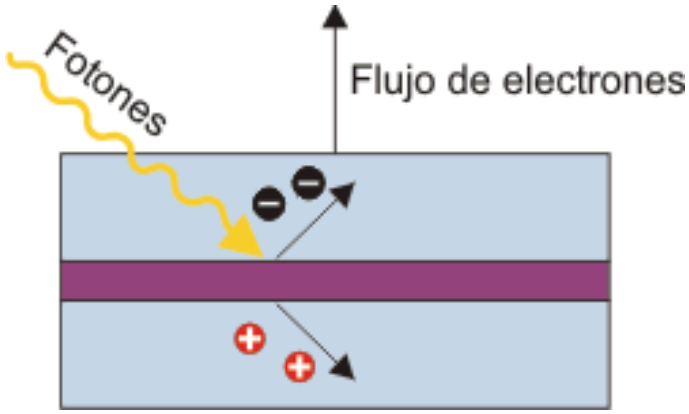


FIGURA 17. Efecto fotovoltaico en una célula solar

La cantidad de energía que entrega un dispositivo fotovoltaico está determinado por:

- El tipo y el área del material.
- La intensidad de la luz del sol.

- La longitud de onda de la luz del sol.

Por ejemplo, las celdas solares de silicio monocristalino actualmente no pueden convertir más del 25% de la energía solar en electricidad, porque la radiación en la región infrarroja del espectro electromagnético no tiene suficiente energía como para separar las cargas positivas y negativas en el material. Las celdas solares de silicio policristalino en la actualidad tienen una eficiencia de menos del 20% y las celdas amorfas de silicio tienen actualmente una eficiencia cerca del 10%, debido a pérdidas de energía internas más altas que las del silicio monocristalino. [12]

Una característica importante de las celdas fotovoltaicas es que el voltaje de la célula no depende de su tamaño, y sigue siendo bastante constante con el cambio de la intensidad de luz. La corriente en un dispositivo, sin embargo, es casi directamente proporcional a la intensidad de la luz y al tamaño. Para comparar diversas celdas se les clasifica por densidad de corriente, o amperios por centímetro cuadrado del área de la célula. [12]

2.10. Sistemas de seguimiento solar.

La potencia entregada por una célula solar se puede aumentar con bastante eficacia empleando un mecanismo de seguimiento para mantener el dispositivo fotovoltaico directamente frente al sol, o concentrando la luz del sol usando lentes o espejos [12]. Los mecanismos de seguimiento se utilizan para mantener los paneles fotovoltaicos directamente frente al sol, de modo de aumentar la potencia que entrega los paneles, estos mecanismo pueden llegar a duplicar la salida de un sistema fotovoltaicos, aunque es importante determinar si el incremento en el costo y la complejidad mecánica de un mecanismo de seguimiento es rentable en circunstancia particulares. [13]

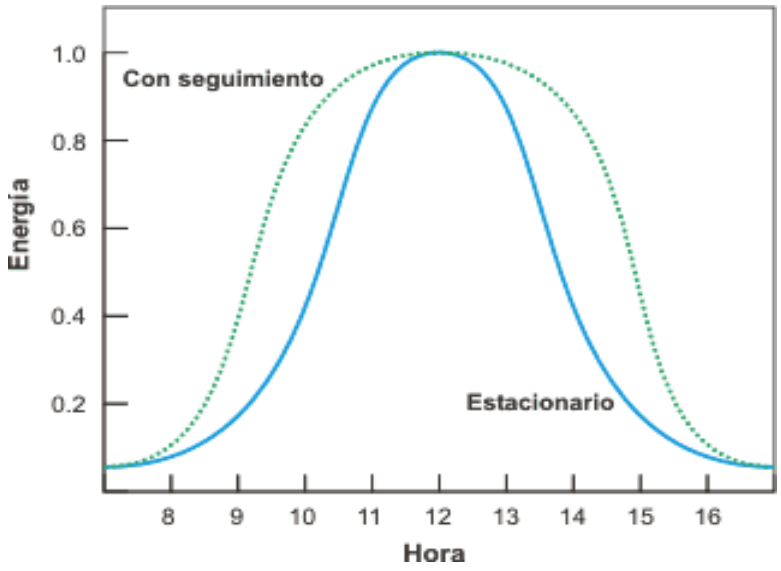


FIGURA 18. Mecanismo de seguimiento

Existen tres tipos de soporte para los colectores solares los cuales son descritos a continuación:

2.10.1. Colocación sobre soporte estático.

Soporte sencillo sin movimiento. Dependiendo de la latitud de la instalación y de la aplicación que se quiera dar se dotan a los paneles de la inclinación más adecuada para captar la mayor radiación solar posible. Es el sistema más habitual que se encuentra en las instalaciones. [14]

2.10.2. Sistemas de seguimiento solar de 1 eje.

Estos soportes realizan un cierto seguimiento solar. La rotación del soporte se hace por medio de un solo eje, ya sea horizontal, vertical u oblicuo. Este tipo de seguimiento es el más sencillo y el más económico resultando sin embargo incompleto ya que sólo podrá seguir la inclinación o el azimut del Sol, pero no ambos a la vez. [14]

2.10.3. Sistemas de seguimiento solar de dos ejes.

Con este sistema ya es posible realizar un seguimiento total del sol en altitud, en azimut y siempre se conseguirá que la radiación solar incida perpendicularmente obteniéndose la mayor captación posible. [14] Existen tres sistemas básicos de regulación del seguimiento del sol por dos ejes:

- **Sistemas mecánicos**: El seguimiento se realiza por medio de un motor y de un sistema de engranajes. Dado que la inclinación del Sol varía a lo largo del año es necesario realizar ajustes periódicos, para adaptar el movimiento del soporte.

- **Mediante dispositivos de ajuste automático:** El ajuste se realiza por medio de sensores que detectan cuando la radiación no incide perpendicular al panel corrigiéndose la posición por medio de motores.

- **Dispositivos sin motor**: Sistemas que mediante la dilatación de determinados gases, su evaporación y el juego de equilibrios logran un seguimiento del Sol.

Se estima que con estos sistemas se puede lograr un aumento de entre el 30% y el 40% de la energía captada [14]. Se requiere de un análisis cuidadoso para determinar si el incremento en el costo y la complejidad mecánica de un mecanismo de seguimiento es rentable en circunstancias particulares. Sin embargo, hay límites a este proceso, debido a la complejidad de los mecanismos, y de la necesidad de refrescar las celdas. La corriente es relativamente estable a altas temperaturas, pero el voltaje se reduce, conduciendo a una caída de potencia a causa del aumento de la temperatura de la célula como se muestra a continuación.

2.11. Otros elementos asociados a los paneles solares fotovoltaicos.

El panel solar es el elemento encargado de captar la energía del sol y de transformarla en energía eléctrica que se pueda ser usada. Asociado a los paneles existen otros componentes que se utilizan en las instalaciones como elementos de seguridad o que amplían las posibilidades del uso de la instalación. Los componentes esenciales de una instalación fotovoltaica son:

2.11.1. Regulador.

Es el elemento que regula la inyección de corriente desde los paneles a la batería. El regulador interrumpe el paso de energía cuando la batería se halla totalmente cargada evitando así los efectos negativos derivados de una sobrecarga. En todo momento el regulador controla el estado de carga de la batería para permitir el paso de energía eléctrica proveniente de los paneles cuando esta empieza a bajar. [14]

2.11.2. Batería.

Almacena la energía de los paneles para los momentos en que no hay sol, o para los momentos en que las características de la energía proporcionada por los paneles no son suficientes o adecuadas para satisfacer la demanda (falta de potencia al atardecer, amanecer, días nublados etc.). La naturaleza de la radiación solar es variable a lo largo del día y del año, la batería es el elemento que solventa este problema ofreciendo una disponibilidad de energía de manera uniforme durante todo el año [14]. Se utilizan generalmente baterías de "ciclo profundo" diseñadas especialmente. A diferencia de las baterías normales, estas pueden descargar cerca de la mitad de la energía almacenada miles de veces antes de que deterioren. Cada batería generalmente es de 2 V, y el conjunto total de baterías está formado generalmente por varias baterías conectadas en series o paralelo para proporcionar el nivel de energía requerido. Las baterías deben ser las adecuadas para satisfacer cada

uso particular, dependiendo del total de la radiación solar diaria, la carga total, la carga máxima y el número de días de almacenaje requerido [13].

2.11.3. Inversores.

El elemento que transforma las características de la corriente de continua a alterna. La mayoría de los aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna y tanto los paneles como las baterías suministran energía eléctrica en forma de corriente continua. Es por ello que se hace necesario este elemento que modifique la naturaleza de la corriente y la haga apta para su consumo por muchos aparatos [14]. Ya que en la determinación del costo total del sistema, puede llegar a ser más económico comprar un inversor y electrodomésticos producidos para consumo masivo, que utilizar electrodomésticos de corriente continua de baja tensión que pueden ser más costosos [13].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE DISEÑO

Este capítulo describe de manera explicativa y secuencial el procedimiento que se siguió con el propósito de alcanzar cada uno de los objetivos propuestos en el presente Trabajo. A continuación se presenta la descripción de cada una de las fases que se desarrollaron para lograr el alcance de los objetivos en estudio:

3.1. Sistema de Iluminación.

3.1.1. Fase 1. Recopilación Documental.

En esta fase se procederá a buscar los Trabajos Especiales desarrollados en el área de Alumbrado Público y de fuentes alternas de energía de los últimos cinco años, normas y prácticas recomendadas nacionales e internacionales en el área de alumbrado y demás documentos bibliográficos afines al tema de estudio en las que destacan: COVENIN 2249:1993 "Iluminancias en tareas y áreas de trabajo" [15], COVENIN 3126:1994 "Alumbrado público definiciones" [4], COVENIN 3290:1997 "Alumbrado público diseño" [6] y COVENIN 200:2009 "Código Eléctrico Nacional" [16].

3.1.2. Fase 2. Levantamiento, Registro y Cuantificación de las Características Eléctricas y Lumínicas.

En esta fase se realizará el levantamiento, registro y cuantificación de las características eléctricas y lumínicas del sistema de alumbrado existente en el Corredor techado (Pasillo de Ingeniería) ubicado entre el edificio "Luís Damiani" y la

Av. Carlos Raúl Villanueva, incluyendo las derivaciones hacia los edificios comprendidos entre los dos puntos antes mencionados, además del alumbrado de las áreas verdes y corredores a cielo abierto, alrededor de los edificios de las Escuelas de Ingeniería Eléctrica (EIE) y de la Escuelas de Ingeniería Química (EIQ).

3.1.3. Fase 3. Modelación y Simulación de los Niveles de Iluminación.

Se realizará la evaluación de los niveles de iluminación tomando en cuenta dos casos de estudio: el primero será el sistema Actual, el cual está conformado a base de lámparas convencionales tanto del pasillo de ingeniería como en las áreas a cielo abierto y el segundo caso de estudio es el sistema propuesto, el cual estará compuesto por luminarias a base de HP-LED. La modelación de los niveles de iluminación se efectuará tomando como base las mediciones experimentales en cada uno de los casos de estudio.

El procedimiento que se empleará en las mediciones experimentales se realizará seleccionando un área representativa de cada una de las superficies de cálculo, esta superficie será dividida en cuadriculas de 0,5m por 0,5m para el área del Pasillo de Ingeniería la cual es clasificada como un área de interiores y las zonas de exteriores de la EIE y EIQ las cuadriculas serán de 1m por 1m, luego se considerará un tiempo de espera de 30 minutos, para asegurar que la instalación este energizada, además el luxómetro a utilizar se debe encender durante 5 minutos, para que el instrumento se estabilice de acuerdo a la iluminancia existente; posteriormente se medirá la iluminancia tomando las precauciones para eliminar la influencia de personas en tránsito que puedan causar perturbaciones a los resultados. Este procedimiento se establece conforme a la norma que rige la materia COVENIN 2249-93 [15].

Después se adaptará los valores experimentales al modelo de la simulación bajo la ayuda de la herramienta computacional DIALux con lámparas convencionales

y luego se repetirá el mismo modelo para la simulación con lámparas a base de HP-LED.

3.2. Sistema Fotovoltaico.

3.2.1. Fase 1. Estimación del Nivel de Radiación Solar.

En el diseño de un sistema fotovoltaico es fundamental la estimación del nivel de radiación solar en la zona de interés, por tal motivo se utilizarán los valores de la estación climatológica de la Ciudad Universitaria de Caracas.

3.2.2. Fase 2. Estimación de la Carga.

Para determinar el tamaño del sistema fotovoltaico es necesario conocer el consumo eléctrico diario, dicho consumo se estimará a través de la potencia nominal de las luminarias que vayan a ser energizadas por el sistema, a continuación se presenta la ecuación para calcular la demanda de energía diaria en función de la potencia de la carga. [17]

$$D_{Energia} = \frac{N^{o} Lum * P_{Nom} * t}{\eta_{INV}}$$

ECUACIÓN 8. Demanda de Energía diaria

Donde:

$D_{Energia}$: Demanda de energía diaria [Wh/día]

$N^{o} Lum$: Numero de luminarias

P_{Nom}: Potencia nominal de las luminarias [W]

t: Tiempo de funcionamiento diario [h]

η_{INV}: Eficiencia del inversor utilizado

3.2.3. Fase 3. Diseño del Generador Fotovoltaico

El diseño del generador fotovoltaico consta de dos etapas. En primer lugar debe estimarse una potencia nominal que permita suministrar el consumo previsto, además se definirá la configuración serie-paralelo más adecuada para obtener el diseño final. [17]

- **Etapa 1: Estimación de la potencia nominal del generador fotovoltaico**

Para estimar la potencia nominal del generador se utilizan los datos de radiación solar del mes más desfavorable y la demanda de energía diaria. El generador bajo la insolación media de trabajo, debe ser capaz de suministrar la demanda energética, incrementada en una proporción definida como Factor de seguridad del generador. [17]

Por tanto, la potencia nominal del generador fotovoltaico se obtiene de la siguiente expresión:

$$P_{Nom,G} = \frac{D_{Energia} * F_{SG}}{\left(G_{dm} / G_{CEM} \right)}$$

ECUACIÓN 9. Estimación de la Potencia Nominal del Generador

Donde:

$P_{Nom,G}$: Potencia nominal estimada del generador [Wp]

F_{SG}: Factor de seguridad del generador.

G_{dm} : Radiación solar diaria [W/m^2*día]

G_{CEM} : Irradiancia en condiciones estándar de medida [W/m^2]

El diseñador debe establecer un factor de seguridad o sobredimensionado, en función de las características de la aplicación y del lugar de ubicación. El rango habitual se encuentra entre 1,1 y 1,4 con valores inferiores para zonas de meteorología más uniforme y para aplicaciones no criticas, en las que una falta de suministro no sea

grave. Por el contrario, se fijan valores más elevados en zonas con insolación más variable, en general de peor clima, y para aplicaciones donde no se puede permitir fallos en el suministro. Se comprende que un mayor factor de seguridad implica un generador fotovoltaico de mayor tamaño y un incremento del costo. [17]

- **Etapa 2. Configuración del generador.**

Después de realizar una primera estimación de la potencia nominal del generador, este debe configurarse mediante la asociación de paneles en serie y paralelo. En primer lugar, es necesario definir la tensión nominal de operación del sistema 12, 24 ó 48V. Luego se procede a calcular las ramas de paneles en serie a través de la siguiente ecuación. [17]

$$N_{Serie} = \frac{V_{Nom}}{V_{Nom,panel}}$$

ECUACIÓN 10. Número de Paneles en Serie

Donde:

N_{Serie} : Número de paneles en serie.

V_{Nom}: Tensión nominal de operación del sistema [V]

$V_{Nom,panel}$: Tensión nominal del panel fotovoltaico [V]

Como se suele seleccionar una tensión de generador múltiplo de 12V y la tensión de los paneles habituales en este tipo de instalaciones es de 12V o 24V, resulta un número entero. El número de ramas en paralelo debe ser tal que se alcance la potencia nominal estimada del generador [17], y se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_{Paralelo} = \frac{P_{Nom,G}}{N_{Serie} * P_{Nom,panel}}$$

ECUACIÓN 11. Número de Ramas de Paneles en Paralelo

Donde:

$N_{Paralelo}$: Número de ramas de paneles en paralelo.

$P_{Nom,panel}$: Potencia nominal del panel fotovoltaico [W]

- **Etapa 3: Ubicación del Panel.**

Por la latitud de Venezuela no se requiere rotación del panel y su ubicación debe ser de 15 grados con respecto a la horizontal en dirección sur (según recomendaciones de Yake Solar para sistemas a implementar en Venezuela), así como se muestra en la siguiente figura.

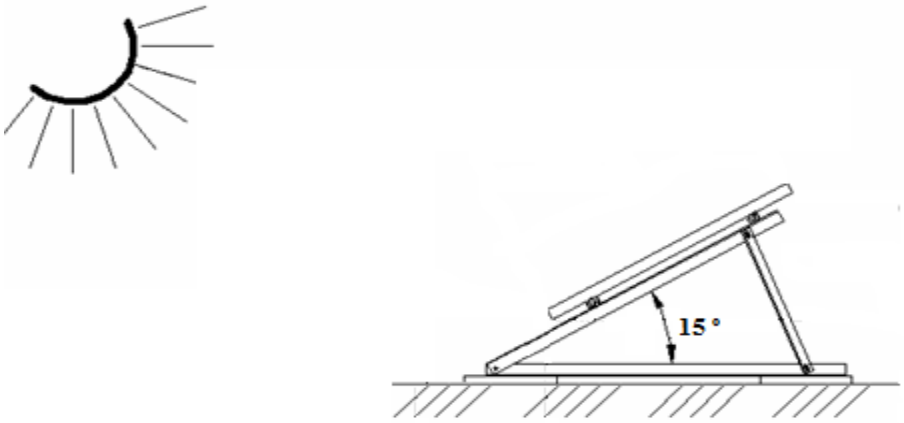


FIGURA 19. Ubicación y Dirección del Panel.

3.2.4. Fase 4. Determinación de la Capacidad Nominal de la Batería.

La batería se dimensiona para garantizar el suministro eléctrico durante un determinado número de días en ausencia de radiación solar. Por tal motivo se debe establecer un factor de seguridad de almacenamiento o número de días de autonomía, aunque se haya tratado de estimar la radiación diaria media con respecto al mes más desfavorable, se mantiene la incertidumbre sobre lo que va a ocurrir en el futuro. Es

por esta razón que en los días de baja insolación la batería es la que suministra la electricidad requerida, si su capacidad de diseño lo permite. [17] La energía útil o capacidad útil almacenable en la batería se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$C_{Nom,B} = \frac{D_{Energia} * N_{AUT}}{V_{Nom} * PD_{MAXI}}$$

ECUACIÓN 12. Capacidad Nominal de la Batería

Donde:

$C_{Nom,B}$: Capacidad nominal de la batería [Ah]

N_{AUT} : Numero de días de autonomía

PD_{MAXI} : Profundidad máxima de descarga [%]

3.2.5. Fase 5. Elección del Controlador de Carga

El controlador de carga se elige para que sea capaz de resistir la máxima corriente de circulación en condiciones operativas normales, en la línea de generación y debe tener una tensión nominal igual a la fijada para el sistema. [17]

$$I_{Controlador,G} \geq 1{,}25 * N_{Paralelo} * I_{SC}$$

ECUACIÓN 13. Corriente Máxima del Controlador

Donde:

$I_{Controlador}$: Corriente máxima del controlador [A]

I_{SC} : Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico [A]

3.2.6. Fase 6. Elección del Inversor

El inversor seleccionado debe tener una tensión nominal igual a la fijada para el conjunto del sistema, y debe suministrar la potencia requerida por la carga,

tomando en cuenta las perdidas de energía diaria por el autoconsumo del inversor que el IDEA recomienda q sean inferiores al 5% [18], y se determina a través de la siguiente ecuación se obtiene la potencia del inversor:

$$P_{Inversor} = \frac{1{,}05 * \sum P_C}{\eta_{INV}}$$

ECUACIÓN 14. Potencia de Salida del Inversor

Donde:

$P_{Inversor}$: Potencia de salida del inversor [W]

3.2.7. Fase 7. Cableado del Sistema.

El procedimiento para el dimensionado del cableado y la proteccion contra sobrecorriente, se diseña a partir de los requerimientos que establece el Código Eléctrico Nacional (C.E.N.) [16].

- **Tensión Máxima**

Es la tensión del circuito calculada como la suma de tensiones de circuito abierto de los modulos conectados en serie corregida para la temperatura ambiente más baja esperada. Esta tensión será la utilizada para determinar la tensión de régimen de los cables y dispositivos de sobrecorriente.

- **Corriente máxima del circuito.**

En los circuitos que llevan corrientes desde los modulos fotovoltaicos la corriente máxima será la suma de las corrientes de cortocircuito de los módulos en

paralelo, multiplicada por 125% (Art. 690.8 (A)(1) del C.E.N.) [16]. Para los circuitos DC y AC del inversor se usa como corriente máxima la corriente en regimen continuo (Art. 690.8 (A)(3) y (4) del C.E.N.) [16]. Los circuitos de carga AC se diseñan con los requisitos establecidos en las secciones 210, 215 y 220 del C.E.N.

- **Dimensionado de conductores y dispositivos de sobrecorriente.**

Los conductores de los circuitos y los dispositivos de sobrecorriente serán dimensionados para conducir una corriente no inferior al 125% de la máxima corriente calculada en el punto anterior (Art. 690.8 (B)(1) del C.E.N.). [16]

3.2.8. Fase 8. Protección contra Sobrecorriente.

La protección de sobrecorriente en los conductores y equipos tiene por objeto abrir el circuito eléctrico cuando la corriente alcanza un valor que pudiera causar una temperatura excesiva o peligrosa en los conductores o en su aislamiento. Los circuitos del sistema fotovoltaico serán protegidos de acuerdo a los requisitos establecidos en la sección 240 del C.E.N. [16]

Se permitirá sólo un dispositivo de protección de sobrecorriente para dos o más módulos conectados en serie (Art. 690.9 (E) del C.E.N.). [16]

3.2.9. Fase 9. Instalación de Medios Desconexión.

Se instalarán medios de desconexión que desconecten todos los conductores con corriente de una fuente de energía fotovoltaica de los demás conductores de un edificio o estructura. No se instalarán medios de desconexión en los conductores conectados a tierra si la operación deja al conductor en un estado energizado y no conectado a tierra.

Se deben instalar medios que desconecten los inversores, baterías, controladores de carga y similares de todos los conductores de todas las fuentes de energía no puestos a tierra (Art. 690.15 del C.E.N.). [16]

3.2.10. Fase 10. Sistema de Cableado.

Se permitirá utilizar cualquiera de los métodos de canalizaciones y de cableado propuestos por el C.E.N. Los módulos fotovoltaicos operan a una elevada temperatura ya que exponen a alta temperatura ambientales a plena luz del sol. Estas temperaturas pueden exceder en muchos casos los 40 ºC por tal motivo se deben aplicar los factores de corrección de la tabla 630.31 (C) del C.E.N.

En los circuitos expuestos en exteriores de las fuentes de energia fotovoltaicas para la interconexión de los módulos se permite utilizar cables unipolares de tipo USE-2, y cable unipolar listado y etiquetado como cable (PV) fotovoltaico en los arreglos fotovoltaicos. (Art. 690.31 (B) del C.E.N.). [16]

Para las interconexiones de los módulos fotovoltaicos se permite utilizar cables monopolares listados para uso a la intemperie, resistentes a la luz del sol y a la humedad, de calibre 16 o 18 AWG, siempre que dichos cables cumplan los requisitos de ampacidad, para calcular los factores de corrección de ampacidad y temperatura de los cables se usará el articulo 310.15 del C.E.N.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos para los objetivos planteados en el presente Trabajo Especial de Grado así como la discusión de los mismos.

4.1. Estado Actual del Sistema de Iluminación.

El diagnostico del estado actual de las instalaciones eléctricas asociadas al alumbrado se realizó con un recorrido minucioso observando el sistema de iluminación del pasillo de Ingeniería y el perímetro exterior de los edificios de las Escuelas de Ingeniería Química e Ingeniería Eléctrica, evidenciando un alto deterioro y poco mantenimiento; además de constatar que el diseño original del alumbrado ha sido remplazado sin previo estudio.

4.1.1. Pasillo de Ingeniería.

El Pasillo de Ingeniería utiliza lámparas Philips TMS011 1xTL-D18W I P, (Ver Anexo 1) donde se observaron doce (12) bombillos fluorescentes del tipo Philips MASTER TL-D Súper 80 18W/827 1SL, (Ver Anexo 2) fuera de servicio lo que representa un 24% inoperativo para la fecha de octubre 2011, asimismo se presencio el poco mantenimiento que estas reciben, lo cual disminuye la eficiencia, vida útil y al mismo tiempo aumenta las fallas en el sistema de alumbrado. Estas lámparas poseen conexión del tipo casquillo G13 y utilizan tubos tipo T12 ó T8, es por esta

razón que pueden ser reutilizados para el nuevo sistema de tecnología HP-LED; pero debido a su obsolescencia y el deterioro que presentan por falta de mantenimiento es recomendable la desincorporación total del sistema actual siendo sustituido por sistema propuesto a base de HP-LED

4.1.2. Escuela de Ingeniería Química.

En el perímetro exterior de la Escuela de Ingeniería Química (EIQ) se observa el diseño original, que consta de ocho (8) luminarias Obralux EX – 08 (Ver Anexo 3), suspendidas por postes tipo látigo sencillo, con bombillos Osram HQI-T 400W/N E40 FLH1, (Ver Anexo 4), de las cuales sólo una (1) luminaria se encuentra operativa en la actualidad y está ubicada en la parte oeste del edificio, la parte norte dispone de tres (3) luminarias del diseño original las cuales están fuera de servicio y se remplazaron por siete (7) reflectores Philips MWF330 HPI-TP400W K 240V A, (Ver Anexo 5), debido al deterioro y al difícil acceso que presentan a causa de los arboles en las adyacencias del edificio, los reflectores también utilizan los bombillos Osram HQI-T 400W/N E40 FLH1; las cuatro (4) luminarias restantes se encuentran en la parte sur y de forma similar a las anteriores están fuera de servicio y fueron sustituidas por tres (3) reflectores Philips descrito anteriormente. Para la implementación del nuevo sistema con tecnología HP-LED no se podrá utilizar ningún equipo del sistema existente, debido a que el diseño sugerido los hace incompatibles.

4.1.3. Escuela de Ingeniería Eléctrica.

En la actualidad el perímetro exterior de la Escuela de Ingeniería Eléctrica (EIE) mantiene operativas cuatro (4) luminarias Obralux EX – 08 con bombillos Osram HQI-T 400W/N E40 FLH1, suspendidas por postes tipo látigo sencillo, ubicadas de la siguiente manera: dos (2) en la parte norte y dos (2) en la parte sur del edificio, de un total de cinco (5) que constituyen el diseño original, la luminaria fuera

de servicio está situada en la parte este y fue remplazada por un (1) reflector Philips MWF330 HPI-TP400W K 240V A, debido al poco nivel de iluminación que se presentaba en el área de estacionamiento adyacente a este edificio, además de tener un reflector con las mismas características del anterior en la parte norte del edificio. Al igual que en la Escuela de Ingeniería Química el nuevo sistema con tecnología HP-LED no podrá ser implementado con los equipos del sistema existente.

4.2. Niveles de Iluminación Experimentales.

Para la medición de la iluminancia (luz incidente) se utilizo el luxómetro Hagner EC1 y el Amprobe LM – 120, que poseen la repuesta espectral corregida de acuerdo con la curva de visión normalizada (C.I.E.) y difusor corrector de coseno que garantice la medición de iluminación en el plano de colocación del instrumento. (Ver Anexo 6 y 7)

4.2.1. Pasillo de Ingeniería.

- Procedimiento: Se seleccionaron dos áreas representativas de la superficie de cálculo 3, ver plano de ubicación en la figura 20, cada una de las áreas es un sector rectangular, de 2,5m por 5m; dicha áreas fueron divididas en cuadriculas de 0,5m por 0,5m obteniendo un total de 66 mediciones, luego se hizo espera a que la instalación estuviera energizada durante 30 minutos y se encendió el luxómetro (Hagner EC1 para el área (*) y el Amprobe LM – 120 para el área (**)) durante 5 minutos para que el instrumento se estabilizara a la iluminancia existente, en seguida se midió la iluminancia tomando las precauciones para eliminar la influencia de personas que pudieran causar perturbaciones a los resultados.

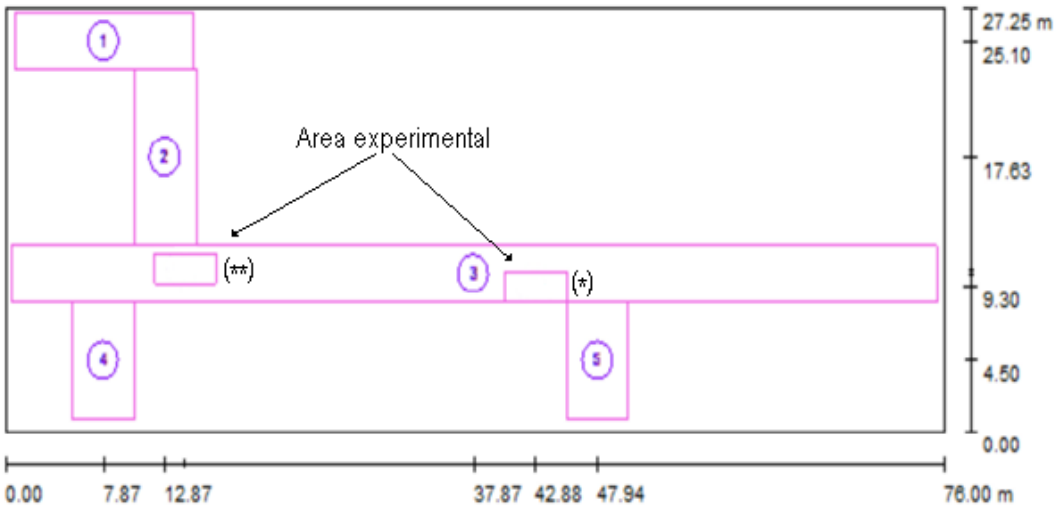


FIGURA 20. Ubicación área experimental Pasillo de Ingeniería.

TABLA 4. Valores Experimentales de Iluminancias en el Pasillo de Ingeniería.

Superficie de Cálculo	E_M [lux]	$E_{MÍN}$ [lux]	$E_{MÁX}$ [lux]	U1 ($E_{MÍN}/E_M$)	U2 ($E_{MÍN}/E_{MÁX}$)
3 (*)	21,00±0,70	9,70±0,40	27,10±0,90	0,46±0,02	0,36±0,01
3 (**)	20,13±1,21	9,26±0,56	26,90±1,61	0,460 ±0,06	0,34±0,04
3 (**)	38,10±2,29	27,10±1,63	49,70±2,98	0,71±0,09	0,55±0,07

Los resultados mostrados en las dos primeras filas de la tabla anterior son valores obtenidos con luminarias fluorescentes convencionales del sistema actual y la última fila es el resultado de utilizar luminarias LED Enersolar El-60-10W (Ver Anexo 8) que son las empleadas para el sistema propuesto. En el Anexo 9 se puede apreciar el protocolo de medición utilizado en el Pasillo de Ingeniería y los valores de cada una de las mediciones, para obtener los valores mostrados en la tabla 4, la apreciación publicada se determino a través de lo sugerido por el catalogo de fabricante de cada uno de los luxómetros utilizados para las mediciones. (Ver Anexo 6 y 7)

Se emplearon las luminarias de interiores LED Enersolar en vez de las de exteriores como se planteo en el objetivo de comparar los niveles de iluminación de una luminarias con tecnología HP-LED versus una luminaria convencional, dada la

indisponibilidad de las luminarias de exteriores de tecnología LED para el momento del estudio, además del tiempo y el dinero asociado para adquirirla en el exterior del país, caso contrario a las luminarias de interiores que fueron prestada por los representantes de la empresa Enersolar gratuitamente y por el tiempo que fuese necesario.

4.2.2. Exterior Escuela de Ingeniería Eléctrica.

- Procedimiento: Se seleccionó un área representativa de cada una de las superficies de cálculo, ver plano de ubicación en la figura 21, la cual consta de un sector rectangular de 2m por 5m dividiendo dicha área en cuadriculas de 1m por 1m obteniendo un total de 18 mediciones, luego se hizo espera por un periodo de 30 minutos, para que la instalación estuviera energizada y se encendió el luxómetro durante 5 minutos, para que el instrumento se estabilizara a la iluminancia existente; posteriormente se midió la iluminancia tomando las precauciones para eliminar la influencia de personas que pudieran causar perturbaciones a los resultados.

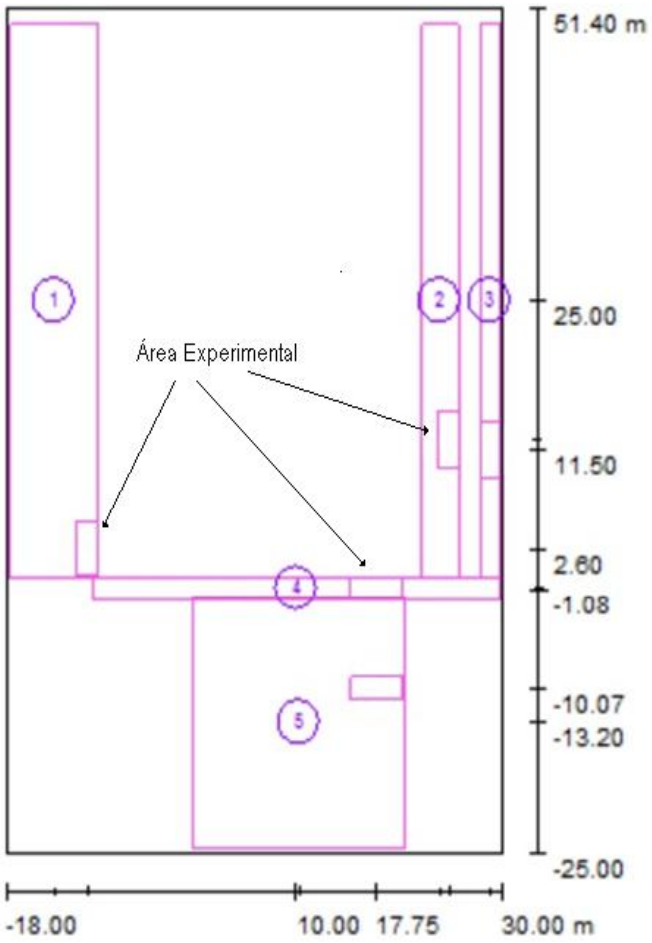


FIGURA 21. Ubicación área experimental exterior EIE

TABLA 5. Valores Experimentales de Iluminancias exterior EIE

Superficie de Cálculo	E_M [lux]	$E_{MÍN}$ [lux]	$E_{MÁX}$ [lux]	U1 ($E_{MÍN}/E_M$)	U2 ($E_{MÍN}/E_{MÁX}$)
1	100,40±6,00	41,50±2,50	150,70±9,00	0,41±0,05	0,28±0,03
2	12,74±0,76	11,72±0,70	13,86±0,83	0,92±0,11	0,85±0,10
3	16,12±0,97	14,94±0,90	17,19±1,03	0,93±0,11	0,87±0,10
4	54,10±3,20	22,50±1,40	81,90±4,90	0,45±0,05	0,28±0,03
5	36,00±2,20	26,70±1,60	43,20±2,60	0,74±0,09	0,62±0,07

Los resultados mostrados en la tabla 5 son los valores obtenidos con las luminarias existentes del tipo convencional del sistema actual, (Ver Anexo 10) donde

se puede apreciar el protocolo de medición utilizado en la Escuela de Ingeniería Eléctrica y los valores de cada una de las mediciones, la apreciación publicada se determino a través de lo sugerido por el catalogo del fabricante del luxómetro Amprobe LM-120 utilizados para las mediciones. (Ver Anexo 7)

4.2.3. Exterior Escuela de Ingeniería Química.

- Procedimiento: Se utilizo el mismo empleado en el exterior de la Escuela de Ingeniería eléctrica, solo diferenciándose la superficie de cálculo 1, donde el sector rectangular fue de 3m por 5m dividiendo dicha área en cuadriculas de 1m por 1m obteniendo un total de 24 mediciones, ver plano de ubicación en la figura 22.

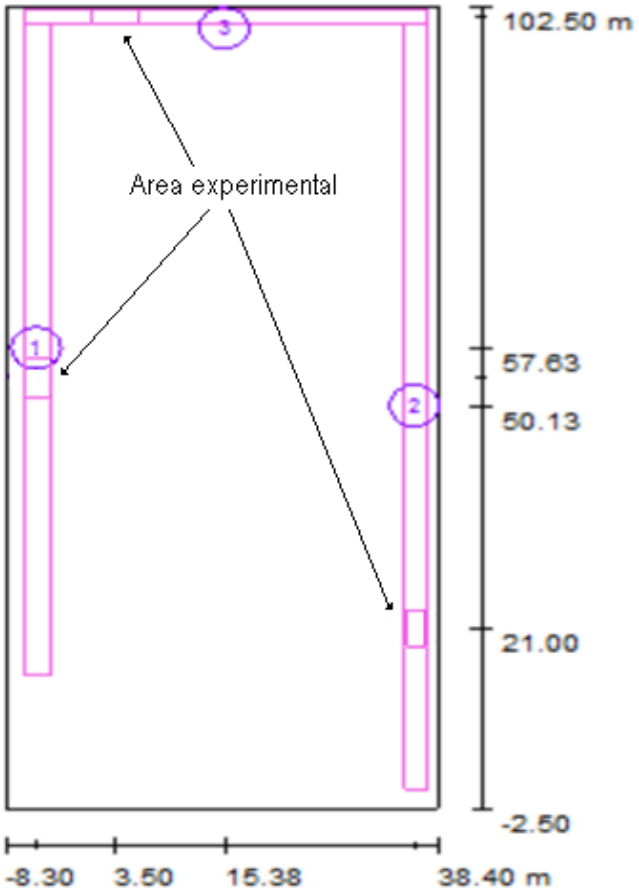


FIGURA 22. Ubicación área experimental exterior EIQ

TABLA 6. Valores Experimentales de Iluminancias exterior EIQ

Superficie de Cálculo	E_M [lux]	$E_{MÍN}$ [lux]	$E_{MÁX}$ [lux]	U1 ($E_{MÍN}/E_M$)	U2 ($E_{MÍN}/E_{MÁX}$)
1	17,99±1,08	13,57±0,81	22,50±1,35	0,75±0,09	0,60±0,07
2	20,07±1,20	13,76±0,83	24,90±1,49	0,69±0,08	0,55±0,07
3	5,78±0,35	4,25±0,26	7,52±0,45	0,74±0,09	0,57±0,07

Los resultados mostrados en la tabla 6 son los valores obtenidos con las luminarias existentes del tipo convencional del sistema actual, (Ver Anexo 11) donde se puede apreciar el protocolo de medición utilizado en la Escuela de Ingeniería Química y los valores de cada una de las mediciones, la apreciación publicada se determino a través

de lo sugerido por el catalogo del fabricante del luxómetro Amprobe LM-120 utilizados para las mediciones. (Ver Anexo 7)

4.3. Estudio Comparativo de los Niveles de Iluminación.

Los resultados del estudio de los niveles de iluminación obtenidos en las zonas del pasillo de ingeniería y los exteriores de las Escuelas de Ingeniería Eléctrica y Química, fueron determinados mediante el software DIALux y serán comparados con los valores establecidos por la Norma COVENIN 3290:1997 "Alumbrado Público Diseño" [5], (Ver Anexo 12, 13 y 14)

La Norma COVENIN 3290:1997 define los niveles de iluminación requeridos y se resumen a continuación:

- Vías urbanas ó corredores viales internos a la CUC se definen del tipo vías locales y zona A (Em= 10 – 15 lux, U1= 0,30 y U2= 0,15; Ver Anexo 12)
- Vías peatonales será del tipo acera y zona A-1 (Em= 15 lux y U1= 0,20 – 0,30; Ver Anexo 13)
- Área de descanso a cielo abierto se tomara del tipo área de circulación y zona A1 (Em= 25 lux y U1= 0,15; Ver Anexo 13)
- Área de estacionamiento será del tipo exterior sin acomodador (Em= 15 lux y U1= 0,20; Ver Anexo 14).

4.3.1. Pasillo de Ingeniería.

4.3.1.1. Sistema Actual.

El sistema actual consta de cincuenta (50) luminarias con lámparas "Philips TMS011 1xTL-D18W I P" (Ver Anexo 1), con bombillos fluorescentes "Philips MASTER TL-D Súper 80 18W/827 1SL" (Ver Anexo 2), distribuidas como se observa en la figura 23, de las cuales solo treinta y ocho (38) están operativas en la actualidad (enero 2012), esta distribución se muestra en la figura 24.

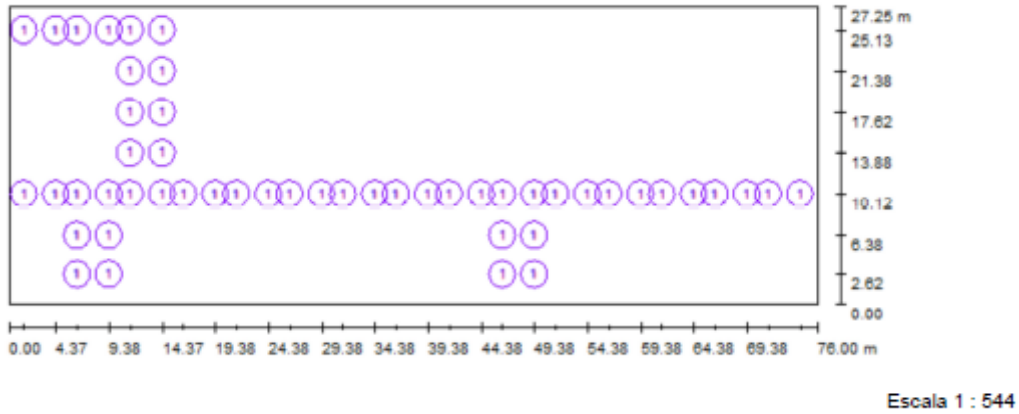


FIGURA 23. Ubicación de las Luminarias en el pasillo de Ingeniería

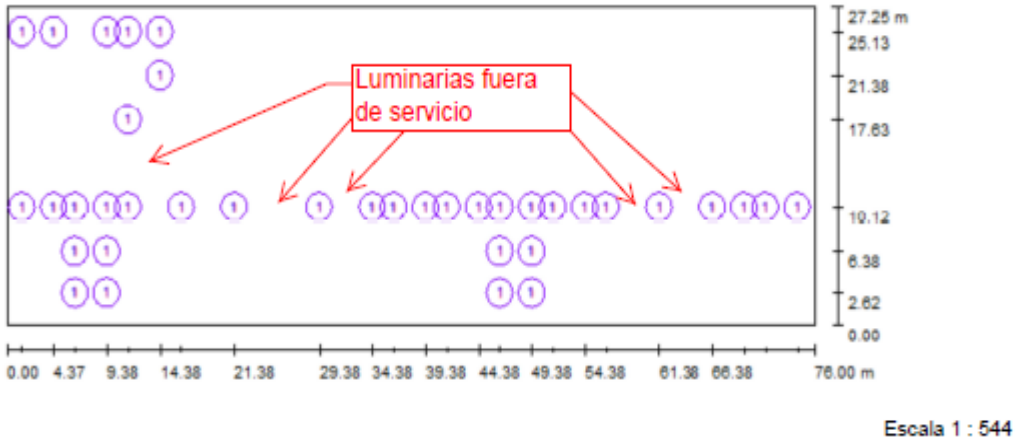


FIGURA 24. Ubicación de las Luminarias operativas.

Para el presente estudio sólo fue considerada la superficie techada del pasillo la cual es representada en la figura 25 debido a que para efectos de este trabajo especial es el área de interés.

FIGURA 25. Superficie de cálculo del área de interés Pasillo de Ingeniería.

Obteniendo como resultado las iluminancias media, mínima y máxima, además del factor de uniformidad media (U_1) y el factor de uniformidad global (U_2), estos valores se pueden observar en la tabla 7.

TABLA 7. Valores de Iluminancias en el Pasillo de Ingeniería Sistema Actual. [5]

N°	Designación	Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]	U1 Emin/Em	U2 Emin/Emax
1	Superficie de cálculo 1	20(15)	3,91	31	0,195(0,2-0,3)	0,124
2	Superficie de cálculo 2	14(15)	4,85	23	0,353(0,2-0,3)	0,209
3	Superficie de cálculo 3	22(15)	4,45	37	0,201(0,2-0,3)	0,119
4	Superficie de cálculo 4	29(15)	16	36	0,548(0,2-0,3)	0,437
5	Superficie de cálculo 5	29(15)	16	36	0,545(0,2-0,3)	0,437

Nota: Los valores entre paréntesis son los fijados por la Norma COVENIN 3290

Cumpliendo de esta manera solamente las superficies de cálculo 3, 4 y 5 con lo determinado en la Norma COVENIN 3290 [5], la cual indica que la iluminación de vías y áreas públicas de circulación de peatones debe ser como mínimo para la iluminancia media 15 lux y de 0,2 – 0,3 lux para la uniformidad media. La superficie

1 no cumple debido a la uniformidad media ya que está por debajo del límite inferior y la superficie 2 a su vez por la iluminancia media. Las iluminancias en lux indicadas anteriormente, representan promedios mantenidos, suponiendo un factor de mantenimiento de 0,5 en el plano horizontal de trabajo a 850 mm sobre el piso o terreno.

A continuación se muestra la panorámica completa del pasillo de ingeniería por medio de la iluminación de los colores falsos de esta manera se puede verificar el nivel máximo de iluminación.

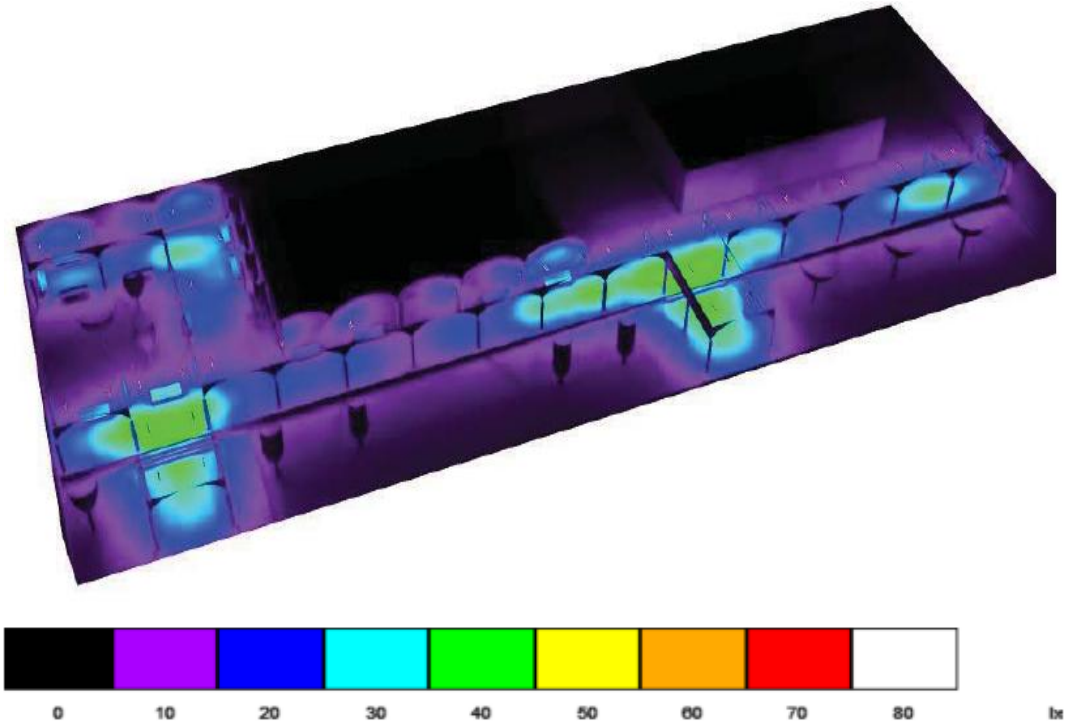


FIGURA 26. Colores Falsos del Pasillo de Ingeniería Sistema Actual.

4.3.1.2. Sistema Propuesto

El sistema propuesto consta de cincuenta (50) luminarias con lámparas "Philips TMS011 1xTL-D18W I P" (Ver Anexo 1), y bombillos a base de tecnología LED "Enersolar 600mm 10W" (Ver Anexo 8), distribuidas como se observa en la

figura 23. Igualmente se utilizarán las superficies de cálculo mostradas en la figura 25. Consiguiendo como resultados de iluminancias los valores mostrados en la tabla 8.

TABLA 8. Valores de Iluminancias Pasillo de Ingeniería Sistema Propuesto

N°	Designación	Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]	U1 Emin/Em	U2 Emin/Emax
1	Superficie de cálculo 1	33(15)	6,75	48	0,205(0,2-0,3)	0,141
2	Superficie de cálculo 2	40(15)	10,66	48	0,267(0,2-0,3)	0,223
3	Superficie de cálculo 3	36(15)	9,15	53	0,254(0,2-0,3)	0,173
4	Superficie de cálculo 4	38(15)	20	47	0,544(0,2-0,3)	0,435
5	Superficie de cálculo 5	37(15)	20	46	0,548(0,2-0,3)	0,444

Se puede apreciar en la tabla anterior que todos los valores están dentro o por encima de los márgenes establecido por la Norma COVENIN 3290 [5]

De la misma forma se puede mostrar la panorámica completa del pasillo de ingeniería sistema propuesto, mediante la iluminación de los colores falsos de esta manera se puede comprobar los niveles iluminación.

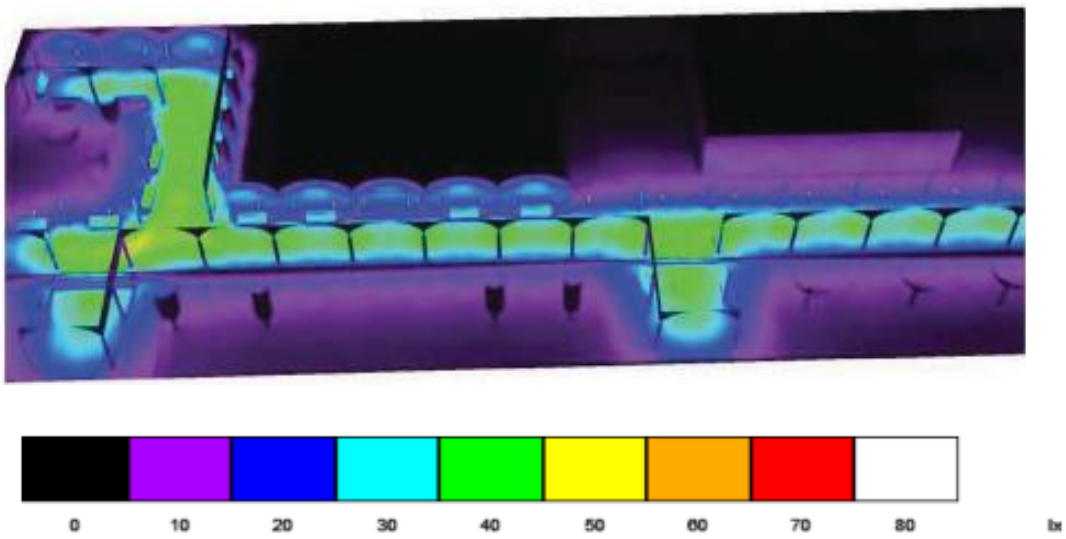


FIGURA 27. Colores Falsos del Pasillo de Ingeniería Sistema Propuesto.

4.3.2. Exterior Escuela de Ingeniería Eléctrica.

4.3.2.1. Sistema Actual.

El sistema actual consta de seis (6) luminarias, cuatro (4) con lámparas del tipo "Obralux EX – 08 (Ver Anexo 3), suspendidas por brazos del tipo látigo sencillo, y dos (2) reflector "Philips MWF330 1xHPI-TP400W S" (Ver Anexo 5), con bombillos "Osram HQI-T 400W/N E40 FLH1" (Ver Anexo 4) tanto las lámparas como los reflectores y distribuidos como se observa en la figura 28.

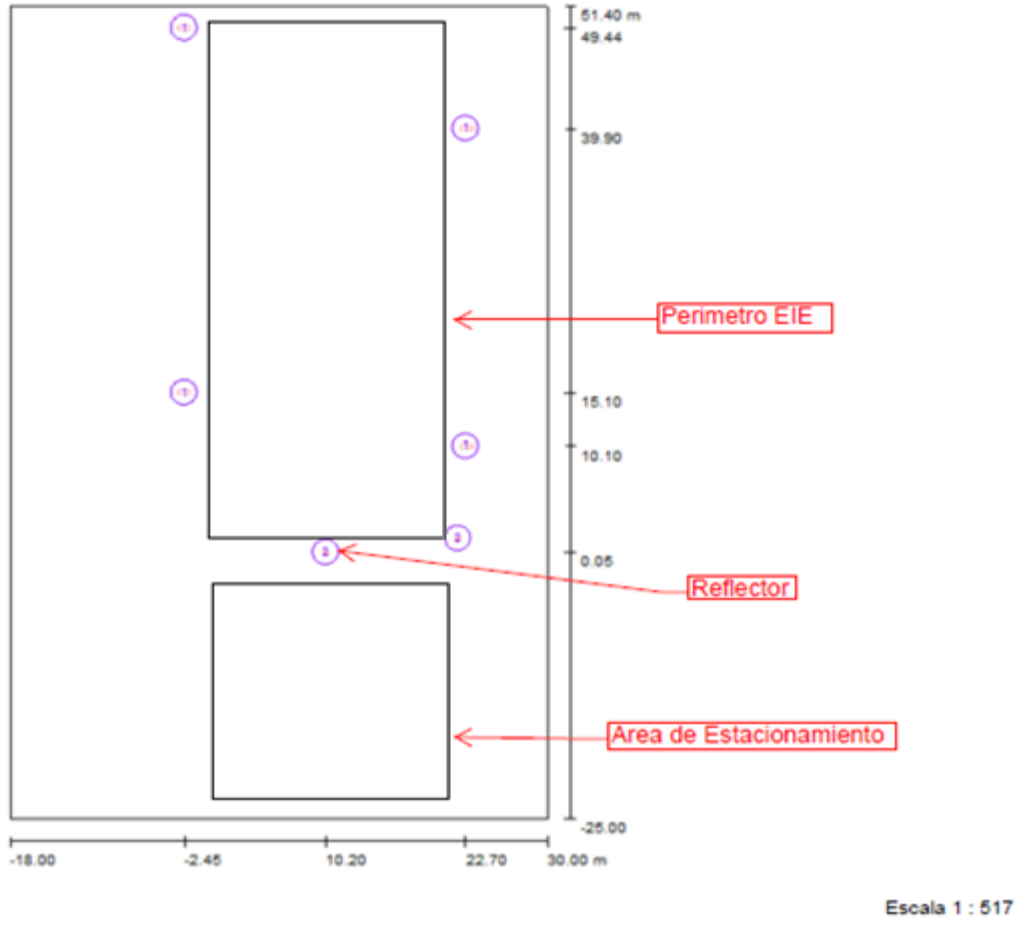


FIGURA 28. Ubicación de las Luminarias en la EIE Sistema Actual.

Para este estudio sólo fueron consideradas las superficies de interés que en este caso son: el área vehicular, un área de descanso a cielo abierto, los dos (2) pasos peatonales y el área de estacionamiento como se muestra en la siguiente figura.

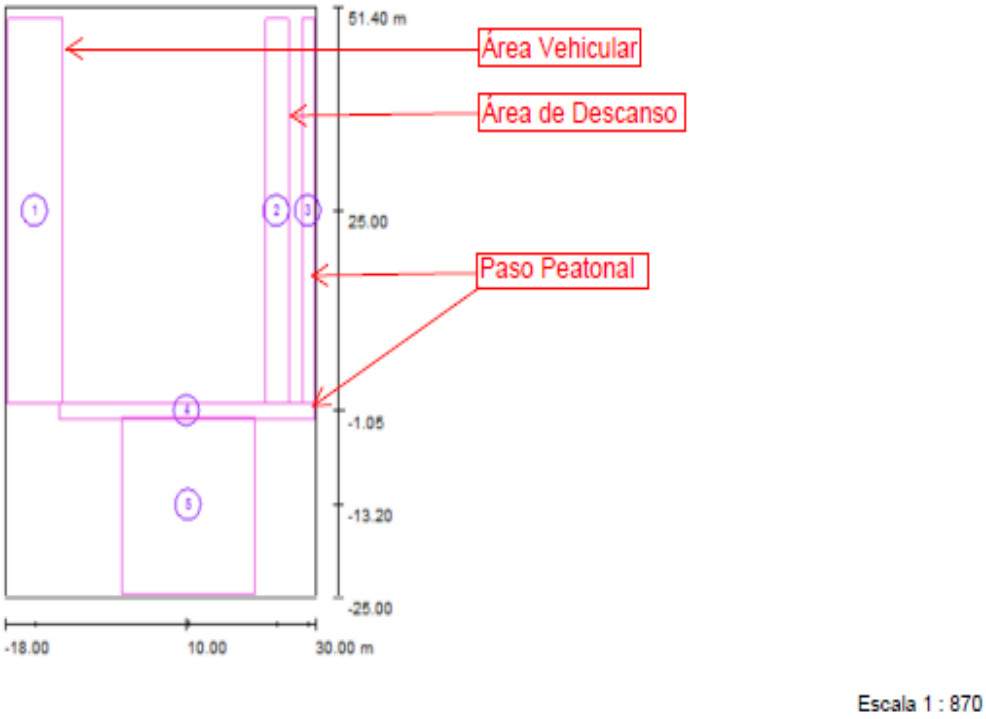


FIGURA 29. Superficie de cálculo del área de interés EIE.

De acuerdo a las superficies de cálculos se obtuvieron los siguientes valores de iluminancias:

TABLA 9. Valores de Iluminancias en la EIE Sistema Actual

N°	Designación	Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]	U1 Emin/Em	U2 Emin/Emax
1	Superficie de cálculo 1	11 (10-15)	3,51	25	0,318 (0,3)	0,138(0,15)
2	Superficie de cálculo 2	13(25)	0,22	169	0,017(0,15)	0,001
3	Superficie de cálculo 3	17(15)	7,17	61	0,427 (0,2-0,3)	0,117
4	Superficie de cálculo 4	36(15)	0,11	168	0,003(0,2-0,3)	0,001
5	Superficie de cálculo 5	21(15)	0,10	119	0,005(0,2)	0,001

En esta ocasión solo la superficie de cálculo 3 cumple con lo sugerido en la Norma COVENIN 3290 [5], ya que los niveles calculados son inferiores a los que plantea la Norma en las otras superficies, como se puede observar en la tabla 9. Por esta razón se demuestra que el sistema actual no cumple con la reglamentación nacional vigente. Seguidamente se puede apreciar la escena del exterior de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a través de la iluminación de los colores falsos.

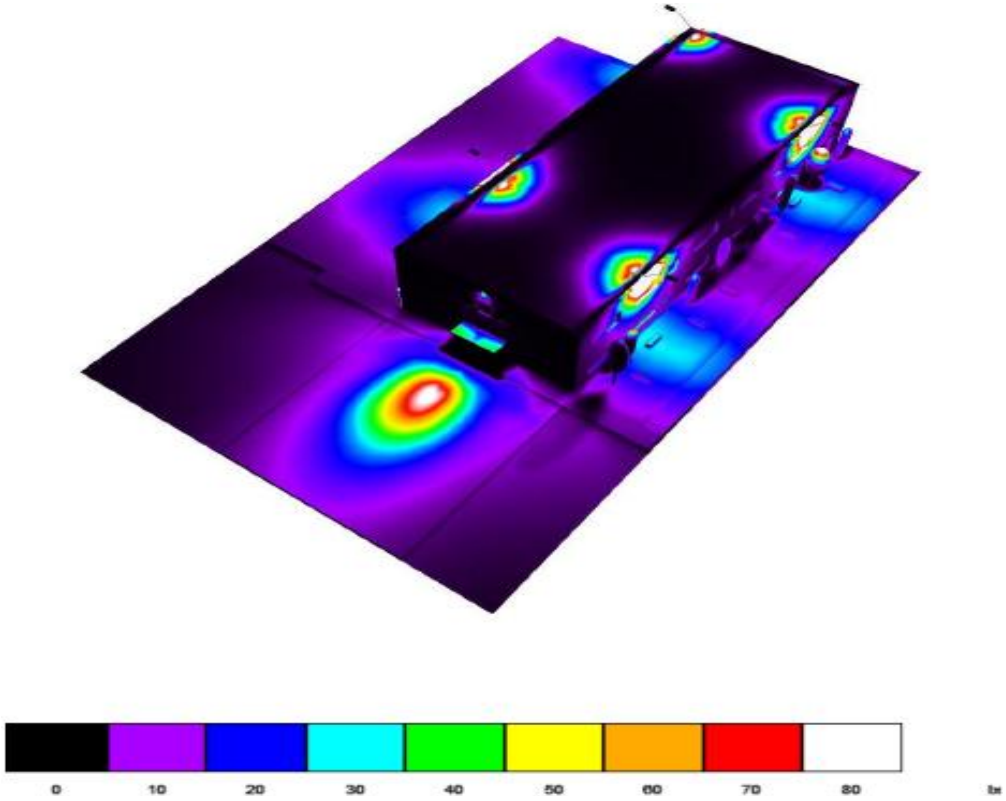


FIGURA 30. Colores Falsos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Sistema Actual.

4.3.2.2. Sistema Propuesto.

La primera versión propuesta fue el diseño original que consta de cinco (5) luminarias suspendidas por brazos del tipo látigo sencillo, utilizando las luminarias LED propuestas "Philips BGP323 T35 1xGRN196-2S/740 DM" (Ver Anexo 18), en el mismo lugar del sistema actual, pero no se logro los niveles requeridos por la Norma COVENIN 3290 [5], por esta razón se plantea una modificación que consistió en incrementar a seis (6) las luminarias, logrando solo satisfacer tres (3) superficies

de cálculo siendo deficiente en la zona de estacionamiento y en el paso peatonal adyacente, esta situación hizo incrementar las luminarias agregando un reflector "Philips DCP772 104xLED-HB-2700-6500+ZCP770 BSP A23" (Ver Anexo 19), alcanzando un total de siete (7) luminarias distribuidas como se observa en la figura 31, con el objetivo de aumentar los niveles de iluminación en las zonas deficientes, y utilizando las superficies de cálculo publicada en la figura 29, obteniendo solo mejorar la zona de estacionamiento, estos resultados se pueden aprecia en la tabla 10.

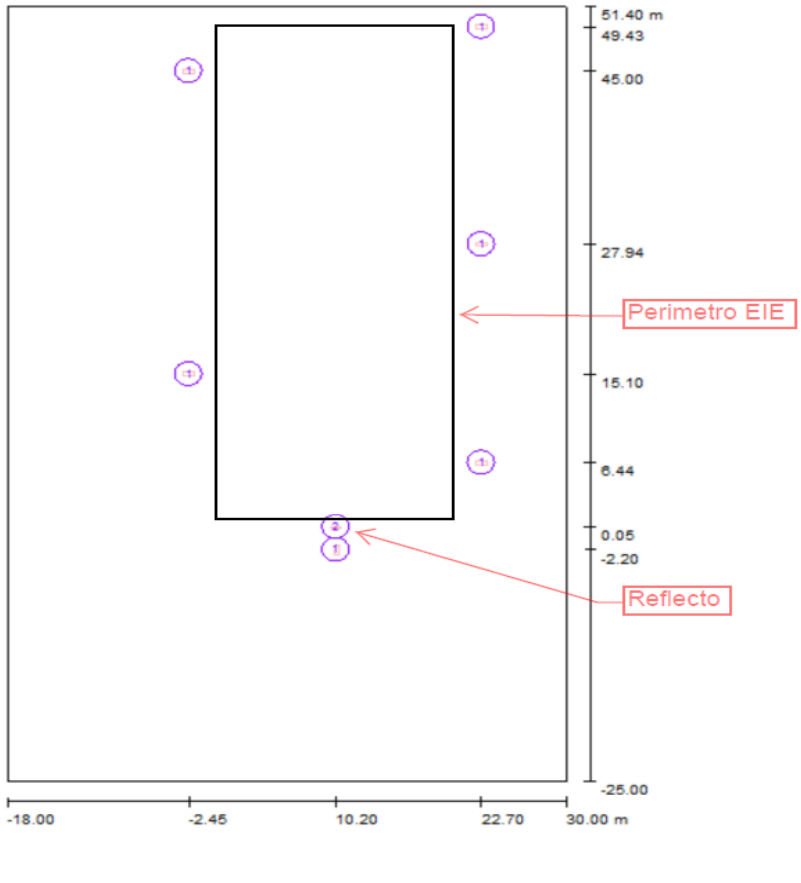


FIGURA 31. Ubicación de las Luminarias en la EIE Sistema Propuesto sin la Luminaria de Interiores.

TABLA 10. Valores de Iluminancias en la EIE Sistema Propuesto.

N°	Designación	Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]	U1 Emin/Em	U2 Emin/Emax
1	Superficie de cálculo 1	16 (10-15)	8,32	22	0,531(0,3)	0,376(0,15)
2	Superficie de cálculo 2	30(25)	19	36	0,630(0,15)	0,531
3	Superficie de cálculo 3	27(15)	22	32	0,798(0,2-0,3)	0,689
4	Superficie de cálculo 4	16(15)	0,37	29	0,024(0,2-0,3)	0,013
5	Superficie de cálculo 5	16(15)	3,78	29	0,241(0,2)	0,133

Como una solución que pueda aumentar los niveles en el área del paso peatonal se puede agregar una luminaria de interiores “Enersolar 600mm 10W” en el toldo ubicado en la puerta trasera de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, distribuidas como se observa en la figura 32, logrando satisfacer los requerimientos planteados por la Norma COVENIN 3290 [5].

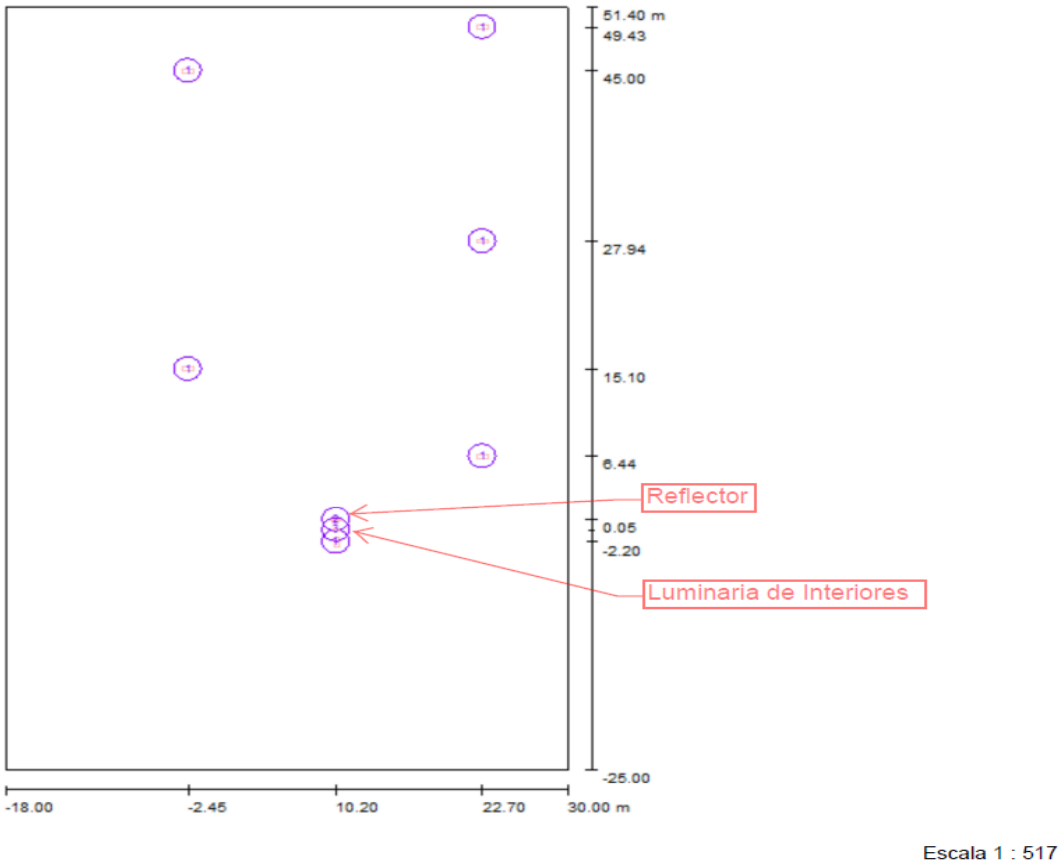


FIGURA 32. Ubicación de las Luminarias en la EIE Sistema Propuesto con la luminaria de interiores.

Ahora bien esta decisión tiene como consecuencia modificar la estructura existente ya que no hay fuente de energía eléctrica en dicho toldo por esta razón se sugiere el sistema propuesto ignorando la luminaria de interiores, debido a las restricciones de intervención desde la inscripción (2002) de la CUC en la lista UNESCO de Patrimonios Mundial de la Humanidad; ya que en este trabajo no se están tomando las demás contribuciones, como las internas del edificio, que inciden en esta zona debido a la reflexión ocurrida en el vidrio de dicha puerta.

TABLA 11. Valores de Iluminancias en la EIE Sistema Propuesto con la luminaria de interiores.

N°	Designación	Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]	U1 Emin/Em	U2 Emin/Emax
1	Superficie de cálculo 1	16 (10-15)	8,33	22	0,531(0,3)	0,376(0,15)
2	Superficie de cálculo 2	30(25)	19	36	0,630(0,15)	0,531
3	Superficie de cálculo 3	27(15)	22	32	0,799(0,2-0,3)	0,689
4	Superficie de cálculo 4	17(15)	3,87	29	0,224(0,2-0,3)	0,132
5	Superficie de cálculo 5	16(15)	3,81	37	0,238(0,2)	0,103

En seguida se puede verificar la escena del exterior de la Escuela de Ingeniería Eléctrica sistema propuesto, a través de la iluminación de los colores falsos.

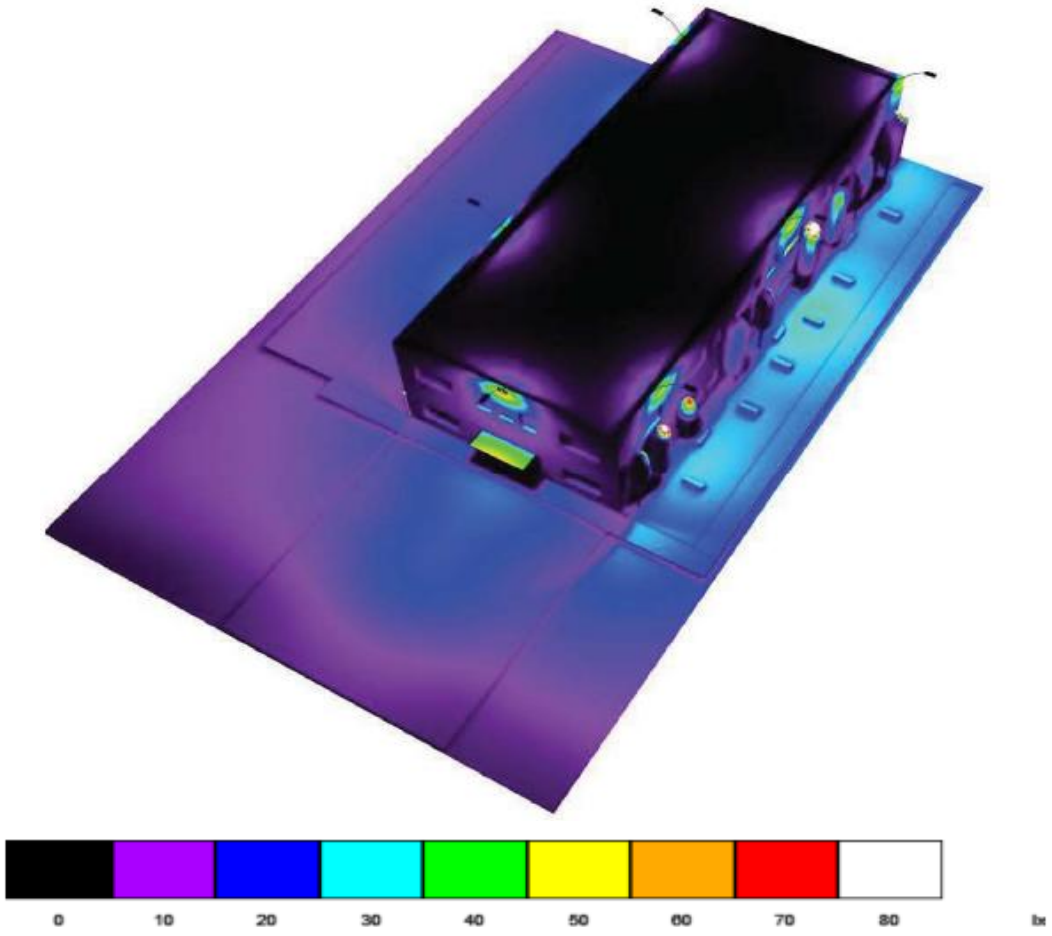


FIGURA 33. Colores Falsos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Sistema Propuesto.

4.3.3. Exterior Escuela de Ingeniería Química.

4.3.3.1. Sistema Actual.

El sistema actual consta de once (11) luminarias, una lámpara del tipo "Obralux EX – 08 (Ver Anexo 3), suspendida por un brazo del tipo látigo sencillo y diez (10) reflectores "Philips MWF330 1xHPI-TP400W S" (Ver Anexo 5), con bombillos "Osram HQI-T 400W/N E40 FLH1" (Ver Anexo 4) tanto la lámpara como los reflectores y distribuidos como se observa en la figura 34.

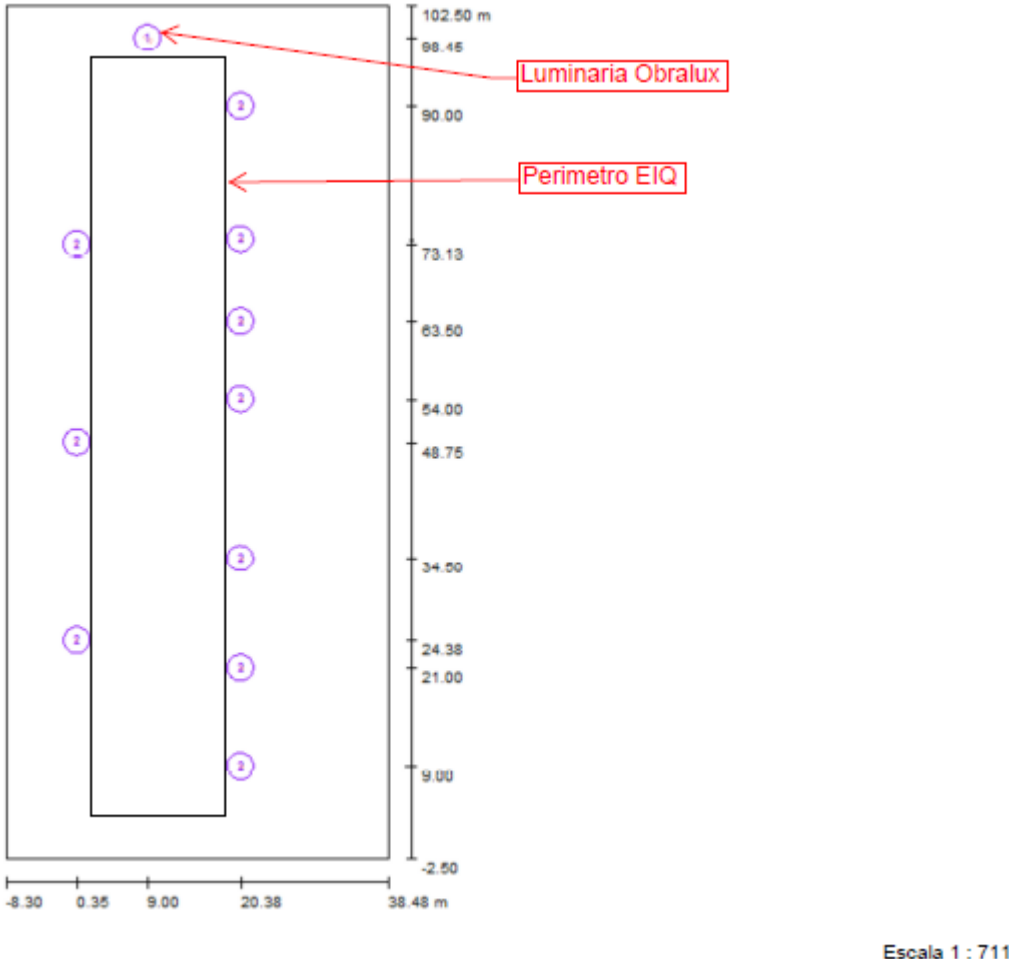


FIGURA 34. Ubicación de las Luminarias en la EIQ Sistema Actual.

En este caso de estudio solo fue considerada las superficies de interés que son los tres (3) pasos peatonales que se muestra en la figura 35 y se consiguieron como resultados de iluminancias los valores expresados en la tabla 12.

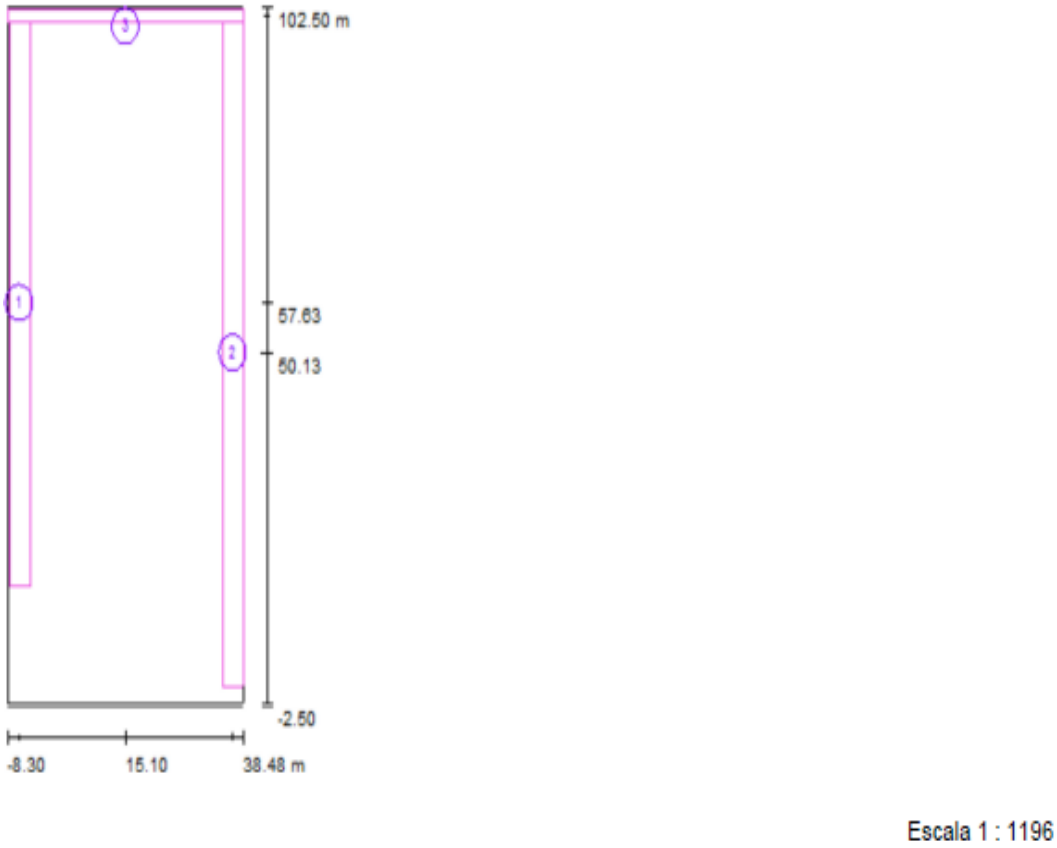


FIGURA 35. Superficie de cálculo del área de interés EIQ.

TABLA 12. Valores de Iluminancias en la EIQ Sistema Actual.

N°	Designación	Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]	U1 Emin/Em	U2 Emin/Emax
1	Superficie de cálculo 1	18(15)	0,08	78	0,004(0,2-0,3)	0,001
2	Superficie de cálculo 2	22(15)	0,11	49	0,005(0,2-0,3)	0,002
3	Superficie de cálculo 3	5,40(15)	0,07	25	0,013(0,2-0,3)	0,003

Ninguna de las superficies de cálculo se adecua a lo señalado por la Norma COVENIN 3290 [5], por las razones antes expuestas a cerca de los niveles de

iluminancia para el paso peatonal y la uniformidad media fijados por la Norma en 15 lux y de 0,20 – 0,30 lux respectivamente.

Mediante la iluminación de los colores falsos de se puede comprobar los niveles iluminación en la Escuela de Ingeniería Química a través de la siguiente figura.

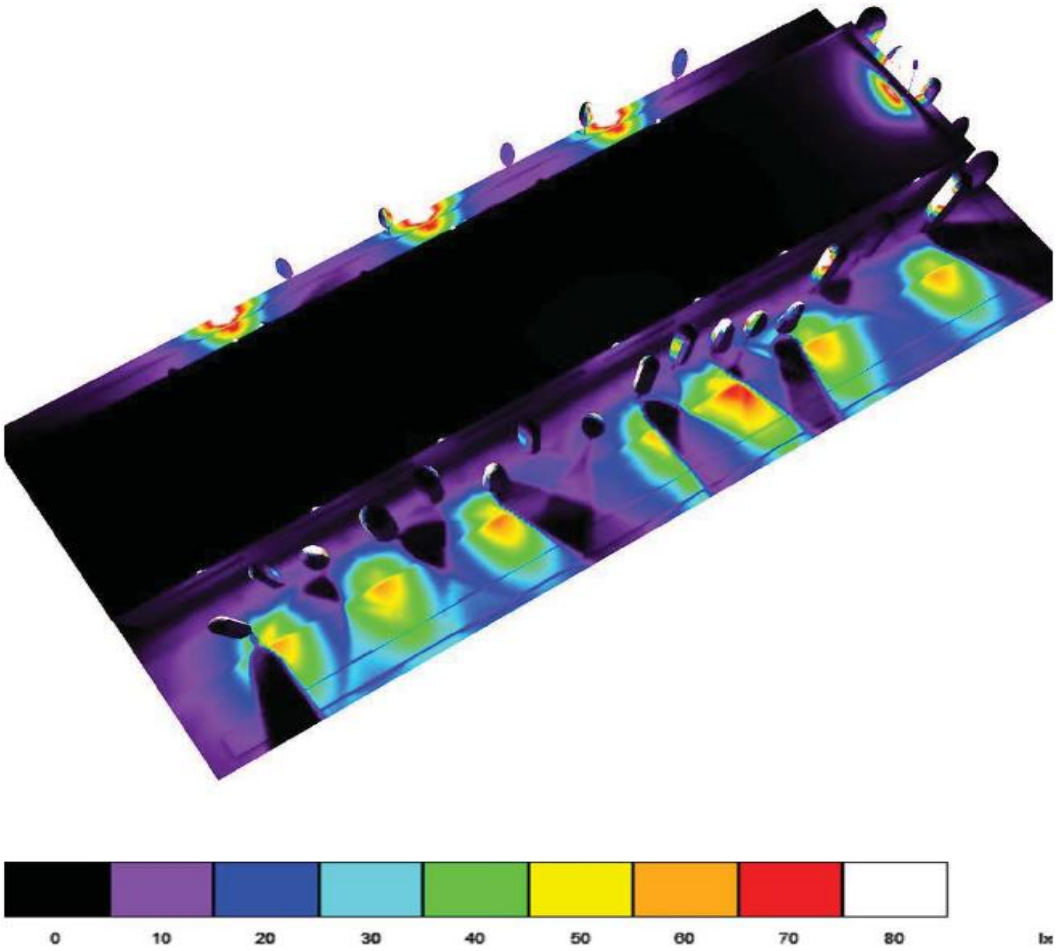


FIGURA 36. Colores Falsos de la Escuela de Ingeniería Química Sistema Propuesto.

4.3.3.2. Sistema Propuesto.

La propuesta inicial fue el diseño original que consta de ocho (8) luminarias suspendidas por brazos del tipo látigo sencillo "Philips BGP323 T35 1xGRN196-2S/740 DM" (Ver Anexo 18), ubicadas como se muestra en la figura 37, sin lograr

los niveles planteados por la Norma COVENIN 3290 [5] , ya que dos superficies de cálculo no obtuvieron el resultado necesario, por esta razón se plantea una modificación que consistió en incrementar a nueve (9) las luminarias, pero no se consiguió satisfacer los requerimientos, manteniendo deficiente el paso peatonal cercano al Decanato, por tal motivo se incrementaron las luminarias agregando dos (2) debido a que esta zona tiene un nivel alto de vegetación y esta situación repercute en los niveles de iluminación, para un total de once (11) luminarias distribuidas como se observa en la figura 38.

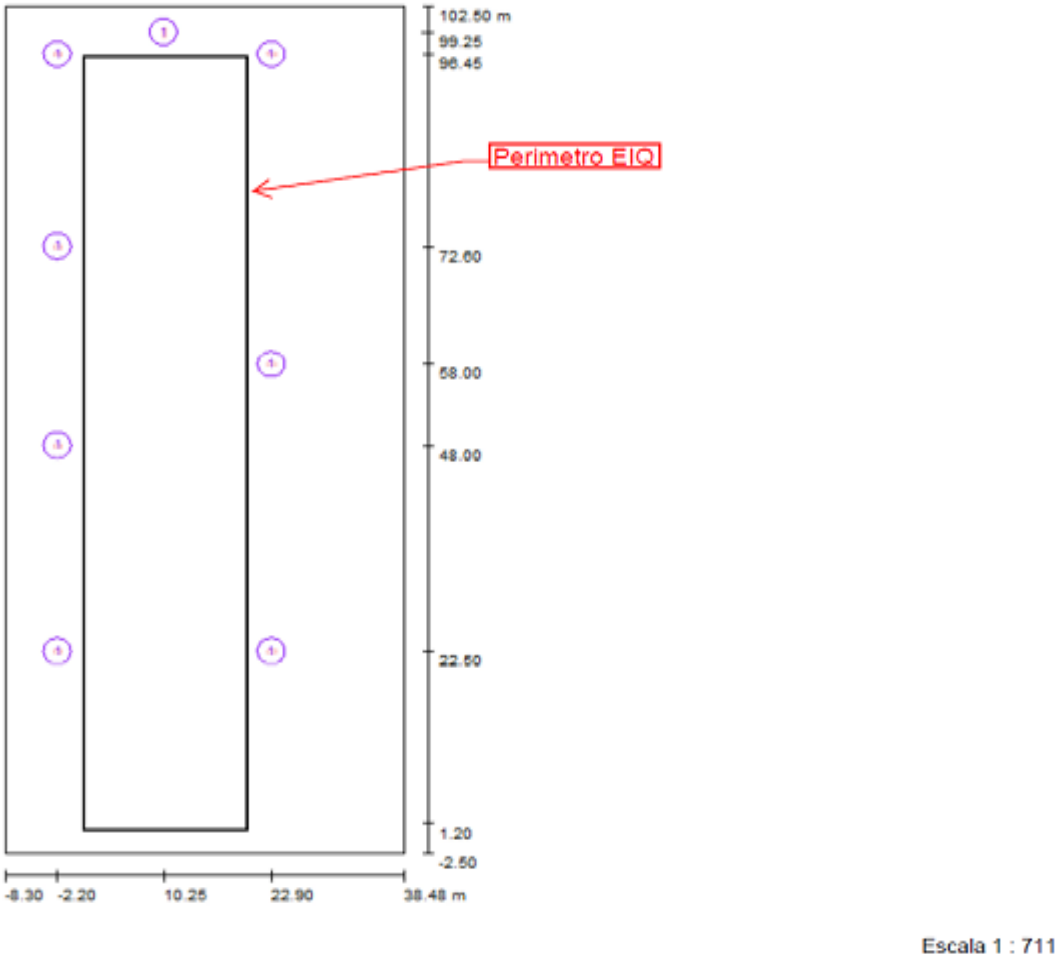


FIGURA 37. Ubicación de las Luminarias en la EIQ Diseño Original.

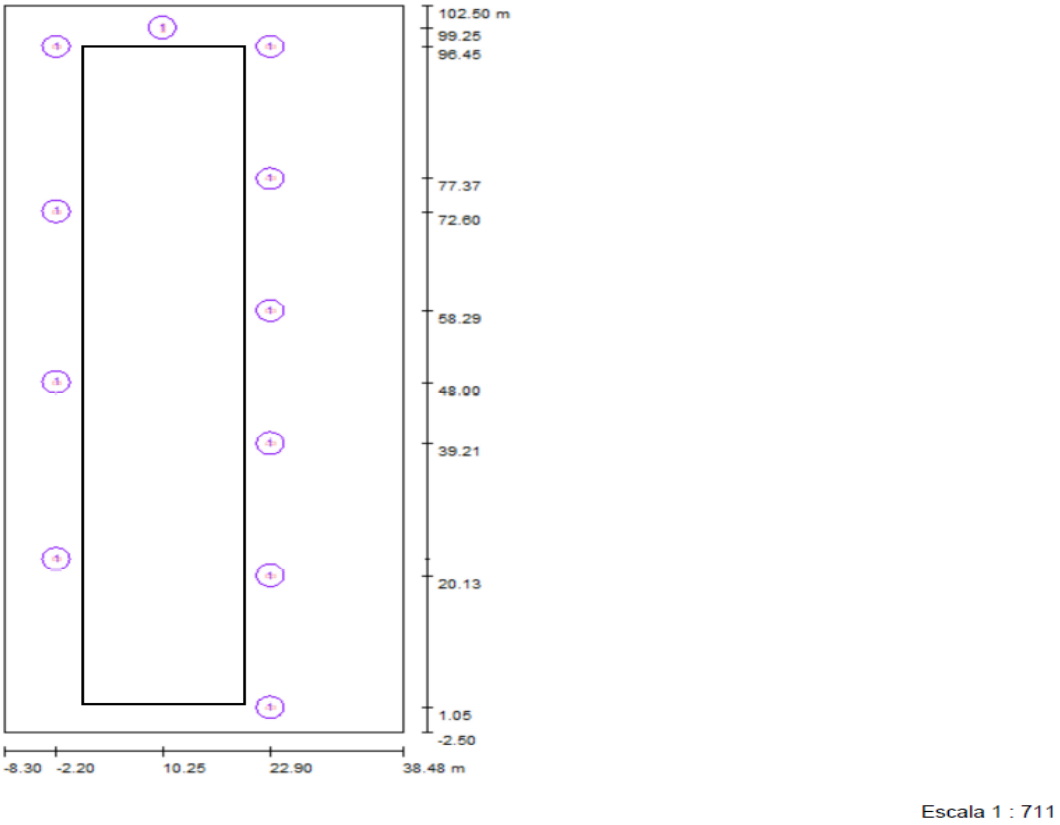


FIGURA 38. Ubicación de las Luminarias en la EIQ Sistema Propuesto.

Utilizando las superficies de cálculo mostrada en la figura 35 se lograron los siguientes resultados de iluminancias.

TABLA 13. Valores de Iluminancias en la EIQ Sistema Propuesto.

N°	Designación	Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]	U1 Emin/Em	U2 Emin/Emax
1	Superficie de cálculo 1	29(15)	20	38	0,697(0,2-0,3)	0,531
2	Superficie de cálculo 2	16(15)	8,48	24	0,543(0,2-0,3)	0,357
3	Superficie de cálculo 3	27(15)	5,43	39	0,204(0,2-0,3)	0,138

En esta oportunidad todas las superficies de cálculo cumplen con lo estipulado por la Norma COVENIN 3290 [5], ya que todos los valores están por encima de los márgenes anteriormente señalados.

La figura 39 muestra la escena del exterior de la Escuela de Ingeniería Química sistema propuesto, a través de la iluminación de los colores falsos.

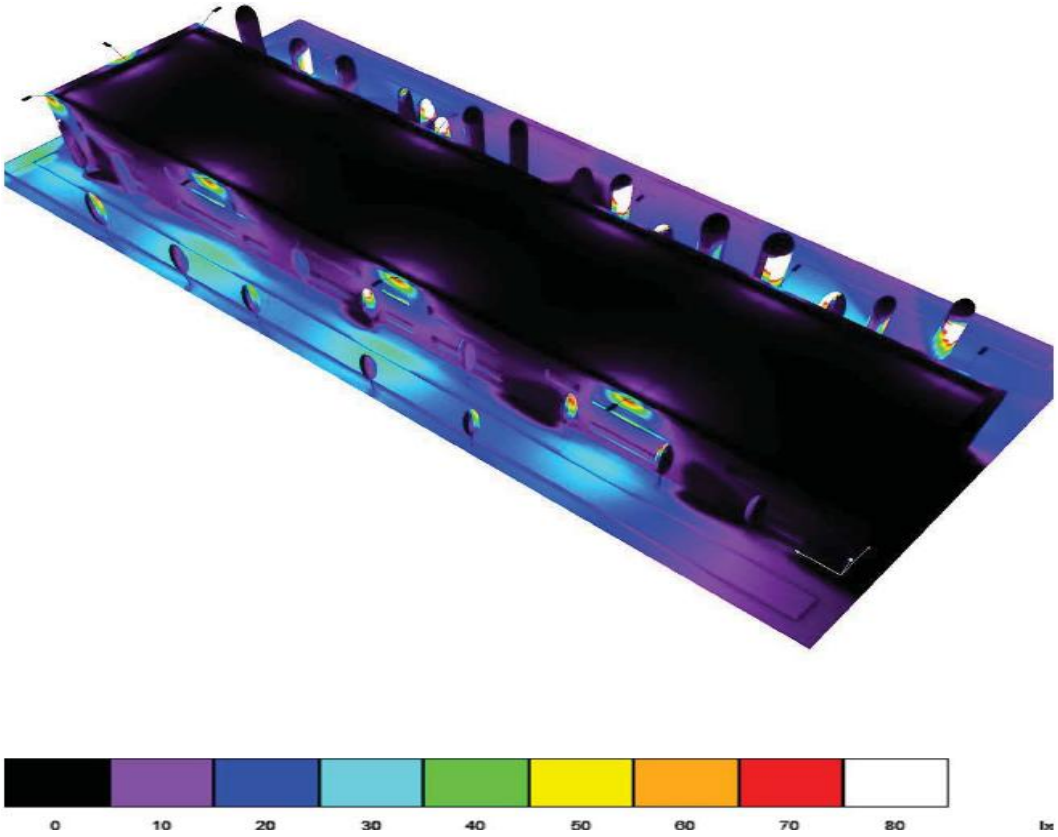


FIGURA 39. Colores Falsos de la Escuela de Ingeniería Química Sistema Propuesto.

4.4. Diseño del Sistema Fotovoltaico.

El sistema fotovoltaico autónomo de generación eléctrica, para ser implementado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, se diseño para operar a 24 V_{DC} y la radiación solar que se tomará en cuenta fue el promedio mensual más bajo que corresponde al mes de noviembre (4,3845 kW/(m^2.día)) datos medidos por la estación climatológica de la Ciudad Universitaria de Caracas en el periodo de 1973 a 2003 (Ver Anexo 24), la autonomía será de 2 días debido a que nos encontramos en un país tropical y la incidencia de los rayos solares es bastante constante, además la carga existente no es crítica.

4.4.1. Pasillo de Ingeniería.

- **Demanda de energía diaria.**

Para determinar la demanda de energía diaria se utiliza la ecuación 8.

$$D_{Energia} = \frac{N^o\,Lum * P_{Nom} * t}{\eta_{INV}}$$

$N^o\,Lum$ = 50 luminarias

P_{Nom} : 10 W (cada luminaria, según ENERSOLAR 600mm, Ver Anexo 8)

t : 11 horas diarias

η_{INV} : 0,9 (según Xantrex modelo PROsine 1000, Ver Anexo 25)

$$D_{Energia} = \frac{50*10*11}{0{,}9} = 6111{,}11 Wh/día$$

- **Estimación de la potencia nominal del generador fotovoltaico.**

La potencia nominal del generador fotovoltaico se obtiene utilizando la ecuación 9 como se muestra a continuación:

$$P_{Nom,G} = \frac{D_{Energia} * F_{SG}}{\left(G_{dm} / G_{CEM} \right)}$$

Donde:

F_{SG} = 1,25 (según el Instituto Madrileño de Formación IMF)

G_{dm} = 4384,5 W/(m^2.día) (radiación solar mas baja, Ver Anexo 24)

G_{CEM} : 1000 W/m^2 (Irradiancia en Condiciones Estándar de Medida CEM)

$$P_{Nom,G} = \frac{6111{,}11 * 1{,}25}{\left(4384{,}5 \diagup 1000\right)} = 1742{,}25Wp$$

Luego de realizar una primera estimación de la potencia nominal del generador, este debe configurarse mediante la asociación de paneles en serie y paralelo.

$$N_{Serie} = \frac{V_{Nom}}{V_{Nom,panel}} = \frac{24}{12} = 2$$

Donde:

V_{Nom}: 24 V

$V_{Nom,panel}$: 12 V (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

$$N_{Paralelo} = \frac{P_{Nom,G}}{N_{Serie} * P_{Nom,panel}} = \frac{1742{,}25}{2 * 205} = 4{,}25$$

Donde:

$P_{Nom,panel}$: 205 W (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

Como debe ser un número entero se configuran 5 ramas en paralelo de 2 paneles en serie cada una. Así, el generador fotovoltaico realmente configurado tiene una potencia nominal de:

$$P_{Nom,G} = N_{Paralelo} * N_{Serie} * P_{Nom,panel} = 5 * 2 * 205 = 2050Wp$$

- **Determinación de la Capacidad Nominal de la Batería.**

La capacidad nominal útil de la batería se determina a través de la ecuación 12.

$$C_{Nom,B} = \frac{D_{Energia} * N_{AUT}}{V_{Nom} * PD_{MAXI}}$$

Donde:

N_{AUT} : 2 días

PD_{MAXI} : 70 %

$$C_{Nom,B} = \frac{6111{,}11 * 2}{24 * 0{,}7} = 727{,}51Ah$$

El banco de baterías se configura a partir de la estimación anterior y se utilizarán baterías Duncan Solar Power de ciclo profundo modelo SP-200-12 que tienen C_{20}=200Ah a 12 V (Ver Anexo 27) por tal motivo el arreglo será dos conjuntos conectado en serie de cuatro (4) baterías en paralelo cada uno, para un total de ocho (8) baterías en un arreglo serie paralelo. El cual tendrá una tensión de 24 V y una capacidad de 800Ah este ligero incremento respecto a lo previsto puede ser positivo considerando el envejecimiento posterior de los acumuladores.

- **Elección del Controlador de Carga.**

El controlador de carga se elige para soportar la máxima corriente de circulación en la parte de generación, esta corriente se determinan mediante la ecuación 13.

$$I_{Controlado,} \geq 1{,}25 * N_{Paralelo} * I_{SC}$$

Donde:

I_{SC} : 11,93 A (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

$$I_{Controlado,} \geq 1{,}25 * 5 * 11{,}93 = 74{,}56A$$

Se decide utilizar reguladores de carga Yake Solar, porque los equipos son de alto rendimiento y la empresa tiene una distribuidora ubicada en el país, este fabricante posee un controlador capaz de soportar 80 A, que es el regulador, modelo FM-80 (Ver Anexo 28), que será el utilizado en esta fase.

- **Elección del Inversor.**

El inversor elegido debe proporcionar la potencia consumida por la carga y se determinada mediante la ecuación 14.

$$P_{Inversor} = \frac{1{,}05 * \sum P_C}{\eta_{INV}} = \frac{1{,}05 * 500}{0{,}9} = 583{,}33W$$

Se selecciona el inversor Xantrex PROsine 1000 (Ver Anexo 25) que proporciona la potencia requerida y con tensión de salida de 120 V_{AC}

- **Cableado del Sistema.**

Los diez (10) paneles que conforman este arreglo conforman un (1) grupo de cinco (5) ramas de paneles en paralelo y cada rama de dos (2) paneles en serie.

- ***Cableado entre Paneles.***

La corriente de cortocircuito de los paneles corregida se determina mediante la siguiente ecuación:

$$I_{Panel} = 1{,}25 * I_{SC} = 1{,}25 * 11{,}93 = 14{,}91A$$

Donde:

I_{SC}: 11,93 A (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

La Ampacidad requerida de los conductores que conectan los paneles sin corregir se determina de la siguiente manera.

$$A_{Panel,requerida} \geq 1{,}25 * I_{Panel} \geq 1{,}25 * 14{,}91 \geq 18{,}64A$$

La ampacidad sin corregir de los conductores que conectan los paneles debe ser mayor o igual a 18,64 A. Según la Tabla 310.16 del C.E.N la capacidad del cable USE-2 calibre 12 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C es de 30 A. A este valor hay que aplicarle el factor de corrección por número de conductores en el tubo (0,8) resultando:

$$A_{Panel,Corregida} = 30 * 0{,}8 = 24A$$

Este valor es mayor que la ampacidad requerida, por lo que se utilizara este calibre de conductor (12 AWG) para realizar las conexiones entre los paneles y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de ¾ pulgadas.

- ***Cableado desde los Paneles al Controlador y desde el Controlador a las Baterías.***

A continuación se presentan los cálculos para dimensionar el cable que recoge la corriente de las cinco (5) ramas en paralelo de dos paneles en serie y la lleva hasta el controlador de carga, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$I_{Panel,controlador} = 1{,}25 * N_{ramas} * I_{SC} = 1{,}25 * 5 * 11{,}93 = 74{,}56A$$

La ampacidad requerida de los conductores que conectan los paneles al controlador sin corregir se determina de la siguiente manera.

$$A_{Panel,requerida} \geq 1{,}25 * I_{Panel,controlador} \geq 1{,}25 * 74{,}56 \geq 93{,}2A$$

La ampacidad sin corregir de los conductores que transportan la corriente de las 4 ramas debe se mayor igual 93,2 A. Según la Tabla 310.16 del C.E.N la capacidad del cable USE-2 calibre 2 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C es de 130 A. A este valor hay que aplicarle los factores de corrección por número de conductores en el tubo (0,8) resultando:

$$A_{Panel,Corregida} = 130 * 0{,}8 = 104A$$

Este valor es mayor que la ampacidad requerida, por lo que se utilizara este calibre de conductor (2 AWG) para realizar las conexiones entre los paneles y el controlador. Este mismo conductor llevara la corriente desde el controlador de carga hasta las baterías y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de 1 ½ pulgadas.

- ***Dispositivos de sobrecorriente asociados a los paneles y controladores de carga.***

Para cada panel se utilizara fusibles extraíbles, la capacidad de corriente de estos fusibles se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_{Fusible,panel} \geq A_{Panel,Corregida} \geq 20{,}88A$$

Se utilizaran fusibles de 25A para proteger los paneles por ser este el régimen de corriente normalizad inmediatamente superior.

Para la protección de los controladores se instalarán breakers tanto en la salida como a la entrada

$$I_{Breakers,controlador} \geq I_{Panel,controlador} = 74{,}56A$$

Se utilizaran breakers de 75A para proteger los paneles por ser este el régimen de corriente normalizad inmediatamente superior.

- ***Cableado y protección del Inversor.***

La ampacidad de los cables y dispositivos de sobrecorrientes asociados a la entrada DC del inversor, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_{DC} = \frac{P_{INV}}{V_{\min} * \eta_{INV}}$$

Donde:

P_{INV} : 1000 W (según Xantrex modelo PROsine 1000, Ver Anexo 25)

$V_{\min}$: 20 V (según Xantrex modelo PROsine 1000, Ver Anexo 25)

η_{INV} : 0,9 (según Xantrex modelo PROsine 1000, Ver Anexo 25)

$$I_{DC} = \frac{1000}{20 * 0{,}9} = 55{,}56A$$

La Ampacidad requerida de los conductores del inversor.

$$A_{Panel,requerida} \geq 1{,}25 * I_{DC} \geq 1{,}25 * 55{,}56 \geq 69{,}45A$$

El calculo del cableado del inversor se realizo suponiendo que el mismo estaría cargado a su capacidad nominal (1000W). Para la conexión entre el inversor y las baterías se utilizaran conductores USE-2 calibre 6 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C su ampacidad es de 75 A, y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de 1 ¼ pulgadas.

Para proteger tanto al conductor como al banco de baterías se utilizara un breaker de 60 A, por ser este el régimen de corriente normalizado inmediatamente superior a la máxima corriente que es capaz de entregar el inversor en régimen continuo. Dichos elementos deben estar especificados para funcionamiento continuo al 100% de su régimen.

4.4.2. Exterior Escuela de Ingeniería Eléctrica

Para los cálculos de la EIE son usadas las mismas ecuaciones empleadas en el modelo del pasillo de ingeniería pero el procedimiento de igual forma se detalla a continuación:

- **Demanda de energía diaria.**

Para determinar la demanda de energía diaria se utiliza la ecuación 8 modificada ya que se utilizan dos tipos de luminarias.

$$D_{Energia} = \frac{\left(N^{o}\,Lum,1 * P_{Nom,1} + N^{o}\,Lum,2 * P_{Nom,2}\right) * t}{\eta_{INV}}$$

Donde:

$N^{o}\,Lum,1$= 6 luminarias

$N^{o}\,Lum,2$ = 1 luminaria

$P_{Nom,1}$: 110 W (cada luminaria, según Philips Speedstar BGP321, Ver Anexo 19)

$P_{Nom,2}$: 250 W (según Philips iW Reach Powercore, Ver Anexo 18)

t: 11 horas diarias

η_{INV}: 0,9 (según Falcon modelo AC-1500W-24V, Ver Anexo 29)

$$D_{Energia} = \frac{(6*110 + 1*250)*11}{0,9} = 11122,22 Wh/dia$$

- **Estimación de la potencia nominal del generador fotovoltaico.**

La potencia nominal del generador fotovoltaico se obtiene utilizando la expresión:

$$P_{Nom,G} = \frac{D_{Energia} * F_{SG}}{\left(G_{dm} / G_{CEM} \right)}$$

Donde:

F_{SG} = 1,25 (según el Instituto Madrileño de Formación IMF)

G_{dm} = 4384,5 W/m^2*día (radiación solar mas baja, Ver Anexo 24)

G_{CEM} : 1000 W/m^2 (Irradiancia en Condiciones Estándar de Medida CEM).

$$P_{Nom,G} = \frac{11122,22*1,25}{\left(4384,5 / 1000 \right)} = 3170,89 Wp$$

Luego de realizar una primera estimación de la potencia nominal del generador, este debe configurarse mediante la asociación de paneles en serie y paralelo.

$$N_{Serie} = \frac{V_{Nom}}{V_{Nom,panel}} = \frac{24}{12} = 2$$

Donde:

V_{Nom}: 24 V

$V_{Nom,panel}$: 12 V (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

$$N_{Paralelo} = \frac{P_{Nom,G}}{N_{Serie} * P_{Nom,panel}} = \frac{3170,89}{2 * 205} = 7,73$$

Donde:

$P_{Nom,panel}$: 205 W (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

Como debe ser un número entero se configuran 8 ramas en paralelo de 2 paneles en serie cada una. Así, el generador fotovoltaico realmente configurado tiene una potencia nominal de:

$$P_{Nom,G} = N_{Paralelo} * N_{Serie} * P_{Nom,panel} = 8 * 2 * 205 = 3280Wp$$

- **Determinación de la Capacidad Nominal de la Batería.**

La capacidad nominal útil de la batería se determina a través de la ecuación 12.

$$C_{Nom,B} = \frac{D_{Energia} * N_{AUT}}{V_{Nom} * PD_{MAXI}}$$

Donde:

N_{AUT} : 2 días

PD_{MAXI} : 70 %

$$C_{Nom,B} = \frac{11122,22 * 2}{24 * 0,7} = 1324,07Ah$$

El banco de baterías se configura a partir de la anterior estimación y se utilizara baterías Duncan Solar Power modelo SP-200-12 que tienen C_{20}=200Ah a 12 V (Ver Anexo 27), por tal motivo el arreglo será dos conjuntos conectado en serie de siete (7) baterías en paralelo cada uno, para un total de catorce (14) baterías en un

arreglo serie paralelo. El cual tendrá una tensión de 24 V y una capacidad de 1400 Ah este ligero incremento respecto a lo previsto puede ser positivo considerando el envejecimiento posterior de los acumuladores.

- **Elección del Controlador de Carga.**

El controlador de carga se elige para soportar la máxima corriente de circulación en la parte de generación, esta corriente se determinan mediante la siguiente ecuación.

$$I_{Controlador,G} \geq 1{,}25 * N_{Paralelo} * I_{SC}$$

Donde:

I_{SC}: 11,93 A (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

$$I_{Controlador} \geq 1{,}25 * 8 * 11{,}93 = 119{,}3A$$

El fabricante de reguladores de carga Yake Solar, no posee un controlador capaz de soportar los 119,3 A; por esta razón se eligen dos reguladores, modelo FM-60 (Ver Anexo 28), conectado a cuatro (4) ramas de paneles en paralelo cada uno y la corriente que circulara por cada regulador es:

$$I_{Controlador} \geq 1{,}25 * 4 * 11{,}93 = 59{,}65A$$

- **Elección del Inversor.**

El inversor elegido debe proporcionar la potencia consumida por la carga y se determinan mediante las siguientes ecuaciones.

$$P_{Inversor} = \frac{1{,}05 * \sum P_C}{\eta_{INV}} = \frac{1{,}05 * 910}{0{,}9} = 1061{,}67W$$

Se selecciona el siguiente inversor Falcon modelo AC-1500W-24V (Ver Anexo 29), debido a que tiene una potencia nominal de 1500W superior a la calculada y una tensión de salida de $230V_{AC}$ debido a que las luminarias que serán instaladas trabajan a esa tensión.

- **Cableado del Sistema.**

Los dieciséis (16) paneles que conforman este arreglo se van a distribuir en dos (2) grupos de cuatro (4) ramas de paneles en paralelo y cada rama de dos (2) paneles en serie.

- ***Cableado entre Paneles.***

La corriente de cortocircuito de los paneles corregida se determina mediante la siguiente ecuación:

$$I_{Panel} = 1{,}25 * I_{SC} = 1{,}25 * 11{,}93 = 14{,}91A$$

Donde:

I_{SC}: 11,93 A (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

La Ampacidad requerida de los conductores que conectan los paneles sin corregir se determina de la siguiente manera.

$$A_{Panel,requerida} \geq 1{,}25 * I_{Panel} \geq 1{,}25 * 14{,}91 \geq 18{,}64A$$

La ampacidad sin corregir de los conductores que conectan los paneles debe ser mayor o igual a 18,64 A. Según la Tabla 310.16 del C.E.N la capacidad del cable

USE-2 calibre 12 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C es de 30 A. A este valor hay que aplicarle el factor de corrección por número de conductores en el tubo (0,8) resultando:

$$A_{Panel,Corregida} = 30 * 0{,}8 = 24A$$

Este valor es mayor que la ampacidad requerida, por lo que se utilizará este calibre de conductor (12 AWG) para realizar las conexiones entre los paneles y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de ¾ pulgadas.

- ***Cableado desde los Paneles al Controlador y desde el Controlador a las Baterías.***

A continuación se presentan los cálculos para dimensionar el cable que recoge la corriente de las cuatro (4) ramas en paralelo de dos paneles en serie y la lleva hasta uno de los controladores de carga, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$I_{Panel,controlador} = 1{,}25 * N_{ramas} * I_{SC} = 1{,}25 * 4 * 11{,}93 = 59{,}65A$$

La Ampacidad requerida de los conductores que conectan los paneles al controlador sin corregir se determina de la siguiente manera.

$$A_{Panel,requerida} \geq 1{,}25 * I_{Panel,controlador} \geq 1{,}25 * 59{,}65 \geq 74{,}56A$$

La ampacidad sin corregir de los conductores que transportan la corriente de las 4 ramas debe se mayor igual 74,56 A. Según la Tabla 310.16 del C.E.N la capacidad del cable USE-2 calibre 4 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C es de 95 A. A este valor hay que aplicarle los factores de corrección por número de conductores en el tubo (0,8) resultando:

$$A_{Panel,Corregida} = 95 * 0{,}8 = 76A$$

Este valor es mayor que la ampacidad requerida, por lo que se utilizara este calibre de conductor (4 AWG) para realizar las conexiones entre los paneles y el controlador. Este mismo conductor llevara la corriente desde el controlador de carga hasta las baterías y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de 1 ½ pulgadas.

- ***Dispositivos de sobrecorriente asociados a los paneles y controladores de carga.***

Para cada panel se utilizara fusibles extraíbles, la capacidad de corriente de estos fusibles se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_{Fusible,panel} \geq A_{Panel,Corregida} \geq 20{,}88A$$

Se utilizaran fusibles de 25A para proteger los paneles por ser este el régimen de corriente normalizad inmediatamente superior.

Para la protección de los controladores se instalarán breakers tanto en la salida como a la entrada

$$I_{Breakers,controlador} \geq I_{Panel,controlador} = 59{,}65A$$

Se utilizaran breakers de 60A para proteger los paneles por ser este el régimen de corriente normalizad inmediatamente superior.

- ***Cableado y protección del Inversor.***

La ampacidad de los cables y dispositivos de sobrecorrientes asociados a la entrada DC del inversor, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_{DC} = \frac{P_{INV}}{V_{\min} * \eta_{INV}}$$

Donde:

P_{INV} : 1500 W (según Falcon modelo AC-1500W-24V, Ver Anexo 29)

$V_{\min}$: 21 V (según Falcon modelo AC-1500W-24V, Ver Anexo 29)

η_{INV} : 0,9 (según Falcon modelo AC-1500W-24V, Ver Anexo 29)

$$I_{DC} = \frac{1500}{21 * 0{,}9} = 79{,}37A$$

La Ampacidad requerida de los conductores del inversor.

$$A_{Panel,requerida} \geq 1{,}25 * I_{DC} \geq 1{,}25 * 79{,}37 \geq 99{,}21A$$

El calculo del cableado del inversor se realizo suponiendo que el mismo estaría cargado a su capacidad nominal (1500W) si bien las luminarias no consumen la totalidad de este valor, se realizo para garantizar que se podrá utilizar toda la capacidad disponible del inversor en caso que se requiera alimentar una carga distinta. Para la conexión entre el inversor y las baterías se utilizaran conductores USE-2 calibre 2 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C su ampacidad es de 130 A y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de 1 ½ pulgadas.

Para proteger tanto al conductor como al banco de baterías se utilizara un breaker de 100 A, por ser este el régimen de corriente normalizado inmediatamente superior a la máxima corriente que es capaz de entregar el inversor en régimen continuo. Dichos elementos deben estar especificados para funcionamiento continuo al 100% de su régimen.

4.4.3. Exterior Escuela de Ingeniería Química.

Para los cálculos de la EIQ son usadas las mismas ecuaciones empleadas en el modelo de los casos anteriores pero el procedimiento de igual forma se detalla a continuación:

- **Demanda de energía diaria.**

Para determinar la demanda de energía diaria se utiliza la ecuación 8.

$$D_{Energia} = \frac{N^{o}\,Lum * P_{Nom} * t}{\eta_{INV}}$$

Donde:

$N^{o}\,Lum$ = 11 luminarias

P_{Nom} : 110 W (cada luminaria, según Philips Speedstar BGP321, Ver Anexo 19)

t : 11 horas diarias

η_{INV} : 0,9 (según Falcon modelo AC-1500W-24V, Ver Anexo 29)

$$D_{Energia} = \frac{11 * 110 * 11}{0{,}9} = 14788{,}89 Wh / dia$$

- **Estimación de la potencia nominal del generador fotovoltaico.**

La potencia nominal del generador fotovoltaico se obtiene de la siguiente expresión:

$$P_{Nom,G} = \frac{D_{Energia} * F_{SG}}{\left(G_{dm} / G_{CEM} \right)}$$

Donde:

F_{SG} = 1,25 (según el Instituto Madrileño de Formación IMF)

G_{dm} = 4384,5 W/m^2*día (radiación solar mas baja, Ver Anexo 24)

G_{CEM} : 1000 W/m^2 (Irradiancia en Condiciones Estándar de Medida CEM)

$$P_{Nom,G} = \frac{14788,89 * 125}{\left(4384,5 / 1000 \right)} = 4216,24 Wp$$

Luego de realizar una primera estimación de la potencia nominal del generador, este debe configurarse mediante la asociación de paneles en serie y paralelo.

$$N_{Serie} = \frac{V_{Nom}}{V_{Nom,panel}} = \frac{24}{12} = 2$$

Donde:

V_{Nom}: 24 V

$V_{Nom,panel}$: 12 V (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

$$N_{Paralelo} = \frac{P_{Nom,G}}{N_{Serie} * P_{Nom,panel}} = \frac{4216,24}{2 * 205} = 10,28$$

Donde:

$P_{Nom,panel}$: 205 W (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

Como debe ser un número entero se configuran once (11) ramas en paralelo de 2 paneles en serie cada una. Así, el generador fotovoltaico realmente configurado tiene una potencia nominal de:

$$P_{Nom,G} = N_{Paralelo} * N_{Serie} * P_{Nom,panel} = 11 * 2 * 205 = 4510Wp$$

- **Determinación de la Capacidad Nominal de la Batería.**

La capacidad nominal útil de la batería se determina a través de la ecuación 12.

$$C_{Nom,B} = \frac{D_{Energia} * N_{AUT}}{V_{Nom} * PD_{MAXI}}$$

Donde:

N_{AUT} : 2 días

PD_{MAXI} : 70 %

$$C_{Nom,B} = \frac{14788,89 * 2}{24 * 0,7} = 1760,58Ah$$

El banco de baterías se configura a partir de la anterior estimación y se utilizara baterías Duncan Solar Power modelo SP-200-12 que tienen C_{20}=200Ah a 12 V (Ver Anexo 27), por tal motivo el arreglo será dos conjuntos conectado en serie de nueve (9) baterías en paralelo cada uno, para un total de dieciocho (18) baterías en un arreglo serie paralelo. El cual tendrá una tensión de 24 V y una capacidad de 1800 Ah.

- **Elección del Controlador de Carga.**

El controlador de carga se elige para soportar la máxima corriente de circulación tanto en la parte de generación como en la de carga, estas corrientes se determinan mediantes las siguientes ecuaciones.

$$I_{Controlador,G} \geq 1{,}25 * N_{Paralelo} * I_{SC}$$

Donde:

I_{SC}: 11,93 A (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

$$I_{Controlador,G} \geq 1{,}25 * 11 * 11{,}93 = 164{,}04A$$

Se elige tres reguladores de carga Yake Solar, modelo FM-60 conectado dos de ellos a cuatro (4) ramas de paneles en paralelo y el otro a tres (3) ramas de paneles en paralelo, la corriente que circulara por cada regulador es:

$$I_{Controlador1y2} \geq 1{,}25 * 4 * 11{,}93 = 59{,}65A$$

$$I_{Controlador3} \geq 1{,}25 * 3 * 11{,}93 = 44{,}74A$$

- **Elección del Inversor.**

El inversor elegido debe proporcionar la potencia consumida por la carga y se determinan mediante las siguientes ecuaciones.

$$P_{Inversor} = \frac{1{,}05 * \sum P_C}{\eta_{INV}} = \frac{1{,}05 * 1210}{0{,}9} = 1411{,}67W$$

Se selecciona el siguiente inversor Falcon modelo AC-1500W-24V debido a que tiene una potencia nominal de 1500W superior a la calculada y una tensión de salida de $230V_{AC}$ que es la tensión de alimentación de las luminarias que serán instaladas.

- **Cableado del Sistema.**

Los veintidós (22) paneles que conforman este arreglo se van a distribuir en tres (3) grupos, dos (2) de cuatro (4) ramas de paneles en paralelo y uno (1) de tres (3) ramas en paralelo y cada rama de dos (2) paneles en serie.

- ***Cableado entre Paneles.***

La corriente de cortocircuito de los paneles corregida se determina mediante la siguiente ecuación:

$$I_{Panel} = 1{,}25 * I_{SC} = 1{,}25 * 11{,}93 = 14{,}91A$$

Donde:

I_{SC}: 11,93 A (según paneles Yake Solar Modelo SUN-205-12, Ver Anexo 26)

La Ampacidad requerida de los conductores que conectan los paneles sin corregir se determina de la siguiente manera.

$$A_{Panel,requerida} \geq 1{,}25 * I_{Panel} \geq 1{,}25 * 14{,}91 \geq 18{,}64A$$

La ampacidad sin corregir de los conductores que conectan los paneles debe ser mayor o igual a 18,64 A. Según la Tabla 310.16 del C.E.N la capacidad del cable USE-2 calibre 12 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30

°C es de 30 A. A este valor hay que aplicarle el factor de corrección por número de conductores en el tubo (0,8) resultando:

$$A_{Panel,Corregida} = 30 * 0{,}8 = 24A$$

Este valor es mayor que la ampacidad requerida, por lo que se utilizará este calibre de conductor (12 AWG) para realizar las conexiones entre los paneles y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de ¾ pulgadas.

- ***Cableado desde los Paneles al Controlador y desde el Controlador a las Baterías.***

A continuación se presentan los cálculos para dimensionar el cable que recoge la corriente de las cuatro (4) ramas en paralelo de dos paneles en serie y la lleva hasta los controladores de carga, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$I_{Panel,controlado1,2} = 1{,}25 * N_{ramas} * I_{SC} = 1{,}25 * 4 * 11{,}93 = 59{,}65A$$

La Ampacidad requerida de los conductores que conectan los paneles al controlador sin corregir se determina de la siguiente manera.

$$A_{Panel,requerida1,2} \geq 1{,}25 * I_{Panel,controlado1,2} \geq 1{,}25 * 59{,}65 \geq 74{,}56A$$

La ampacidad sin corregir de los conductores que transportan la corriente de las 4 ramas debe se mayor igual 74,56 A. Según la Tabla 310.16 del C.E.N la capacidad del cable USE-2 calibre 4 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C es de 95 A. A este valor hay que aplicarle los factores de corrección por número de conductores en el tubo (0,8) resultando:

$$A_{Panel,Corregida} = 95 * 0{,}8 = 76A$$

Este valor es mayor que la ampacidad requerida, por lo que se utilizara este calibre de conductor (4 AWG) para realizar las conexiones entre los paneles y el controlador. Este mismo conductor llevara la corriente desde el controlador de carga hasta las baterías y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de 1 ½ pulgadas.

La corriente de las tres (3) ramas en paralelo, que circulará hasta uno de los controladores de carga, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$I_{Panel,controlado3} = 1{,}25 * N_{ramas} * I_{SC} = 1{,}25 * 3 * 11{,}93 = 44{,}74A$$

La Ampacidad requerida de los conductores que conectan los paneles al controlador sin corregir se determina de la siguiente manera.

$$A_{Panel,requerida3} \geq 1{,}25 * I_{Panel,controlado3} \geq 1{,}25 * 44{,}74 \geq 55{,}93A$$

La ampacidad sin corregir de los conductores que transportan la corriente de las 3 ramas debe se mayor igual 55,93 A. Según la Tabla 310.16 del C.E.N la capacidad del cable USE-2 calibre 6 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C es de 75 A. A este valor hay que aplicarle los factores de corrección por número de conductores en el tubo (0,8) resultando:

$$A_{Panel,Corregida} = 75 * 0{,}8 = 60A$$

Este valor es mayor que la ampacidad requerida, por lo que se utilizara este calibre de conductor (6 AWG) para realizar las conexiones entre los paneles y el controlador. Este mismo conductor llevara la corriente desde el controlador de carga

hasta las baterías y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de 1 ¼ pulgadas.

- ***Dispositivos de sobrecorriente asociados a los paneles y controladores de carga.***

Para cada panel se utilizara fusibles extraíbles, la capacidad de corriente de estos fusibles se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_{Fusible,panel} \geq A_{Panel,Corregida} \geq 20{,}88A$$

Se utilizaran fusibles de 25A para proteger los paneles por ser este el régimen de corriente normalizado inmediatamente superior.

Para la protección de los controladores 1 y 2 se instalarán breakers tanto en la salida como a la entrada

$$I_{Breakers,controlado1,2} \geq I_{Panel,controlado1,2} = 59{,}65A$$

Se utilizaran breakers de 60A para proteger los paneles por ser este el régimen de corriente normalizad inmediatamente superior.

Para la protección del controlador 3 se instalarán breakers tanto en la salida como a la entrada

$$I_{Breakers,controlado3} \geq I_{Panel,controlado3} = 44{,}74A$$

Se utilizaran breakers de 50A para proteger los paneles por ser este el régimen de corriente normalizado inmediatamente superior.

- ***Cableado y protección del Inversor.***

La ampacidad de los cables y dispositivos de sobrecorrientes asociados a la entrada DC del inversor, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_{DC} = \frac{P_{INV}}{V_{\min} * \eta_{INV}}$$

Donde:

P_{INV} : 1500 W (según Falcon modelo AC-1500W-24V, Ver Anexo 29)

$V_{\min}$: 21 V (según Falcon modelo AC-1500W-24V, Ver Anexo 29)

η_{INV} : 0,9 (según Falcon modelo AC-1500W-24V, Ver Anexo 29)

$$I_{DC} = \frac{1500}{21 * 0{,}9} = 79{,}37A$$

La Ampacidad requerida de los conductores del inversor.

$$A_{Panel,requerida} \geq 1{,}25 * I_{DC} \geq 1{,}25 * 79{,}37 \geq 99{,}21A$$

El calculo del cableado del inversor se realizo suponiendo que el mismo estaría cargado a su capacidad nominal (1500W) si bien las luminarias no consumen la totalidad de este valor, se realizo para garantizar que se podrá utilizar toda la capacidad disponible del inversor en caso que se requiera alimentar una carga distinta. Para la conexión entre el inversor y las baterías se utilizaran conductores USE-2 calibre 2 AWG con aislamiento de 90 °C a una temperatura ambiente de 30 °C su ampacidad es de 130 A y la tubería que se debe utilizar es del tipo Conduit de 1 ½ pulgadas.

Para proteger tanto al conductor como al banco de baterías se utilizara un breaker de 100 A, por ser este el régimen de corriente normalizado inmediatamente superior a la máxima corriente que es capaz de entregar el inversor en régimen continuo. Dichos elementos deben estar especificados para funcionamiento continuo al 100% de su régimen.

4.5. Luminarias de tecnología HP-LED.

Las luminarias de tecnología LED elegidas para el sistema propuesto, tanto para interiores como para exteriores, son de alta eficiencia lumínica y de mayor vida útil que las luminarias convencionales que actualmente están en uso, siendo estos dos valores los tomados en cuenta como criterio de selección de dichas luminarias, las características más relevantes se pueden observar en los anexos 8, 18 y 19.

4.6. Estimación de Costo.

Para la estimación se realizó un cálculo aproximado del costo del sistema propuesto para la obtención de los equipos antes expuestos; esto se efectuó consultando diversos fabricantes, proveedores y distribuidores de acuerdo a los equipos seleccionados.

En los casos en donde el precio del equipo fue proporcionado en moneda extranjera se efectuó la conversión a fin de mostrar su equivalente en moneda nacional, adicionándole un porcentaje de 50% de la tasa de cambio que incluyen envío e impuestos por nacionalización del producto según las regulaciones de ley actuales en nuestro país.

El propósito de esta tabla es definir cuál sería el monto requerido para la implementación del sistema de iluminación LED, alimentado por energía

fotovoltaica, esto no representa un presupuesto formal pues el criterio de obtención de los precios de algunos productos (inversores y luminarias) resultó de promedios relativos obtenidos de páginas web de proveedores internacionales y los precios están sujetos a variaciones con respecto al tiempo. Adicionalmente hay que acotar que los montos obtenidos no incluyen gastos por adquisición de material (cables, breakear, fusibles) y mano de obra para la implementación del sistema, debido a que los precios de estos recursos son variables a medida que pasa el tiempo pues se ven directamente afectados por los índices de inflación.

TABLA 14. Estimación de Costos por Equipos.

Equipos	Cant.	P.U. (US$)	Índice de reajuste y conversión	P.U. (BsF)	I.V.A.	Costo Total (BsF)
Paneles YSM-205-12	48	-	-	8.190,00	982,80	440.294,40
Baterías SP200-12	40	-	-	3.099,11	371,89	138.840,00
Regulador FM-60	5	-	-	7.410,00	889,20	41.496,00
Regulador FM-80	1	-	-	8.710,00	1.045,20	9.755,20
Inversor Prosine 1000	1	654,37	6,45	4.220,69	-	4.220,69
Inversor Falcon 1500	2	920,08	6,45	5.934,52	-	11.869,03
Luminaria SpeedStar	17	1650	6,45	10.642,50	-	180.922,50
Luminaria iW Reach	1	6000	6,45	38.700,00	-	38.700,00
Luminaria Enersolar	50	-	-	279,00	-	13.950,00
				Total		**880.047,82**

4.7. Determinación de Ahorro Energético

Para determinar el ahorro energético del sistema propuesto, se cálculo la potencia de consumo del sistema actual y se comparó al sistema propuesto. A continuación se muestra la siguiente tabla, la cantidad de luminarias y su respectiva potencia para determinar el consumo del Pasillo de Ingeniería y los exteriores de las Escuelas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Química.

TABLA 15. Consumo del Sistema de Iluminación Actual y Propuesto.

	Demanda	Luminaria	Cantidad	Potencia	Consumo
Sistema Actual	**Pasillo Ing.**	Osram	50	18W	900W
	EIE	Philips	5	400W	2000W
	EIQ	Philips	11	400W	4400W
Sistema Propuesto	**Pasillo Ing.**	Enersolar	50	10W	500W
	EIE	Philips	6	110W	910W
		Philips	1	250W	
	EIQ	Philips	11	110W	1210W

Como se puede observar en la tabla 20 el consumo del sistema de iluminación actual es de 7300W y el consumo que tendría el sistema de iluminación propuesto es de 2620W, lo que implica una reducción en la demanda del 64,11% con la implementación del sistema propuesto.

CONCLUSIONES

A continuación según los resultados obtenidos en el presente trabajo especial se plantean las siguientes conclusiones:

- Se detectó que los niveles de iluminación obtenidos en las zonas del pasillo de ingeniería y los exteriores de las Escuelas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Química son deficientes.

- En el pasillo de ingeniería se pudo observar que además de tener luminarias inoperativas, la falta de mantenimiento afecta directamente la iluminancia, trayendo como consecuencia bajos niveles de iluminación en el sitio.

- Se observó que en los exteriores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y de la Escuela de Ingeniería Química la iluminación es deficiente, debido a la gran cantidad de vegetación presente, y la distribución de las luminarias es inadecuada.

- Los cálculos determinados detectaron que en ciertas zonas del estudio no se cumple con los valores mínimos considerados en la norma Covenin 3290 los cuales son de carácter obligatorio.

- Al realizar el estudio para evaluar el sistema propuesto, utilizando como base la misma distribución de las luminarias del sistema actual se obtuvieron valores que satisfacen los criterios establecidos en la norma Covenin 3290 para el pasillo de ingeniería, sin embargo para los exteriores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y de la Escuela de Ingeniería Química los valores obtenidos no satisfacen los criterios establecidos en la misma debido a que la

distribución de las luminarias no es la adecuada y por esta razón se realizó una redistribución de las luminarias mediante el uso del software DIALux, hasta obtener los valores que satisfacen con los requerimientos establecidos en la normativa.

- El sistema fotovoltaico diseñado para la generación eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, fue establecido según los criterios de operación de 24 VDC, tomando en cuenta la radiación solar promedio mensual más baja correspondiente al mes de Noviembre según los datos de la estación climatológica de la Ciudad Universitaria de Caracas en el periodo de 1973 a 2003.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos del diseño del sistema de iluminación alimentado por fuentes alternas de energía se recomienda lo siguiente:

- Incrementar la frecuencia de mantenimiento de las luminarias existentes.

- Planificar y ejecutar procedimientos de arborización, a fin de disminuir las sombras provocadas por la vegetación en los exteriores de la EIE y EIQ.

- Implementar el sistema fotovoltaico diseñado para contribuir con la disminución del consumo eléctrico existente.

- Implementar la distribución de las luminarias del sistema propuesto para garantizar los niveles de iluminación requeridos según las normativas y regulaciones vigentes.

- Para la instalación de los paneles solares, es recomendable diseñar una estructura de metálica para cumplir con el ángulo de inclinación (15º) establecido en el diseño del sistema fotovoltaico.

- En la implementación del sistema fotovoltaico debe proteger el controlador (regulador de voltaje), el banco de baterías y los breakers de protección; mediante tableros eléctricos.

- Garantizar que la disposición de las baterías usadas sea mediante un ente recolector autorizado, a fin de minimizar el impacto ambiental causado por el plomo contenido en las mismas.

- Proteger con pintura anticorrosiva a los materiales de hierro que estarán en la intemperie.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Ereú, Miguel. Alumbrado Público. Criterios, Diseños y Recomendaciones, Caracas: SIAP-CIER, 2007.

[2] Laszlo, Carlos. Manual de Luminotecnia para interiores. [En Línea]. <http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF> [Consulta 2011].

[3] DIN 6169-1. Colour rendering; general terms, Beuth-Verlag, Berlín. 1976

[4] COVENIN 3126:1994. Alumbrado Público. Definiciones, Caracas. CODELECTRA, 1994.

[5] Rea, Mark S. The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition. Illuminating Engineering Society of America: New York, 2000.

[6] COVENIN 3290:1997. Alumbrado Público. Diseño, Caracas. CODELECTRA, 1997.

[7] DIALux 4 Núcleo de Cálculo, [en línea]. <http://www.dial.de/DIAL/fileadmin/download/dialux/wissen/Dx4_Rechenkern_eng.pdf > [consulta 2012].

[8] AENOR UNE-EN 12193. Iluminación de Instalaciones Deportivas, Madrid. España 2000.

[9] AENOR UNE-EN 12464-2. Iluminación de los Lugares de Trabajo, Lugares de Trabajo en exteriores, Madrid. España 2008.

[10] GmbH, DIAL. DIALUX versión 4.9., Manual de Usuario. Lüdenscheid, 2011.

[11] Formaselect Energías Renovables, [en línea]. <http://www.formaselect.com/areas-tematicas/energias-renovables/energia-solar.htm> [consulta 2011].

[12] Textos Científicos Celdas Solares, [en línea]. <http://www.textoscientificos.com/energia/celulas> [consulta 2011].

[13] Textos Científicos Paneles Fotovoltaicos, [en línea]. <http://www.textoscientificos.com/energia/paneles-fotovoltaicos> [consulta 2011].

[14] Sitiosolar. Portal de Energías Renovables, [en línea]. <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm> [consulta 2011].

[15] COVENIN 2249-93. Iluminancias en Tareas y Áreas de Trabajo, Caracas. CODELECTRA, 1993.

[16] FONDONORMA - NFT 200:2009. Código Eléctrico Nacional, Venezuela: Codelectra, 2009. Textos Científicos Celdas Solares, [en línea]. <http://www.textoscientificos.com/energia/celulas> [consulta 2012].

[17] Instituto Madrileño de Formación (IMF). Instalaciones Fotovoltaicas Autónomas.

[18] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red, Madrid: España, 2009

BIBLIOGRAFIA

COVENIN 3126:1994. Alumbrado Público. Definiciones, Caracas. CODELECTRA, 1994

COVENIN 3290:1997. Alumbrado Público. Diseño, Caracas. CODELECTRA, 1997

COVENIN 3625:2000. Alumbrado Público. Construcción, Caracas. CODELECTRA, 2000

COVENIN 2249-93. Iluminancias en Tareas y Áreas de Trabajo, Caracas. CODELECTRA, 1993

Ereú, Miguel. Alumbrado Público. Criterios, Diseños y Recomendaciones, Caracas: SIAP-CIER, 2007

DIN 6169-1. Colour rendering; general terms, Berlín. Beuth-Verlag, 1976

GmbH, DIAL. DIALUX versión 4.9. Manual de Usuario. Lüdenscheid, 2011

Rea, Mark S. The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition. Illuminating Engineering Society of America: New York, 2000.

DIALux 4 Núcleo de Cálculo, [en línea]. <http://www.dial.de/DIAL/fileadmin/download/dialux/wissen/Dx4_Rechenkern_eng.pdf > [consulta 2012].

AENOR UNE-EN 12193. Iluminación de Instalaciones Deportivas, Madrid. España 2000.

AENOR UNE-EN 12464-2. Iluminación de los Lugares de Trabajo, Lugares de Trabajo en exteriores, Madrid. España 2008.

Bermúdez, Gabriel. Especificaciones de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica usando Paneles Fotovoltaicos y Convertidores DC/AC, (Tesis).- Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2008

Instituto Madrileño de Formación (IMF). Instalaciones Fotovoltaicas Autónomas.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red, Madrid: España, 2009

Valbuena, Reinaldo. Evaluación de Energías Renovables en Venezuela Aplicadas a las Estaciones Radio Base Movilnet, (Tesis).- Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2011.

ANSI/IEEE Std. 1013-2007, IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems. New York, USA, 2007.

ANSI/IEEE Std. 1562-2007, IEEE Guide for Array and Battery Sizing in Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems. New York, USA, 2007.

FONDONORMA - NFT 200:2009. Código Eléctrico Nacional, Venezuela: Codelectra, 2009.

Philips, MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL [en línea]. <http://www.ecat.lighting.philips.co.uk/l/lamps/high-intensity-discharge-lamps/mh-hpi-metal-halide/master-hpi-plus/928074309830_eu/> [consulta 2011].

Obralux, EX - 08 [en línea]. <http://www.obralux.com/producto.asp-categoria=EX&ID=EX-08.htm> [consulta 2011].

Osram, L 18W/865 FLH1 [en línea]. <http://catalog.myosram.com/zb2b/b2b/start.do?browsername=mozilla%2F5.0%2520%2528windows%2520nt%25205.1%253B%2520rv%253A12.0%2529%2520gecko%2F20100101%2520firefox%2F12.0&browsermajor=5&browserminor=5> [consulta 2011].

Philips, TMS011 1xTL-D18W IP [en línea]. <http://www.ecat.lighting.philips.com/l/indoor-luminaires/battens/tms011/911400860180_eu/> [consulta 2012].

Philips, MASTER HPI-T Plus 400W/645 E40 1SL [en línea]. <http://www.ecat.lighting.philips.co.uk/l/lamps/high-intensity-discharge-lamps/mh-hpi-metal-halide/master-hpi-t-plus/928073709230_eu/> [consulta 2011].

Philips, SpeedStar [en línea]. <http://www.ecat.lighting.philips.com/l/led/functional-lighting/speedstar-bgp321/22488/cat/> [consulta 2011].

Philips, iW Reach Powercore [en línea]. <http://www.ecat.lighting.philips.es/l/led/iluminacion-por-proyeccion/iw-reach-powercore/55249/cat/> [consulta 2011].

Formaselect Energías Renovables, [en línea]. <http://www.formaselect.com/areas-tematicas/energias-renovables/energia-solar.htm> [consulta 2011].

Textos Científicos. Celdas Solares, [en línea]. <http://www.textoscientificos.com/energia/celulas> [consulta 2011].

Textos Científicos. Paneles Fotovoltaicos, [en línea]. <http://www.textoscientificos.com/energia/paneles-fotovoltaicos> [consulta 2011].

Sitiosolar. Portal de Energías Renovables, [en línea]. <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm> [consulta 2011].

Yake Solar, [en línea]. <http://www.yakesolar.com.ve> [consulta 2012].

Xantrex, Inversor Prosine 1000 [en línea]. <http://www.xantrex.com/power-products/power-inverters/prosine.aspx> [consulta 2012].

Falcon, Inversor AC-1500W-24 [en línea]. <http://www.falconradio.es/3028/imagenes/peques/Inversor+cargador_AC1500_12_24V_F.pdf> [consulta 2012].

Duncan, Baterías Solar Power [en línea]. <http://www.duncan.com.ve/pro_seguridad_solar.html> [consulta 2012].

ANEXOS

TMS011

TMS011 1xTL-D18W I P

TMS011 - 1 pc - MASTER TL-D - 18 W - Inductive - Clear prismatic

An indoor luminaire in single and twin fluorescent lamp versions for general lighting. The range is available with TLD 18W, 36W or 58W lamps for surface-mounted applications. The luminaires can be suspended or direct ceiling mounted. A range of attractive attachments is also available.

Product data

- **General information**

Product family code	TMS011 [TMS011]
Number of lamps	1 [1 pc]
Lamp family code	TL-D [MASTER TL-D]
Lamp power	18 W [18 W]
Compensation circuit	I [Inductive]
Gear	CONV [Conventional]
Optics	A [Asymmetrical mirror]
Optical cover	P [Clear prismatic]
Safety class	CLI [Safety class I]
IP code	IP20 [Finger-protected]

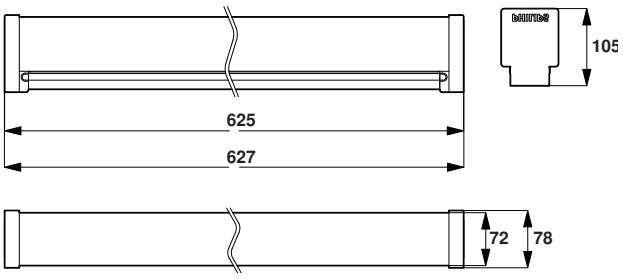
- **Product Data**

Order code	911400860180

Full product code	911400860180
Full product name	TMS011 1xTL-D18W I P
Order product name	TMS011 1xTL-D18W I P
Pieces per pack	1
Logistic code(s) - 12NC	911400860180
Net weight per piece	1.300 kg

IP 20

Dimensional drawing

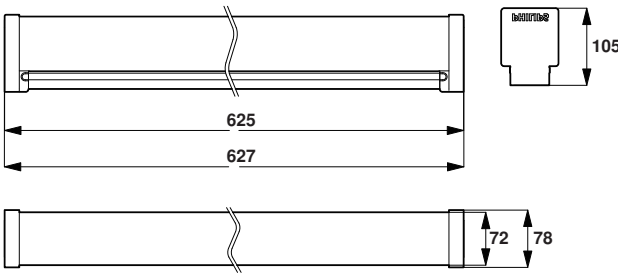


TMS011 1 x 18 W P

PHILIPS

sense and simplicity

Dimensional drawing



TMS011 1 x 18 W P

© 2012 Koninklijke Philips Electronics N.V.
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips Electronics N.V. or their respective owners.

MASTER TL-D Super 80

MASTER TL-D Super 80 18W/827 1SL

Low-pressure mercury discharge lamps with a tubular 26 mm envelope

Product data

- General Characteristics

Cap-Base	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Cap-Base Information	Green Plate
Bulb	T8 [26 mm]
Life to 50% failures EM	15000 hr
Life to 50% fail Preheat EL,3h	20000 hr
Life to 50% fail Nonpreh EL,3h	12000 hr
Life to 10% fail Nonpreh EL,3h	10000 hr
Life to 10% fail Preheat EL,3h	17000 hr
Life to 10% failures EM	12000 hr
LSF EM 20000h Rated,3h cycle	2 %
LSF EM 16000h Rated,3h cycle	33 %
LSF EM 12000h Rated,3h cycle	89 %
LSF EM 8000h Rated, 3h cycle	99 %
LSF EM 6000h Rated, 3h cycle	99 %
LSF EM 4000h Rated, 3h cycle	99 %
LSF EM 2000h Rated, 3h cycle	99 %

- Light Technical Characteristics

Colour Code	827 [CCT of 2700K]
Colour Rendering Index	85 Ra8
Colour Designation	Incandescent White
Colour Temperature	2700 K
Chromaticity Coordinate X	468 -
Chromaticity Coordinate Y	417 -
Average Luminance EM	1.00 cd/cm2
Lum Efficacy Rated EM 25°C	75 Lm/W
LLMF EM 20000h Rated	90 %
LLMF EM 16000h Rated	91 %
LLMF EM 12000h Rated	92 %
LLMF EM 8000h Rated	93 %
LLMF EM 6000h Rated	94 %
LLMF EM 4000h Rated	95 %
LLMF EM 2000h Rated	96 %
Luminous Flux EM 25°C, Rated	1350 Lm
Luminous Flux EM 25°C, Nominal	1350 Lm
Design Temperature	25 C

- Electrical Characteristics

Lamp Wattage	18 W
Dimmable	yes
Lamp Current EM 25°C	0.360 A
Lamp Wattage EM 25°C, Rated	18.0 W

asimpleswitch.com

PHILIPS
sense and simplicity

MASTER TL-D Super 80

Lamp Wattage EM 25°C, Nominal	18 W
Lamp Voltage EM 25°C	59 V

• Environmental Characteristics

Energy Efficiency Label (EEL)	A
Mercury (Hg) Content	2.0 mg

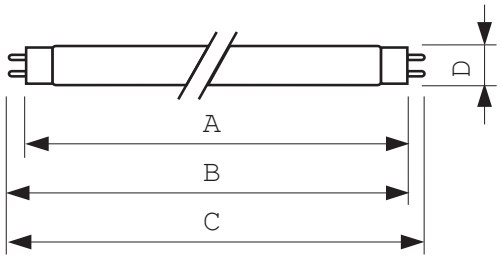
• Product Dimensions

Base Face to Base Face A	589.8 (max) mm
Insertion Length B	594.5 (min), 596.9 (max) mm
Overall Length C	604 (max) mm
Diameter D	28 (max) mm

• Product Data

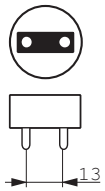
Order code	631626 40
Full product code	871150063162640
Full product name	MASTER TL-D Super 80 18W/827 1SL
Order product name	MASTER TL-D Super 80 18W/827 1SL/25
Pieces per pack	1
Packing configuration	25
Packs per outerbox	25
Bar code on pack - EAN1	8711500631626
Bar code on outerbox - EAN3	8711500631633
Logistic code(s) - 12NC	927920082723
ILCOS code	FD-18/27/1B-E-G13
Net weight per piece	68.900 gr

Dimensional drawing



G13, T8

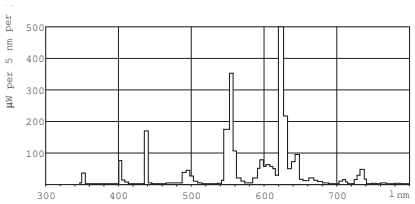
Product	A (Max)	B (Min)	B (Max)	C (Max)	D (Max)
TL-D 18W/827/GP	589.8	594.5	596.9	604	28



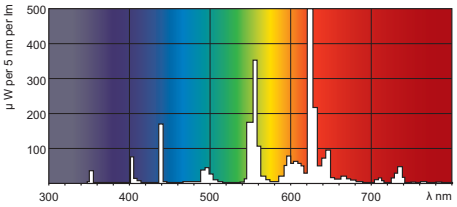
G13

MASTER TL-D Super 80

Photometric data



Lightcolour /827



Lightcolour /827

© 2012 Koninklijke Philips Electronics N.V.
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips Electronics N.V. or their respective owners.

www.philips.com/lighting

2012, June 19
data subject to change

Detalles de producto **HQI-T 400W/N E40 FLH1** **OSRAM**

Nombre: HQI-T 400W/N E40 FLH1 OSRAM
Nro de Producto: 4008321526786
Cantidad solicitada: Funda (FLH) contiene 1 Unidad (ST)

El producto se encuentra en el catálogo de OSRAM bajo:
http://catalog.myosram.com?~language=ES&~country=ES&it_p=4008321526786

Aplicaciones	
Posición de funcionamiento	p 45

Categorizations	
ILCOS	MT/UB-400/35=40/2B-H-E40-46/275/P45

Descripción general	
Reciclado	Si
Libre de mercurio	No
Rated lamp mercury content	52.0 mg
Casquillo (denominación estándar)	E40
Construcción / Modelo	Clara

Datos técnicos eléctricos	
Eficacia medida de lámpara (cond.estd.)	92 lm/W
Condensador de compensación con 50 Hz	45 µF [1)]
Potencia de construcción	437.9 W
Corriente de construcción	4 A
Potencia nominal (embalaje)	400 W

Geometrías	
Diámetro	46 mm
Longitud	273.00 mm
Distancia al centro del cuerpo luminoso	175 mm

Duración	
Rated lamp survival factor at 2000 h	0.99
Rated lamp survival factor at 4000 h	0.99
Rated lamp survival factor at 6000 h	0.96
Rated lamp survival factor at 8000 h	0.90
Rated lamp survival factor at 12000 h	0.50
Modo de operación LLMF/LSF	50 Hz
Duración	12000 h [2)]

Datos técnicos de iluminación	
Rated color rendering index (Ra)	64
Rated luminous flux	40500 lm
Nominal luminous flux	42000 lm
Flujo luminoso en lm	42000 lm
Rated color temperature	3400 K
Índice de reproducción cromática Ra	65
Rated LLMF at 2000 h	0.87
Rated LLMF at 4000 h	0.79

Subject to change without notice. Errors and omission excepted.
© 2011 OSRAM GmbH

Detalles de producto **HQI-T 400W/N E40 FLH1** **OSRAM**

Datos técnicos de iluminación	
Rated LLMF at 6000 h	0.72
Rated LLMF at 8000 h	0.64
Rated LLMF at 12000 h	0.58
Temperatura de color	3500 K
Nivel de reproducción cromática	2B
Eficacia luminosa en lm/W	98 lm/W

Temperaturas	
Temperatura máx. admisible en la ampolla	500 °C
Temperatura máx. admisible en el borde d	250 °C

Opciones de embalaje

Product code	Tipo de embalaje y contenido	Dimensión en a x a x l	Peso bruto	Volumen
4008321526786	Funda contiene 1 Unidad	0,000 mm x 0,000 mm x 0,000 mm	0,000 g (208,000 g)	0,000 dm3
4008321526793	Embalaje de envío contiene 12 Unidad	342,000 mm x 216,000 mm x 266,000 mm	2,732 kg (2,496 kg)	19,650 dm3

Metal halide lamps POWERSTAR HQI with quartz technology

POWERSTAR HQI-T/-BT with medium output and E40 screw base. Approved for use only in enclosed luminaires.

Benefits

- Output of up to 400 W
- Different light colors
- Long life
- High color saturation (up to 66 %) in blue, green and magenta
- E40 screw base for simple lamp handling

Benefits of OSRAM UV filter technology

- Reduced material load within the luminaire
- The UV filter on the lamp complies with the requirements of IEC 61167

Applications

- Factories and workshops
- Sports halls and multi-purpose halls
- Industrial installations
- Docks and port facilities
- Marshaling yards, container transshipment facilities

Note

Re footnote 1): If operated on HQI control gear approx. 15 to 20 % lower luminous flux

[1] at rated voltage and cos φ ≥ 0.9

[2] Average lifespan

Subject to change without notice. Errors and omission excepted.
© 2011 OSRAM GmbH

Tempo 3 MWF/SWF330

MWF330 HPI-TP400W K 240V A

MWF330 - MASTER HPI-T Plus - 400 W - Asymmetrical

-Tempo 1 MWF/SWF130, Tempo 2 MWF230, Tempo 3 MWF/SWF330 – versatile floodlights Tempo is a range of compact, sturdy, general-purpose floodlights particularly suited to small- to medium-scale area or surface lighting. A high-grade symmetrical or asymmetrical reflector projects a highly efficient light beam. A universal mounting bracket allows ceiling, wall or surface mounting with a wide range of adjustment for both down- and uplighting. Tempo's all-weather construction is designed for simple cleaning and speedy servicing. Accessories include a bracket for mounting on 60-76 mm poles, a visor and a louvre.

Product data

• General information

Product family code	MWF330 [MWF330]
Number of lamps	1 [1 pc]
Lamp family code	HPI-TP [MASTER HPI-T Plus]
Lamp power	400 W [400 W]
Kombipack	K [Lamp(s) included]
Gear	CONV [Conventional]
Safety class	I [Safety class I]
IP code	IP65 [Dust penetration-protected, jet-proof]
Optic	A [Asymmetrical]
European Community mark	CE [CE mark]
ENEC mark	ENEC [ENEC mark]

• Electrical

Supply voltage	240 V [240 V]

• Product Data

Order code	910400132414
Full product code	910400132414
Full product name	MWF330 HPI-TP400W K 240V A
Order product name	MWF330 HPI-TP400W K 240V A
Pieces per pack	0
Packs per outerbox	1
Bar code on outerbox - EAN3	8711559929606
Logistic code(s) - 12NC	910400132414
Net weight per piece	10.100 kg

Dimensional drawing

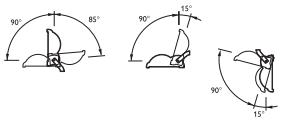
MWF/SWF330

PHILIPS

sense and simplicity

Tempo 3 MWF/SWF330

Dimensional drawing

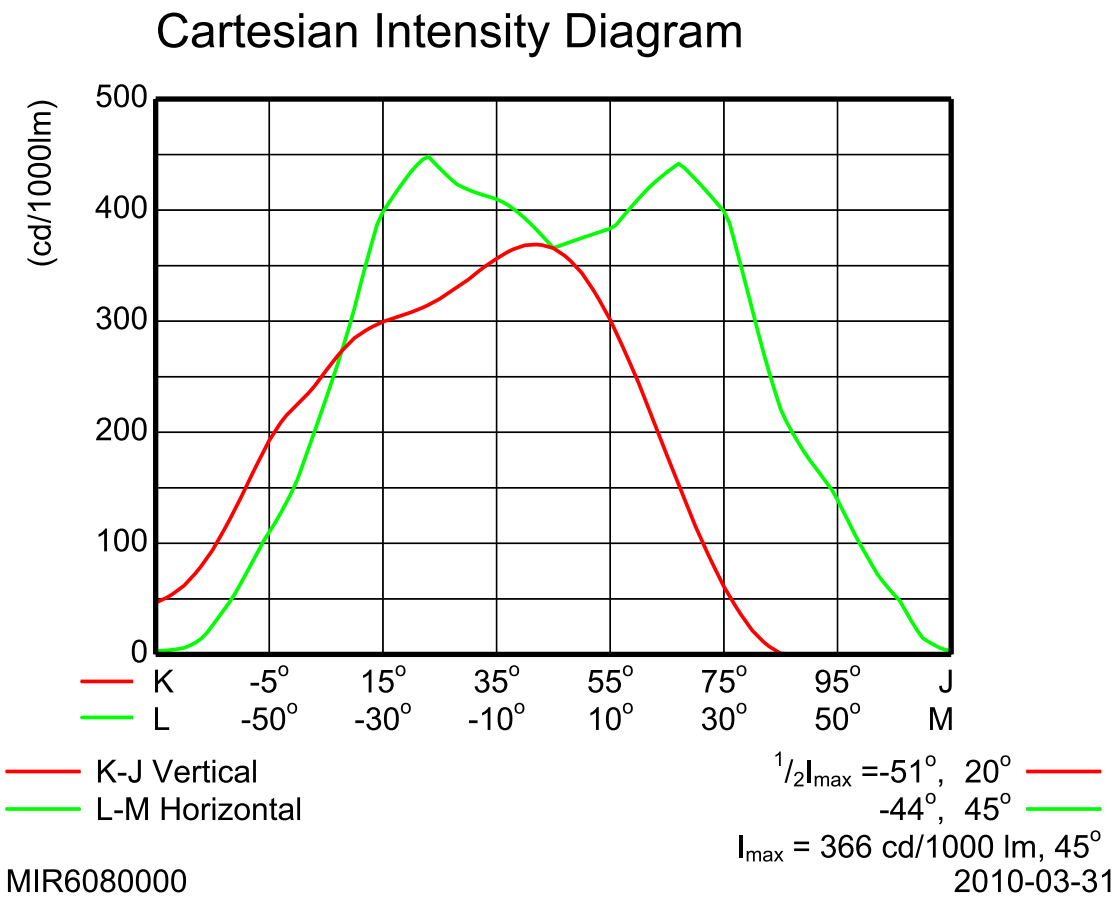


Adjustment possibilities

Photometric data

Tempo 3 MWF330 MWF330 1xHPI-TP400W CONV A/45

L.O.R.=0.63 1 x 35000 lm



MWF330 1xHPI-TP400W A/45

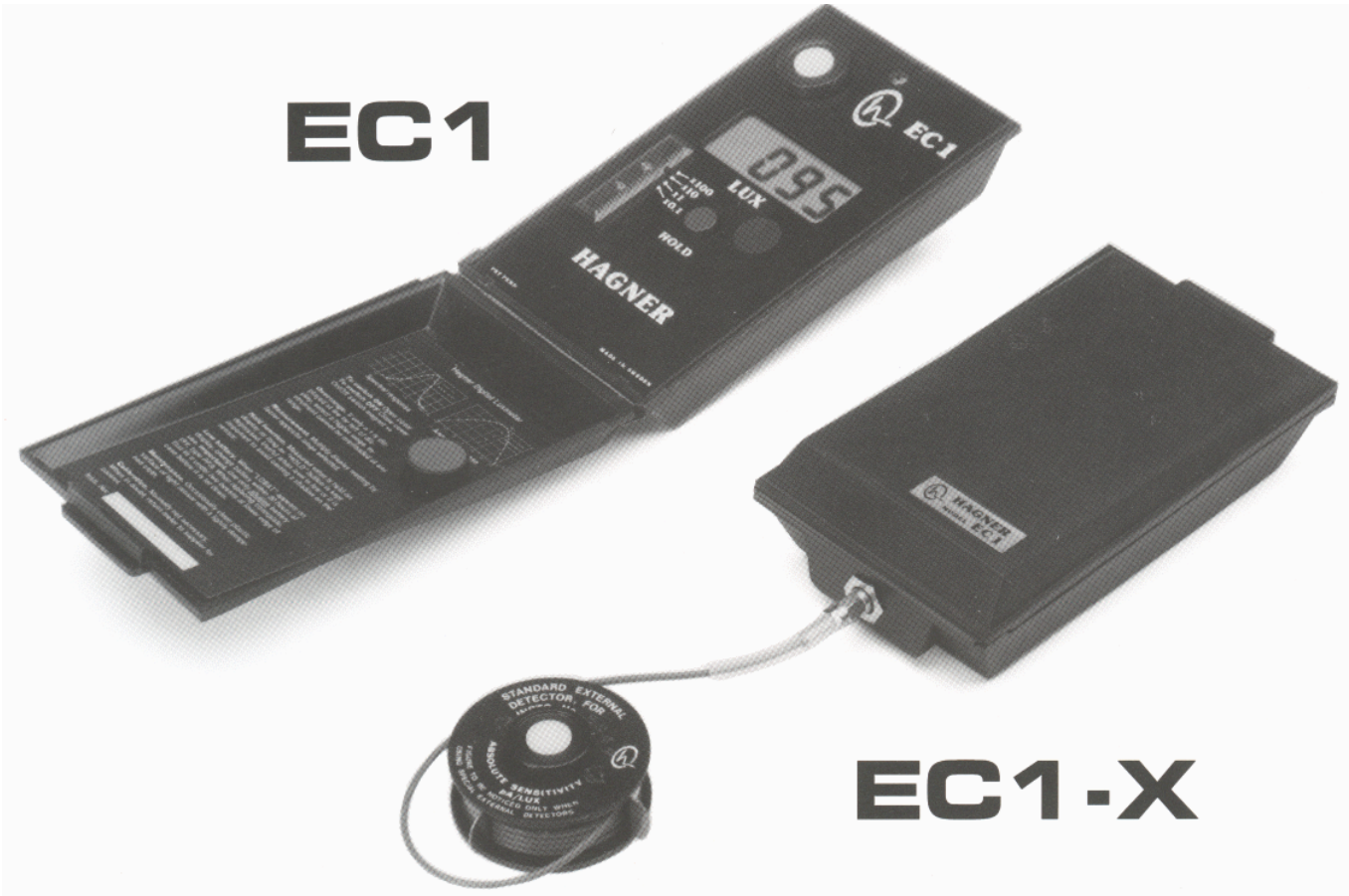
© 2011 Koninklijke Philips Electronics N.V.
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips Electronics N.V. or their respective owners.

Hagner

MEASURES LIGHT

Digital luxmeter



The Hagner Digital Luxmeter EC1

The Hagner Digital Luxmeter, model EC1, is a small, handy and extremely easy-to-use instrument for accurate measurement of illuminance over a range of 0.1-200,000 lux. With both automatic zeroing and on/off switch, the only controls needed are a four-position range selection switch and a hold button for retaining the display value.

Operation

To open the lid, press the forward part lightly downward with your thumb and at the same time pull the latch upwards with the first two fingers of the same hand. The luxmeter comes on when the cover is opened and turns off when it is closed. Move the range switch to the range which will give the greatest accuracy and read the display. The hold function keeps the reading on the display until the hold button is released. Full instructions can be found on the inside of the cover.

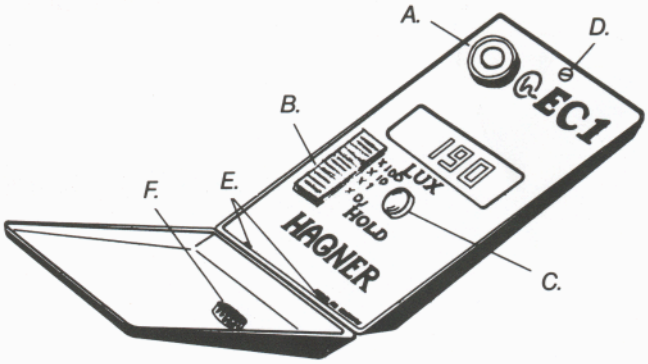
Maintenance

The power source is a standard 9 volt battery. To avoid battery leakage only alkaline batteries should be used. When LO8ATappears on the display, it is time to replace the battery. However the luxmeter can be used for approximately 20 hours longer before replacing is necessary.

Change the battery by removing the screw at the front edge of the cover plate, which permits the plate to be lifted up and removed. When replacing it the lower edge of the plate must fit under the two bosses at the lower edge of the case before it can be closed again. The white plastic disc over the detector may be cleaned when necessary with a light damp cloth.

Calibration

The luxmeter is carefully calibrated when it is delivered. No recalibration should be necessary under normal use. If for any reason you believe the luxmeter is out of calibration, return it to your stockist or the manufacturer for examination.



The controls and other parts of the luxmeter

A. Detector
B. Range switch
C. Holdbutton
D. Screw for coverplate
E. Locking bosses for the coverplate
F. Magnet that switches the instrument on and off

The Hagner Digital Luxmeter EC1-X

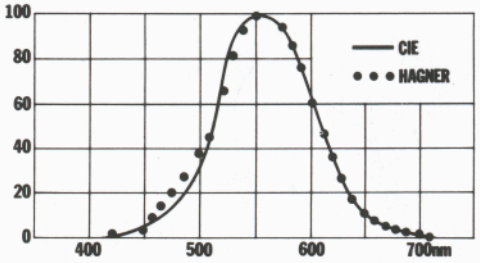
The EC1-X has been designed for measurement of illuminance levels in places where it is important that the operator does not shade the detector. The EC1-X has the detector connected with a 2 meter long cable. An extension cable can also be connected.

Operation

The EC1-X is used exactly as the EC1. The detector can be connected or disconnected without causing any damage to the instrument. Care should be taken to ensure that the cable is not twisted when replacing the cable. It is recommended that the detector is rotated rather than winding the cable around the detector.

Please note

The detector is individually calibrated to the respective instrument and can not be interchanged with other detectors. Check carefully that the instrument number in the cover correspondence with the number of the detector.

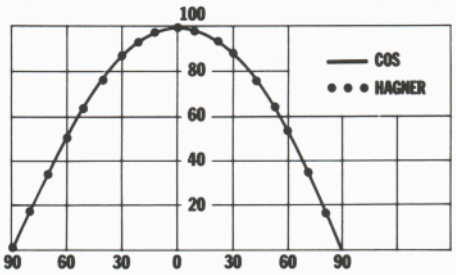


The spectral sensitivity of the Hagner luxmeter closely relates to the visibility curve of the CIE standard observer.

Instrument data for EC1 and EC1-X

Detector	Silicon photodiode, V_λ-filtered and cosine corrected.
Measuring range	0.1-200,000 lux
Accuracy	Better then ±3% (± 1 in last digit)
Temperature drift	<10°C +0.35% / °C >30°C -0.35% / °C
Power supply	9 volt battery type PP3 alkaline (lifetime = 350 HRS)
Dimension	135 x 75 X 35 mm
Weight	0.19 Kg (EC1-X 0.36 Kg with carrying case)

The Hagner Photometer, model EC1, EC1-X, can be made in several variants in the respct of sensitivity and spectral response. For instance: EC1 UV-A ultra violet 315 - 380 NM. EC1 IR infra-red 700-1150 NM.



The cosine correction compensates for measuring errors owing to oblique incident light.

B. Hagner AB, Box 2256, SE-169 02 Solna, Sweden
Phone: +46 8 83 61 50 Fax: +46 8 83 93 57
Email: hagner@hagner.se

AMPROBE®

LM-100 / LM-120

Fotómetros

Manual de uso

Español

LM100_Rev001
© 2008 Amprobe Test Tools.
Reservados todos los derechos.

Garantía limitada y limitación de responsabilidad

Su producto Amprobe estará libre de defectos de material y mano de obra durante 1 año a partir de la fecha de adquisición. Esta garantía no cubre fusibles, baterías descartables o daños que sean consecuencia de accidentes, negligencia, uso indebido, alteración, contaminación o condiciones anormales de uso o manipulación. Los revendedores no están autorizados a extender ninguna otra garantía en nombre de Amprobe. Para obtener servicio durante el período de garantía, devuelva el producto con un comprobante de compra a un centro de servicio autorizado por Amprobe de equipos de comprobación o a un concesionario o distribuidor de Amprobe. Consulte la sección Reparación para obtener información más detallada. ESTA GARANTÍA CONSTITUYE SU ÚNICO RESARCIMIENTO. LAS DEMÁS GARANTÍAS, TANTO EXPRESAS O IMPLÍCITAS COMO ESTATUTARIAS, INCLUYENDO LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE ADECUACIÓN PARA UN PROPÓSITO DETERMINADO O COMERCIABILIDAD, QUEDAN POR LA PRESENTE DESCONOCIDAS. EL FABRICANTE NO SERÁ RESPONSABLE DE NINGÚN DAÑO O PÉRDIDA, TANTO ESPECIAL COMO INDIRECTO, CONTINGENTE O RESULTANTE QUE SURJA DE CUALQUIER CAUSA O TEORÍA. Debido a que ciertos estados o países no permiten la exclusión o limitación de una garantía implícita o de los daños contingentes o resultantes, esta limitación de responsabilidad puede no regir para usted.

Reparación

Todas las herramientas de prueba devueltas para calibración o reparación cubierta o no por la garantía deben estar acompañadas por lo siguiente: su nombre, el nombre de la compañía, la dirección, el número de teléfono y una prueba de compra. Además, incluya una breve descripción del problema o del servicio solicitado y los conductores de prueba del medidor. La reparación fuera de garantía o los cargos de reemplazo deben remitirse en la forma de un cheque, un giro postal, una tarjeta de crédito con fecha de vencimiento o una orden de compra pagadera a Amprobe® Test Tools.

Reparaciones y reemplazos cubiertos por la garantía (todos los países)

Sírvase leer la declaración de garantía y compruebe su batería antes de solicitar la reparación. Durante el período de garantía, cualquier herramienta de comprobación defectuosa puede ser devuelta a su distribuidor de Amprobe® Test Tools para un intercambio por el mismo producto u otro similar. Consulte la sección “Where to Buy” del sitio www.amprobe.com en Internet para obtener una lista de los distribuidores cercanos a usted. Asimismo, las unidades de reparación en garantía y las unidades de reemplazo en los Estados Unidos y Canadá también pueden enviarse al Centro de servicio Amprobe® Test Tools (consulte la dirección más abajo).

Reparaciones y reemplazos no cubiertos por la garantía (Estados Unidos y Canadá)

Las reparaciones fuera de la garantía en los Estados Unidos y Canadá deben enviarse a un Centro de servicio de Amprobe® Test Tools. Llame a Amprobe® Test Tools o solicite en su punto de compra para conocer las tarifas actuales de reparación y reemplazo.

En Estados Unidos
Amprobe Test Tools
Everett, WA 98203
Tel.: 877-AMPROBE (267-7623)

En Canadá
Amprobe Test Tools
Mississauga, Ontario L4Z 1X9
Tel.: 905-890-7600

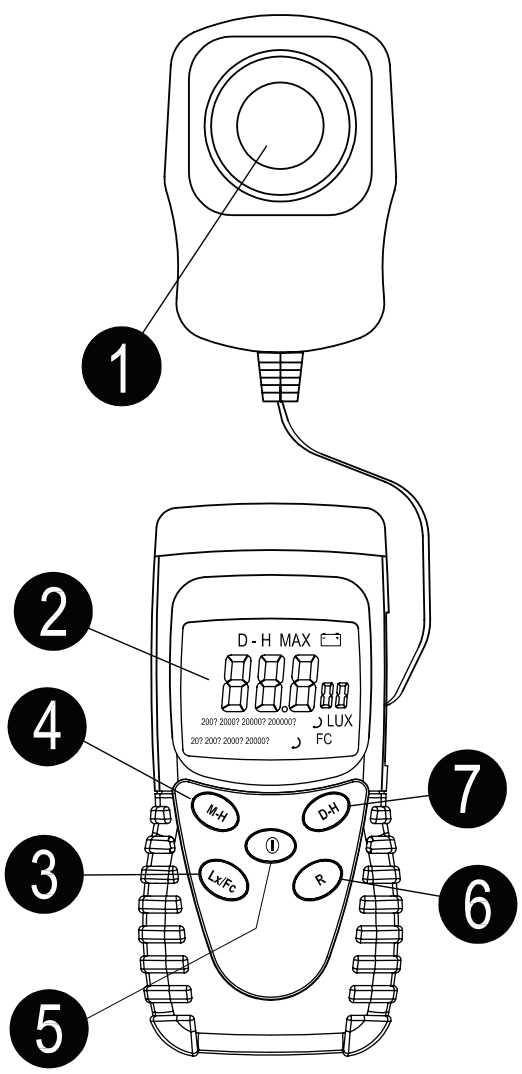
Reparaciones y reemplazos no cubiertos por la garantía (Europa)

El distribuidor de Amprobe® Test Tools puede reemplazar las unidades vendidas en Europa no cubiertas por la garantía por un costo nominal. Consulte la sección “Where to Buy” del sitio www.amprobe.com en Internet para obtener una lista de los distribuidores cercanos a usted.

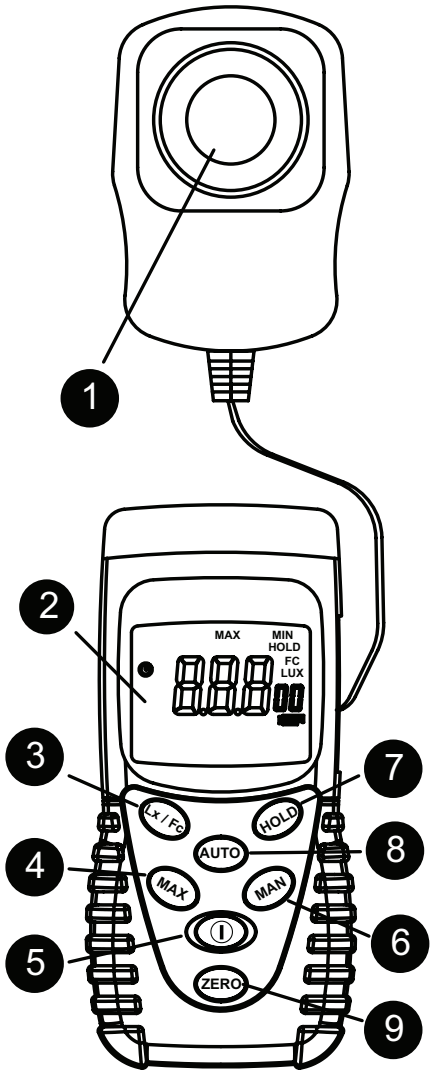
Dirección para envío de correspondencia en Europa*

Amprobe® Test Tools Europe
In den Engematten 14
79286 Glottertal, Alemania
Tel.: +49 (0) 7684 8009 - 0

*(Sólo correspondencia. En esta dirección no se realizan reparaciones ni reemplazos. Los clientes europeos deben ponerse en contacto con su distribuidor).



LM-100



LM-120

❶ Fotosensor

❷ Pantalla LCD

❸ Lux / fc

❹ Bloqueo MAX (LM-100), valor MIN y MAX (LM-120)

❺ Botón de ENCENDIDO/APAGADO

❻ Selección de rango manual

❼ Botón DATA HOLD

❽ Rango AUTO

❾ Puesta a cero del fotosensor

Símbolos 37
Desembalaje e inspección 37
Introducción 37
Operación 37
Lx / fc 38
Data Hold 38
Rangos MAN (LM-100) 38
Rangos AUTO / MAN (LM-120) 38
MAX 38
Apagado automático 38
Cero (LM-120) 38
Especificaciones 38
Mantenimiento y reparación 39
Reemplazo de baterías 40

SÍMBOLOS

⚠	¡Precaución! Consulte la explicación incluida en este manual.	CE	Cumple las directivas de la UE.
✓	Cumple con las principales normas australianas.		No se deshaga de este producto utilizando los servicios municipales de recolección de desechos sin clasificar.

⚠ Advertencias y precauciones

- No utilice el medidor en presencia de gas explosivo (material), gas combustible (material), vapor o polvo.
- El fotómetro está calibrado según una lámpara incandescente de estándar CIE a 2854 °K y puede dar lecturas diferentes en espectros de otros tipos de lámparas.

DESEMBALAJE E INSPECCIÓN

La caja de envío debe incluir:

1 fotómetro LM-100 o LM-120

1 batería de 9 voltios

1 manual de uso

Si alguno de los elementos estuviera dañado o faltara, devuelva el paquete completo al lugar de compra para hacer un cambio.

INTRODUCCIÓN

Los fotómetros LM-100 y LM-120 mide la luz visible de fuentes fluorescentes, de haluros metálicos, de sodio a alta presión e incandescentes.

Un LUX (lumen) es la iluminación de una lámpara de una candela perpendicular a una superficie de un metro cuadrado a una distancia de un metro. Un fc (pie-candela) es la iluminación de una lámpara de una candela perpendicular a una superficie de un pie cuadrado a una distancia de un pie.

OPERACIÓN

1. Pulse el botón ⏻ para encender o apagar el equipo.
2. Quite la tapa del sensor y colóquelo perpendicular a la luz.
3. Seleccione la escala de iluminancia y el rango de lectura.
4. Cuando haya realizado la comprobación, vuelva a colocar la tapa del sensor para proteger el filtro y el sensor.

Lx / fc

Escalas de iluminancia. 1 pie-candela = 10,764 luxes y 1 lux = 0,09290 pies-candela.

Data Hold

Congela la lectura de LCD presente en el momento de pulsar el botón. Vuelva a pulsar HOLD para desactivar la función de retención de datos.

Rangos MAN (LM-100)

Pulse el botón de rango MANUAL para obtener una lectura utilizable.

Rangos AUTO / MAN (LM-120)

Pulse el botón de rango AUTOMÁTICO o MANUAL para obtener una lectura utilizable. El rango AUTOMÁTICO es la opción predeterminada.

MAX (LM-120)

La función MAX MIN toma lecturas y actualiza la pantalla para presentar el valor máximo o mínimo medido después de pulsar el botón MIN MAX. La pulsación del botón MAX MIN durante menos de 1 segundo lleva al medidor al modo de presentación en la pantalla de las lecturas máxima, mínima o real. Cada vez que se pulsa el botón MAX, el medidor alternará entre MAX → MIN → apagado. Pulse el botón MAX MIN durante más de 1 segundo para desactivar esta función.

Antes de activar la función MAX MIN, seleccione el rango de medición adecuado.

Apagado automático (LM-120)

Para ahorra batería, el fotómetro se apaga automáticamente tras unos 6 minutos de inactividad. Puede volver a encenderlo pulsando el botón ⏻. Para desactivar el apagado automático, mantenga pulsado el botón HOLD mientras enciende el medidor.

Cero (LM-120)

El fotómetro cambiará el punto cero con el paso del tiempo. Para restablecer el punto cero, cubra el sensor y pulse el botón ZERO. La pantalla indicará “ADJ”. Cuando se haya restablecido a cero el dispositivo, la pantalla indicará “00,0”.

ESPECIFICACIONES

Generales:

Velocidad de muestreo:	2,5 veces por segundo en pantallas digitales
Pantalla:	Pantalla LCD de 3 ½ dígitos (1999 cuentas)
Sensor:	Fotodiodo de sílice y filtro
Ambiente:	Funcionamiento en interiores
Altitud:	Hasta 2.000 m.
Temperatura/Humedad:	
En funcionamiento:	-10 °C a 50 °C, 0 a 80 % HR

Almacenamiento:	-10 °C a 50 °C, 0 a 70 % HR
Alimentación:	Batería de 9 V NEDA 1604, IEC 6F22, JIS 006P
Tiempo de servicio de la batería:	200 horas
Apagado automático:	Aprox. 6 minutos
Dimensiones (base):	130 x 63 x 38 mm (5,1 x 2,5 x 1,5 pulg)
Dimensiones (sensor):	80 x 55 x 29 mm (3,2 x 2,2 x 1,1 pulg)
Peso:	220 g (0,48 libras), incluida la batería

CE-EMC: EN61326-1 Este producto cumple con los requisitos de las siguientes directivas de la comunidad europea: 89/336/EEC (compatibilidad electromagnética) y 73/23/EEC (baja tensión) tal como fue modificada por 93/68/EEC (Marca CE). Sin embargo, la presencia de impulsos eléctricos o campos electromagnéticos intensos cerca del equipo puede perturbar el funcionamiento del circuito de medición. Los instrumentos de medición también responderán a señales no deseadas que puedan estar presentes en el circuito de medición. Los usuarios deben obrar con cuidado y tomar las precauciones apropiadas para evitar resultados erróneos al realizar mediciones en presencia de interferencia electrónica.

Iluminación:

Rango de medición:	20, 200, 2.000, 20.000 y 200.000 luxes
	20, 200, 2.000 y 20.000 pies-candela
Exactitud:	± 3 % (calibrado con lámpara incandescente estándar a 2854 °K)
	6 % del resto de fuentes de luz visibles
	Características de desviación angular respecto al coseno
	30 ° ± 2 %
	60 ° ± 6 %
	80 ° ± 25 %

Corrección angular de coseno según especificaciones generales JIS C 1609:1993 y CNS 5119 para clase A.

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Si parece que el medidor no funciona bien, realice los pasos siguientes para identificar la causa del problema:

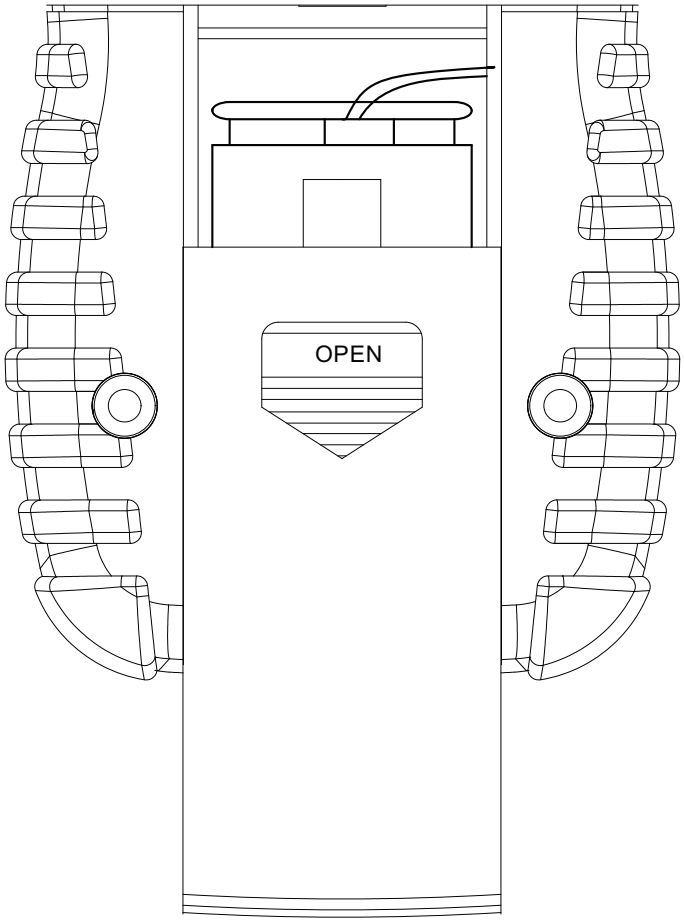
1. Compruebe la batería. Reemplace la batería inmediatamente cuando aparezca el símbolo "⊟+" en la pantalla LCD.
2. Repase las instrucciones de funcionamiento por si hubiera cometido algún error en un procedimiento.

Excepto cambiar la batería, cualquier otra reparación del medidor deberá llevarla a cabo exclusivamente un centro de servicio autorizado por la fábrica u otro personal cualificado para reparación de instrumentos.

El panel frontal y la caja pueden limpiarse con una solución suave de detergente y agua. Aplique sólo un poquito de dicha solución con un paño suave y séquelo por completo antes de su utilización. No utilice hidrocarburos aromatizados ni solventes clorados para la limpieza.

Reemplazo de baterías

1. Apague el medidor y deslice la tapa de la batería para quitarla. Reemplace la batería con una NEDA de tipo 1604 o alcalina equivalente de 9 V. Vuelva a colocar la tapa.
2. Quite la batería si no piensa usar el LM-100 / LM-120 durante un periodo largo.

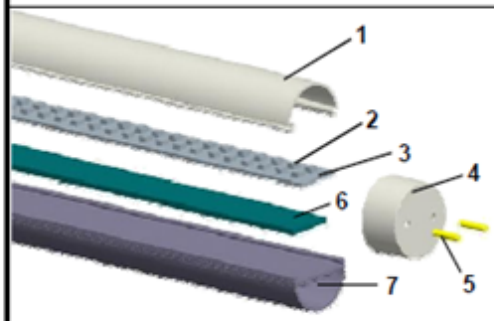


Reemplazo de baterías

ESPECIFICACIONES TUBO T8 LED

Tamaño: 600x26 mm

LED T8



No.	Componentes
1	PC (optico)
2	LED SMD
3	PCB/Substrato de Aluminio
4	Capuchón de PC
5	Pines de contacto de bronce
6	Base goma barrera de calor
7	Cubierta de Aluminio

TA= 25ºC

Cantidad de LED: 144

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia	Pd	10	W
Tensión de entrada (5060/Hz)	Vin	100/300	V
Aumento de temperatura	Ti	≤17	℃
Rango temperatura Operación	T op	-40 a +50	℃
Rango temperatura Almacenamiento	T stg	-40 a +60	℃

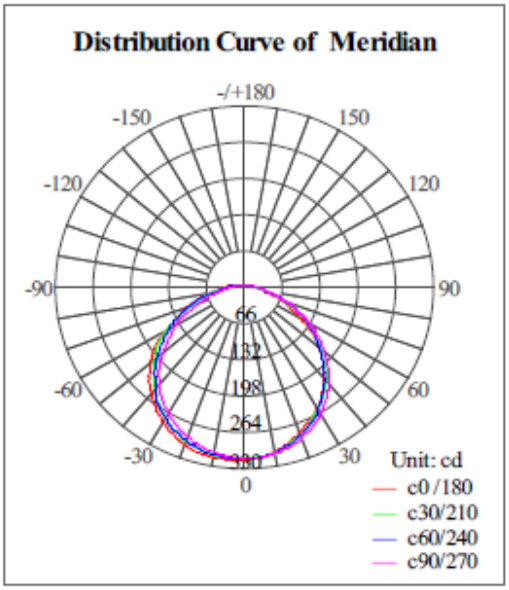
Características Electro-Opticas (TA=25ºC)

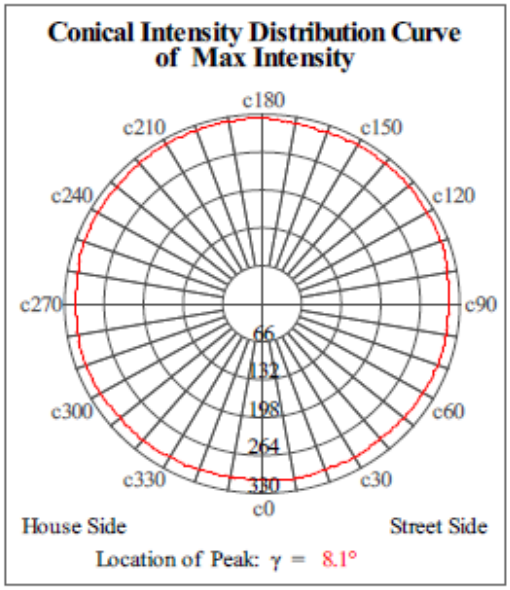
Parámetros	Condición Prueba	Símbolo	Valor			Unidades
			Min	Típico	Max	
Coordenadas CIE	AC110-300 50-60Hz	X Y	-- --	0.31 0.34	-- --	--
Temperatura Color Correlativa		CCT	3500	6000	7500	K
Indice Rendimiento Color		Ra	75	80	90	--
Flujo Luminoso		Φ	847	1052	1257	Lm
Eficiencia		η	80	100	120	Lm/W
Angulo vis.@ 50% Iv		∠	120	140	170	Deg
Iluminación (1m)		E	326.1	327.75	329.41	lx
Disipación de Potencia		Pd	17	18	19	W
Tiempo de Vida		Li	--	90.000	--	Horas

Photometric Data of Lamp

Lamp Description		
Lamp Name: EL-60-10W	Lamp Size: 60cm×50cm×30cm	Lamp Weight:
Lamp Type:	Rated Voltage:	Rated Power:
Light Type:	Light Number:	Rated Flux:
Light Standard:	Light Area: 100cm×100cm	Light Fluxc

Measured Data of Lamp			
Voltage: 220.4 V	Current: 0.042 A	Power: 9.400 W	Power Factor: 0.988
Total Flux	896.93 lm	Central Intensity	328.12 cd
Lamp Efficiency	0.00%	Light Efficiency	95.42 lm/W
Peak Intensity	329.41 cd	Location of Peak(c,γ)	(180.0°, 8.1°)
Half-Intensity Angle	108.9°	BeamAngle	156.6°
Upward Light Ratio	0	Downward Light Ratio	100%
Upward Street Side	0	Downward Street Side	442.61 lm
Upward House Side	0	Downward House Side	454.31 lm
Flash Area(76°)	9703 cm2	Discomfort Glare(SLI)	0





Protocolo de medición

Fecha: 02/12/2011

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 25 ºC
- Hora de la medición: 07:30 p.m.
- Superficie de medición: Pasillo Ing. Sup. de calculo 3 (Paso peatonal *)
- Tipo de lámparas: Fluorescentes “Philips TMS011 1xTL-D18W G13”
- Instrumento de medición: Hagner EC1
- Apreciación / Escala: 3% ± 1 ultimo digito / 0,1
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 11% Paredes: 50% Techo: 70%
- Tipo de área de medición: [X] Interior [ ] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 50 centímetros
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	9,7	17	19,5	21,7	22,4	21,4		
2	14,7	17,2	19,7	21,8	22,3	21,3		
3	14,2	17,7	20,3	22,1	22,6	21,6		
4	14,5	17,9	20,4	22,1	22,8	21,7		
5	15,8	19,4	22,2	24,4	23,2	21,3		
6	16,6	19,7	22,1	24	23,1	22,2		
7	17,1	20,5	23,2	25,6	26,2	24,8		
8	16,4	20,4	23,5	20,5	21,3	25,1		
9	17,5	21,3	20,8	23	23,4	22,7		
10	17,7	20,5	23,3	24,6	25,2	23,9		
11	14,5	22,5	24,1	22,8	27,1	26,2		
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 27/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 09:00 p.m.
- Superficie de medición: Pasillo Ing. Sup. de calculo 3 (Paso peatonal **)
- Tipo de lámparas: Fluorescentes “Philips TMS011 1xTL-D18W G13”
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 11% Paredes: 50% Techo: 70%
- Tipo de área de medición: [X] Interior [ ] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 50 centímetros
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	9,26	17,21	26	20,5	17,24	24,9		
2	18,02	23,5	21,8	17,08	17,12	24,5		
3	16,27	23,6	23,8	20,1	26,9	22,7		
4	14,49	17,4	22,7	18,62	26,3	23,1		
5	16,65	21,3	20,1	20,4	26	22,9		
6	15,97	20,9	21,8	20,9	25,2	23,3		
7	13,94	20,7	20,9	24,2	23,3	20,3		
8	18,47	19,92	21,9	21,3	19,41	19,73		
9	13,06	20,1	19,68	20,3	21,1	19,98		
10	16,69	16,98	20,4	20,7	20,3	18,58		
11	10,68	19,44	20,1	20,4	19,67	17,99		
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 18/04/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 27 ºC
- Hora de la medición: 07:00 p.m.
- Superficie de medición: Pasillo Ing. Sup. de calculo 3 (Paso peatonal **)
- Tipo de lámparas: LED “Enersolar EL-60-10W G13”
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 11% Paredes: 50% Techo: 70%
- Tipo de área de medición: [X] Interior [ ] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 50 centímetros
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: Fluorescentes “Philips TL20W54RS G13”

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	28,1	30,9	30,8	31,3	30,1	27,5		
2	31,3	35,8	35,6	36,7	33,9	29,7		
3	36,8	38,3	38,9	40,4	37,4	32,4		
4	39,2	43,0	43,7	43,5	35,8	34,5		
5	41,4	44,8	46,8	45,9	41,6	35,8		
6	44,4	46,7	49,3	48,0	43,3	37,5		
7	43,0	47,3	49,7	47,5	43,0	36,3		
8	40,1	44,2	45,8	44,1	39,2	33,5		
9	38,6	41,4	42,3	40,5	36,5	32,6		
10	35,6	36,6	38,3	37,6	33,5	29,2		
11	30,2	31,1	35,2	33,7	29,8	27,1		
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 26/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 09:00 p.m.
- Superficie de medición: Exterior EIE Sup. de calculo 1 (Av. Raúl Villanueva)
- Tipo de lámparas: Metal halide "Osram HQI-T 400W/N E40"
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 5% Paredes: 50% Techo: 61%
- Tipo de área de medición: [ ] Interior [X] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 1 metro
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: Vapor de mercurio HP "Philips HPL-N 400W/542 E40"

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	138,6	140,6	150,7	144,1	101,4	82,3		
2	110,2	116,3	128,4	121,3	87,6	62,5		
3	71,3	80,5	89,1	79,7	60,3	41,5		
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 27/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 07:00 p.m.
- Superficie de medición: Exterior EIE Sup. de calculo 2 (Área de descanso)
- Tipo de lámparas: Metal halide "Osram HQI-T 400W/N E40"
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 20% Paredes: 50% Techo: 61%
- Tipo de área de medición: [ ] Interior [X] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 1 metro
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	12,15	11,88	11,72	12,49	12,21	11,78		
2	13,14	12,9	12,57	13,35	12,91	12,45		
3	13,22	13,71	13,23	13,86	13,56	12,18		
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 27/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 07:30 p.m.
- Superficie de medición: Exterior EIE Sup. de calculo 3 (Paso peatonal)
- Tipo de lámparas: Metal halide "Osram HQI-T 400W/N E40"
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 20% Paredes: 50% Techo: 61%
- Tipo de área de medición: [ ] Interior [X] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 1 metro
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	15,85	16,15	16,24	16,81	16,92	17,08		
2	17,19	15,77	16,06	16,38	16,74	16,91		
3	15,32	15,39	15,75	14,94	15,26	15,37		
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 27/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 08:00 p.m.
- Superficie de medición: Exterior EIE Sup. de calculo 4 (Paso peatonal)
- Tipo de lámparas: Metal halide "Osram HQI-T 400W/N E40"
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 20% Paredes: 50% Techo: 61%
- Tipo de área de medición: [ ] Interior [X] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 1 metro
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	74,9	64,2	56,3	47,2	35,8	26,6		
2	22,5	56,8	68,3	56,4	43,6	29,5		
3	72,9	81,9	81,6	67,8	52,9	34,5		
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 27/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 08:30 p.m.
- Superficie de medición: Exterior EIE Sup. de calculo 5 (Estacionamiento)
- Tipo de lámparas: Metal halide "Osram HQI-T 400W/N E40"
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 5% Paredes: 50% Techo: 61%
- Tipo de área de medición: [ ] Interior [X] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 1 metro
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	37,14	43,2	42,8	42,6	37,6	32,8		
2	33,5	37,1	39,6	39,4	35,3	30,1		
3	32,8	35,8	35,5	34,3	31,2	26,7		
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 26/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 07:30 p.m.
- Superficie de medición: Exterior EIQ Sup. de calculo 1 (Paso peatonal)
- Tipo de lámparas: Metal halide "Osram HQI-T 400W/N E40"
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 20% Paredes: 50% Techo: 61%
- Tipo de área de medición: [ ] Interior [X] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 1 metro
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	18,2	19,26	20,5	21,3	21,8	22,5		
2	17,17	18,1	18,81	19,53	20,7	21		
3	15,16	16,06	17,15	18,02	18,67	18,92		
4	13,57	14,23	14,03	15,49	15,89	15,72		
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 26/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 08:00 p.m.
- Superficie de medición: Exterior EIQ Sup. de calculo 2 (Paso peatonal)
- Tipo de lámparas: Metal halide "Osram HQI-T 400W/N E40"
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 20% Paredes: 50% Techo: 61%
- Tipo de área de medición: [ ] Interior [X] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 1 metro
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	18,27	23,5	24,3	23,1	24,4	24,9		
2	21,4	22,1	20,9	21,8	23,2	22,7		
3	19,15	13,85	13,92	13,76	15,11	14,94		
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Protocolo de medición

Fecha: 26/01/2012

Condiciones de ensayo:

- Temperatura ambiente: 24 ºC
- Hora de la medición: 08:30 p.m.
- Superficie de medición: Exterior EIQ Sup. de calculo 3 (Paso peatonal)
- Tipo de lámparas: Vapor de mercurio HP "Philips HPL-N 400W/542 E40"
- Instrumento de medición: Amprobe Lm - 120
- Apreciación / Escala: 6% / rango automático
- Reflectancias de las superficies

  Piso: 20% Paredes: 50% Techo: 61%
- Tipo de área de medición: [ ] Interior [X] Exterior
- Distancia entre cuadricula: 1 metro
- Descripción de fuentes de luz distinta al caso de estudio: No aplica

Cuadricula de medición:

#	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	5,75	7,24	4,53	7,52	5,12	5,4		
2	4,86	6,4	4,25	7,22	4,87	5,18		
3	7,27	6,33	5,86	4,63	6,11	5,44		
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: Las dimensiones máximas que se pueden reportar es de 864m² para exteriores y de 34,56m² (345.600 cm²) para interiores de acuerdo a lo establecido en COVENIN 2249-93

Medido por: Benjamín Bustamante Registrado por: Benjamín Bustamante

Observaciones:

Anexo 12. Características de Iluminación de vías urbanas. [5]

Clasificación			Luminancia				Iluminancia			Índice de Deslumbramiento
Calidad de Iluminación	**Tipo de vía**	**Tipo De Zona**	**Lm (cd/m^2)**	**Um**	**Ug**	**U_L**	**Em (lux)**	**U1**	**U2**	
A1	Autopistas Vías Expresas	Todas	2	0,40	0,30	0,70	25-30	0,40	0,30	7
A2	Vías Principales y recolectoras	A	2	0,40	0,30	0,70	25-30	0,40	0,30	7
		B					20-25	0,33	0,25	6
		C	1,8	0,33	0,25		15-20			
B1	Vías Secundarias	A	1,5	0,33	0,25	0,60	15-20	0,33	0,20	5
		B					15			
		C	1	0,30	0,20		10	0,30	0,15	
B2	Vías Locales	A	-	-	-	-	10-15	0,30	0,15	5
		B					10			
		C					6	0,25	0,10	

Nota: Los valores indicados en esta tabla son valores mínimos recomendados con factores de mantenimiento de 0,8 y para pavimentos claros. En caso de pavimentos oscuros deben suministrarse los valores de L y E en un 30 % al menos.

Ug: Uniformidad general
Um: Uniformidad media
U_L: Uniformidad longitudinal

Anexo 13. Características de Iluminación de vías y áreas públicas de circulación de peatones. [5]

Calidad de Iluminación	Área			Em (lux)	U1
	Uso	Tipo	Zona		
C1	Vías de peatones	Acera	A-1	15	0,20-0,30
			B-2	10	0,20
			C3	5	0,20
		Veredas	A1	25	0,20
			B2	15	
			C3	10	
		Puentes y pasarelas	A1	25	0,20
			B2	15	
			C3	10	
		Túneles y pasajes cubiertos	A1	80	0,20
			B2		
			C3		
C2	Parques y plazas	Área de circulación	A1	25	0,15
			B2	15	
			C3		
		Zona verde accesible	-	10	-
C3	Terminales de pasajeros	Pasajeros y carga	-	250 220	0,20
		Vías	-	25	0,20

Anexo 14. Características de Iluminación en áreas públicas para estacionamiento de vehículos y áreas. [5]

Calidad de Iluminación	Tipos de área			Em (lux)	U1
D1	Estacionamiento (ver nota 1)	Exterior	Con acomodador	25	0,20
			Sin acomodador	15	0,20
		Interior	Entradas (ver nota 3)	550	0,20
			Circulación	120	0,15
			Puestos	60	0,15
D2	Estación de servicio y miradores (ver nota 4)	Accesos y salidas (ver nota 1)		20 (40)	0,20
		Vías		20 (60)	0,15
		Isla de la bomba		250 (350)	0,20
		Zona de servicio		35 (75)	0,20
		Fachadas de edificios si no son de vidrios (ver nota 2)		110 (320)	-
D2	Plazas de peaje	Cabinas		350	0,20
		Zona de pago		250	0,20
		Zona de acceso		30	0,15
D4	Alcabalas	Zona de control		150	0,20
		Zona de acceso		25	0,15

Notas:

1) Los accesos y salidas deben tener un nivel a 2 veces el de la vía en que se encuentren.
2) Iluminancia vertical.
3) Este nivel es el mínimo recomendado para el puesto de control; en la entrada se deben tomar las medidas necesarias para evitar el efecto de entrada oscura.
4) Los valores entre paréntesis se deben usar cuando los alrededores estén iluminados, los otros cuando no lo están.

UCV

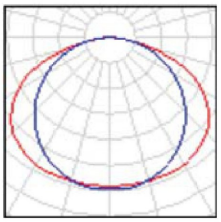
Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Lista de luminarias

38 Pieza

Philips TMS011 1xTL-D18W HFE R (Tipo 1)
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1134 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1350 lm
Potencia de las luminarias: 18.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 41 74 95 100 84
Lámpara: 1 x MASTER TL-D Super 80 18W/827 1SL (Factor de corrección 1.000).

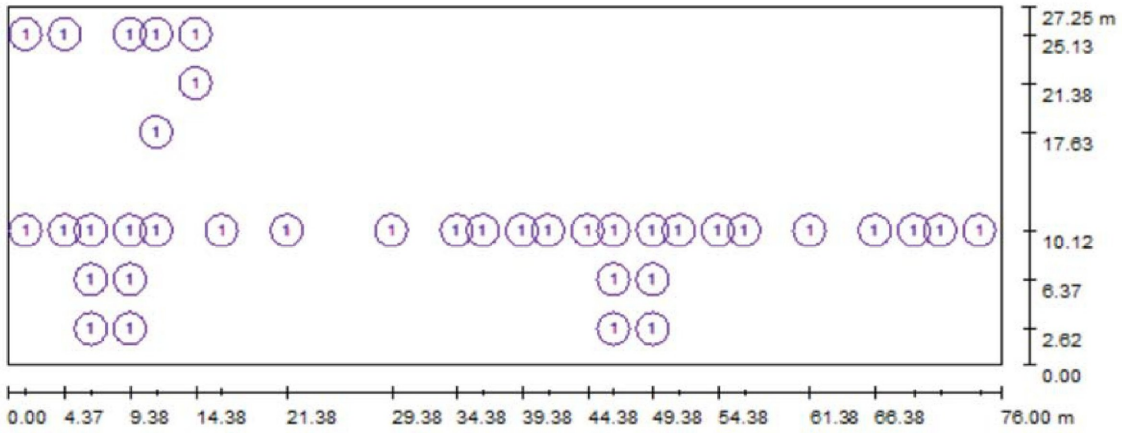


UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 544

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	38	Philips TMS011 1xTL-D18W HFE R (Tipo 1)*

*Especificaciones técnicas modificadas

UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 50700 lm
Potencia total: 1443.0 W
Factor mantenimiento: 0.50
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	5.91	3.88	9.79	/	/
Superficie de cálculo 1	13	6.63	20	/	/
Superficie de cálculo 2	7.94	5.82	14	/	/
Superficie de cálculo 3	15	7.62	22	/	/
Superficie de cálculo 4	17	11	29	/	/
Superficie de cálculo 5	17	12	29	/	/
Suelo	0.25	0.18	0.42	14	0.02
Techo	0.05	0.63	0.69	70	0.15
Pared 1	1.27	1.66	2.93	50	0.47
Pared 2	0.74	1.00	1.75	50	0.28
Pared 3	0.97	0.92	1.89	0	0.00
Pared 4	2.10	1.88	3.98	0	0.00

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.001 (1:756)
E_{min} / E_{max}: 0.000 (1:2768)

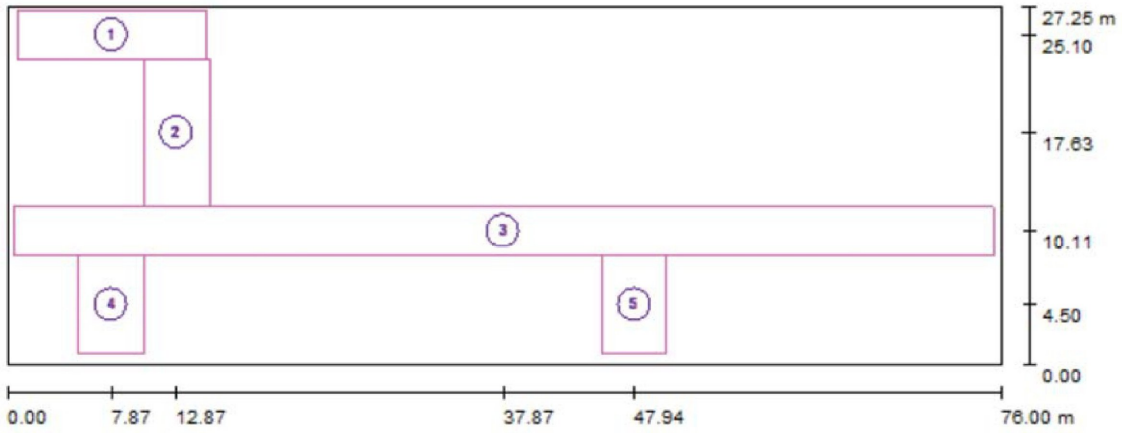
Valor de eficiencia energética: 0.70 W/m² = 7.11 W/m²/100 lx (Base: 2071.00 m²)

UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 544

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 128	20	3.91	31	0.195	0.124
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 128	14	4.85	23	0.353	0.209
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	128 x 128	22	4.45	37	0.201	0.119
4	Superficie de cálculo 4	perpendicular	128 x 128	29	16	36	0.548	0.437
5	Superficie de cálculo 5	perpendicular	128 x 128	29	16	36	0.545	0.437

Resumen de los resultados

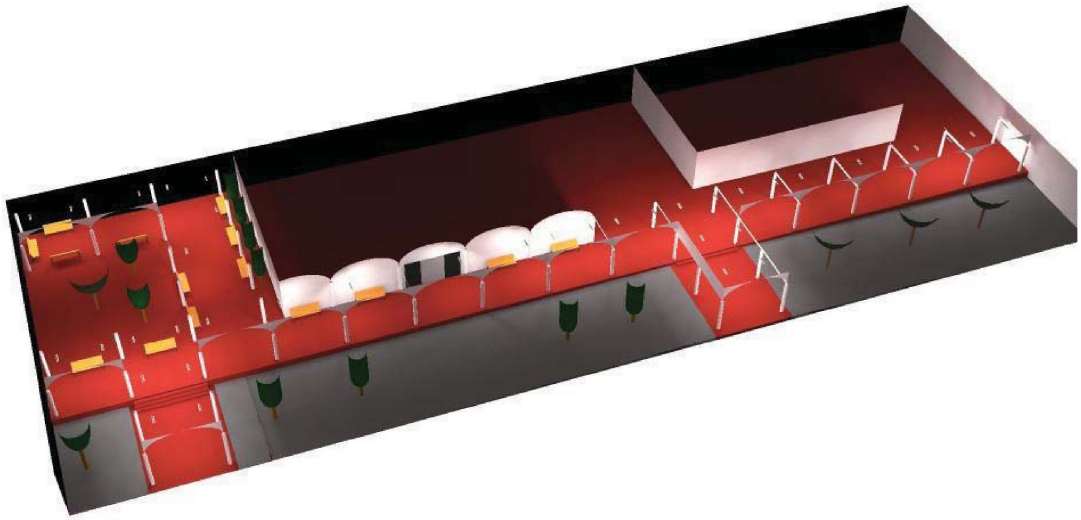
Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	5	22	3.91	37	0.18	0.10

UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Rendering (procesado) en 3D

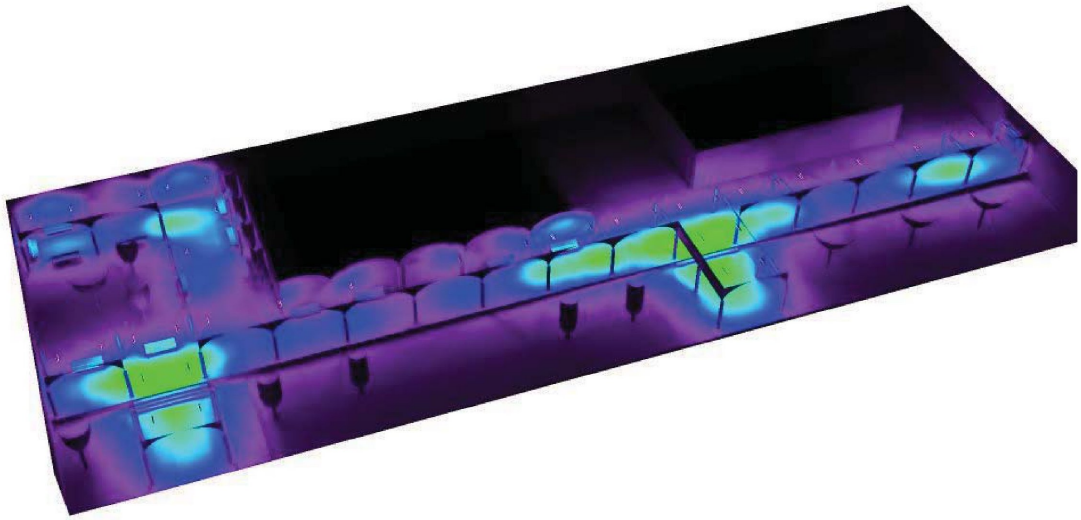


UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Rendering (procesado) de colores falsos



UCV

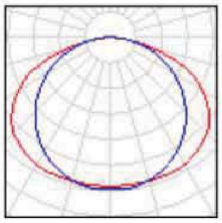
Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Lista de luminarias

50 Pieza

Philips TMS011 1xEL-60-10 W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1134 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 897 lm
Potencia de las luminarias: 10.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 41 74 95 100 84
Lámpara: 1 x EL-60-10 W (Factor de corrección 1.000).

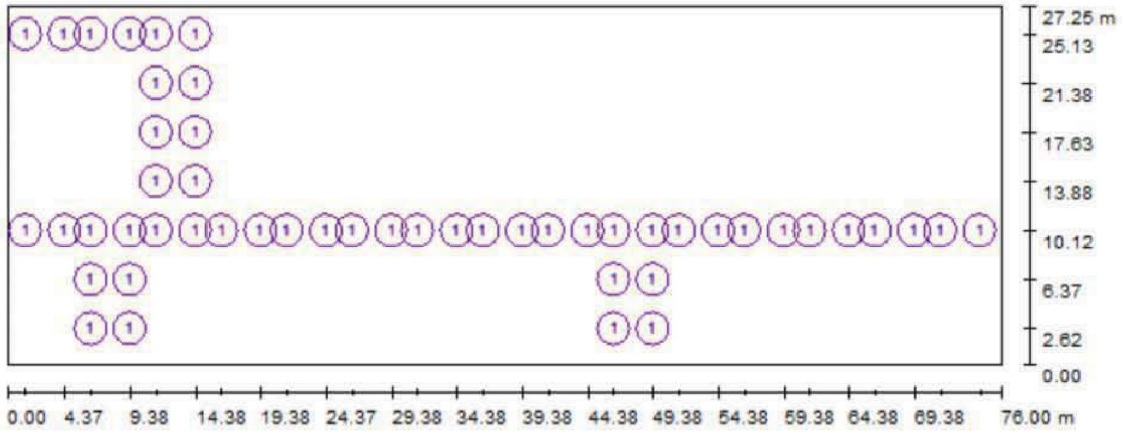


UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 544

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	50	Philips TMS011 1 x EL-60-10W

UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 56700 lm
Potencia total: 0.0 W
Factor mantenimiento: 0.50
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	14	2.85	16	/	/
Superficie de cálculo 1	30	3.29	33	/	/
Superficie de cálculo 2	34	6.02	40	/	/
Superficie de cálculo 3	31	4.54	36	/	/
Superficie de cálculo 4	32	5.62	38	/	/
Superficie de cálculo 5	32	5.68	37	/	/
Suelo	0.46	0.10	0.57	14	0.03
Techo	0.05	1.24	1.29	70	0.29
Pared 1	3.03	1.96	4.99	50	0.79
Pared 2	1.29	1.06	2.36	50	0.37
Pared 3	2.43	0.86	3.29	0	0.00
Pared 4	3.53	2.04	5.56	0	0.00

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.002 (1:643)
E_{min} / E_{max}: 0.000 (1:2017)

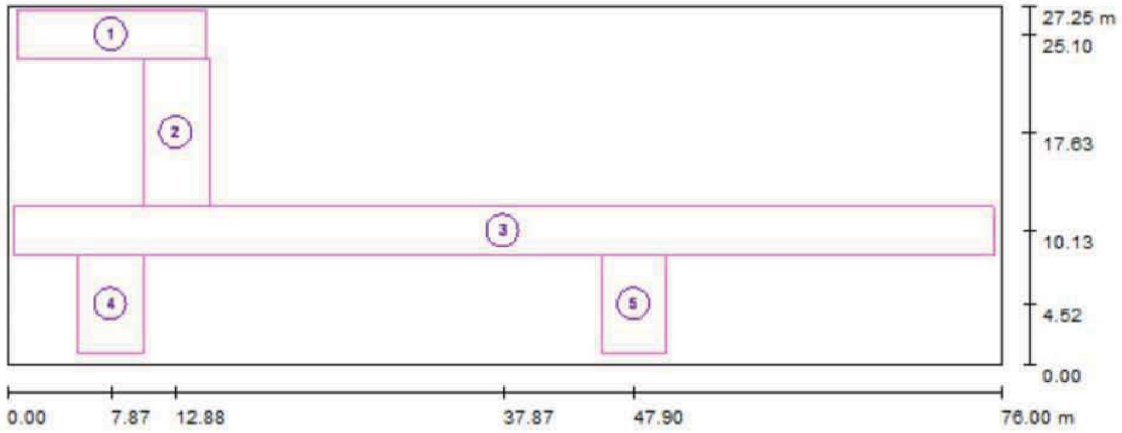
Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m² = 0.00 W/m²/ lx (Base: 2071.00 m²)

UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 544

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 128	33	6.75	48	0.205	0.141
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 128	40	10.66	48	0.267	0.223
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	128 x 128	36	9.15	53	0.254	0.173
4	Superficie de cálculo 4	perpendicular	128 x 128	38	20	47	0.544	0.435
5	Superficie de cálculo 5	perpendicular	128 x 128	37	20	46	0.548	0.444

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	5	36	6.75	53	0.188	0.127

UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

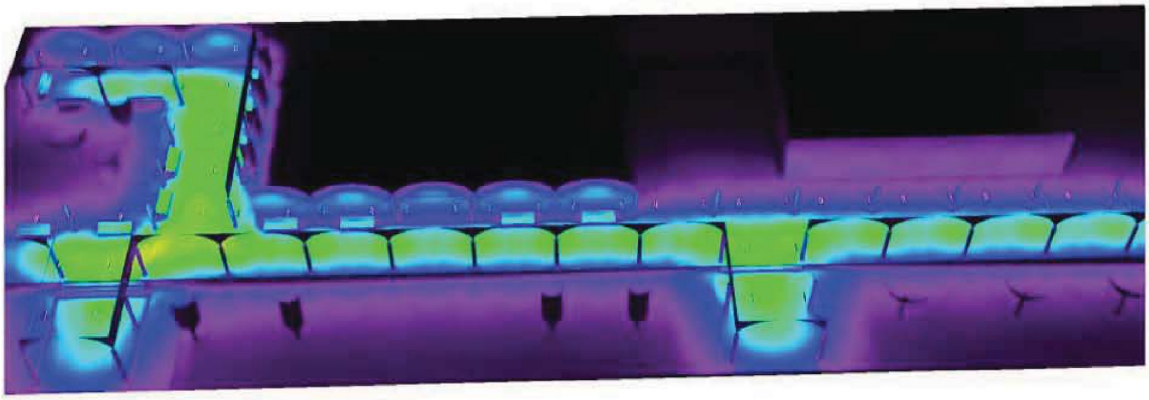
Pasillo FIUCV / Rendering (procesado) en 3D

UCV

Ciudad Universitaria de Caracas

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Pasillo FIUCV / Rendering (procesado) de colores falsos



UCV

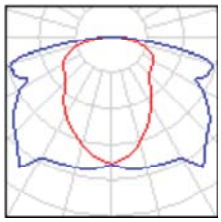
Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Lista de luminarias

4 Pieza

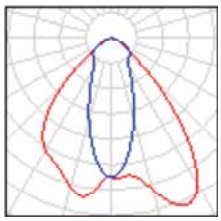
Obralux EX-08.jpg EX 08 (Tipo 1)
N° de artículo: EX-08.jpg
Flujo luminoso de las luminarias: 42000 lm
Potencia de las luminarias: 800.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 39 68 92 99 52
Lámpara: 1 x OSRAM HQI-T 400/N (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



2 Pieza

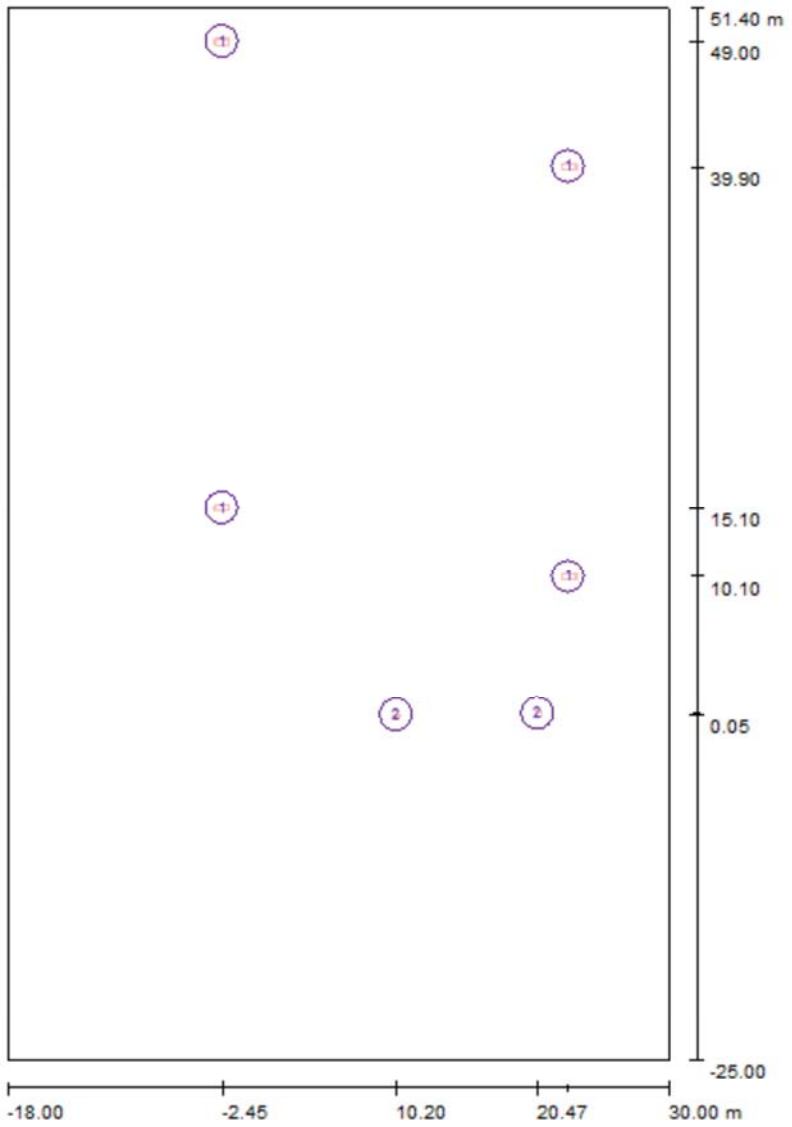
Philips MWF330 1xHPI-TP400W S (Tipo 1)
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 42000 lm
Potencia de las luminarias: 828.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 70 94 100 100 72
Lámpara: 1 x OSRAM HQI-T 400/N (Factor de corrección 1.000).



UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 517

Lista de piezas - Luminarias

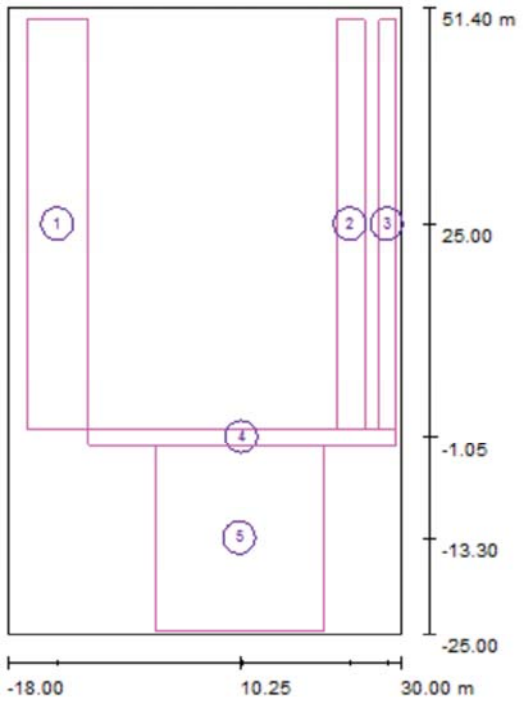
N°	Pieza	Designación
1	4	Obralux EX-08.jpg EX 08 (Tipo 1)*
2	2	Philips MWF330 1xHPI-TP400W S (Tipo 1)*

*Especificaciones técnicas modificadas

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 870

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	64 x 16	11	3.51	25	0.318	0.138
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 64	13	0.22	169	0.017	0.001
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	128 x 16	17	7.17	61	0.427	0.117
4	Superficie de cálculo 4	perpendicular	128 x 16	36	0.11	168	0.003	0.001
5	Superficie de cálculo 5	perpendicular	128 x 128	21	0.10	119	0.005	0.001

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	5	17	0.10	169	0.01	0.00

UCV

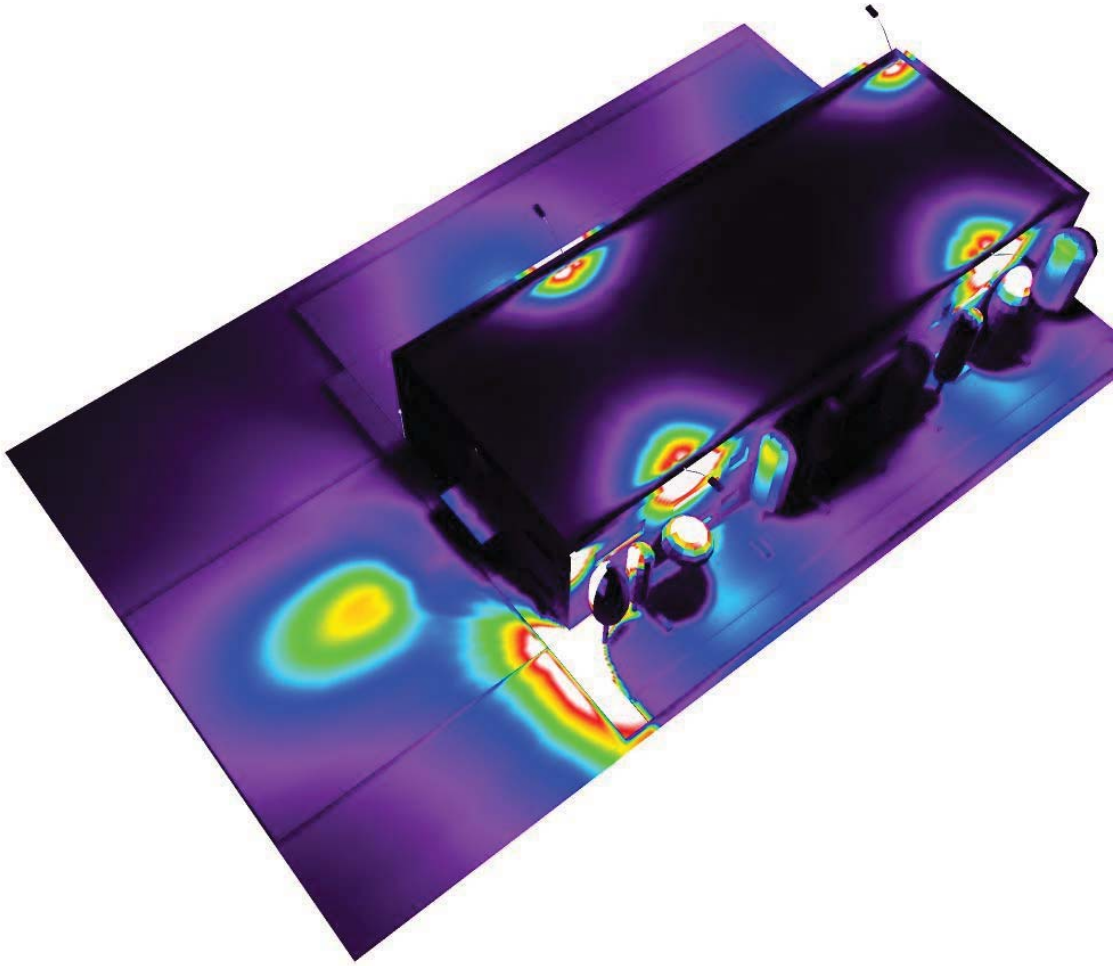
Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

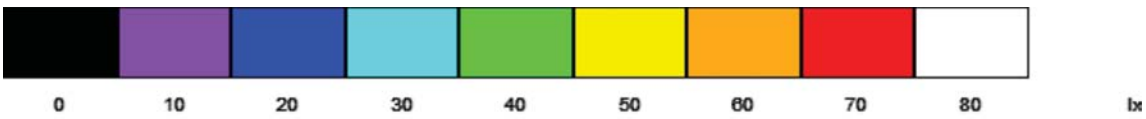
Escena exterior EIE / Rendering (procesado) en 3D

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Rendering (procesado) de colores falsos





2012, Junio 18
Datos sujetos a cambios

iW Reach Powercore: proyectores LED blancos inteligentes para fachadas y estructuras singulares

iW Reach Powercore

iW Reach Powercore es la primera luminaria LED lo suficientemente potente como para iluminar de forma brillante grandes fachadas arquitectónicas con baños de luz blanca en temperaturas de color que van de los tonos cálidos a los fríos. iW Reach Powercore combina todas las ventajas de la iluminación LED en una elegante luminaria especialmente diseñada para instalaciones de gran escala, como rascacielos comerciales, casinos, exteriores de grandes superficies comerciales, puentes, muelles, monumentos públicos y atracciones temáticas. Con un flujo luminoso extremadamente alto y una proyección de luz sin precedentes, esta potente luminaria representa la iluminación de exteriores de próxima generación. La tecnología Powercore integrada garantiza un control rápido, eficiente y preciso de la salida de potencia a la luminaria directamente desde el voltaje de línea, lo que elimina la necesidad de recurrir a fuentes de alimentación externas. El uso del cableado estándar simplifica enormemente la instalación y ayuda a reducir el coste total del sistema.

PHILIPS
sense and simplicity

Beneficios

- Potencia lumínica sin competencia
- Amplia gama de temperaturas de color
- Exclusivo diseño dividido que permite combinar difusores

Características

- Potencia lumínica de más de 10.000 lúmenes y proyección de luz a más de 240 metros
- Rango de luz blanca que va de una luz fría (6500 K) a una cálida (2700 K)
- Lentes dispersoras de 8°, 13°, 23°, 40° y 63°, y asimétricas de 5° x 17°
- Colocación sencilla y rotación de 360° de la luminaria
- Tecnología Powercore integrada y Philips Data Enabler Pro

Aplicaciones

- Fachadas y estructuras singulares de gran escala

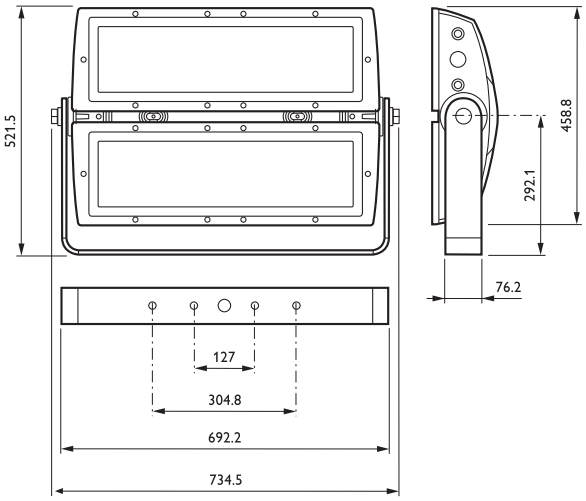
Especificaciones

Tipo	DCP772
Lámpara	Módulo LED integral
Potencia (a pleno rendimiento, estado estable)	250 W
Ángulo del haz	8, 13, 23, 40 o 63° (lentes dispersoras) 5 x 17° (lente dispersora asimétrica)
Flujo lumínico	10.950 lm (sin lente dispersora, unidad completa)
Eficacia de la luminaria	43,8 lm/W (sin lente dispersora, unidad completa)
Temperatura de color correlacionada	2700 - 6500 K
Índice de reproducción del color	68.5
Mantenimiento de flujo lumínico: L70	70.000 horas a 25 °C 37.000 horas a 50 °C
Mantenimiento de flujo lumínico: L50	90.000 horas a 25 °C 68.000 horas a 50 °C
Intervalo de temperaturas de funcionamiento	-20 a +50 °C
Controlador	Integrado
Suministro de alimentación/datos	Data Enabler Pro; alimentación y datos integrados para luminarias LED inteligentes mediante Powercore
Tensión de red	100-240 V CA/50-60 Hz
Regulación	Digital a través de Data Enabler Pro
Material	Carcasa: aluminio fundido Lente: vidrio templado
Conexión	Cable de alimentación unificado de 1,8 m
Instalación	Montaje en superficie
Accesorios	Lente dispersora con carcasa

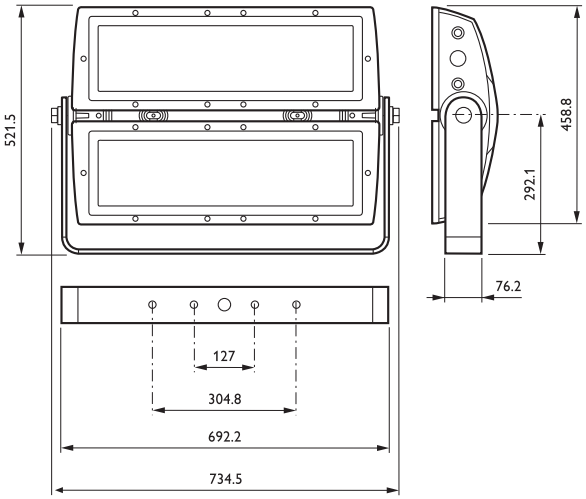
Productos relacionados

iW Reach Powercore DCP772
architectural lighting fixture

Plano de dimensiones



DCP772



DCP772

Detalles del producto

Front view

Información general

Código de pedido	Código de gama de producto	Número de lámparas	Código de gama de la lámpara	Código de color de la lámpara	Marcado CE	Temp. de color de lámpara	Marca. Underwriters Laboratory	Vida útil	Light source replaceable	Driver included	Dimmable
701889 00	DCP772	104	LED-HB	WH	CE	2700-6500	UL	70000	false	true	true

Datos Técnicos

Código de pedido	Código de gama de producto	Total luminous flux	Luminous efficacy	Color rendering index
701889 00	DCP772	10950	43.8	69

Accesorios

ZCP770 C1800CE4

ZCP770 BSP A13

Lente dispersora

ZCX400 100-240V DATA ENABLER PRO EU

Data Enabler Pro

Accesorios

Código de pedido	Código de gama de producto	Descripción
883240 99	ZCX400 100-240V DATA ENABLER PRO EU	Data enabler Pro for EU, 100-240 V
701650 00	ZCP770 BSP A13	ZCP770 - Cristal del esparcidor del haz - 13°
701667 00	ZCP770 BSP A23	ZCP770 - Cristal del esparcidor del haz - 23°
701674 00	ZCP770 BSP A43	ZCP770 - Cristal del esparcidor del haz - 43°
701681 00	ZCP770 BSP A63	ZCP770 - Cristal del esparcidor del haz - 63°

Código de pedido	Código de gama de producto	Descripción
701698 00	ZCP770 BSP A5-17	ZCP770 - Cristal del esparcidor del haz - 5 to 17°
701704 00	ZCP770 BSP A8	ZCP770 - Cristal del esparcidor del haz - 8°
701636 99	ZCP770 C1800CE4	ZCP770 - Cable 1.8 m with CE plug 4-pole

SpeedStar BGP321

BGP323 GRN195-2S/740 I DM FG AL SI

BGP323 - LED GreenLine 19,500 lm - Distribution medium - Cristal plano

Los ayuntamientos están sometidos a la presión que supone alcanzar los objetivos de conservación de energía mediante una reducción del consumo energético y las emisiones de carbono y, al mismo tiempo, cumplir las normativas y los reglamentos en materia de alumbrado. Nuestra luminaria SpeedStar LED considera estas cuestiones fundamentales y aporta una solución que reduce el impacto en el medio ambiente. SpeedStar es una luminaria eficiente que apenas requiere mantenimiento e incorpora el sistema LEDGINE de fácil actualización, que se puede conectar a los sistemas de regulación de iluminación para ahorrar aún más energía. Esta luminaria no genera emisiones de carbono y es la solución perfecta para el alumbrado público funcional de carreteras y calles.

Datos del producto

• Información general

Código de gama de producto	BGP323 [BGP323]
Código de gama de la lámpara	GRN195 [LED GreenLine 19,500 lm]
Versión lámpara	2S [2nd generation, screw fixation]
Código de color de la lámpara	740 [740 cool white]
Temp. de color de lámpara	4000 [4000 K]
Light source replaceable	true
Transformador	PSR [Posibilidad regulación con reguladores ELV]
Driver included	true
Clase de seguridad	I [Seguridad clase I]
Código IP	IP66 [Protegido contra penetración de polvo, protegido contra chorros de agua]
Código IK	IK08 [5 J vandal-protected]
Sistema óptico	DM [Distribution medium]
Cubierta óptico	FG [Cristal plano]
Color de las piezas	AL [Todas las partes coloreadas]
Marco de color	No [-]
Color	SI [Combinación de plata y azul]
Revestimiento	No [-]
Control de iluminación	No [-]
Dimmable	true
Regulación de luz	No [-]
Fotocélula	No [-]
Cable	No [-]
Temperatura ambiente	T35 [+35 °C]
Test del hilo incandescente	650/5 [Temperature 650 °C, duration 5 s]
Marcado CE	CE [CE mark]
Marcado ENEC	ENEC [ENEC mark]
ReddotDesign Award Winner mark	RDDAW-2011 [Reddot Design Award Winner 2011]
Marcado Bandera Verde	GNFL [Green Flagship]
Lifetime to 50% luminous flux	100000 hr
Lifetime to 90% luminous flux	35000 hr
Failure rate at 5000 hrs	0.05 %

• Datos Técnicos

Color rendering index	76 [76]
Inclinación estándar post-top	5 [5°]
Inclinac estándar entrada lat	0 [0°]

• Datos Eléctricos

Tensión de línea	220-240 V [220 to 240 V]
Frecuencia de línea	50-60 Hz [50 to 60 Hz]
Control signal voltage	1-10 V [1-10 V DC]

• Datos Producto

Código de pedido	344841 00
Código de producto	871829134484100
Nombre de Producto	BGP323 GRN195-2S/740 I DM FG AL SI
Nombre de pedido del producto	BGP323 GRN195--2S/740 I DM FG AL SI
Piezas por caja	0

PHILIPS

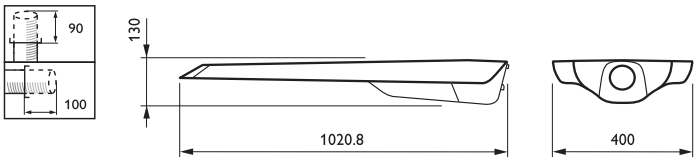
sense and simplicity

SpeedStar BGP321

Cajas por caja exterior	1	Peso neto por pieza	17.570 kg
Código de barras de la caja exterior	8718291344841		
Código logístico - 12NC	910503881218		

IP66 IK08 650°C

Plano de dimensiones



BGP323

© 2011 Koninklijke Philips Electronics N.V.
Todos los derechos reservados.

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. Las marcas registradas son propiedad de Koninklijke Philips Electronics N.V. o de sus respectivos propietarios.

www.philips.com/lighting

2011, Octubre 20
Datos sujetos a cambios

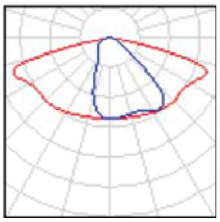
UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Lista de luminarias

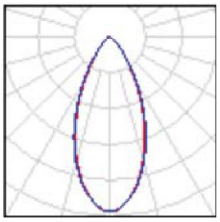
6 Pieza

Philips BGP323 T35 1xGRN196-2S/740 DM
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16592 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 19520 lm
Potencia de las luminarias: 180.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 42 76 97 100 86
Lámpara: 1 x GRN196-2S/740 (Factor de corrección 1.000).



1 Pieza

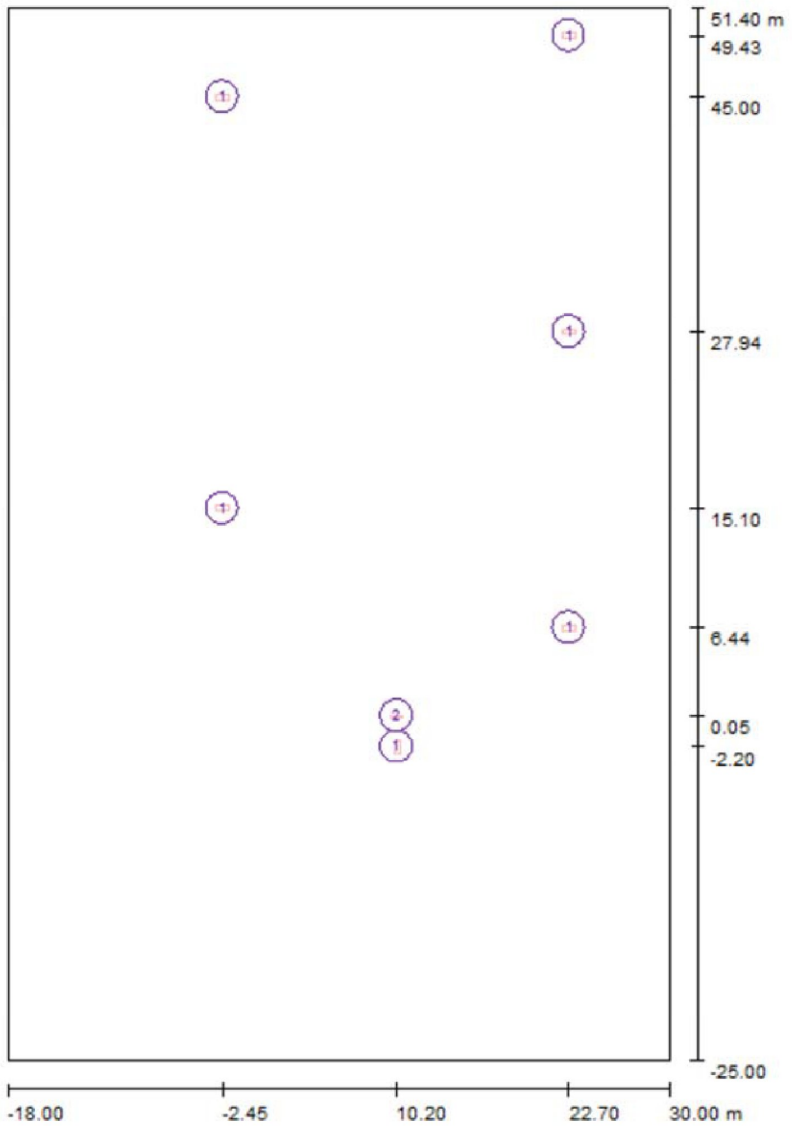
Philips DCP771 104xLED-HB-4000 +ZCP770 BSP A43
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 9785 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9785 lm
Potencia de las luminarias: 250.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 91 99 100 100 101
Lámpara: 104 x LED-HB-4000 (Factor de corrección 1.000).



UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 517

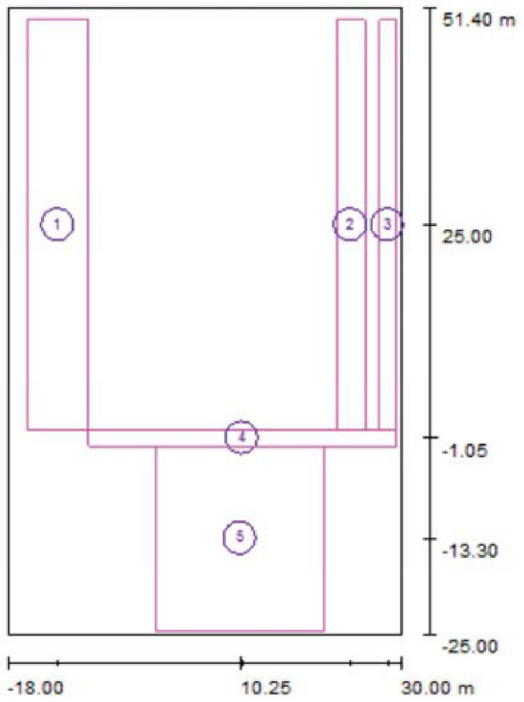
Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	6	Philips BGP323 T35 1xGRN196-2S/740 DM
2	1	Philips DCP771 104xLED-HB-4000 +ZCP770 BSP A43

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 870

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 32	16	8.32	22	0.531	0.376
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 16	30	19	36	0.630	0.531
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	128 x 8	27	22	32	0.798	0.689
4	Superficie de cálculo 4	perpendicular	128 x 8	16	0.37	29	0.024	0.013
5	Superficie de cálculo 5	perpendicular	64 x 64	16	3.78	29	0.241	0.133

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	5	19	0.37	36	0.02	0.01

UCV

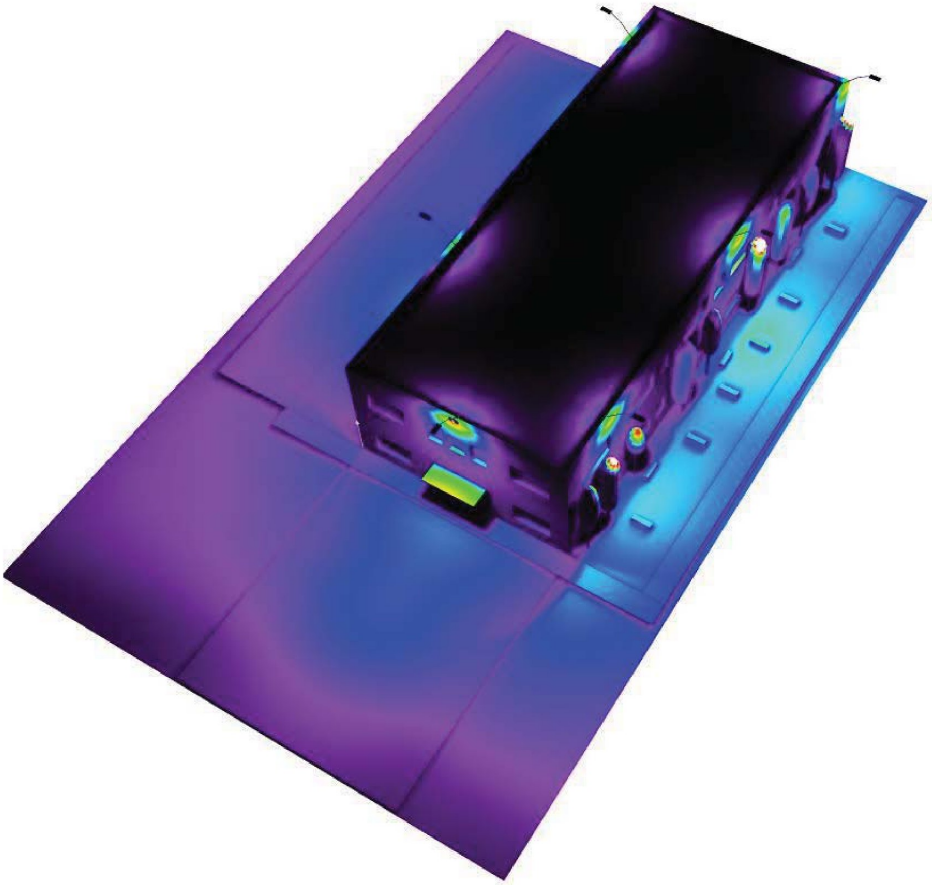
Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

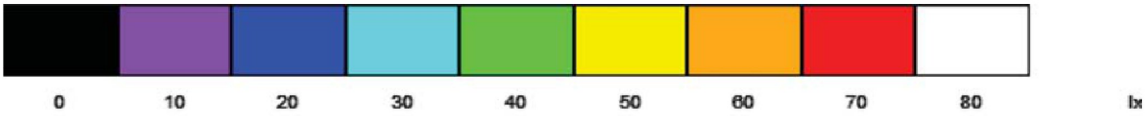
Escena exterior EIE / Rendering (procesado) en 3D

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Rendering (procesado) de colores falsos





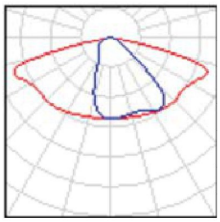
UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Lista de luminarias

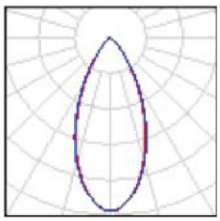
6 Pieza

Philips BGP323 T35 1xGRN196-2S/740 DM
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 19520 lm
Potencia de las luminarias: 180.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 42 76 97 100 86
Lámpara: 1 x GRN196-2S/740 (Factor de corrección 1.000).



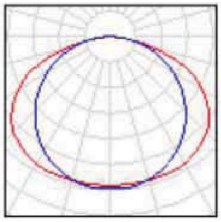
1 Pieza

Philips DCP771 104xLED-HB-4000 +ZCP770 BSP A43
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 9785 lm
Potencia de las luminarias: 250.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 91 99 100 100 101
Lámpara: 104 x LED-HB-4000 (Factor de corrección 1.000).



1 Pieza

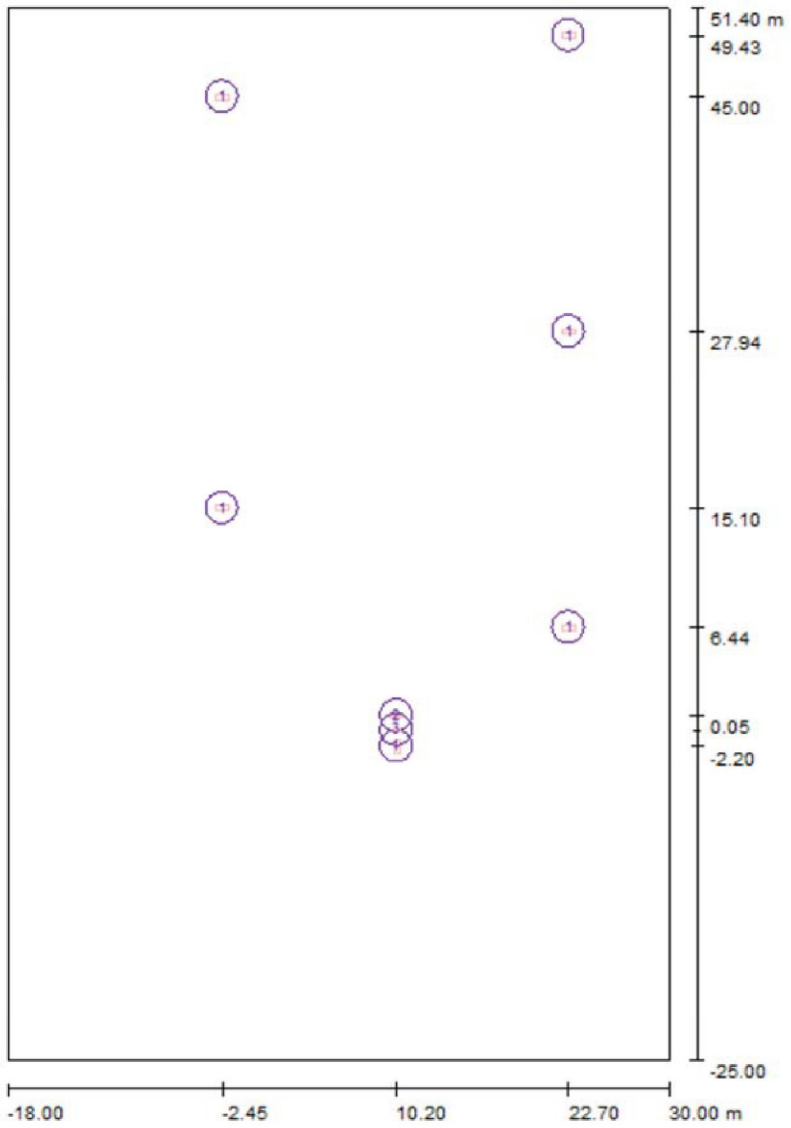
Philips TMS011 1xEL-60-10 W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1134 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 897 lm
Potencia de las luminarias: 10.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 41 74 95 100 84
Lámpara: 1 x EL-60-10 W (Factor de corrección 1.000).



UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 517

Lista de piezas - Luminarias

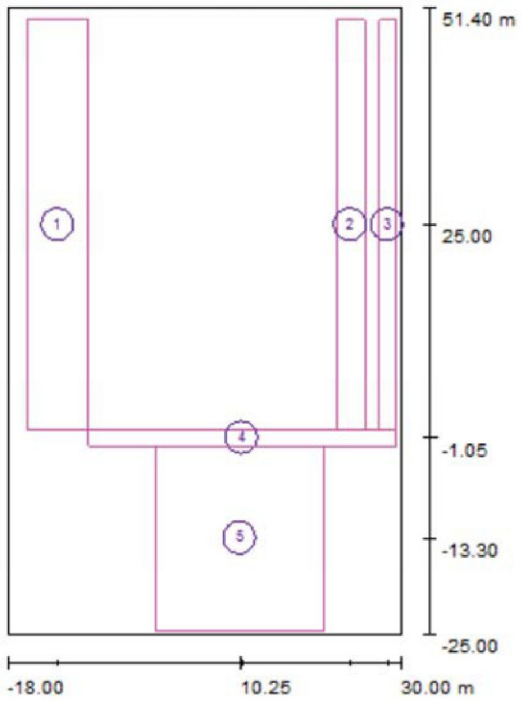
N°	Pieza	Designación
1	6	Philips BGP323 T35 1xGRN196-2S/740 DM
2	1	Philips DCP771 104xLED-HB-4000 +ZCP770 BSP A43
3	1	Philips TMS011 1 x EL-60-10W

*Especificaciones técnicas modificadas

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 870

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 32	16	8.33	22	0.531	0.376
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 16	30	19	36	0.630	0.531
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	128 x 8	27	22	32	0.799	0.689
4	Superficie de cálculo 4	perpendicular	128 x 8	17	3.87	29	0.224	0.132
5	Superficie de cálculo 5	perpendicular	64 x 64	16	3.81	37	0.238	0.103

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	5	19	3.81	37	0.20	0.10

UCV

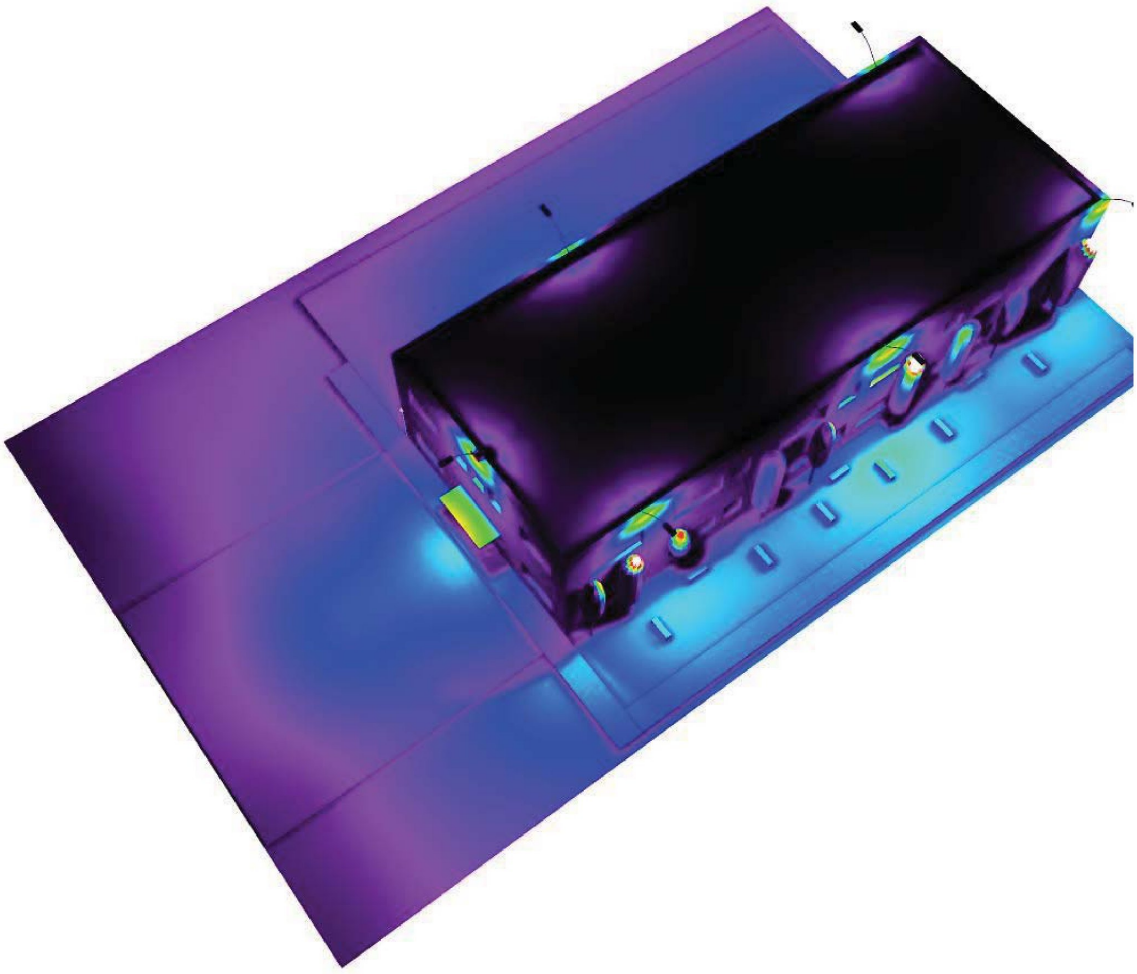
Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Rendering (procesado) en 3D

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Rendering (procesado) de colores falsos



UCV

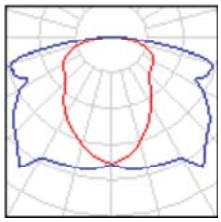
Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Lista de luminarias

1 Pieza

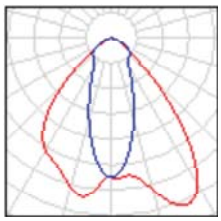
Obralux EX-08.jpg EX 08 (Tipo 1)
N° de artículo: EX-08.jpg
Flujo luminoso de las luminarias: 32500 lm
Potencia de las luminarias: 800.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 39 68 92 99 52
Lámpara: 1 x MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



10 Pieza

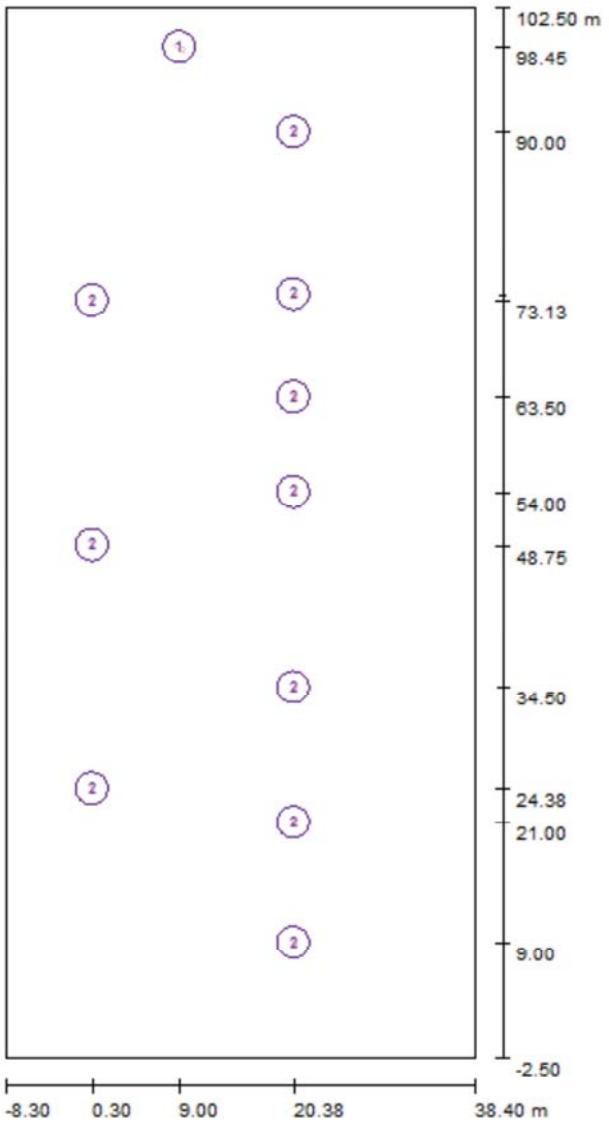
Philips MWF330 1xHPI-TP400W S (Tipo 1)
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 42000 lm
Potencia de las luminarias: 828.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 70 94 100 100 72
Lámpara: 1 x OSRAM HQI-T 400/N (Factor de corrección 1.000).



UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 711

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	1	Obralux EX-08.jpg EX 08 (Tipo 1)*
2	10	Philips MWF330 1xHPI-TP400W S (Tipo 1)*

*Especificaciones técnicas modificadas

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

Escala 1 : 1195

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 32	18	0.08	78	0.004	0.001
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 8	22	0.11	49	0.005	0.002
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	64 x 4	5.40	0.07	25	0.013	0.003

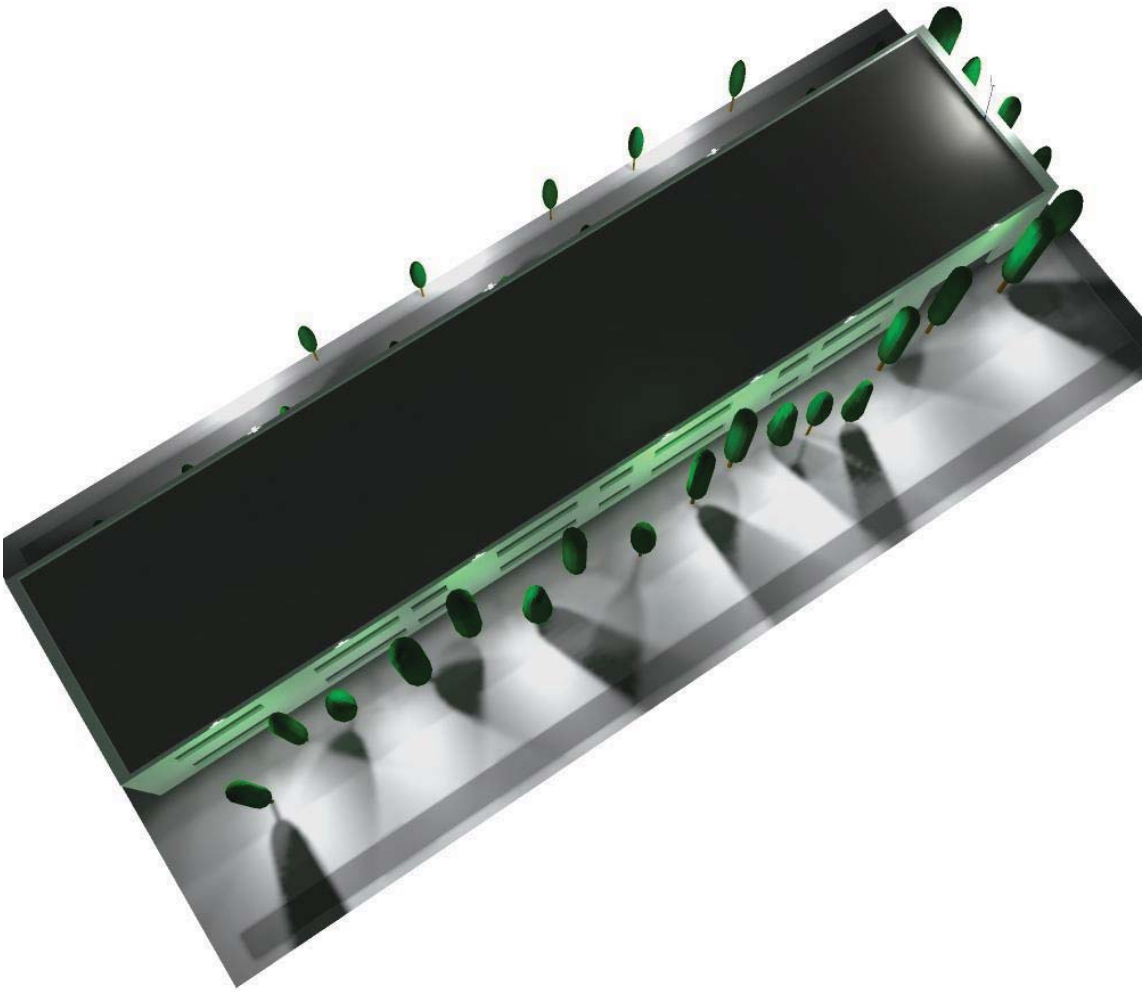
Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	3	18	0.07	78	0.00	0.00

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

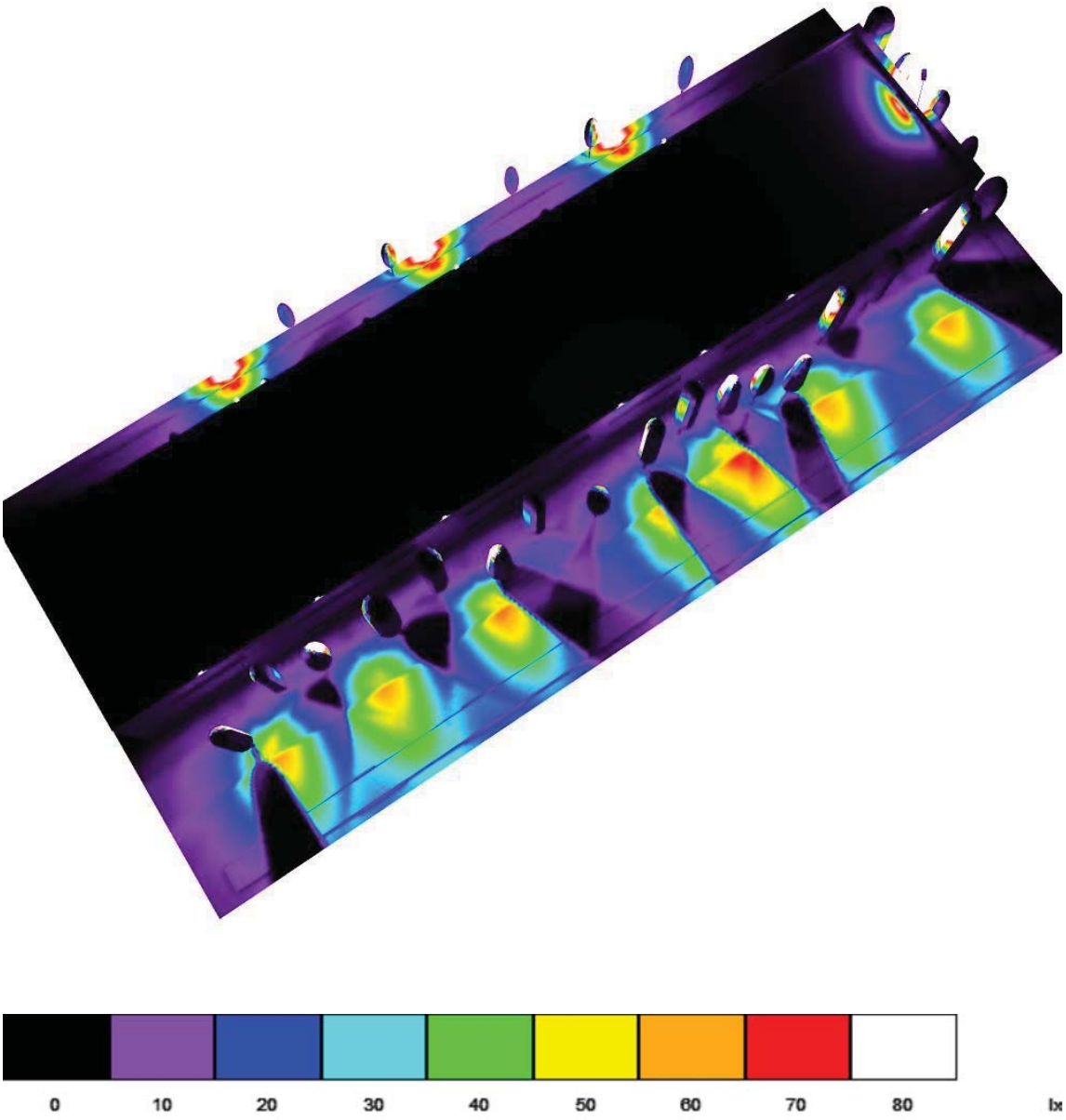
Escena exterior EIE / Rendering (procesado) en 3D



UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Rendering (procesado) de colores falsos



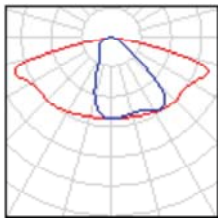
UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Lista de luminarias

11 Pieza

Philips BGP323 T35 1xGRN196-2S/740 DM
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16592 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 19520 lm
Potencia de las luminarias: 180.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 42 76 97 100 86
Lámpara: 1 x GRN196-2S/740 (Factor de corrección 1.000).



UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Luminarias (ubicación)

Escala 1 : 711

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	11	Philips BGP323 T35 1xGRN196-2S/740 DM

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

Escala 1 : 1195

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 8	29	20	38	0.697	0.531
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 8	16	8.48	24	0.543	0.357
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	128 x 8	27	5.43	39	0.204	0.138

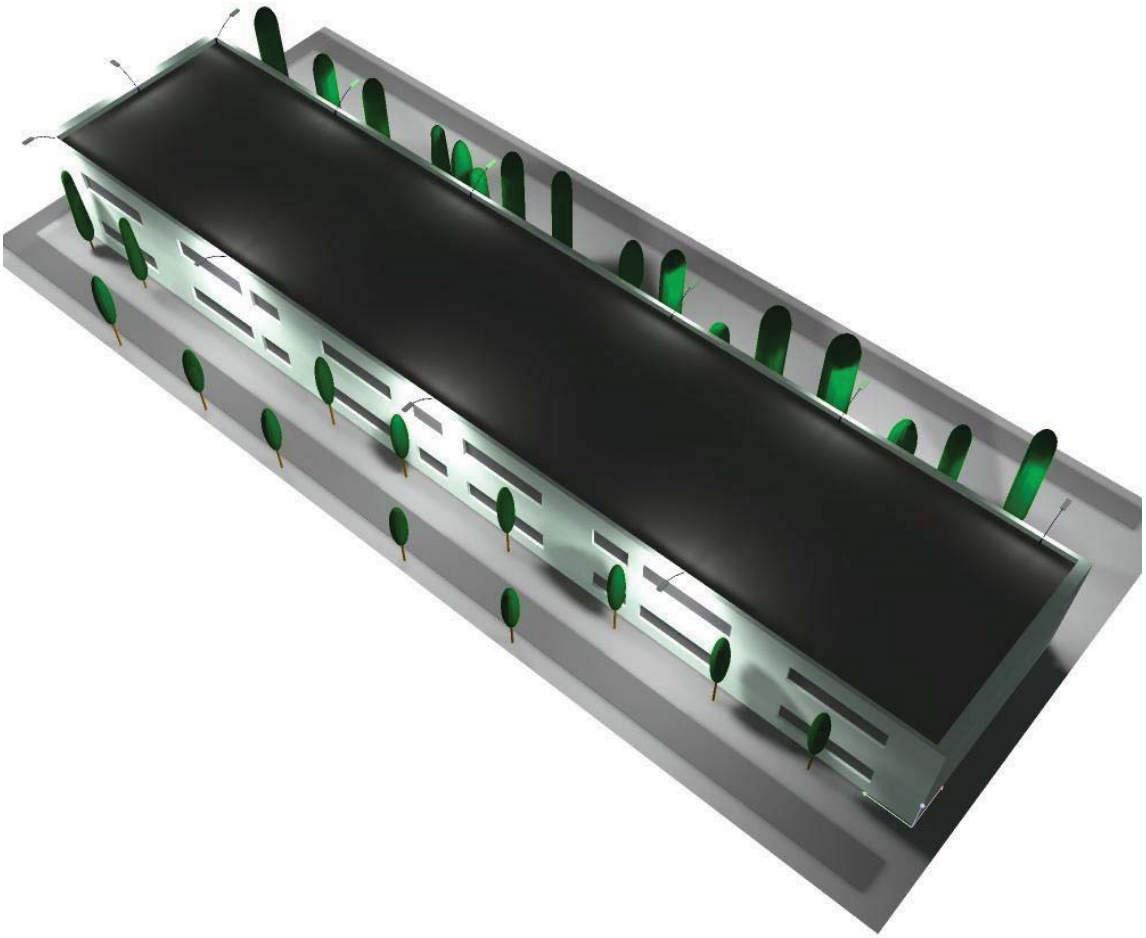
Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	3	23	5.43	39	0.24	0.14

UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

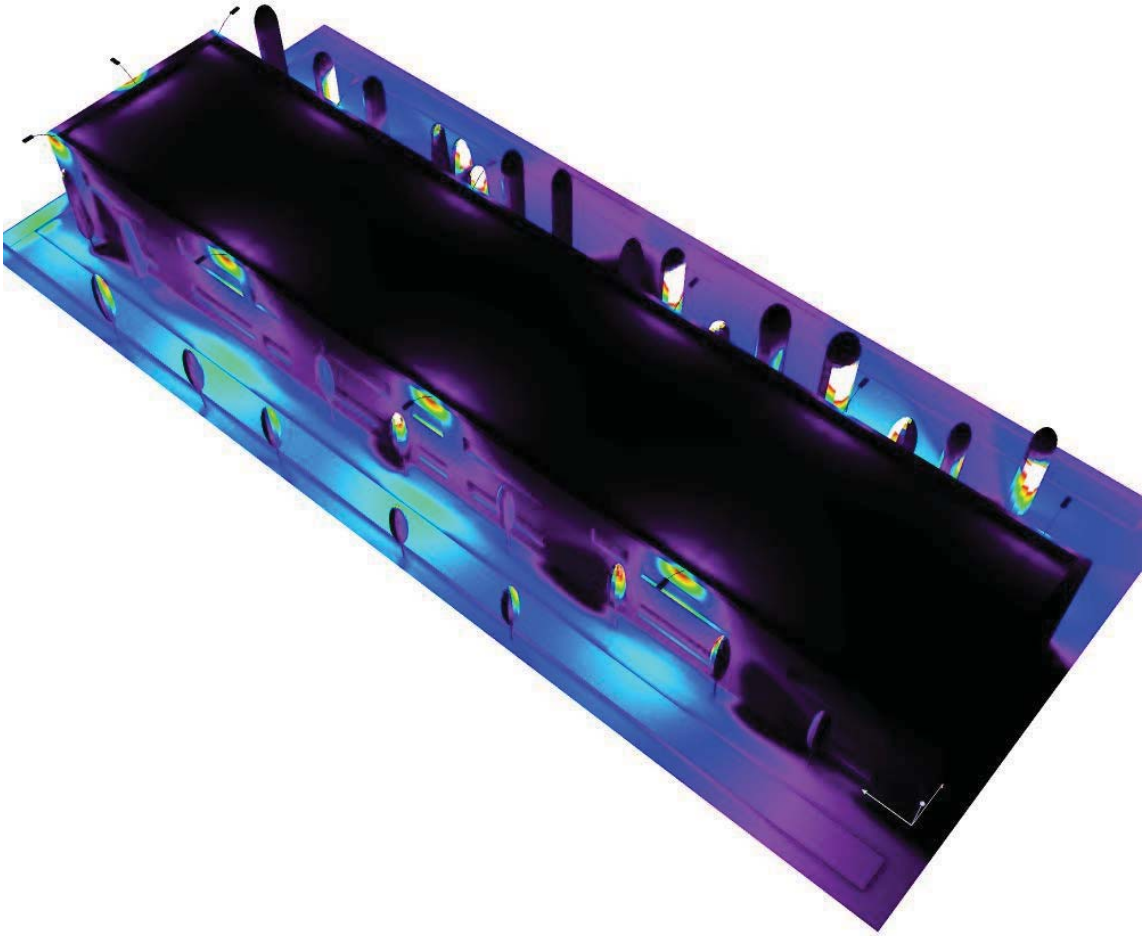
Escena exterior EIE / Rendering (procesado) en 3D

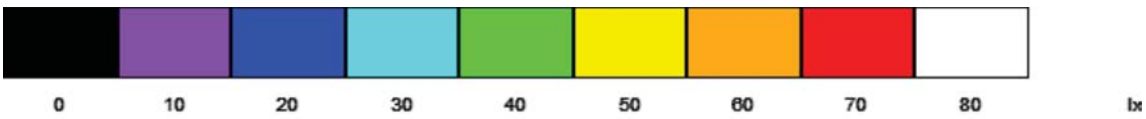


UCV

Proyecto elaborado por Benjamin Bustamante
Teléfono 04124301813
Fax
e-Mail benjaminbustamante@hotmail.com

Escena exterior EIE / Rendering (procesado) de colores falsos





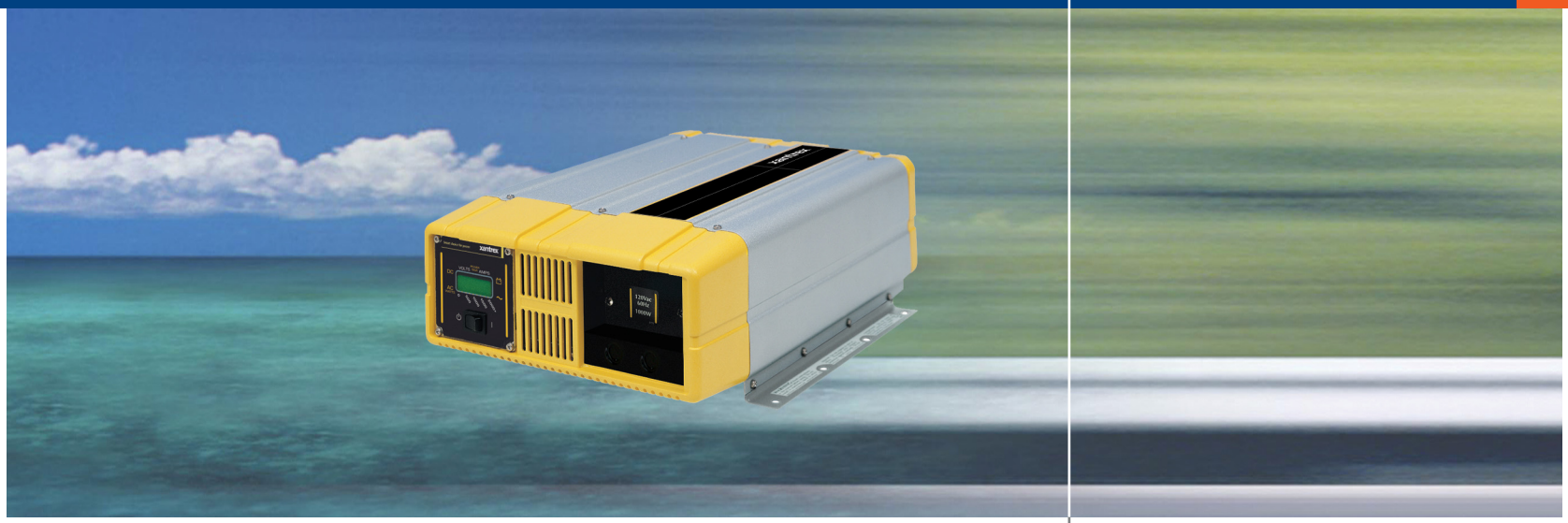
Datos Meteorológicos de la Ciudad Universitaria de Caracas

Situación: Latitud: 10°29'41''
Longitud: 66°53'12''
Altitud: 884,69 msnm

Estación Climatologica: U.C.V
Periodo: 1973 - 2003

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura [°C]	Media	20,9	21,5	22,8	24,1	23,8	23,0	22,6	22,3	23,1	22,9	22,7	21,4
	Máx Absoluta	32,0	33,7	35,2	34,0	32,8	32,5	30,2	33,2	33,0	32,5	31,7	30,5
	Mín Absoluta	8,4	9,9	11,8	11,2	14,0	16,0	13,9	13,6	14,0	13,4	12,6	9,8
Radiación [cal/cm²*dia]	Media	393	452	427	423	396	437	468	459	455	396	377	380
Radiación [kW/m²*dia]	Media	4,5706	5,2568	4,9660	4,9195	4,6055	5,0823	5,4428	5,3382	5,2917	4,6055	4,3845	4,4194
Viento [m/s]	Media	2,4	2,4	2,5	2,2	2,1	2,7	2,2	1,9	1,9	1,9	1,9	2,1
	Dirección	NW/SSE	SE/NW	NW/SE	SE/NW	ESE/SE	ESE/SE	SSE/SSE	SSE/SE	SSE/NW	SSE/SSE	SSE/SSE	SSE/SSE

PROsine™ 1000/1800 Sine Wave Inverters



Provides 1000 and 1800 watts of sine wave AC power from a DC source

Offering superior quality true sine wave output, the PROsine™ 1000 and 1800 stand-alone inverters are ideally suited for electrical systems that already have a quality multistage battery charger. Designed for recreational and industrial applications, their 120-volt, 60 Hz AC power output is capable of handling both heavy duty and smaller, multiple AC loads. PROsine inverters include a backlit LCD display panel, which can be mounted remotely.

Product Features

- 1000 and 1800 watt inverters (1500 and 2900 watt surge capability)
- True sine wave AC output (crystal controlled)
- Removable LCD display can be mounted remotely for control and monitoring
- Unique DC terminals offer 180-degree connections for easy installation in tight places
- Powersave mode draws only 1.5 watts under no load
- Two year warranty

Protection Features

- Over temperature shutdown and automatic overload protection
- Over voltage and under voltage protection
- Short circuit and AC backfeed protection

Options

- Available in 12 and 24 volt models
- Models available with GFCI AC outlet or AC hardwire terminal strip for permanent installation into an electrical system (optional 15 A transfer switch available with hardwire option)
- Remote interface kit for remote mounting of display module

Ultra-clean true sine wave power

- With less than 3% total harmonic distortion, PROsine 1000 and 1800 inverters deliver true sine wave output that is identical to AC power supplied by your utility. This clean output makes PROsine inverters ideal for handling sensitive loads and improves AC equipment performance. Expect trouble-free true sine wave electricity for televisions, audio systems, variable speed tools, and more.

Light and compact

- PROsine inverters are lighter and more compact than other inverters with similar power ratings because they use high-frequency switching technology in the power conversion process.

C SA US

LR 86581
UL 458
CSA 107.1

CSA/NRTL certified to UL & CSA standards

Xantrex Technology Inc.
Headquarters
8999 Nelson Way
Burnaby, British Columbia
Canada V5A 4B5
800 670 0707 Toll Free
604 420 1591 Fax

541 Roske Drive, Suite A
Elkhart, Indiana
USA 46516
800 446 6180 Toll Free
574 294 5989 Fax

www.xantrex.com

© 2004 - 2008 Xantrex Technology Inc. All rights reserved. Xantrex, Smart choice for power and PROsine are trademarks of Xantrex International, registered in the U.S. and other countries.

Printed in Canada

PROsine 1000 Watt and 1800 Watt Sine Wave Inverters

Electrical Specifications

Models	PROsine 1000	PROsine 1800
Output power	1000 W	1800 W
Surge rating	1500 W	2900 W
Output current (peak)	25 A	45 A
Output voltage (at no load)	120 Vac +/-3%	120 Vac +/-3%
Output voltage (over full load and battery voltage range)	120 Vac RMS -10%/+4%	120 Vac RMS -10%/+4%
Output frequency	60 +/-0.05 (crystal controlled)	60 +/-0.05 (crystal controlled)
Output waveform	True sine wave (<3% THD)	True sine wave (<3% THD)
Peak efficiency (12 V/24 V)	89% / 90%	89% / 90%
No load power draw (search mode)	<1.5 W	<1.5 W
No load power draw (idle mode)	<22 W	<22 W
Input voltage range (12 V/24 V)	10 – 16 Vdc / 20 – 32 Vdc	10 – 16 Vdc / 20 – 32 Vdc
Transfer relay rating (hardwire/transfer relay models)	15 A	15 A
Transfer time AC to inverter and inverter to AC	Max 2 cycles (typically 1 cycle) <2.5 seconds with Powersave "ON"	Max 2 cycles (typically 1 cycle) <2.5 seconds with Powersave "ON"

General Specifications

Operating temperature range	32°F – 140°F (0°C – 60°C)	32°F – 140°F (0°C – 60°C)
Storage temperature range	-22°F – 158°F (-30°C – 70°C)	-22°F – 158°F (-30°C – 70°C)
AC output types	Dual GFCI receptacle	Dual GFCI receptacle
	Hardwire	Hardwire
	Hardwire with transfer relay	Hardwire with transfer relay
LCD display panel	Removable; can be mounted remotely	Removable; can be mounted remotely
	(requires remote interface kit - see part number section)	(requires remote interface kit - see part number section)
	Displays DC volts, amps and output power	Displays DC volts, amps and output power
Recommended DC fuse	12 V: 150 A or 175 A*	12 V: 225 A or 300 A*
	24 V: 70 A or 90 A*	24 V: 100 A or 150 A*
	*Depending on applicable installation codes	*Depending on applicable installation codes
Dimensions (H x W x D)	4.5 x 11.0 x 15.4" (115 x 280 x 390 mm)	4.5 x 11.0 x 15.4" (115 x 280 x 390 mm)
Weight	14.5 lb (6.5 kg)	16.5 lb (7.5 kg)
Warranty	Two year	Two year
Part Numbers		
12-volt		
GFCI outlet	806-1000	806-1800
Hardwire with transfer relay	806-1002	806-1802
24-volt		
GFCI outlet	806-1050	806-1850
Hardwire with transfer releay	806-1052	806-1852
Remote interface panel	808-1800	808-1800
Wiring cover	808-1801	808-1801

Regulatory Approvals

CSA/NRTL certified to CSA 107.1, UL 458 (including Marine supplement)

KKK-A-1822D: Federal specification for use on ambulances

Designed to meet **ABYC** E8, E9, A25 for marine applications

Note: Specifications subject to change without notice.

© 2004 - 2008 Xantrex Technology Inc. All rights reserved. Xantrex, Smart choice for power and PROsine are trademarks of Xantrex International, registered in the U.S. and other countries.

Printed in Canada

YAKE®
SOLAR
www.YakeSolar.com

Módulos solares fotovoltaicos.

Modelo	Potencia(Wp)	Icc(A)	Vca(V)	Imp(A)	Vmp(V)	Dimension(mm)	Peso(Kg)	Celda solar
SUN-190-24	190Wp	11.95	21.50	7.12	26.70	1648×950×41	18,5	**125 x 125 mm, 72 unid**
SUN-210-12	210Wp	12.11	22.80	11.23	18.70	1651×952×35	18,5	**100 x 100 mm, 144 unid**
SUN-205-12	205Wp	11.93	22.7	11.93	18.20	1651×952×35	18,5	**100 x 100 mm, 144 unid**
SUN-190-12	190Wp	11.80	22.0	10.92	17.40	1651×952×35	18,5	**100 x 100 mm, 144 unid**
SUN-130-12	130Wp	11.80	22.6	11.05	18.10	1625×940×35	18,5	**156 x 156 mm, 36 unid**
SUN-100-12	100Wp	6.30	23.6	5.63	18.29	1145×965×35	13,6	**100 x 50 mm, 72 unid**

Sistemas de Seguridad y Respaldo de Energía

Duncan Solar Power

Duncan ofrece baterías de ciclo profundo para sistemas solares, plantas de emergencia, inversores, inversores-cargadores y vehículos eléctricos, entre otros.

Características:

- Presentaciones de 6, 8 y 12 voltios en capacidades (C20) desde 65 Ah hasta 200 Ah
- Conectores tipo marino, tipo automotriz o duales (automotriz-marino)
- Sistema caja-tapa termosellado fabricado en polipropileno de alto impacto
- Tapones con dispositivo antiflama
- Separadores de fibra de vídrio y placas de diseño marino

Especificaciones de la línea Duncan Solar Power:

Modelo	Voltaje (v)	Cap. Nominal AH (20 horas) 1,75V - 25°C	Dimensiones en milimetros			Peso (kg)
			Largo L	Ancho A	Alto H	
SP-190-6	6	190	258	178	284	31
SP-150-8	8	150	260	179	242	32
SP-65-12	12	65	253	165	252	19,6
SP-90-12	12	90	295	166	235	24
SP-100-12	12	100	328	172	239	27
SP-130-12	12	130	500	180	240	42,2
SP-160-12	12	160	500	220	240	50,9
SP-200-12	12	200	500	275	240	62,8

FLEXmax™

Continuous Maximum Power Point Tracking Charge Controllers

- Increases PV Array Output by up to 30%
- Advanced Continuous Maximum Power Point Tracking
- Full Power Output in Ambient Temperatures up to 104°F (40°C)
- Battery Voltages from 12 VDC to 60 VDC
- Fully OutBack Network Integrated and Programmable
- Programmable Auxiliary Control Output
- Built-in 128 days of Data Logging
- Standard 5 Year Warranty

The FLEXmax family of charge controllers is the latest innovation in Maximum Power Point Tracking (MPPT) charge controllers from OutBack Power Systems. The innovative FLEXmax MPPT software algorithm is both continuous and active, increasing your photovoltaic array power yield up to 30% compared to non-MPPT controllers. Thanks to active cooling and intelligent thermal management cooling, both FLEXmax charge controllers can operate at their full maximum current rating, 60 Amps or 80 Amps respectively, in ambient temperatures as high as 104°F (40°C).

Included in all of the FLEXmax Charge Controllers are the revolutionary features first developed by OutBack Power, including support for a wide range of nominal battery voltages and the ability to step-down a higher voltage solar array to recharge a lower voltage battery bank. A built-in, backlit 80 character display shows the current status and logged system performance data for the last 128 days at the touch of a button. The integrated OutBack network communications allows FLEXmax series Charge Controllers to be remotely programmed and monitored via a MATE system display and provides unrivaled complete system integration.

FLEXmax MPPT Charge Controllers are the only choice when you demand a high performance, efficient and versatile charge controller for your advanced power system.

OutBack Power Systems™

www.outbackpower.com

FLEXmax Specifications

	FLEXmax 80 - FM80-150VDC	FLEXmax 60 - FM60-150VDC
Nominal Battery Voltages	12, 24, 36, 48, or 60 VDC (Single model - selectable via field programming at start-up)	12, 24, 36, 48, or 60 VDC (Single model - selectable via field programming at start-up)
Maximum Output Current	80 amps @ 104º F (40ºC) with adjustable current limit	60 amps @ 104º F (40ºC) with adjustable current limit
Maximum Solar Array STC Nameplate	12 VDC systems 1250 Watts / 24 VDC systems 2500 Watts / 48 VDC systems 5000 Watts / 60 VDC Systems 7500 Watts	12 VDC systems 900 Watts / 24 VDC systems 1800 Watts / 48 VDC systems 3600 Watts / 60 VDC Systems 4500 Watts
NEC Recommended Solar Array STC Nameplate	12 VDC systems 1000 Watts / 24 VDC systems 2000 Watts / 48 VDC systems 4000 Watts / 60 VDC Systems 5000 Watts	12 VDC systems 750 Watts / 24 VDC systems 1500 Watts / 48 VDC systems 3000 Watts / 60 VDC Systems 3750 Watts
PV Open Circuit Voltage (VOC)	150 VDC absolute maximum coldest conditions / 145 VDC start-up and operating maximum	150 VDC absolute maximum coldest conditions / 145 VDC start-up and operating maximum
Standby Power Consumption	Less than 1 Watt typical	Less than 1 Watt typical
Power Conversion Efficiency	97.5% @ 80 Amps in a 48 VDC System - Typical	98.1% @ 60 Amps in at 48 VDC System voltage - Typical
Charging Regulation	Five Stages: Bulk, Absorption, Float, Silent and Equalization	Five Stages: Bulk, Absorption, Float, Silent and Equalization
Voltage Regulation Set points	10 to 60 VDC user adjustable with password protection	10 to 60 VDC user adjustable with password protection
Equalization Charging	Programmable Voltage Setpoint and Duration - Automatic Termination when completed	Programmable Voltage Setpoint and Duration - Automatic Termination when completed
Battery Temperature Compensation	Automatic with optional RTS installed / 5.0 mV per °C per 2V battery cell	Automatic with optional RTS installed / 5.0 mV per °C per 2V battery cell
Voltage Step-Down Capability	Can charge a lower voltage battery from a higher voltage PV array - Max 150 VDC input	Can charge a lower voltage battery from a higher voltage PV array - Max 150 VDC input
Programmable Auxilary Control Output	12 VDC output signal which can be programmed for different control applications (Maximum of 0.2 amps DC)	12 VDC output signal which can be programmed for different control applications (Maximum of 0.2 amps DC)
Status Display	3.1" (8 cm) backlit LCD screen - 4 lines with 80 alphanumeric characters total	3.1" (8 cm) backlit LCD screen - 4 lines with 80 alphanumeric characters total
Remote Display and Controller	Optional Mate or Mate2 with RS232 Serial Communications Port	Optional Mate or Mate2 with RS232 Serial Communications Port
Network Cabeling	Proprietary network system using RJ 45 Modular Connectors with CAT 5e Cable (8 wires)	Proprietary network system using RJ 45 Modular Connectors with CAT 5e Cable (8 wires)
Data Logging	Last 128 days of Operation - Amp Hours, Watt Hours, Time in Float , Peak Watts, Amps, Solar Array Voltage, Max Battery Voltage Min Battery Voltage and Absorb for each day along with total Accumulated Amp Hours, and kW Hours of production	Last 128 days of Operation - Amp Hours, Watt Hours, Time in Float , Peak Watts, Amps, Solar Array Voltage, Max Battery Voltage Min Battery Voltage and Absorb for each day along with total Accumulated Amp Hours, and kW Hours of production
Hydro Turbine Applications	Consult factory for approved Turbines	Consult factory for approved Turbines
Positive Ground Applications	Requires two Pole Breakers for switching both positive and Negative Conductors on both Solar Array and Battery Connections (HUB 4 and HUB 10 can not be used for use in positive ground applications)	Requires two Pole Breakers for switching both positive and Negative Conductors on both Solar Array and Battery Connections (HUB 4 and HUB 10 can not be used for use in positive ground applications)
Operating Temperature Range	Minimum -40° to maximum 60° C (Power capacity of the controller is automatically derated when operated above 40° C)	Minimum -40° to maximum 60° C (Power capacity of the controller is automatically derated when operated above 40° C)
Environmental Rating	Indoor Type 1	Indoor Type 1
Conduit Knockouts	One 1" (35mm)on the back; One1" (35mm) on the left side; Two 1" (35mm) on the bottom	One 1" (35mm)on the back; One1" (35mm) on the left side; Two 1" (35mm) on the bottom
Warranty	Standard 5 year / Available 10 Year	Standard 5 year / Available 10 Year
Weight - Unit	12.20 lbs (5.56 kg)	11.65 lbs (5.3 kg)
Weight - Shipping	15.75 lbs (7.10 kg)	14.55 lbs (6.4 kg)
Dimensions - Unit	16.25" x 5.75" x 4" (41.3 x 14 x 10 cm) - (H x W x D)	13.5 x 5.75 x 4" (40 x 14 x 10 cm)
Dimensions - Shipping	21" x 10.5" x 9.75" (53 x 27 x 25 cm)	18 x 11 x 8" (46 x 30 x 20 cm)
Options	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB 4, HUB 10, MATE, MATE 2	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB 4, HUB 10, MATE, MATE 2
Menu Languages	English & Spanish	English & Spanish

OutBack Power Systems™

Main Office:
19009 62nd Avenue NE
Arlington, WA 98223 USA
Phone: (360) 435.6030
Fax: (360) 435.6019

European Office:
C/ Castelló, 17
08830 - Sant Boi de Llobregat
BARCELONA, España
Phone: +34.93.654.9568

www.outbackpower.com

Available From:

7/02/08