REPÚBLICA DE CUBA

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA

"DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ"

FACULTAD METALURGIA ELECTROMECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

Trabajo de Diploma

en opción al Título de Ingeniero Eléctrico

Título: Análisis del Sistema de Iluminación de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara y su implementación hacia nuevas tecnologías.

Autor: Maité Robles Gámez.

Tutor: Msc. Gabriel Hernández Ramírez.

Ing. Ramón Salazar Marrero.

``Año 53 de la Revolución´´

Moa-2011

Declaración de autor

En decisión conjunta, la autora Maité Robles Gámez y los tutores M.Sc. Gabriel Hernández Ramírez e Ing. Ramón Salazar Marrero, certificamos nuestra propiedad intelectual expuesta en este Trabajo de Diploma con título: “Análisis del Sistema de Iluminación de la Planta de Hornos de Reducción y exterior de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara(ECG)” al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual, podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Maité Robles Gámez

M.Sc. Gabriel Hernández Ramírez

Ing. Ramón Salazar Marrero

Pensamiento

Creo en el milagro de lo que puede hacer el trabajo,
de lo que puede hacer la ciencia,
de lo que pueden hacer los hombres.

Fidel Castro Ruz

Dedicatoria

Quisiera dedicar este trabajo de diploma con todo el amor que brota de mi corazón, a quienes me dieron la fuerza y voluntad para que llegara hasta aquí.

- *Al comandante en jefe Fidel Castro Ruz.*
- *A mis queridos padres Deina Gámez y Milián Robles.*
- *A mi hermano William Robles Gámez.*
- *A mi adorado esposo Yudier Fuentes Cabreja.*
- *A mis primos Irma y Yordira.*

Agradecimientos

Agradezco de todo corazón a todas aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron a realización de este trabajo de diploma para mi formación profesional.

- *A la Revolución Cubana por haberme permitido estudiar y formarme como una futura profesional.*
- *A mis familiares por el apoyo incondicional que me han sabido dar en los momentos más difíciles.*
- *A mis amigas quienes han sido un soporte esencial y tienen un lugar en mi corazón.*
- *A mis tutores Ramón Salazar y Gabriel Hernández.*
- *A todos ellos*

Muchísimas Gracias.

Resumen

El presente trabajo de diploma tiene como objetivo realizar un análisis del Sistema de Iluminación en la Planta de Hornos de Reducción, así como las calles de acceso (interior y exterior) de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, tomando como bases las características, usos y tipos de elementos utilizados en el sistema de iluminación donde se deberá estudiar las insuficiencias y uso del local, para diseñar un sistema de control idóneo.

En el Capitulo I, se realizó un análisis en cuanto usos, tipos y deficiencias del sistema de iluminación así como los diferentes métodos a utilizar a la hora de realizar los cálculos para la iluminación en áreas determinadas, (interior o exterior).

En el Capitulo II, se hizo referencia a la solución del problema existente y sus deficiencias, el cual nos requirió la realización del siguiente trabajo de diploma.

En el Capitulo III, se cercó de manera específica la solución del problema con la variante más económica posible, donde se demostró que el sistema de iluminación instalado no es el adecuado, así como recomendaciones a seguir para obtener los resultados obtenidos en la proyección de nuevos sistemas de iluminación, además asesorar a los especialistas preponiéndoles unos procedimientos de actuación que conlleve al pretendido ahorro energético, siendo las pautas: equipos eficientes, control adecuado y explotación procedente; obteniéndose el máximo ahorro sin pérdidas en seguridad, calidad y confort.

Abstract

This dissertation analyzes a lighting system of the Company Commander Ernesto Che Guevara, on the basis of characteristics, uses and types of elements used in the lighting system, taking into account their specificities for the implementation of a thorough study in energy savings in lighting installations, only to correctly select the equipment according to needs, you will not get high performance and efficiency in the system but should consider the shortcomings and local use, to design a system appropriate control.

In Chapter I, was analyzed in terms of uses, types and shortcomings of the lighting system and the various methods to use when performing the calculations for lighting in certain areas (inside or outside).

In Chapter II, reference was made to solve the existing problems and shortcomings, which required us to the realization the following dissertation.

In Chapter III, specifically hedge the solution of the problem with most economical option, as well as recommendations to follow to obtain the results of the screening of new lighting systems, experts also advise intending action procedures intended to lead to energy savings, with the guidelines: efficient equipment, proper control and operation from, obtaining the maximum savings without loss in safety, quality and comfort.

Índice

Resumen ..... ***V***
Abstract ..... ***VI***
Índice ..... ***VII***
Introducción ..... ***- 1 -***
CAPÍTULO I ..... ***- 5 -***
1.1 Introducción. ..... - 5 -
1.2 Revisión de trabajos precedentes. ..... - 5 -
1.3 Fundamentación Teórico-Metodológica del trabajo. ..... - 8 -
1.3.1 Definiciones Generales. ..... - 9 -
1.3.2 Lámparas. ..... - 15 -
1.3.3 Luminarias. ..... - 17 -
1.4 Base Teórica de la Investigación. ..... - 22 -
1.4.1 Métodos de cálculo ..... - 23 -
1.5. Conclusiones ..... - 29 -
CAPÍTULO II ***32***
2.1 Introducción. 32
2.2 Caracterización del sistema de alumbrado que se utilizan en la actualidad. 32
2.3 Descripción de las instalaciones de alumbrado actual. 48
2.3.1 Sistemas de medición del flujo luminoso. 50
2.3.2 Simulación de los locales con bajo nivel de iluminación. 57
2.4 Conclusiones. 65
CAPITULO III ***68***
3.1 Introducción. 68
3.2 Propuesta para mejorar la eficiencia del sistema de iluminación de la ECG. 68
3.3 Valoración ambiental y medidas tomadas para evitar la contaminación lumínica.´ 78
3.4 Valoración económica. 83

3.4.1 Ahorro de energía al mejorar el sistema de encendido del alumbrado. 84
3.5 Conclusiones.....87
Conclusiones Generales. ***88***
Recomendaciones. ***89***
Bibliografía ***90***
Anexos ***92***

Introducción

En lo que respecta a la iluminación se puede reseñar los distintos parámetros como el tamaño, el brillo, el contraste y el tiempo, que han tomado como características principales de la visibilidad relativa de un espacio, pero por otra parte hay otras características que influyen como el acabado del objeto, la naturaleza del material con respecto a la transmisión de luz, el grado del efecto tridimensional y las características de reflexión de los alrededores más inmediato. Aunque pueda parecer que el alumbrado representa un bajo porcentaje del consumo total de esta energía, si se hace un enfoque desde el punto de vista de una empresa, el alumbrado se convierte en el consumidor eléctrico más importante. Algunos especialistas encargados de proyectar los sistemas de iluminación, no tienen en cuenta las tendencias actuales del desarrollo sostenible y ponen en riesgo la salud del ser humano. La iluminación ha de cumplir una función específica, como es el permitir ver, observar, resolver tareas y definir objetos y cosas. Así ha de asegurar que su objetivo se logra en las mejores condiciones de confort, seguridad y eficacia en el gasto energético que forzosamente ha de producirse. El rápido desarrollo de los sistemas de iluminación como nuevas fuentes de emisión luminosa ha permitido que de ser consideradas simplemente indicadores luminosos, pasen ha ser habitualmente empleadas en sistemas de señalización luminosa y se inicie su introducción en los sistemas de alumbrado e iluminación. Esto ha sido posible por la elevada vida media de los nuevos sistemas de iluminación de las últimas generaciones, el notable incremento de la luminosidad mantenimiento del reducido consumo, dando lugar a sistemas altamente eficaces energéticamente y de bajo costo de mantenimiento. El empleo de los sistemas de iluminación ha sido bastante limitado hasta la actualidad, dado que los niveles de iluminación necesarios son muy elevados y los requerimientos a cuanto calidad visual de la iluminación que produce cualquier fuente luminosa empleada para iluminación convencional, exige altas prestaciones en cuanto al aspecto del color de dicha luz (temperatura del color de la fuente), índices de reproducibilidad cromática, posibilidad de control de los haces luminosos y confort visual: reducción de deslumbramientos molestos directos e indirectos. Todos estos aspectos quedan cubiertos por los de última generación: altas temperaturas de calor, contribución de emisión luminosa de todo el espectro visible,

elevada intensidades y posibilidad de agrupación e incorporación de elementos ópticos que permitan regular, direccionar y apantallar la iluminación según convenga para cada aplicación.

Lo barato sale caro. "En el campo de las edificaciones, la iluminación se instala casi al final de la obra, cuando los recursos del presupuesto están a punto de tocar fondo. Éste es un factor que ocasiona que, al momento de escoger el equipo y materiales, el criterio del precio prevalezca sobre el de calidad". Resolver de esa manera la instalación del sistema de iluminación sólo confirma, con el paso del tiempo, que lo barato sale caro. Ante la escasez de presupuesto, el constructor supera su problema inmediato y opta por productos de regular calidad y mediana eficiencia, aunque con el uso del inmueble se compruebe que la parte más cara de este servicio no es su costo de instalación, sino el consumo que genere.

Las nuevas tendencias. En los últimos años varios países están promoviendo medidas a favor del ahorro energético a base de sustituir las tradicionales bombillas incandescentes. El primer país que ha anunciado que prohibirá este tipo de lámparas ha sido Australia. Se deberán sustituir las bombillas incandescentes por las de bajo consumo, ya que en el 2010 se comenzó su uso en todo el país. Pero no es el primer país que toma medidas similares. En el 2005 en Cuba que mantiene una posición de vanguardia en América Latina en el área de la iluminación, pues a pesar de que las nuevas tecnologías llegan con cierto retraso de países avanzados, es ejemplo en el desarrollo de programas para promover la iluminación eficiente, con la Revolución Energética iniciada por nuestro Comandante en jefe Fidel Castro, un programa muy exitosos en materia de sustitución de bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas, en el sector residencial, se han tomado como modelo en naciones de Centro y Sudamérica.

El objetivo fundamental que se plantea con el desarrollo de este proyecto es el estudio de una aplicación particular de las nuevas tecnologías en sistema de alumbrado de seguridad para interiores y exteriores, el análisis de los requerimientos (cumplimiento de la normativa aplicable) para esta categoría de productos, la evaluación de productos tipo existente en el mercado, y el diseño óptico, simulación fotométrica y validación de modelos como fuentes luminosas cumplan con las especificaciones requeridas y optimicen las radiaciones luminosas emitida mediante la incorporación de elementos ópticos macro y microestructurados diseñados específicamente para esta aplicación.

Mejorar la eficiencia del sistema de iluminación de la Planta de Hornos de Reducción y área exterior de la Empresa Ernesto Che Guevara no se debe considerar como grado máximo de perfección que se alcanza cumpliendo cabalmente el objetivo antes mencionado, sino apurar las posibilidad y encaminar todo esfuerzo e imaginación hacia aspectos menos versados pero no por ello desestimables: como son crear ambientes luminosos diferenciales, la integración de los sistemas de iluminación en los esquemas decorativos de los entornos en los que van a operar, entre otros.

Este estudio tiene como premisa fundamental llevar a la práctica todos los conocimientos existentes, para así darle un enfoque técnico y científico al trabajo a realizar y poder contribuir con la sociedad.

Problema

La ineficiencia en el uso de la energía eléctrica al no tener un sistema de iluminación moderno en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Hipótesis

Si se utilizan nuevos sistemas de iluminación, se podrá realizar mejoras de eficiencia energética y en especial del alumbrado.

Objeto de estudio

Planta de Hornos de Reducción y área exterior de la empresa.

Campo de acción

Sistemas de iluminación.

Objetivo general

Mejorar la eficiencia del uso de la energía eléctrica a través de nuevos sistemas de iluminación.

Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar el estado actual de los sistemas de iluminación existente en la Empresa

Comandante Ernesto Che Guevara.

- ✓ Comprobar la eficiencia del uso de la energía eléctrica con la implementación de nuevas tecnologías.
- ✓ Proponer un sistema de alumbrado que cumpla con las normas del CIE.

Tareas

- ✓ Búsqueda y actualización bibliográfica.
- ✓ Medición de los niveles de iluminación en los diferentes sectores de la empresa.
- ✓ Comprobación de los niveles de Iluminación en los diferentes departamentos y calles de la empresa comparándolos con los valores de la norma NC ISO 8995/CIES 008/2003.
- ✓ Propuesta de nuevos sistemas de iluminación para la disminución del consumo de energía eléctrica.

CAPÍTULO I

Marco Teórico – Metodológico de la Investigación.

1.1 Introducción.

1.2 Revisión de trabajos precedentes.

1.3 Fundamentación Teórico – Metodológica.

1.4 Base Teórica de la Investigación.

1.5 Conclusiones.

1.1 Introducción.

El objetivo de este capítulo es desarrollar la base teórica-metodológica que se pretende plantear en el presente trabajo, para alcanzar su objetivo general, a partir del planteamiento existente, el cual mostrará la necesidad de la realización de dicho estudio y perspectiva de los resultados para la futura aplicación de los mismos.

1.2 Revisión de trabajos precedentes.

Manuales.

Manual de Iluminación Philips Tomo I y II (1993): Es una síntesis de información muy útil para el uso en el diseño de iluminación.

Manual de procedimientos (1999). Este trabajo constituye una guía metodológica para el proyectista eléctrico, puesto que recoge la información necesaria para la aplicación de una metodología de sistemas de alumbrado, pero no tiene en cuenta los aspectos de contaminación luminosa, afectaciones al medio ambiente, la iluminación natural y eficiencia energética.

Catálogos.

Catálogo de iluminación OSRAM 2001: Nos permitió conocer todo una gama de lámparas y luminarias de alta eficiencia.

Catálogo General (2002).Indalux Iluminación Técnica, S.L Este catálogo presenta software para la simulación de las instalaciones de alumbrado.

Catálogo de iluminación Disano (2002): Este catálogo permitió la actualización de proyectores.

Catálogo General de iluminación Philips 2002. Brinda toda una metodología para la iluminación con sus productos en el mercado.

Catálogo de iluminación Keene (2006): Este catálogo contribuyó a la determinación de las lámparas utilizadas en la actualidad.

Documentos.

El alumbrado exterior (2000): Es, sin duda, una de las aplicaciones más habituales e importantes de la iluminación. La posibilidad de realizar actividades más allá de los límites naturales ha abierto un abanico infinito de posibilidades desde iluminar calles y vías de comunicación hasta aplicaciones artísticas, de recreo, industriales, etc.

Francisco Pividal Grana. Ciudad de La Habana, (2003). Este documento facilitó la adquisición de información sobre el comportamiento del petróleo en el mercado mundial, el precio del combustible y las equivalencias entre energía y toneladas de fuel oil en Cuba.

Factores del ahorro de la iluminación una forma fácil para el ahorro (2003). En este documento se tiene en cuenta que el ahorro en iluminación es el resultado de muchos factores, donde la mayoría están mal entendidos. Existen muchos términos; eficiencia, eficacia, Watts, lúmenes, lúmenes/Watt, Watts/m2, coeficientes de utilización, BEF, BF, CU, FB, y muchos otros. Pero todo esto no le da el dato más importante del ahorro, el cual tiene la unidad de medida más conocida: pesos y centavos. ¿Como ir de la confusión a lo simple? Puede contratar expertos, seguir recomendaciones, conformar con normas, pero todas son complicadas.

El ahorro de energía eléctrica: una solución tecnológica (2006): Se evalúa que instalado un sistema automático de detección de presencia, y el éxito de la instalación ha sido

rotundo: un ahorro en el consumo de energía eléctrica de más del 50%.

Conferencias

Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997). Estas conferencias proporcionaron una actualización integral de cómo se maneja el tema a nivel nacional e internacional, en materia de historia de la iluminación, economía, medio ambiente, desarrollo de fibras ópticas, contaminación lumínica, descargas, entre otros. Paralelamente representó el punto de partida para el análisis económico-ambiental.

Publicaciones

Equipos auxiliares para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez. En esta publicación se hace énfasis en todos los equipos a utilizar en el trabajo de las lámparas de descargas.

Sistema eléctrico para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez. En esta publicación se caracteriza el sistema eléctrico y los componentes principales de las lámparas de descarga.

J.I. Urraca Piñeiro: Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A. Esta publicación hace referencia a todos los tratados para proyectar sistemas de alumbrado que cumpla con las normas establecidas.

Jesús Feijó Muñoz: Instalaciones de iluminación en la arquitectura. Ed: Secretariado de publicaciones, Universidad de Valladolid. Esta publicación presenta las normas de construcción e instalación de la iluminación en los proyectos arquitectónicos.

Trabajos de diplomas

Análisis del Sistema de Iluminación Viaria del municipio Moa 2005. Yunier Cabrera, Delroy George. Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico presentó el análisis y propuesta de mejora del sistema de alumbrado de las avenidas principales del municipio Moa.

Análisis de la eficiencia energética del Sistema de Alumbrado de la unidad Presupuestada "Las Camariocas"2008. Ramón Ramos Domínguez. Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico mostró el estudio realizado para la

propuesta de un sistema de iluminación mejorado dentro de la entidad.

Eficiencia del Sistema de Iluminación Bloque II de la C.T.E Lidio Ramón Pérez 2010. Juan Carlos Sosa Zaragoza. El siguiente trabajo correspondiente al estudio del sistema de iluminación de esta empresa en opción al título de ingeniero eléctrico demostró una mejorar variante para lograr reducir el consumo de energía y mejora la eficiencia energética.

Análisis del Sistema de Iluminación de la CTE Lidio Ramón Pérez 2009. Yoanis López Legrá. Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico ostentó en la muestra de una mejor propuesta para mejorar el sistema de iluminación de la entidad.

Eficiencia del Sistema de Iluminación de CEPRONIQUEL y su integración con los Sistemas Inteligentes 2010. Orlay Martínez Fonseca. Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico está relacionado con la propuesta de una mejor variante en cuanto al sistema de iluminación integrados con sistemas inteligentes.

Sitio Web

http://www.herrera.unt.edu.ar Trabajo en PDF donde se analiza las influencias que tiene el arbolado público sobre la iluminación artificial de la red viaria urbana.

http://www.lightingdesign.cl/ahorroenergia.htm.EuroSeek. Como ahorrar energía eléctrica y mejorar la Iluminación al mismo tiempo. Eléctrica alumbrado eficiente consumo energía eléctrica.

http://www.ambiente.cl/bioclimatica/bioclima.html.EuroSeek. Calidad ambiental de los edificios, arquitectura bioclimática, uso eficiente de la energía, confort térmico, diseño solar pasivo, iluminación, control de humedad, monitoreo, modelación, diseño, software.

http://www.edelnor.com.pe/IlumEfic.htm. Iluminación Eficiente. EDELNOR en acción. Proyecto de Iluminación Eficiente. Por encargo del Fondo Mundial del Medio Ambiente, la Corporación Financiera Internacional.

1.3 Fundamentación Teórico-Metodológica del trabajo.

La determinación de los niveles de iluminación adecuados para una instalación no es trabajo sencillo. Hay que tener en cuenta que los valores recomendados para cada tarea y entorno son fruto de estudios sobre valoraciones subjetivas de los usuarios (comodidad y

rendimiento visual, agradabilidad, entre otros).

El usuario estándar no existe y por tanto, una misma instalación puede producir diferentes impresiones a diferentes personas. En estas sensaciones influirán muchos factores, los estéticos, los psicológicos, el nivel de iluminación, etc.

El objetivo de diseñar ambientes de trabajo adecuados para la visión no es proporcionar simplemente la luz, sino permitir que las personas reconozcan sin error lo que ven en un tiempo adecuado y sin fatigarse.

1.3.1 Definiciones Generales.

- **Intensidad luminosa.**

Con ayuda de la figura 1.1 se puede definir la intensidad luminosa de la siguiente manera: se tiene una fuente puntual S, y una dirección S-X, en un cono cuyo vértice es S y cuyo ángulo sólido es un dw y si se le llama $d\phi$ al flujo luminoso que atraviesa una sección transversal cualquiera de dicho cono, se define entonces la intensidad luminosa I en la dirección S-X como el valor del coeficiente diferencial. La unidad de la intensidad luminosa es la candela, lumen por estereorradián (lm/SR).

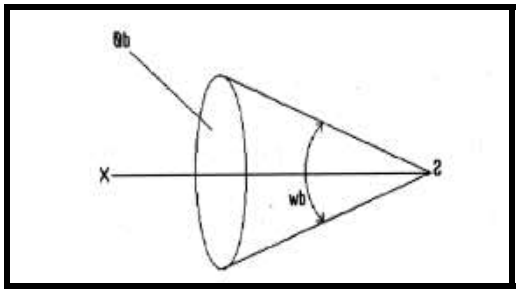


Figura 1.1. Intensidad luminosa.

- **Uniformidad.**

No basta lograr un nivel de iluminación promedio en una vía, si este no se encuentra entre los límites aceptables, es decir es la relación que existe entre el nivel promedio de la iluminación y el nivel mínimo, entre dos luminarias adyacentes, por lo cual cada calle de acuerdo a su categoría deberá tener una uniformidad.

Tabla 1.1. Distribución de uniformidad

CALLES	UNIFORMIDAD MÍNIMA
Vías Principales	3:1
Vías Colectivas	3:1
Vías Residencial- Comercial	4:1
Vías Residenciales	6:1
Vías Expresas	3:1

- **Objetivos principales de Iluminación.**

1. Capacidad visual:

La capacidad visual es el término que se utiliza para describir la velocidad del funcionamiento del ojo y la exactitud con la que se lleva a cabo una tarea.

La capacidad visual normal para la percepción de un objeto se incrementa con el aumento de la iluminancia o luminancia, hasta un cierto nivel. Otros factores que también influyen en la capacidad visual son:

a. Medida/ Tamaño de la tarea visual y la distancia desde el ojo (diseño aparente).
b. Contraste en color y luminancia.

2. Confort y agrado visual:

En muchos casos, las recomendaciones de iluminación no se limitan a las áreas de trabajo: en un interior también se deben considerar las áreas de circulación y recreativas, y en ellas es absolutamente inaplicable el criterio de capacidad visual.

Como resultado de las investigaciones en una evaluación subjetiva de los niveles de luminancia e iluminancia, es importante reconocer que el grado de satisfacción visual en términos de confort y agrado creado por la iluminación es una importante consideración adicional en el diseño de todo tipo de ambientes.

La iluminación debe contribuir a la arquitectura interior sin interferir con ella. También se debe recordar que la instalación de la iluminación, a diferencia de otros servicios en los edificios, esta invariablemente compuesta por un gran número de objetos visibles-las luminarias- dispersos en el espacio. La apariencia de los mismos, tanto individual como en su conjunto, debe estar en armonía con el interior.

3. Eficacia de costos y energía:

El objetivo es proporcionar luz según los requisitos cualitativos y cuantitativos de las normas, con mínima utilización de energía eléctrica. Para satisfacer estos requisitos básicos es determinar los diferentes métodos de iluminación y de cálculo a utilizar en cualquier lugar, áreas exteriores y otras. Es necesario evaluar el equipo, técnicas y servicios disponibles existentes como para la propuesta.

Para que una instalación sea efectiva en energía se debe considerar seis reglas básicas:

a. Utilizar la fuente de luz más eficiente.
b. Utilizar eficientemente el flujo luminoso de la lámpara.
c. Mantener el equipo de iluminación en buen estado.
d. Utilizar esquemas bien diseñados de iluminación que a su vez sean efectivos en el uso de la energía.
e. Controlar la operación de encendido y la utilización de la iluminación, tratando de aprovechar al máximo la luz natural.
f. Considerar el efecto de decoración del entorno, utilizar decoración con luz de color donde sea conveniente.

- **Luz y la visión.**

Luz y sentido de la visión, dos caras de la misma moneda. Sin una la otra no tiene sentido. Sin luz los ojos no podrían percibir las formas, los colores de los objetos y, en definitiva, el mundo que nos rodea. Sin una visión que interpretara la luz, esta no serviría de nada. La luz, que llega a nuestros ojos y nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 mm y los 770 mm.

- **Propiedades de la luz.**

Cuando la luz encuentra un obstáculo en su camino choca contra la superficie de este y una parte es reflejada. Si el cuerpo es opaco el resto de la luz será absorbida. Si es transparente una parte será absorbida como en el caso anterior y el resto atravesará el cuerpo transmitiéndose. Así pues, tenemos tres posibilidades:

- ✓ Reflexión.
- ✓ Transmisión-refracción.
- ✓ Absorción.

La luz tiene también otras propiedades, como la polarización, la interferencia, la difracción o el efecto fotoeléctrico, pero estas tres son las más importantes en luminotecnia.

- **Características espectrales de la luz.**

Los entornos (arbolado, colores de edificio, etc..), influyen en las características espectrales de las fuente de luz que se selecciona:

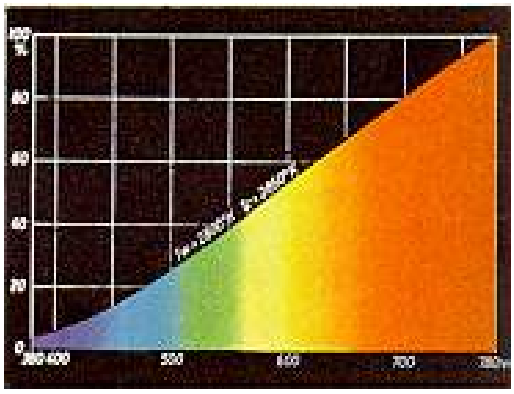


Figura 1.2. Incandescente

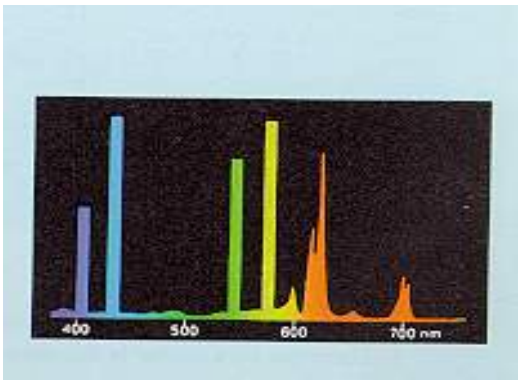
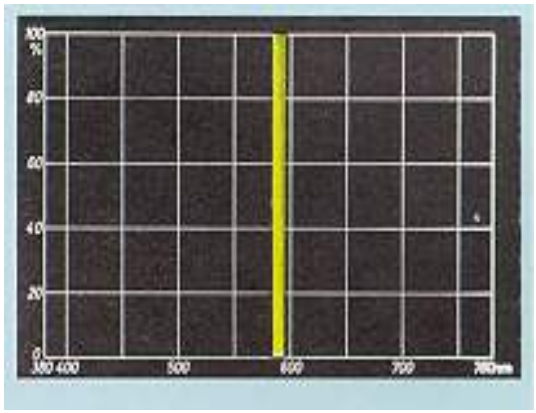
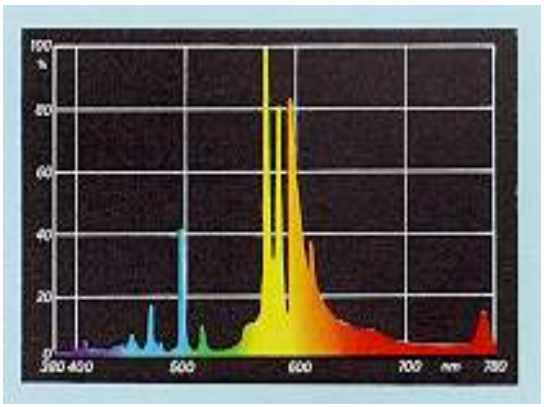


Figura 1.3. Mercurio





.

Figura 1.4. Sodio de baja presión

Figura 1.5. Sodio a alta presión.

- **El espectro electromagnético.**

La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (**λ**) o la frecuencia (f).

- **Deslumbramiento.**

El deslumbramiento es la sensación producida por una luminancia exagerada dentro de un campo visual que altera la sensibilidad del ojo, causando molestias, reduciendo la visibilidad o ambas cosas.

a. Deslumbramiento psicológico y fisiológico.

El deslumbramiento se puede producir de dos formas, que a veces ocurren en formas separadas, pero que generalmente se experimentan en forma simultánea. La primera se denomina deslumbramiento fisiológico, que reduce la capacidad visual y la visibilidad. La segunda se denomina deslumbramiento psicológico, que resulta molesto a la vista, pero que no necesariamente dificulta la observación de los objetos.

En la práctica la iluminación interior, el deslumbramiento psicológico resulta ser más problemático que el deslumbramiento fisiológico. La molestia aumenta con el transcurso del tiempo, produciendo fatiga y estrés. Se deben tomar las mismas medidas, tanto para el deslumbramiento psicológico como para el fisiológico.

- **Luminancia.**

Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad de medida es la CD/m^2. También es posible encontrar otras unidades como el stilb (1 sb = $1CD/cm^2$) o el nit (1 nit = $1CD/ m^2$).

- **Luminancias de la superficie de un ambiente.**

a. Luminancia preferida sobre el cielo raso.

Está demostrado que la luminancia preferida sobre las paredes depende de la iluminancia de la tarea. Dado que ella debe estar ente 500 y1000 lux, la luminancia de las paredes debe estar aproximadamente entre 50 y 100 CD/ m^2. Los valores típicos de reflectancia de pared que se requieren para alcanzar esos valores de luminancia de pared están entre 0.5 y 0.8.

b. Luminancia preferida sobre el Cielorraso.

La luminancia del cielorraso debe ser lo suficientemente alta como para crear una impresión confortable de todo el interior y para minimizar el contraste de brillo entre él y cualquier luminaria montada en el cielorraso. Para evitar que el mismo cielorraso provoque deslumbramiento, su luminancia no debe ser superior a 500 CD/m^2, aunque desde un punto de vista de satisfacción visual, se prefieren los valores entre 100 y 300 CD/m^2.

c. Consideraciones arquitectónicas.

Modelos de intercepción: Un haz de luz de una luminaria interceptado por una superficie de pared puede crear un efecto muy pronunciado. Es conveniente ubicar con anticipación donde se crearan dichos efectos para evaluar la importancia en la percepción total del espacio.

Espacio y modo: Una superficie con una luminancia alta parecerá más grande que una superficie con luminancia baja. Por lo tanto las paredes claras hacen que un ambiente parezca más grande, mientras que las paredes oscuras reducen el espacio. De la misma manera, un cielorraso claro parece más alto que uno oscuro. En términos generales, cielos rasos oscuros y paredes oscuras dan la impresión de formalidad y tensión, mientras que paredes claras y cielos rasos oscuros crean una atmósfera informal y tranquila.

- **Iluminancia.**

Flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad es el lux (lx) que es un lm/ m^2. Ver tabla 1.2

Tabla 1.2. Iluminancia Recomendada para diferentes áreas y actividades.

ILUMINANCIA RECOMENDADA(LUX)	TIPO DE ÁREA O ACTIVIDAD.
30	Circulación exterior y áreas de trabajo.
100	Áreas de circulación, orientación simple o visitas cortas.
150	Salas que no se utilizan continuamente para propósitos de trabajo
300	Tares visualmente simple
500	Tareas visuales medias
750	Tareas que requieren mucho de la visión
1000	Tareas con requisitos visuales difíciles
1500	Tareas con requisitos visuales especiales
2000	Tareas visuales muy exactas

1.3.2 Lámparas.

Las lámparas son los aparatos encargados de generar la luz, para su selección en cada caso serán aquellas cuyas características (fotométrica, cromática, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento) mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del área a iluminar, ámbito de uso y potencia de la instalación).

- **Características y propiedades de las lámparas.**

Vida o duración: es el tiempo, medido en horas de funcionamiento, que transcurre hasta que una fuente de luz es considerada inútil según un determinado criterio. En general se define dos tipos de duración.

Vida media: se considera que la fuente de luz es inútil cuando deja de funcionar. La vida media se determina mediante ensayos de duración, por lotes de lámparas, asignando el valor de vida media al número de horas de funcionamiento hasta que ha producido el 50%

de fallos en el lote.

Vida útil*:* Se considera que la fuente de luz es inútil cuando, a pesar de seguir en funcionamiento, no satisface algún requisito de prestaciones, como por ejemplo el mantenimiento de un nivel determinado de flujo luminoso. En la práctica, los fabricantes de lámparas suelen ofrecer datos de vida útil referida al número de horas de funcionamiento, hasta que el flujo luminoso emitido por la lámpara se reduce al 80% de su vida inicial.

Propiedades del color:

Las fuentes luminosas tienen dos cualidades que definen las propiedades del color:

- ✓ La apariencia del color de la fuente, es decir el color que presenta la propia fuente de luz.
- ✓ La reproducción cromática obtenida con una fuente de luz determinada, o lo que es lo mismo, como son reproducidos los colores de los objetos iluminados por esa fuente de luz.

Sin embargo, aun dependiendo ambas de la composición espectral, la apariencia del color y la reproducción cromática son en determinados casos, independientes, de tal modo que conociendo una de ellas, no se puede asegurar nada sobre la otra; por ejemplo, dos lámparas de descarga con una apariencia de color muy similar pueden ocasionar reproducciones muy diferentes.

Temperatura del color:

La mayoría de los cuerpos, calentados hasta una temperatura suficientemente alta, emiten una luz rojiza y, a medida que la temperatura aumenta, la luz emitida se va haciendo más blanca. Este fenómeno que es válido para las emisiones de luz y su apariencia de color .La temperatura de color de una fuente de luz se determina por comparación con una fuente patrón. Para las lámparas que basan su funcionamiento en la termorradiación, la fuente patrón es una lámpara con unas características de emisión próximas a las del cuerpo negro o radiador integral. La equivalencia práctica entre apariencia del color y temperatura de color, se establece convencionalmente según la siguiente tabla:

Tabla 1.3. Relación entre apariencia y temperatura del Color.

Temperatura de color(°K)	
Cálida	< 3.300
Intermedia	3.300-5000
Fría	> 5.000

1.3.3 Luminarias.

Las luminarias son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares además de concentrar y dirigir el flujo luminoso de esta. Su elección estará condicionada por la lámpara utilizada y su entorno de trabajo. Hay muchos tipos de luminarias y sería difícil hacer una clasificación exhaustiva. La forma y tipo de luminarias oscilará entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente como pasa en el alumbrado industrial a las más formales donde lo que prima es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico. Las luminarias para las lámparas de descarga a alta presión son utilizadas generalmente para colgar a gran altura (industrias, grandes naves con techos altos, avenidas y calles, autopistas) o en iluminación de pabellones deportivos, aunque también hay modelos para pequeñas alturas. Antiguamente las luminarias se clasificaban según las denominaciones cut-off, semi cut.-off y non cut-off, ver tabla 1.4

Tabla 1.4 Clasificación para luminarias de alumbrado público (CIE 1965)

	MÁXIMO VALOR PERMITIDO DE LA INTENSIDAD EMITIDA PARA UN ÁNGULO DE ELEVACIÓN.		**DIRECCIÓN DE LA INTENSIDAD MÁXIMA**
	80^0	**90^0**	
Cut-off	**≤ 30 cd /1000 lm**	**≤10 cd /1000 lm**	**≤ 65 º**
Semi cut-off	**≤100 cd /1000 lm**	**≤50 cd /1000 lm**	**≤75 º**
Non cut-off	**> 100 cd /1000 lm**	**> 50 cd /1000 lm**	**≤ 90º**

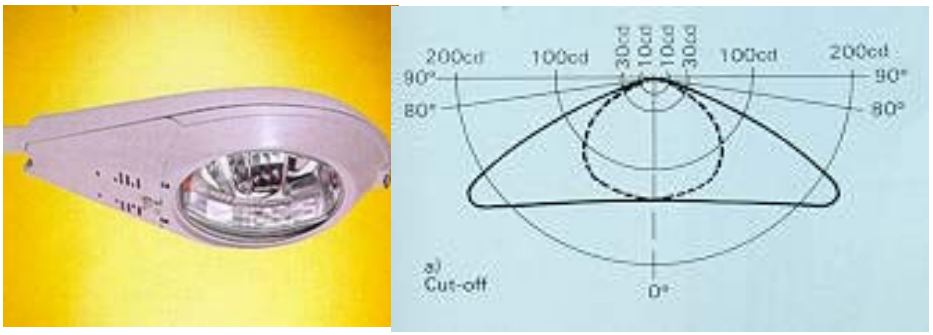


Figura 1.6 Cut-off (oculta)

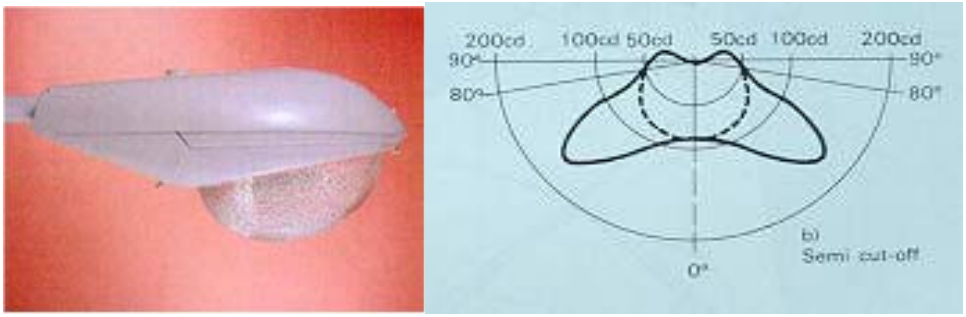


Figura 1.7 Semi cut- off (semi oculta)

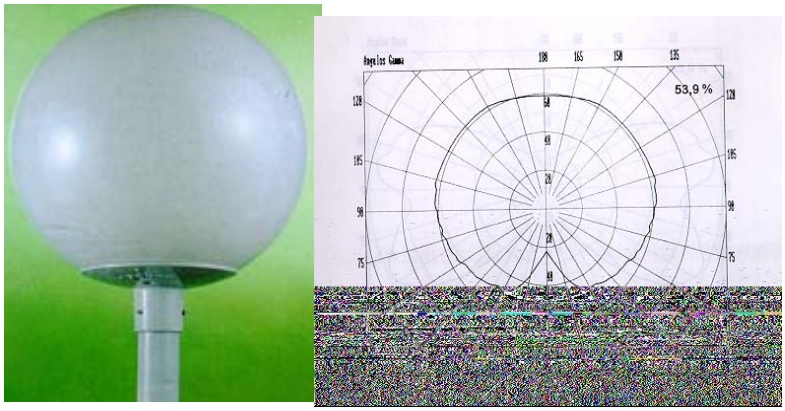


Figura1.8. Non cut-off (no oculta)

- **Características fotométricas de las luminarias para Alumbrado Público**

Según la definición CIE las luminarias son aparatos que distribuyen, filtran y transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarla al circuito de alimentación.

Óptica

- Distribución luminosa adaptada a la función que deba realizar.
- Las luminancias reducidas en determinadas direcciones.
- Buen rendimiento.

Mecánica y Eléctrica.

- Solidez.
- Materiales adaptados a las condiciones de trabajo.
- Construcción que permita a la luminaria y bombillo trabajar en las condiciones adecuadas.
- Protección contra humedad y agentes externos al sistema eléctrico y óptico.
- Facilidad de montar, desmontar y limpiar.
- Cómodo acceso al equipo eléctrico y a la lámpara.

- **Distribución de luminarias en un local.**

Ya en último lugar nos quedaría distribuir las luminarias del apartado anterior en el local a iluminar. Esta colocación puede hacerse a través de muchas consideraciones, por lo cual establecer reglas generales no es aconsejable. No obstante, una de ellas, la más habitual, es considerar que el objeto principal en las salas de trabajo obtenga el mejor factor de uniformidad posible.

Para que el ojo humano no detecte diferencias de iluminación, la uniformidad y repartición de las iluminancias ha de ser superior al 60%. Para ello, las interdistancias longitudinales y transversales deben ajustarse a un valor específico para cada luminaria, lo cual en realidad constituye un dato fotométrico de ésta, pues es consecuencia directa de un diagrama polar de intensidades. Evidentemente, ello viene unido a su altura de montaje, obteniéndose una tabla aproximada que puede resumirse como sigue:

a. Incandescencia (proyectores de haz estrecho)= 0.8 x h
b. Incandescencia (proyectores de haz ancho)= de 1.3 a 1.5 x h
c. Fluorescencia= de 1.0 a 1.5 x h
d. Alta intensidad de descarga = de 1.4 a 2.0 x h

e. V.s.a.p.= 1.5 x h
f. Halogenuros =1.4 x h
g. Vapor de mercurio =2 x h

Siendo, en todos los casos “h” la altura de montaje correspondiente. La separación entre luminarias externas y la pared debe ser la mitad de la separación entre luminarias contiguas, tanto en sentido transversal como longitudinal.

La realidad es que los factores arquitectónicos, forma y altura principalmente, unidos a la ubicación de los lugares de trabajo, y la existencia de elementos estructurales vistos, son otros tantos factores que condicionan fuertemente el emplazamiento y estática de las luminarias. Estas deberán ser de formato rectangular, si es posible, en locales rectangulares, y de formato cuadrado en locales cuadrados. Las tiras de iluminación continuas en locales largos y estrechos se adecuan perfectamente a la sensación de aumentar la profundidad del local, logrando así un reparto espacial de la luz muy adecuado. Los modelos de disposición regular, siguiendo líneas rectas, resultan siempre adecuados, en particular cuando los huecos de las ventanas marcan determinados ritmos perimetrales que se puedan reforzar con instalaciones complementarias de luces indirectas sobre el perímetro de techo o paredes.

- **Iluminación de edificios y monumentos.**

Aunque los edificios han sido diseñados para verse de día con la luz solar, se pueden conseguir de noche y con una iluminación adecuada interesantes efectos que atraigan la atención de los transeúntes sobre los mismos. Es cuestión de aplicar imaginación, creatividad, estética y técnica a cada caso particular. A la hora de iluminar edificios hay que distinguir dos casos. En primer lugar los edificios funcionales, con fachadas simples sin elementos decorativos destacables, como los típicos edificios de fachadas de cristal, donde se aplica una iluminación uniforme, de aspecto plano y sin relieve. Tienen la ventaja de que se necesitan pocos puntos de luz aunque la situación de los proyectores, lejos del edificio, puede ser un inconveniente. En segundo lugar tenemos los edificios con elementos arquitectónicos destacables como cornisas, frisos, relieves, etc. que necesitan un tratamiento especial, una iluminación no uniforme, que realce estos elementos y cree una impresión de relieve mediante juegos de luces y sombras, contrastes de color y/o brillo, etc.

Para ello, se usan proyectores colocados estratégicamente en la fachada procurando minimizar los daños en la misma. Ver figura 1.9 y 1.10. Unos consejos útiles antes de empezar son estudiar las direcciones y distancia de observación que servirán para determinar donde colocar los proyectores. Analizar la luminancia ambiental teniendo en cuenta que mientras mayor sea esta, mayor será la luminancia necesaria para que el edificio destaque. Ver qué obstáculos hay presentes en la dirección de observación como árboles, vallas, setos, etc.; en estos casos es recomendable poner los focos entre el edificio y los obstáculos para que sólo se vean sus siluetas. Aumentar la luminancia de la parte alta del edificio para aumentar su altura aparente, eliminar sombras no deseadas con proyectores situados sobre la fachada o aumentando la distancia de estos a la fachada, aprovechar el efecto de espejo sobre el agua, etc.

Figura1.9. Iluminación de proyectores.

Figura 1.10. Disposición de proyectores.

- **Sistemas de iluminación.**

Cuando una lámpara es encendida, el flujo luminoso emitido puede llegar a los objetos expuestos a la luz de forma directa o indirectamente. La cantidad de luz llega de estas dos formas determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas y desventajas.

La **iluminación directa** se produce cuando todo el flujo de la lámpara va dirigido hacia el suelo. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento

luminoso. Por el contrario, el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras, poco agradable para la vista. Se consigue utilizando luminarias directas.

La **iluminación semidirecta** la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto se dispersa en el área iluminada. En este caso las sombras son muy suaves y el deslumbramiento menor que el anterior. Solo es recomendable para lugares que no sean muy altos, puesto que la luz dirigida hacia el extremo superior se perdería en ellas.

La **iluminación indirecta** es cuando casi toda la luz va al extremo superior. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas.

1.4 Base Teórica de la Investigación.

- **Métodos de iluminación.**

Iluminación General*:*

La iluminación general debe producir un nivel de luz uniforme en el área considerada. Se define como iluminación uniforme, la distribución de la luz donde la iluminación máxima y mínima en cualquier punto no es más que un sexto arriba o abajo del nivel promedio en área. Las luminarias colocadas con espaciamiento que no exceda de los máximos permitidos, debiendo de producir una iluminación uniforme en el plano de trabajo.

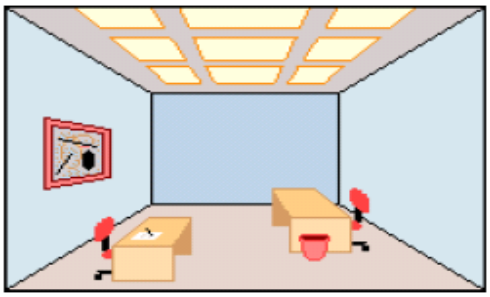


Figura 1.11. Iluminación General.

Iluminación General Localizada:

La localización de maquinaria u otro equipo importante, generalmente requiere del uso de un nivel más alto que el nivel de iluminación general. Bajo estas condiciones normalmente se incrementa el número de luminarias o la potencia lumínica por luminaria para proveer el

aumento de nivel de iluminación.

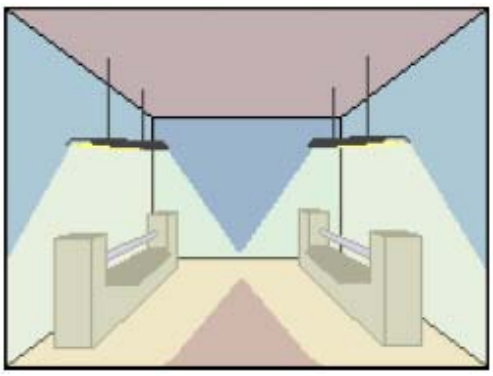


Figura 1.12. Iluminación General Localizada.

Iluminación Suplementaria.

La iluminación suplementaria, se emplea para proveer un nivel alto de iluminación en determinados puntos de un trabajo o área especificada.

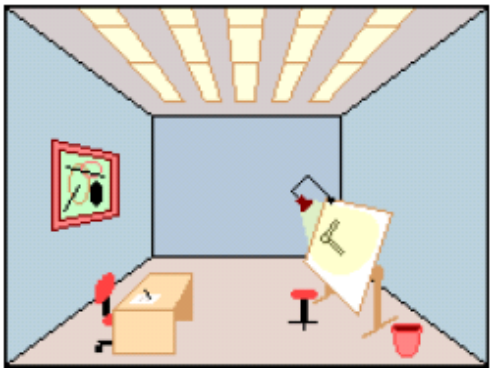


Figura 1.13. Iluminación Suplementaria**.**

1.4.1 Métodos de cálculo

En general, todo proyecto de iluminación de una empresa en cuestión se calcula mediante los siguientes métodos:

- ✓Método de la I.E.S. (Cavidades Zonales.)
- ✓Método de la C.I.E.
- ✓Método de punto por punto.

A continuación se dará una breve descripción sobre cada método a utilizar:

- **Método de la I.E.S.**

Este método ha sido utilizado para calcular el nivel de iluminación promedio en un espacio por la I.E.S. Este método también llamado ´´ Método del lumen divide el local en tres cavidades separadas estas son:

- ✓ Cavidad del techo.
- ✓ Cavidad de local.
- ✓ Cavidad de suelo.

Cavidad de techo: Es el área medida desde el plano de trabajo de la luminaria al techo. Para luminarias suspendidas existirá esta cavidad, no siendo así para luminarias colocadas directamente en el techo o empotradas en el mismo.

Cavidad de local: Es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior de la luminaria. El plano de trabajo se encuentra normalmente por encima del suelo, en algunos casos la tarea visual se realiza al nivel del suelo, en estos casos entre la luminaria y el piso se considera la cavidad local.

Cavidad de Suelo: Se considera desde el piso hasta la parte superior del plano de trabajo, o al nivel donde se desarrolla la tarea visual específica. Cuando se desconozcan las dimensiones del puesto de trabajo se considera las siguientes:

- ✓ Para áreas de oficinas, una altura de 76 cm.
- ✓ Para áreas industriales, una altura de 92 cm.

A continuación se muestra el espaciamiento relativo de las cavidades antes mencionadas, así como la altura de montaje de las luminarias.

Figura 1.14. Cavidades definidas por el método de las Cavidades Zonales.

La teoría sobre la cual se basa este método de cálculo de iluminación considera que la luz

producida por una fuente luminosa es reflejada por todas las superficies del local. Las reflexiones múltiples de la luz desde la luminaria (componente directa de iluminación) y desde las superficies del local (componente indirecta) actúan para producir la luz en el plano de trabajo. Es importante mencionar que los colores de las superficies del local tienen un gran efecto en el nivel de iluminación producido por un sistema de alumbrado. El empleo de colores claros en las paredes, techo, piso y demás superficies dará como resultado un nivel de iluminación mayor que si emplean colores oscuros. La expresión analítica para el cálculo del número de lámparas y luminarias por este método esta basado en la definición del lux.

$$E_i = \frac{F_T}{Area} \qquad (1)$$

Donde:

E_i---------iluminación inicial, (lux).

F_T--------flujo total de lámpara, (lm).

Área ----área del local, (m^2).

Dado que no todo el flujo luminoso emitido por las lámparas llega al plano de trabajo debido a las pérdidas en las luminarias y las superficies de la habitación, dicho lúmenes deben ser afectados por un factor llamado coeficiente de utilización. Por otra parte en el diseño de la instalación de alumbrado lo que interesa es la iluminación mínima mantenida. A ello se debe la necesidad de aplicar actores de pérdida de luz tomen en cuenta el estimado de la depreciación de la luz que llega al plano de trabajo por diversas razones. De esta forma la fórmula básica del método queda de la siguiente forma:

$$E = \frac{F_L \cdot N_L \cdot N_{LL} \cdot K_u \cdot KPL}{Area} \qquad (2)$$

Donde:

E --- nivel luminoso mantenido, (lux).

N_L ---- número de luminarias.

N_{LL}------número de lámparas por luminarias.

K_U----- factor de utilización. Toma en cuenta la interacción de la luz entre las tres cavidades.

KPL---factor total de pérdidas de luz. Considera nueve factores parciales.

- **Método de la C.I.E.**

Este método, básicamente, considera que la iluminación obtenida sobre el plano de trabajo es resultado de la luz entregada por la luminaria y el ínter reflexión de esta con la pared, el techo y el plano de trabajo. La determinación del número de lámparas se determina a partir de la fórmula fundamental de la iluminación (Método del lumen) análoga a la expresión.

(3)

$$N_L = \frac{E \cdot Area}{F_L \cdot N_{LL} \cdot C_u \cdot C_m}$$

C_U---- factor de utilización. Toma en cuenta la interacción de la luz con las superficies por encima del plano de trabajo.

C_m---- factor de mantenimiento. Considera el envejecimiento de la lámpara y el grado de protección de la luminaria en función del ambienta de trabajo.

En este método se presta especialmente interés a los requerimientos cualitativos en la proyección de instalaciones de alumbrado en interior. Ello se refleja en la selección de las fuentes luminosas, en la cual se trata con gran cuidado las características cromáticas de las mismas (temperatura de color, I.R.C.). Además se analiza la luminancia de las superficies del local y su distribución, así como en la limitación del deslumbramiento.

- **Método punto por punto.**

Este método, como su nombre lo indica, es empleado para determinar la iluminación en puntos específicos del área de trabajo en estudio. Es un método, que aunque tiene su mayor aplicación en la proyección de instalaciones de alumbrado viario, es complementario a cualquiera de los métodos vistos anteriormente, para su utilización en la determinación del nivel luminoso en puntos específicos del área en estudio.

Para la aplicación de este método debe contarse con los datos fotométricos de la fuente luminosa empleada (curvas de distribución de intensidad luminosa), así como las dimensiones y características del local y el emplazamiento de las luminarias.

Para la determinación de la componente directa de la iluminación en puntos situados directamente debajo de la fuente de luminosa se aplica la Ley inversa de los cuadrados a través de las siguientes expresiones:

$$E = \frac{I}{H^2} \qquad (4)$$

Es importante recordar que la validez de esta ley esta condicionada al hecho de considerar a la fuente luminosa como puntual. Cuando los puntos en estudios se encuentran formando un cierto ángulo α respecto a la vertical, entonces se aplica la Ley del coseno.

$$E_H = \frac{I \cdot \cos\alpha}{d^2} = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{H^2} \qquad (5)$$

Si el punto en estudio esta en un plano vertical, entonces se emplea la siguiente expresión:

$$E_V = \frac{I \cdot \operatorname{sen}\alpha}{d^2} = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{sen}\alpha}{H^2} \qquad (6)$$

A través de las expresiones anteriores se determina, para cada caso particular, la contribución de la componente directa de una fuente de luz al punto de estudio. Para obtener el valor total de dicha componente es preciso considerar el aporte de todas las fuentes de luz, obteniéndose finalmente:

$$E_d = \sum_{i=1}^{n} E_{d_i} \qquad (7)$$

Donde:

E_d------ componente directa total de iluminación en el punto, (lux).

E_{di}------ aporte de iluminación directa en el punto de estudio de la fuente i, (Lux).

n------ número total de fuentes luminosas cuyos aportes son significativos al punto de estudio.

Además de determinar la componente directa de la iluminación proveniente de las fuentes

luminosas, se puede estimar la componente indirecta, la cual es el resultado de las múltiples reflexiones de la luz en las superficies del local. Este componente se considera uniforme en todo el plano de trabajo.

$$E_{ind} = \frac{F_{tluminaria}}{\sum_{n=1}^{i} A_n} \cdot \frac{\rho_{med}}{1-\rho_{med}} \qquad \textbf{(8)}$$

Donde:

E_{ind} ----------componente indirecta de iluminación en el punto en estudio, (lux).

$F_{iluminancia}$---flujo luminoso de las luminarias, (lm).

$Á_n$ ----------área de la superficie n, (m^2).

P_{med}-------- reflectancia media de las superficies del local. (%).

i---------- número de superficies consideradas en el local.

$$\rho_{med} = \frac{\sum_{n=1}^{i} (\rho_n \cdot A_n)}{\sum_{n=1}^{i} A_n} \qquad \textbf{(9)}$$

Donde:

P_n----------reflectancia de la superficie n, (%).

El valor E_{ind}, así calculado es válido no solo para el plano de trabajo sino también para las demás superficies del local, tanto verticales como horizontales.

Finalmente se puede obtener la iluminación inicial en el punto en estudio, según:

$$E_{tot_i} = E_d + E_{ind} \qquad \textbf{(10)}$$

Donde:

E_{toti}----- iluminación inicial total en el punto, (lux).

También se puede obtener la iluminación mantenida en el punto tomando en cuenta el factor

de pérdida de luz.

$$E_{tot_m} = KPL \cdot (E_d + E_{ind}) \quad \textbf{(11)}$$

Donde:

E_{totm}------ iluminación mantenida total en el punto, (%).

1.5. Conclusiones

Durante el transcurso del presente capítulo se ha explicado de manera detallada todo lo relacionado con las lámparas, sus características y los métodos de cálculos existentes, tanto para interiores como exteriores, dándole al interesado en el trabajo una introducción general sobre el tema que se pretende estudiar, logrando de esta manera un enfoque demostrativo acerca del objetivo a desarrollar.

CAPÍTULO II

Caracterización del sistema de iluminación de la ECG.

2.1 Introducción.

2.2 Caracterización del sistema de alumbrado que se utilizan en la actualidad.

2.3 Diagnóstico del sistema de iluminación instalado de la ECG.

2.4 Conclusiones.

2.1 Introducción.

El presente capítulo tiene como principal objetivo caracterizar el sistema de alumbrado de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, teniendo en cuenta la mayor cantidad de aspectos posibles como son: tipos de luminarias, distancias de los puntos de luz, distribución utilizada, parámetros eléctricos y el más importante de todos, niveles de iluminación; tomándose como referencia la utilización de las lámparas con diodos LEDs en el alumbrado exterior, además se expondrán de software profesionales para mostrar los niveles de iluminación de las calles escogidas.

2.2 Caracterización del sistema de alumbrado que se utilizan en la actualidad.

Todos somos conscientes de la enorme evolución tecnológica que ha experimentado la humanidad en el pasado siglo XX; dicha evolución ha experimentad nuevos sistemas de iluminación de alta potencia en los últimos 5 años .La luz que representa una esperanza de independencia frente a los grandes fabricantes de lámparas, ofreciendo una infinidad de posibilidades de creación de productos, aplicaciones y servicios.

- **Conocimientos básicos sobre la última tecnología en alumbrado.**

Iluminación con LEDs.

LED viene de la siglas en inglés Lighting Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz).El LED es un diodo semiconductor que al ser atravesado por una corriente eléctrica emite luz. La longitud de onda de la luz emitida y por tanto el calor depende básicamente de la composición química del material semiconductor utilizado. Cuando la corriente atraviesa el diodo se libera energía en forma de fotón. La luz emitida puede ser visible, infrarroja o casi ultravioleta.

Los LEDs convencionales están realizados sobre la base de una gran variedad de materiales semiconductores inorgánicos. El alumbrado LED o de estado sólido constituye el avance mas significativo en el campo de la iluminación desde la invención de la luz eléctrica hace más de un siglo. Con una libertad de diseño sin precedentes en cuanto a color, dinamismo miniaturizado, integración arquitectónica y eficiencia energética, las posibilidades que se abren eran hasta ahora inimaginables. El LED supone un cambio radical en la concepción del producto: en sus características técnicas, en los modos de fabricación, en su estética, en la forma de ofrecer una solución al cliente y el impulso inicial necesario para desarrollar la luminaria ConceptLED que aquí presentamos. ConceptLED explota al máximo las posibilidades de diseño que el LED nos ofrece. Dispersión concentrada de la fuente de luz. La luminaria de alumbrado público exterior contiene 80 led de alta potencia de luz blanca Luxeon III, con una capacidad de iluminación con led inédita hasta el momento. El cuidado sistema óptico produce un rendimiento luminoso de la instalación que duplica los valores alcanzables con la configuración de reflector+lámpara convencional en una instalación vial tipo. Un cuidado sistema disipador de calor garantiza una temperatura de funcionamiento de los leds que reduce el coste de mantenimiento de la luminaria en un factor 10, comparado con el de la luminaria equivalente con lámparas de descarga de luz blanca. Concepto de LED es el primer desarrollo del grupo INDAL para introducir en la calle la tecnología que representara la innovación durante el siglo XXI.

Figura 2.1. Lámparas LED de uso interior y exterior.

Tabla 2.1. Datos de las lámparas LEDs.

	350mA		500mA		700mA	
	BF	BN	BF	BN	BF	BN
Fotometría	IW4228	IW4223	IW4227	IW4221	IW4231	IW4224
Flujo útil entregado por la luminaria (lm)	4.306	3.140	5.735	4.231	6.894	4.970
Potencia total consumida por luminaria	61,58	62,70	89,45	91,28	123,98	123,17
Eficacia Lm/W	73,18	52,36	65,69	47,54	57,18	41,47
Eficacia Lm/LED	89,71	65,42	119,48	89,04	143,63	104,58
Factor de Mantenimiento a emplear	0,85					
Vida medio del sistema LEDs	65.000					
Vida media del conjunto electrónico	50.000					
Rango de temperatura ambiente de uso	-20ºC a 50ºC					
Grado de protección	IP65 / IK10					

Lámparas incandescentes.

- ✓ Incandescentes halógenas.

Incorporan un gas halógeno para evitar la evaporación del filamento y se deposite en la ampolla. Presentan un mayor coste que las no halógenas, un mayor rendimiento y vida útil que éstas.

- ✓ Incandescentes no halógenas.

Las más empleadas por su bajo precio y facilidad de instalación. Su funcionamiento está basado en el flujo luminoso emitido por un filamento de wolframio al ser recorrido por una corriente eléctrica. Presentan un bajo rendimiento.

Figura 2.2 Lámparas fluorescentes halógenas.

Figura 2.3 Lámparas fluorescentes no halógenas

.

Tabla 2.2 Datos de las lámparas incandescentes.

Potencia	Flujo luminoso	Eficacia	Vida	Depreciación luminosa
(Watt)	(Lúmenes)	(lm/W)	(Horas)	
10	78	7,8	1000	90%
15	120	8	1000	90%
25	250	10	1000	90%
40	415	10,4	1000	87%
50	440	8,8	1000	90%
60	675	11,3	1000	93%
75	1090	14,5	1000	92%
100	1410	14,1	1000	90,50%
150	2200	14,7	1000	89,50%
200	3250	16,3	1000	90%
300	5290	17,6	1000	89%
500	10100	20,2	1000	89%
1000	19500	19,5	1000	82%

Lámparas de descargas.

La iluminación se consigue por excitación de un gas sometido a descargas entre dos electródos. Requieren de un equipo auxiliar (balasto, cebador) para su funcionamiento. Son más eficientes que las lámparas de incandescencia. Se clasifican según el tipo de gas empleado y su presión.

Lámparas fluorescentes.

- ✓ Fluorescentes tubulares.

Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. Sus cualidades de color y de baja iluminancia las hace adecuadas para su empleo en salas de reducida altura. Son las más empleadas tras las incandescentes.

- ✓ Fluorescentes compactas.

Presentan el mismo funcionamiento que las tubulares. Están formadas por uno o más tubos fluorescentes doblados. Son la alternativa de mayor eficacia y vida útil a las lámparas incandescentes.

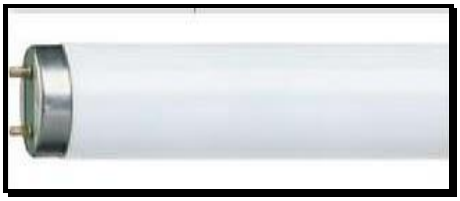


Figura 2.4 Lámparas fluorescentes tubulares.

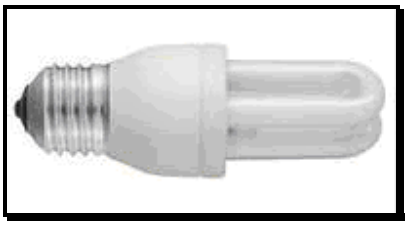


Figura 2.5 Lámparas fluorescentes compactas.

Tabla 2.3 Datos de las lámparas fluorescentes.

Potencia	Flujo Luminosos	Eficacia	Vida	Tipo
Watt	Lúmenes	lum/W	Horas	
7	400	57.1	10000	
9	600	66.7	10000	
11	600	54.5	10000	
13	900	69.2	10000	
13	860	66.2	10000	
17	950	55.9	10000	
18	1200	66.7	12000	Fluorescentes
18	1100	61.1	10000	Compactas
17	1400	82.4	20000	
25	2250	90	20000	
32	3050	96.3	20000	
34	2750	80.9	20000	
34	2650	77.9	20000	
34	2350	69.1	20000	
60	5600	93.3	12000	Fluorescentes
60	5400	90	12000	Largas

- ✓ Lámparas fluorescentes sin electrodos.

Emiten luz en presencia de un campo magnético junto con una descarga en gas. Presentan una elevada vida útil (60000 horas) sólo limitada por los componentes electrónicos. Se les denomina también **lámparas de inducción.**

Figura 2.6 Lámparas fluorescentes sin electrodo.

Tabla 2.4 Datos de las lámparas fluorescentes sin electrodo.

Potencia	Flujo luminoso	Eficacia	Vida	Depreciación luminosa
Watt	lúmenes	lum/W	Horas	
20	1300	65.0	9000	72.0%
20	1075	53.8	9000	72.0%
21	1030	49.0	7500	81.0%
22	1050	47.7	12000	72.0%
22	850	38.6	12000	72.0%
32	1900	59.4	12000	82.0%
32	1500	46.9	12000	82.0%
39	3000	76.9	9000	82.0%
39	2500	64.1	9000	82.0%
40	2900	72.5	12000	84.0%
40	3150	78.8	12000	83.0%
40	2600	65.0	12000	83.0%
75	6300	84.0	12000	89.0%
75	5450	72.7	12000	89.0%

Lámparas de vapor de mercurio de alta presión.

Luminarias de mayor potencia que las de fluorescencia, emiten un mayor flujo luminoso aunque presentan una eficacia algo menor. Se suelen emplear en la iluminación de grandes áreas como calles, naves industriales...

Tabla 2.5 Datos de las lámparas de vapor de sodio.

Potencia	Flujo luminoso	Eficacia	Vida	Depreciación luminosa
Watt	lúmenes	Lum/W	Horas	
100	4200	42.0	24000	82.0%
175	8600	49.1	24000	89.0%
250	12100	48.4	24000	84.0%
400	22500	56.3	24000	86.0%
1000	63000	63.0	24000	77.0%

Lámparas de luz mezcla.

Son una mezcla entre las luminarias de vapor de mercurio a alta presión y las de incandescencia. No requieren de balasto ya que el filamento actúa como estabilizador de corriente. No son muy eficientes, encontrándose en desuso.

Tabla 2.6 Datos de la lámpara de luz mezcla.

Potencia	Flujo luminoso	Eficacia	Vida	Depreciación luminosa
Watt	lúmenes	Lum/W	Horas	
150	3000	18.8	6000.0	57.0
250	5500	22.0	6000.0	65.0
500	12500	25.0	6000.0	74.0
500	10950	21.9	2000.0	96.0
1000	21400	21.4	2000.0	96.0
1500	35800	23.9	2000.0	96.0

Lámparas de halogenuros metálicos.

Presentan halogenuros metálicos junto al relleno de mercurio mejorando su capacidad para reproducir el color y su eficacia. Su uso está muy extendido en aplicaciones de alumbrado público, fachadas, monumentos…

Tabla 2.7 Datos de la lámpara de halogenuros metálicos.

Potencia	Flujo luminoso	Eficacia	Vida	Depreciación luminosa
Watt	lúmenes	lum/W	Horas	
70	5500	78.6	10000	
150	13000	86.7	10000	
175	13000	74.3	10000	77.0%
250	20500	82.0	10000	83.0%
400	3600	90.0	20000	90.0%
1000	110000	110.0	12000	80.0%
1500	155000	103.3	3000	92.0%

Lámparas de halogenuros metálicos cerámicos.

Nueva familia de luminarias que combinan la tecnología de las luminarias de halogenuros metálicos con las de sodio a alta presión. El tubo de descarga es de material cerámico lo que les permite operar a temperaturas más altas aumentando de vida útil (del orden de 15000 horas). Son muy adecuadas para su uso en el sector terciario (comercios, oficinas,...).

Lámparas de vapor de sodio a baja presión.

Se origina la descarga en un tubo de vapor de sodio a baja presión produciéndose una radiación prácticamente monocromática. Son las más eficaces del mercado, pero el color de su luz (amarillento) las hace adecuadas para usos como autopistas, túneles...

2.8 Datos de las lámparas de VSBP.

Potencia	Flujo luminoso	Eficacia	Vida	Depreciación luminosa
Watt	lúmenes	lum/W	Horas	
18	1800	100.0	10000	100.0%
35	4800	137.1	24000	100.0%
55	8000	145.5	24000	100.0%
90	13500	150.0	24000	100.0%
135	22500	166.7	24000	100.0%
180	33000	183.3	24000	100.0%

Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Presentan una mejor reproducción cromática que las de baja presión aunque su eficacia disminuye respecto a éstas. En la actualidad está creciendo su uso como sustitutas de las lámparas de vapor de mercurio.

2.9 Datos de las lámparas de VSAP.

Potencia	Flujo luminoso	Eficacia	Vida	Depreciación luminosa
Watt	lúmenes	lum/W	Horas	
35	2250	64.3	24000	90.0%
50	4000	80.0	24000	90.0%
70	6300	90.0	24000	90.0%
100	9500	95.0	24000	90.0%
150	16000	106.7	24000	90.0%
250	28500	114.0	24000	90.0%
400	50000	125.0	24000	90.0%
1000	140000	140.0	24000	90.0%

2.2.3 Accesorios y elementos auxiliares de las lámparas.

Como complemento a estas columnas disponemos de varios modelos de brazos que permiten la colocación de una o varias luminarias. Asimismo estos brazos están fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Figura 2.7 Brazo simple

Figura 2.8 Brazo doble

Figura 2.9 Brazo triple

Tabla 2.10 Características generales (Brazos)

Brazos	Tamaño
Acero para luminarias Caomas	1 m- 5º
Simple de acero látigo	1.8m y 2.5m-5º
Doble de acero látigo	1.8m y 2.5m-5º
Universal de hierro	18m-3º y 5º

Elementos auxiliares.

- **Definición de Balasto**.

Es un dispositivo que por medio de inductancias, capacitancias y resistencias (electromagnético) y elementos de estado sólido (electrónico), limita la corriente de los tubos fluorescentes al valor necesario para su funcionamiento correcto y también, en el momento debido, suministra la tensión y corriente de arranque requeridas; en el caso de tubos de arranque rápido, provee el calentamiento del cátodo de baja tensión. En muchos casos, puede formar parte de tales balastos los condensadores para supresión de perturbaciones radioeléctricas y los condensadores para corregir el factor de potencia.

- Balastos electromagnéticos.

El balasto electromagnético consiste básicamente de un núcleo de acero laminado rodeado por dos arrollados de cobre o aluminio. La mayoría de los balastos electromagnéticos tienen como componente un condensador, éste mejora el f.p., de esta forma se puede utilizar más eficientemente la energía. Para lograr una operación satisfactoria, el núcleo y el arrollado deben ser cuidadosamente diseñados para operar una lámpara de un tipo y tamaño específico. Por lo tanto, el balasto electromagnético no puede operar otras lámparas que no sean aquellas para las cuales fue diseñado.

- Balastos electrónicos.

La revolución electrónica ha afectado diversos campos, entre los cuales se encuentra el campo de la iluminación. Por esto la introducción de balastos electrónicos como una alternativa a los modelos de núcleo y arrollado, está afectando el diseño y las especificaciones de los actuales sistemas de iluminación fluorescentes.

Ambos balastos electromagnéticos y electrónicos están diseñados para regular la iluminación de las lámparas fluorescentes. Sin embargo, ellos difieren en su forma de operación y su

flexibilidad para adaptarse a varios tipos y tamaños de lámparas. Estas diferencias son relevantes en los balastos disponibles hoy en día en el mercado.

Figura 2.10 Balastro electrónico.

- **Fotocontroles de Iluminación.**

A menudo ocurre que la calidad de una instalación eléctrica queda limitada por el comportamiento de algún componente de bajo costo. Tal es el caso de las instalaciones de alumbrado, donde la falla de un interruptor fotoeléctrico puede desprestigiar todo el trabajo realizado por la empresa o el profesional instalador. Por este motivo debemos conocer algo más de este componente. En principio digamos que por estar instalado a la intemperie, debe construirse con materiales de primera calidad y estar preparado para soportar la radiación ultravioleta, el viento, la lluvia, el granizo, la caída de rayos cercanos, las sobretensiones de maniobra, etcétera. Además debe construirse con un cierto retardo de operación para evitar que durante el día el oscurecimiento momentáneo de la unidad, por acción de la sombra de una avión, de una rama o una nube, provoque la operación del fotocontrol; y por el contrario, que durante la noche, la acción de un relámpago o una luz de automóvil tampoco tenga influencia sobre su funcionamiento.

- Fotocontrol electrónico

Consta de un elemento sensible a la luz, como un fototransistor o una célula fotorresistiva (LDR), un circuito de comando que básicamente gradúa el retardo de operación y en algunos casos compensa la influencia de la temperatura ambiente, un descargador de sobretensiones de estado sólido y un relé que opera sobre el circuito de potencia.

- Fotocontrol electromecánico

Tiene un par bimetálico con compensación de temperatura, que está calefaccionado por una resistencia en serie con una LDR, que al ser iluminada disminuye su resistencia y hace circular una mayor corriente calefactora, que luego de un tiempo hace abrir el contacto bimetálico. Además dispone de un descargador de sobretensiones del tipo explosor a cuernos con bobina amortiguadora. La norma IRAM-AADL J2024 estipula las características que deben tener los interruptores fotoeléctricos a célula fotoeléctrica, destinados a conectar y desconectar en forma automática circuitos eléctricos en función de la variación del nivel luminoso.

- **Sistema de encendido y apagado.**

El ciclo de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado de la instalación se puede dividir en tres periodos bien determinados, encendido, apagado y reducido y reducido del flujo luminoso. El encendido y apagado de la instalación del alumbrado público en la actualidad se lleva a cabo mediante:

- Interruptor crepuscular: este se basa en la iluminación ambiental
- Interruptor horario astronómico: este sistema se basa en el cálculo de ortos y ocasos en función de la latitud donde se encuentre situada la instalación.

- Interruptor crepuscular**.**

El interruptor enciende lámparas de 220V cuando la luminaria ambiental desciende por debajo de un nivel mínimo, apagándolas cuando vuelve a superarse ese nivel y puede emplearse para la iluminación de la vía pública, parques, jardines, vidrieras, etc.

Figura 2.11 Interruptor crepuscular

Datos Técnicos.

Instrumento: Interruptor crepuscular.

Modelo: TWS-1M

Umbral de luz: de 5 lux a 300 lux

Potencia máxima: 1000W incandescencia, 500 W halógenos, 250 W fluorescencia

Tensión de conexión: 240V / 50 Hz

- Interruptores horarios digitales.

El interruptor horario Alpha Rex facilita la programación de sus procesos. Las programaciones se pueden ejecutar paso a paso en el teclado del interruptor horario, o alternativamente, utilizando una memoria portátil conectada directamente a su computador. Multifunción y multiprogramación. Programas diarios de impulso, ciclos aleatorios y para días feriados. Programación directa o a través de un computador. Programas siempre visibles en pantalla. Programación en serie utilizando un solo interruptor horario. Disponible versiones programación diaria, semanal, impulsos y astronómico.

Figura 2.12 Interruptor horario.

Datos técnicos.

- Alimentación: 230 V~, 50/60 Hz
-Alimentación mínimo entre dos conmutaciones: 1 min
-Precisión del reloj: ± 0,2 seg/día
-Reserva de marcha: 6 años
-Grabación permanente de programas: Programación diaria o semanal
-Posibilidad de utilizar un solo programa agrupando días: Lun-Dom, Lun-Vie, Sab-Dom.
-Capacidad de 56 programas diarios o semanales o 84 partidas en versión impulso (1)
-Duración impulso regulable: 1 seg. a 59 min 59 seg.
-Opción cambio automático horario: invierno/verano
-Memoria portátil: permite transferir programas de un interruptor a otro, o mantener una base de datos de programaciones en su PC.

2.3 Diagnóstico del sistema de iluminación instalado en la ECG.

Es necesario conocer el potencial de ahorro energético en una empresa cuyo sistema de alumbrado presenta algunas deficiencias debido a la escasez de recursos para la continuidad del mejoramiento y mantenimiento del mismo. Podemos señalar que el vertiginoso desarrollo de la tecnología nos ha permitido determinar posibles soluciones teniendo en cuenta el proceso económico de la empresa.

- **Descripción de la empresa Ernesto Che Guevara.**

La Empresa del Níquel "Comandante Ernesto Che Guevara" garantiza la producción de Níquel y Cobalto con una calidad reconocida a escala internacional, manteniendo índices de eficacia y eficiencia que le permiten ser competitiva en el mercado internacional, para lo cual cuenta con un capital humano idóneo y con un perfeccionamiento constante de su tecnología, así como el cuidado del medio ambiente, constituyendo un símbolo para la Industria Cubana actual.

Descripción del proceso:

El proceso de producción de níquel y cobalto mediante el sistema carbonato- amoniacal comienza con la extracción del mineral a cielo abierto en la Unidad Básica Minera. El mineral extraído inicia su proceso tecnológico en la Unidad Básica de Producción de Preparación de Mineral, la cual suministra el mineral seco, molido y aditivo con petróleo a la Unidad Básica de Producción de Hornos de Reducción, esta planta cuenta con 24 hornos de soleras múltiples los cuales descargan el mineral reducido a 12 enfriadores rotatorios y enviados a la Unidad Básica de Producción Lixiviación y Lavado, en esta actividad se logra pasar a la fase líquida los metales níquel y cobalto con calidad comerciable. En la Unidad Básica de Producción de Recuperación de Amoníaco se garantiza la recuperación del reactivo que es devuelto a la planta de Lixiviación y Lavado y la formación del carbonato básico de níquel. En la Unidad Básica de Producción de Calcinación y Sínter se obtiene el producto final, con más de un 90% de metalización a través de una previa clasificación a partir de las condiciones granulométricas el cual es vendido a los clientes internacionales.

Entre las instalaciones auxiliares la Empresa cuenta con una Unidad Básica de Servicios Planta Termoeléctrica con 5 calderas y 2 turbogeneradores, 1 estación de compresores con la entrada de agua, aire, petróleo, vapor y energía eléctrica a todos los procesos en la industria, una Unidad Básica de Servicios Planta Potabilizadora; además tiene garantizados los servicios de mantenimiento, reparación y modernización con empresas del Grupo Empresarial Cubaníquel y otras entidades del territorio nacional para que el proceso se realice de forma eficaz.

2.3 Descripción de las instalaciones de alumbrado actual.

El Sistema de Alumbrado de la Empresa Ernesto Che Guevara esta configurado a partir de un servicio radial y provee doble alimentación. Los transformadores tipo TRDH- 40 000/10 000 17.6 T-Y de 40MVA enlazan la Central Termoeléctrica con el sistema electroenergético nacional (SEN). La conexión proveedora principal llega a los trasformadores de enlace T1 y T2 procedente de la subestación 220/110 kV de Punta Gorda por medio de dos líneas aéreas

de 110 kV con cables AC-185 mm^2. La salida de los dos trasformadores esta conectada a la secciones de barras del Dispositivo de Distribución Principal (DDP) este posee cuatro secciones de datos alimentados también por las secciones 1ra y 3ra con dos generadores de 12 MW cada uno y una tercera unidad de 25 MW ubicada en la 5ta sección del (DDP) con las que se alimenta las ocho subestaciones de alumbrado de la empresa (1TP22, 1TP23, 1TP24, 1TP25, 1TP26, 1TP28, 1TP30, 1TP31). Los transformadores de estas subestaciones tienen como características las siguientes:

Datos técnicos

Tipo TM3 1000/10 – 7513 OIL-Natural Couling System

Potencia Aparente: 1000 kVA

Conexión: Delta Estrella Aterrada (? - Y – 11)

Voltaje por Alto: 10.5 kV

Voltaje por bajo: 9.5 kV

Corriente del primario: 57.7 A

Corriente del secundario: 1443 A

Frecuencia: 60 Hz (3ø)

Fabricación: URSS

Datos técnicos

Tipo TM3 630/132 – 74 T ONAN

Potencia Aparente: 630kVA

Conexión: Delta Estrella Aterrada (? - Y – 11)

Voltaje por Alto: 10kV

Voltaje por bajo: 0.40kV

Corriente del primario: 36.4A

Corriente del secundario: 909 A

Frecuencia: 60 Hz (3ø)

Fabricación: URSS

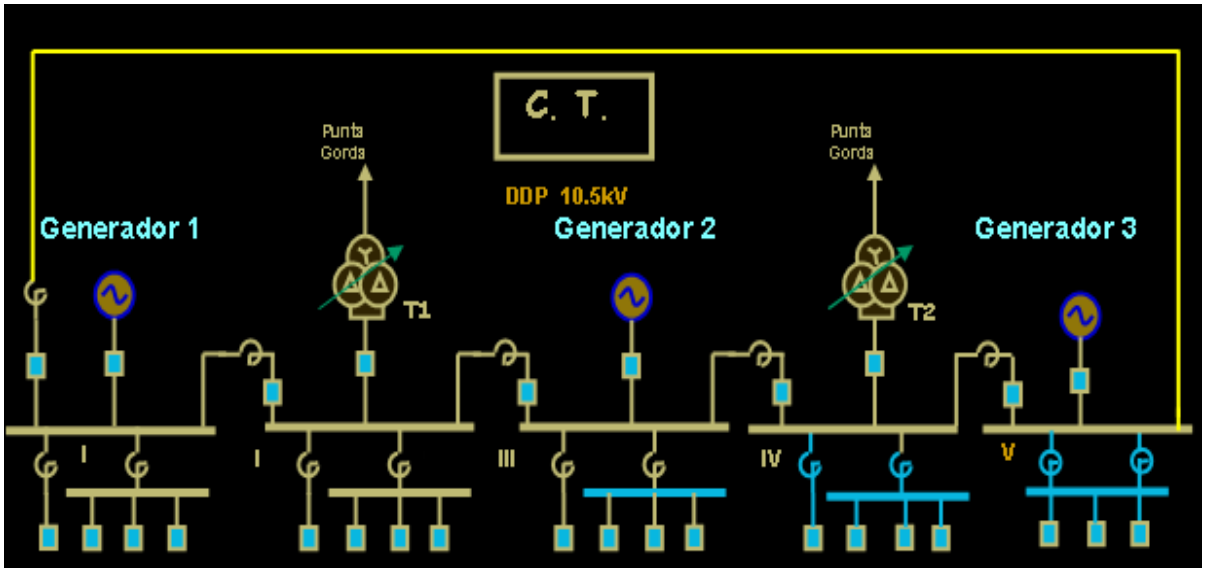


Figura 2.13 Esquema del monolineal general.

2.3.1 Sistemas de medición del flujo luminoso.

- **Mediciones de los niveles de iluminación (lux).**

Las medidas de iluminación se hacen comúnmente con uno de los distintos tipos de luxómetro, que llevan incorporados células fotosensibles del tipo de capa-barrera. Este tipo de células consiste en esencia en una película de material sensible a la luz, dispuesta sobre una placa metálica de base y cubierta con una capa traslúcida muy fina de material pulverizado sobre su superficie exterior. Al incidir la luz contra la superficie de la célula, origina la emisión de electrones del material semiconductor sensible a la luz. Estos electrones son recogidos por un colector de metal, en contacto con el electrodo frontal traslúcido, estableciéndose así una diferencia de potencial entre el colector y la placa de base. Si se conecta un micro amperímetro entre ello, mide la corriente generada por la célula. Puesto que la corriente es proporcional a la intensidad de la luz incidente, se puede calibrar el aparato para leer directamente en lux. Hay luxómetros portátiles de diferentes tipos y con una amplia gama de sensibilidades para las diversas aplicaciones.

Procedimientos para realizar las mediciones.

Para realizar las mediciones se tuvieron en cuenta los siguientes requisitos.

- La superficie de ensayo, se colocó el instrumento de medición lo más cerca posible al plano de trabajo en el caso de iluminación interior y en el exterior en puntos específicos manteniendo el instrumento a 15 cm sobre el nivel del suelo.
- Se realizaron varias lecturas para poder obtener el valor medio y evitar la introducción de errores.

- **Descripción del equipo de medición.**

Las mediciones se realizaron con un luxómetro digital portátil, (figura2.14) destinado para las mediciones de iluminación en las empresas industriales u otras áreas.

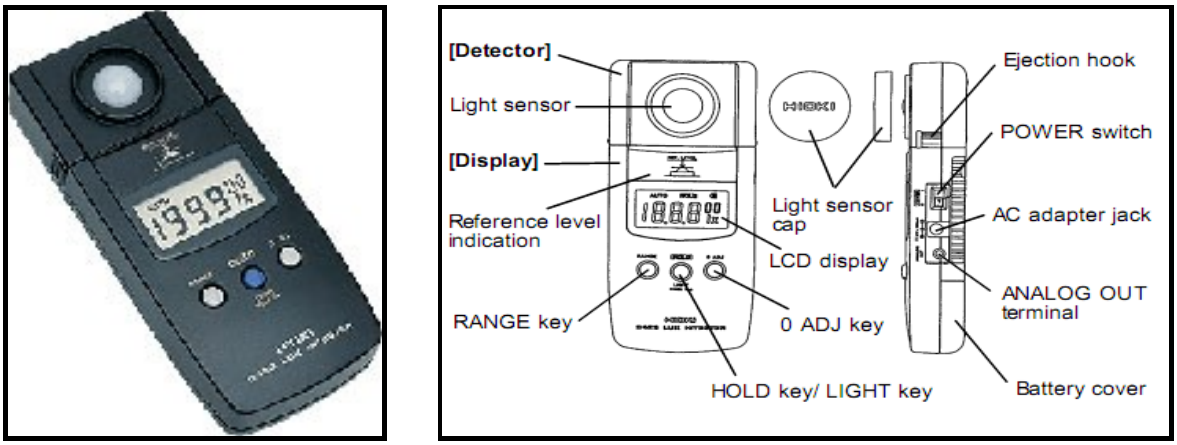


Figura 2.14 Luxómetro utilizado para realizar las mediciones de iluminación.

Datos generales.

Instrumento: Medidor de Luz / Luxómetro HiTester

Marca: Hioki.

Modelo: 3423.

Clase: Cumple con JIS C 1609-1993 clase general AA. Muestra el símbolo de la unidad (lx) en la pantalla indicadora en función de la retroiluminación.

Tiempo de respuesta: rango automático: 5 segundos o menos. Rango manual: 2 segundos o menos.

Elemento receptor: fotodiodo de silicio.

Temperatura y rango de humedad: -10 a 40ºC (de 50 a 104ºF), el 80% de HR o menos sin condensación.

Potencia máxima: 600MVA.

Funcionamiento en tiempo continuo: aproximadamente 25 horas.

Accesorios: tapa de censor de luz, dos R6P pilas de manganeso, 9376 maletín y un manual de instrucciones.

Figura 2.15 Datos técnicos del luxómetro.

- **Sistemas empleado para determinar las mediciones de iluminación.**

Durante la realización de las mediciones se tuvo en cuenta la ubicación específica de las luminarias, independientemente de las dimensiones de cada local, analizando diversos factores como el estado del tiempo y diferentes horarios.

Sistema de iluminación interior.

Locales con dos o más filas de luminarias colocadas de forma continúa. Ver figura 2.16

1. Realice cuatro mediciones (r, r, r, r) cercanas al centro del local y promedie dichos valores.
2. En el medio de cada lado del local a lo largo tome una medición (q), promedie ambos valores.
3. En cada lado a lo ancho del local realice una medición (t,t), promedie lo cuatro valores.
4. Obtenidos los valores necesarios, calcule la iluminación media que esta dada por:

$$E_{med} = \frac{R_m \cdot N \cdot (M-1) + Q_m \cdot N + T_m \cdot (M-1) + P_m}{N \cdot M}$$

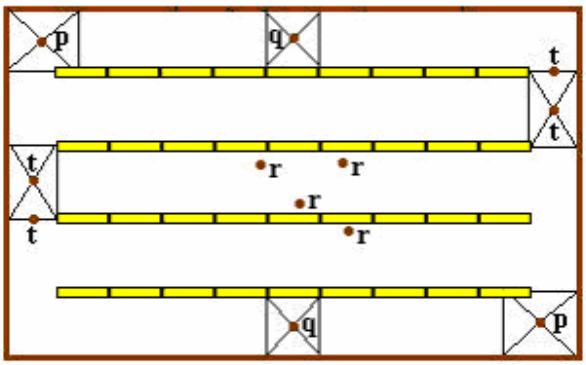


Figura 2.16 Locales con dos o más filas de luminarias.

Donde:

Qm ---- promedio de las mediciones realizadas el los puntos (q); lux.

Pm ---- promedio de las mediciones realizadas el los puntos (p); lux.

Rm ---- promedio de las mediciones realizadas el los puntos (r); lux.

Tm ---- promedio de las mediciones realizadas el los puntos (t); lux.

N ---- número de luminaria a lo largo del local.

M ---- número de luminaria a lo ancho del local.

Emed – iluminación media del local; lux

Locales con una sola luminaria. Ver figura 2.17.

1. Realice una medición en cada esquina del local (q) cercanas al centro del local y promedie dichos valores obteniendo así la iluminación media.

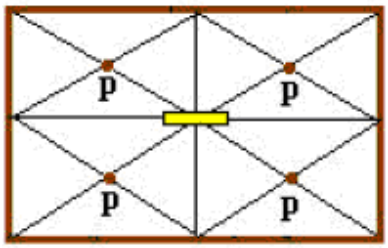


Figura 2.17 Local con una sola luminaria.

Sistema de iluminación exterior.

Vías con disposición unilateral. Ver figura 2.18

1. La distancia entre las fuentes luminosas la dividí en un número dado de divisiones, separadas aproximadamente una de otra 3.5cm.
2. Realice una medición en cada centro de los rectángulos formados entre las divisiones anteriores y las sendas.
3. Promedie los valores medidos de iluminación y los promedie.

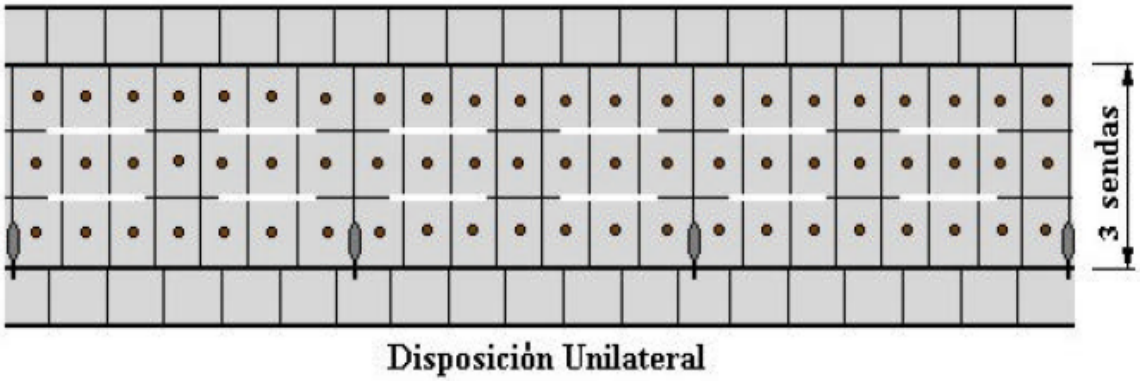


Figura 2.18 Vías de disposición unilateral.

Para realizar las mediciones se tuvo en cuenta las dimensiones de los locales dentro de la Planta de Horno de Reducción de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara como se muestra en la tabla 2.11

Tabla 2.11 Dimensiones de los locales.

#	LOCAL	LARGO.	ANCHO.	ALTURA.
1	Comedor	10.50	5.80	3.30
2	Pantry	3.55	5.80	3.30
3	Pasillo	14.05	2.10	2.70
4	J' de planta	4.70	3.70	2.70
5	Secretaria	2.40	3.70	3.30
6	Oficina del Asistente	2.15	3.70	3.30
7	J' de Mantenimiento	4.40	3.70	3.30
8	Técnicos de Mantenimiento	6.30	3.70	3.30
9	J' de Operación	3.20	3.70	2.70
10	Tecnología	5.10	3.70	2.90
11	Salón de Reuniones	4.85	3.70	3.30
12	Salón Grande	9.20	5.80	3.30
13	Panel del J' de turno de Operaciones	3.45	2.80	2.90
14	Panel de control de Loza # 1	5.90	4.60	3.30
15	Panel de control de Loza # 2	5.90	4.60	3.30
16	Panel de control de Loza # 3	5.90	4.60	3.30

Mediante los resultados obtenidos en las mediciones realizadas (ver tabla 2.12) se comprobó que los niveles de iluminación en diferentes áreas de la instalación son ineficientes debido a la inadecuada distribución, altura y selección de las lámparas.

Tabla 2.12 Niveles de iluminación actual en la instalación.

PRIMER PISO							
Local	**N**	**M**	**Pm**	**Qm**	**Tm**	**Rm**	**Emed**
Comedor	5	2	621	540	318	427.3	577.5
Pantry	2	2	197	203	208.5	245	325.4
SEGUNDO PISO							
Pasillo	3	1	60.5	48	65.5	59	68.2
Escalera	1	1	189	150	315	242	339
J' de planta	2	2	231	259	391	293	431.5
Secretaria	1	1	63.5	70.5	111.6	107.8	134
Oficina del Asistente	2	1	157	199	185.5	277	277.5
J' de Mantenimiento	2	1	121.5	108.6	154	157	169.4
Técnicos de Mantenimiento	3	2	260	471	435.5	372	537.4
J' de Operación	1	1	88.5	62	71	74.5	150.5
Tecnología	3	1	255	196	182	288	281
TERCER PISO							
Salón de Reuniones	2	2	256	184.5	179	266	334
Salón Grande	3	2	568	496	458	364	601
Pasillo	1	1	38	29	26.5	41	67
Escalera	1	1	47	39	43	45	86
ÁREA DE PRODUCCIÓN							
Panel del J' de turno de Operaciones	2	2	230	179	247	296.5	295.2
Taquillero de panel del J' de	1	1	71	98	102.5	95.5	169

turno de Operaciones							
Panel de control de Loza # 1	2	2	315	272	213	451.5	493.8
Panel de control de Loza # 2	2	2	431	347	311	320	519
Panel de control de Loza # 3	2	2	241	259	196	264.5	371

Tabla 2.13 Niveles medios requeridos por la norma cubana.

Oficinas	Emed (lux)	CUD	Ra
Mecanografía, archivo, copia,circulación,etc.	500	19	80
Lectura, procesamiento de datos	500	19	80
Corredores(pasillos)	100	25	80
Dibujo técnico	750	16	80
Buro(carpeta de deserción)	300	22	80

2.3.2 Simulación de los locales con bajo nivel de iluminación.

Mediante el software profesional de iluminación de las firmas TROLL, INDALWIN 5.S3 y 7.00 y Luxicon se realizaron simulaciones de los locales con bajo nivel de iluminación para comprobar estos resultados (Tabla2.12), los cuales permitieron validar los resultados obtenidos en este capítulo.

La inadecuada iluminación de los locales medidos es aproximadamente de 281 lux como se muestra en la figura 2.19 donde las simulaciones comprueban la mala iluminación de estos locales que en ocasiones se realiza trabajo con equipos de informática donde se recomienda un nivel medio de 500 lux.

Figura 2.19 Pasillo 2do piso `edificio de Hornos de Reducción´

Figura 2.20 Simulación del local anterior.

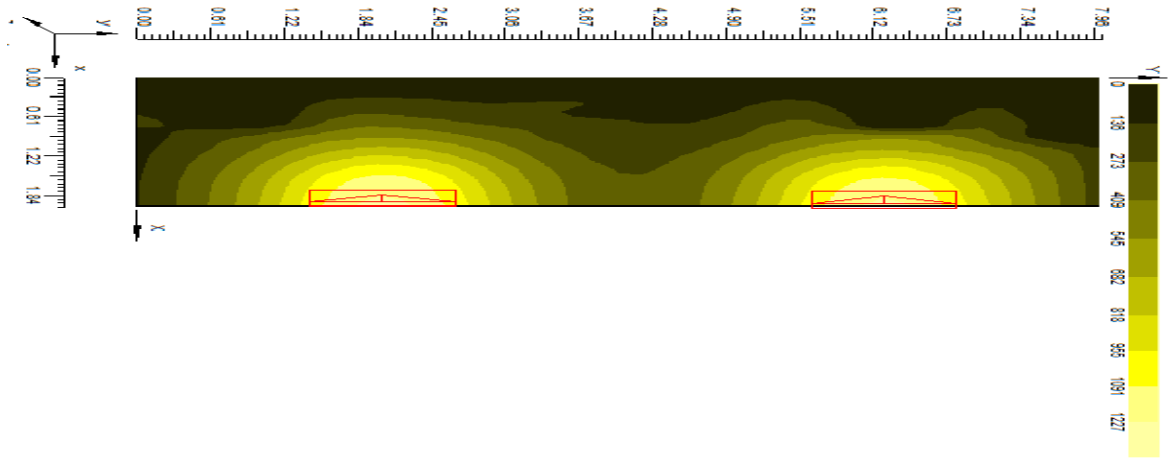


Figura 2.21 Proyección de los puntos de luz sobre el local.

En la siguiente figura 2.22 se muestra el local de tecnología. Dicho local solo funciona con tres lámparas de 40 W, pero no cumple con las normas cubanas. En la simulación se muestra la existencia de falta de luz.

Figura 2.22 Local de Tecnología.

Figura 2.23 Simulación del local anterior.

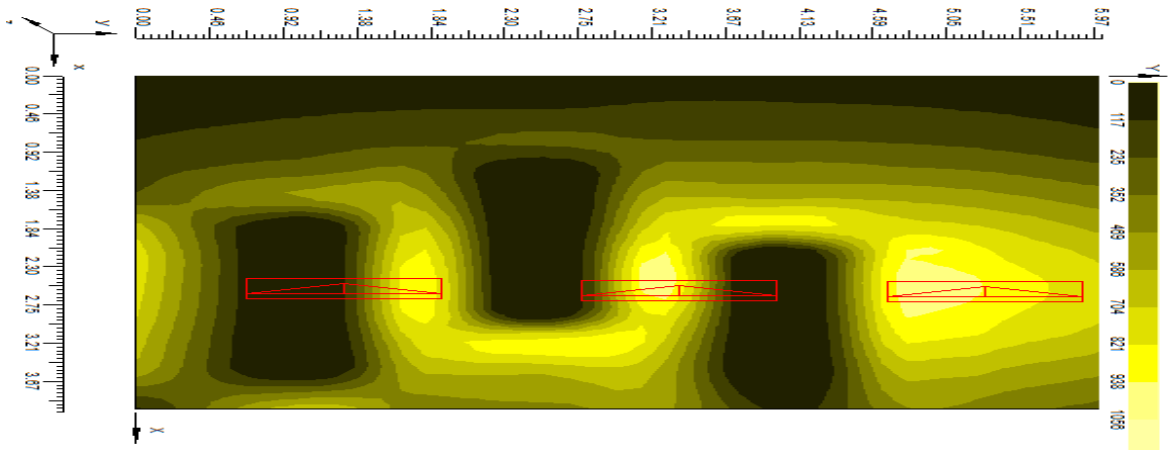


Figura 2.24 Proyección de los puntos de luz sobre el local.

En el departamento del jefe de mantenimiento se realiza trabajo de esfuerzo visual en cuanto a escritura en buró. Este local presenta una iluminación débil a pesar de que tiene una ventana de cristal que pasan los rayos ultravioleta y ayudan a incrementar el nivel de esta. Las simulación confirman que el nivel medio esta por debajo del recomendado por la norma (figura 2.25)

Figura 2.25 Local del jefe de Mantenimiento.

Figura 2.26 Simulación del local anterior.

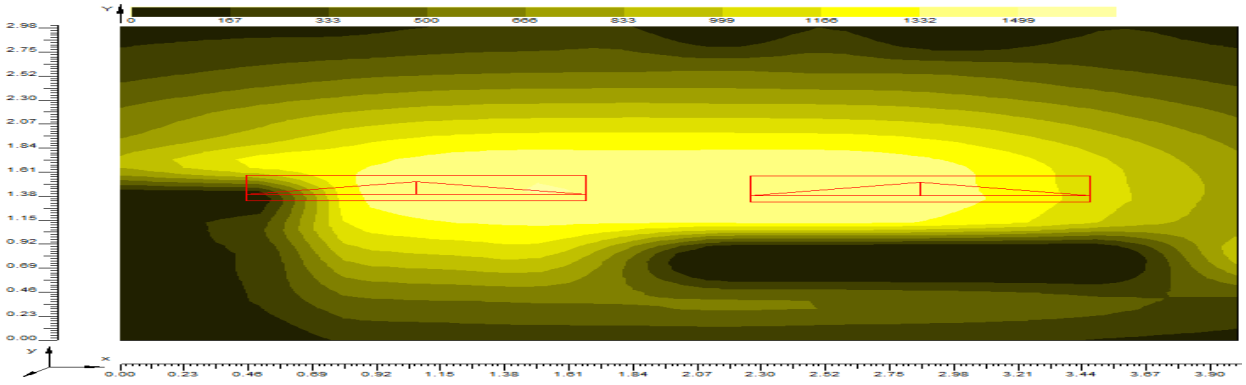


Figura 2.27 Proyección de los puntos de luz sobre el local.

- **Niveles de iluminación de las principales vías de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.**

Con los datos obtenidos a partir de las características físicas de las vías de acceso a la entidad, se realiza un estudio de diversos tramos para tener una referencia de los niveles de iluminación existentes. Posteriormente se hará una comparación de los resultados obtenidos con los niveles de iluminación exigidos por la norma para Cuba, mediante el software TROLL, INDALWIN 5.S3 y 7.00 y Luxicon ver tabla 2.14 y 2.15

Tabla 2.14 Niveles de iluminación actual de las vías de la ECG .

Ubicación	Emín(lux)	Ems(lux)	Emáx(lux)
#1	0	7	24
#2	0	11	42
#3	0	9	30
#4	0	8	22
#5	0	11	49
#6	0	11	41
#7	0	12	52
#8	0	9	44
#9	0	13	56

Calle #1 Acceso a la planta de Lixiviación.

Calle #2 Acceso a la planta de Hornos.

Calle #3 Acceso a la planta de Secadero.

Calle #4 Acceso a la planta de Mazut.

Calle #5 Acceso a la planta de Calcinación.

Calle #6 Acceso a la planta de Recuperación.

Calle #7 Acceso a la planta de Tratamiento Químico del Agua.

Calle #8 Acceso a la planta de Torre de Enfriamiento.

Calle #9 Calle principal de la empresa.

Tabla 2.15 Niveles de iluminación según la norma para Cuba.

Tipos de vías	**Ems**
Vías Principales	15 lux
Vías Colectivas	8 lux
Vías Residencial-Comercial	6 lux
Vías Residenciales	3 lux
Vías Expresas	10 lux

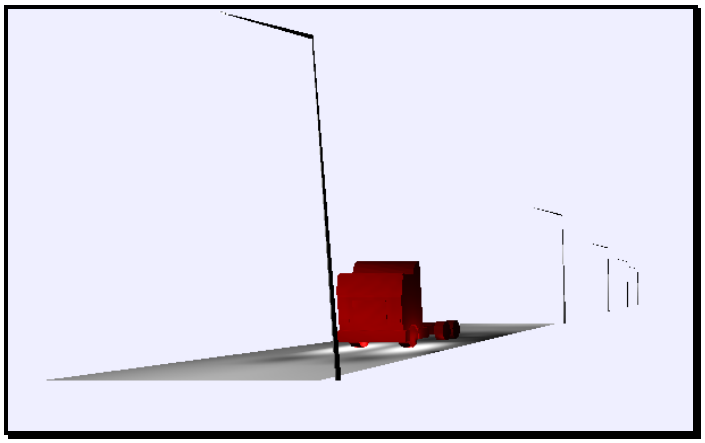


Figura 2.28 Simulación de la avenida principal (Moa-Baracoa) de acceso a la ECG.

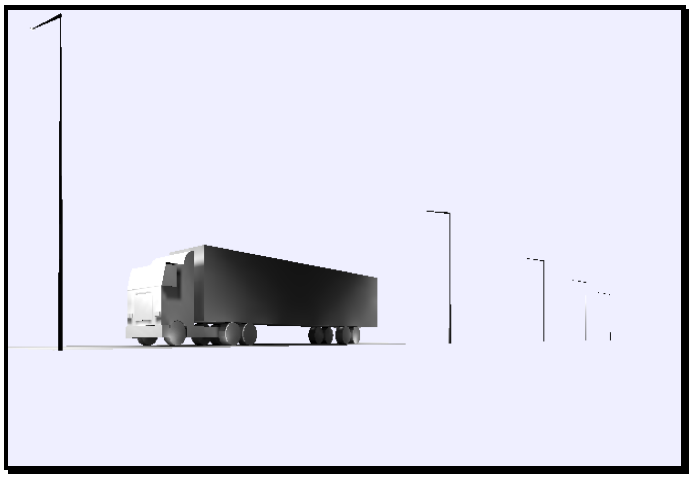


Figura 2.29 Simulación de la calle principal dentro de la ECG.

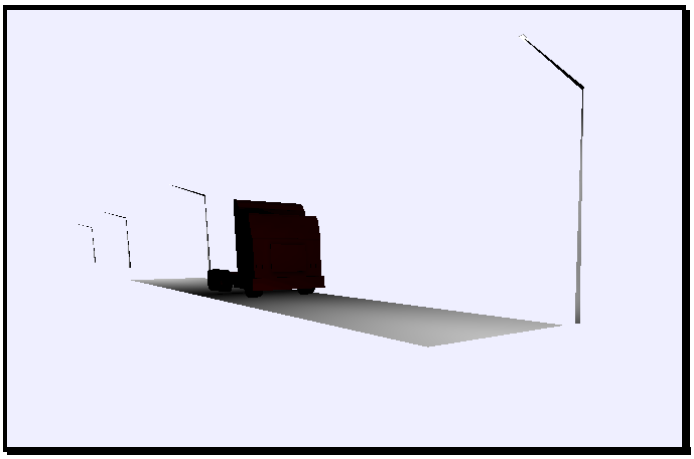


Figura 2.30 Simulación de la calle de acceso a la Planta de Lixiviación.

- **Principales problemas que afectan la eficiencia del sistema instalado.**

Con el levantamiento realizado en el sistema de iluminación de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, se comprobó que las mayores dificultades del mismo son:

- Bajo nivel de iluminación en zonas de trabajo de alto riesgo.
- Luminarias incompletas.
- Necesidad de mantenimiento de las torres de alumbrado.
- Necesidad de restituir el conductor.
- Falta de lámparas y sustitución de las rotas.
- Bajo nivel de iluminación en las áreas exteriores de la empresa.
- La disposición de las luminarias en algunos casos no es la más adecuada.

Como constancia se muestran imágenes que permite evaluar el estado actual de las instalaciones de alumbrado. Generalmente en la Planta de Hornos de Reducción, donde solo quedan las luminarias, los soportes y los cables nada más, esto requiere de una nueva instalación moderna y eficiente, pero que además cumpla con la norma cubana.

Figura 2.31 Imagen de las luminarias (exterior) de la Planta de Hornos de Reducción.

Figura 2.32 Imagen de las luminarias de la calle que da acceso a la Planta de Hornos de Reducción.

2.4 Conclusiones.

En el presente capitulo quedo demostrado de manera puntualizada, mediante los cálculos y simulaciones los problemas generales que presenta la instalación con respecto al sistema de alumbrado, por dichas razones se recomienda una propuesta de mejora para el cumplimiento de los trabajos y comodidad de los trabajadores.

CAPITULO III

Propuesta del sistema de iluminación de la ECG.

3.1 Introducción.

3.2 Propuesta para el sistema de iluminación de la ECG.

3.3 Valoración ambiental y medidas tomadas para evitar la contaminación lumínica.

3.4 Valoración económica.

3.5 Conclusiones.

3.1 Introducción.

En el siguiente capitulo mostraremos la propuesta de iluminación viaria para la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara donde utilizaremos la vía más correcta y económica posible para lograr un alumbrado eficiente .Se hará el cálculo económico de los equipos y componentes a utilizar en las instalaciones de alumbrado, así como la propuesta del sistema de encendido y apagado de la instalación. Además se trazara un plan de, medidas para eliminar la contaminación lumínica y su impacto medio ambiental.

3.2 Propuesta para mejorar la eficiencia del sistema de iluminación de la ECG.

Cuando es necesario realizar un proyecto de instalar un sistema de alumbrado, se debe tener en cuenta que los equipos a seleccionar están en condiciones de proporcionar el máximo de confort visual y los niveles de iluminación adecuados.

Muchos tipos de lámparas que opcionalmente se puede utilizar, en absoluto se deben de emplear, sino aquellas requeridas por el proyecto arquitectónico.

Para proponer el sistema de alumbrado instalado en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara se realizara un estudio de los niveles de iluminación; así como de recursos y

costos en ambos casos para escoger la variante correcta. Utilizando el software profesional INDALWIN 5.S3, se realizaran simulaciones en áreas con bajo nivel de iluminación.

Con la realización de este proyecto se garantiza el principal objetivo del alumbrado, proporcionar al personal la visibilidad necesaria para ver los obstáculos, con el tiempo preciso para efectuar las maniobras que garanticen su seguridad, además de dotarlos de confort visual mientras conduce.

- **Medidas técnicas organizativas para mejorar eficiencia del sistema de iluminación.**

1. Sustituir las luminarias de alto consumo.
2. Mantener en buen estado la pintura de las luminarias.
3. Desconexión completa de las luminarias incompletas, fundidas o quemadas.
4. Instalar sistemas automáticos de desconexión de circuitos.
5. Uso de relé horario para el control de la iluminación.
6. Sustitución de conductores en mal estado.
7. Conseguir en corto plazo el mantenimiento y limpieza de las luminarias luego de ser detectadas las impurezas.

- **Tipos de lámparas y luminarias a utilizar.**

Para determinar los tipos de lámparas y la luminaria a utilizar se tuvieron en cuenta varios aspectos que tienen estrecha relación con el lugar donde se pretende ejecutar el estudio, ya que se debe tener presente las valoraciones de los trabajadores responsables de la iluminación. De este modo obtenemos de manera práctica las mejores propuestas.

Siendo terminado el trabajo, este debe sugerir todas las variante posibles y de ellas demostrar cual es la más factible. Para esto se analizaron las características de las lámparas a sugerir y se definió cual se utilizaría en el montaje.

Dentro de las características a tener en cuenta tenemos:

1. Vida útil del equipo.

2. Tipo de luz emitida por el equipo.

3. Costo del equipo.

4. Altura del montaje.

5. Área a iluminar.

Valorando estos aspectos se eligieron para el aumento, lámparas de sodio a alta presión(VSAP), halogenuros metálicos y las lámparas incandescente con las características siguientes.

Proyectores con lámparas de halogenuro metálico.

Tabla 3.1 Características de las lámparas de halogenuro metálico.

Tipo	Halogenuro metálico.
Potencia (W), Frecuencia (Hz), Voltaje (V)	250,60,220
Base	E-40
Flujo luminoso (Lm)	28000
Tiempo de duración(horas)	12000
Eficacia (lum/W)	82.0

Proyectores con lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Tabla 3.2 Características de las lámparas de sodio a alta presión.

Tipo	vapor de s. a. p
Potencia (W), Frecuencia (Hz), Voltaje (V)	250,60,220
Base	E-40
Flujo luminoso (Lm)	28500
Tiempo de duración(horas)	24000
Eficacia (lum/W)	114.0

Lámparas fluorescentes

Tabla 3.3 Características de las lámparas fluorescentes.

Tipo	Lámparas fluorescentes
Potencia (W), Frecuencia (Hz), Voltaje (V)	58,60,220
Base	E-40
Flujo luminoso (Lm)	3150
Tiempo de duración(horas)	12000

Eficacia (lum/W)	78.8

Nota: Como posible propuesta y a modo de comparación en cuanto a eficiencia y durabilidad con los proyectores de halogenuro metálico y vapor de sodio a alta presión se decidió la compra de proyectores leds en pequeña cantidad con las siguientes características.

Proyectores LED.

Tabla 3.4 Características de las lámparas LED.

Tipo	Lámparas LED
Potencia (W), Frecuencia (Hz), Voltaje (V)	125,50,230
Flujo luminoso (Lm)	6894
Tiempo de duración(horas)	50000
Eficacia (lum/W)	57.18

- **Descripción de nuevos equipos de iluminación.**

Es recomendable para el ahorro de energía eléctrica complementar con equipos de control automático los nuevos sistemas de iluminación a instalar, con lo que se puede obtener hasta un 30% de ahorro en el consumo de energía.

- **Fotosensores**

Los fotosensores son dispositivos que censan el nivel de iluminación y generan una señal proporcional a éste, que se procesa en la unidad de control para después mandar una señal de control a los interruptores o dispositivos de dimeo. Lo anterior permite tener un ajuste del nivel de iluminación de acuerdo a las condiciones que perciba el control. La ubicación de los fotosensores es un aspecto crítico que determina la correcta operación del sistema de control, por lo que el diseñador deberá decidir si se controla el nivel de iluminación en el plano de trabajo (mantenimiento del nivel de lúmenes) o el de la fuente de luz natural (uso de luz natural) y estrategia de adaptación-compensación.

- **Dispositivos de control**.

La forma más simple de mejorar la eficiencia en los sistemas de iluminación es apagándola cuando no se necesite. El equipo más sencillo para controlar el encendido y apagado de los equipos de iluminación son los interruptores, que van desde los más simples como los apagadores de pared o tan complicados como los sistemas digitales que controlan a todo un edificio. Los interruptores son la base de cualquier estrategia de programación; también pueden ser utilizados para esquemas de adaptación - compensación y de luz natural.

Control automático.

Estos dispositivos pueden ser utilizados en conjunto para integrar un sistema completo que sea capaz de manejar varias estrategias de control para un gran número de luminarias.

Control de iluminación.

Estos sistemas de control tienen todas las características básicas cubiertas para realizar los ajustes en la iluminación de la manera más fácil. El corazón del sistema es un atenuador compacto usado no sólo para la programación de diferentes escenarios sino también para ajustar de manera manual la iluminación del ambiente acorde a cualquier tarea o estado de ánimo.

- **Sensores de presencia.**

Los sensores son dispositivos que fueron desarrollados en un principio para la industria de la seguridad, debido a su alta confiabilidad en la detección de personas en el lugar de su instalación. Su funcionamiento es sencillo ya que mientras no detecte movimiento, no enciende las luces. La mayoría pueden ser calibrados para determinar el tiempo entre la última detección y el apagado de la iluminación. Este tipo de controles proporcionan un ahorro potencial entre el 25% y 50% y funcionan a través de una de las técnicas que se explica a continuación.

Detector Occuswitch Wireless

Es una solución muy rentable y fácil de instalar para controlar la iluminación. Compatibles con casi todos los tipos de luminarias y lámparas, simplemente apaga las luces cuando una

zona esta desocupada por medio de un elemento interruptor de hasta 6A. Occuswitch Wireless tiene como aplicación especial donde no hay falso techo y el cableado no es de fácil acceso. Dispone de un sensor con un área de detección de movimiento hasta 50m^2 y una altura de 2.7 m. Tiene pantalla retráctil para impedir la detección en zonas adyacentes, el tiempo de retardo de apagado es fácilmente seleccinable entre 1 y 30 minutos e incorpora una fotocélula inhibidora que evita que las luces se enciendan cuando hay suficiente aportación de la luz solar. Batería de sensor por pilas con duración estimada de 7 años (incluidas).

Figura 3.1 Detector Occuswitch Wireless

- **Actuador universal.**

Se puede instalar fácilmente en cualquier parte de una instalación. Estos dispositivos pueden conectarse conjuntamente con sensores hasta 10 de ellos. Permite conseguir ahorros de más de un 30% en los costes de alumbrado.

Figura 3.2 Actuador universal.

- **Balastros electrónicos para lámparas de halogenuros metálicos.**

Es un dispositivo de baja frecuencia, de uso independiente que incorpora cubrebornas y sistemas antitracción de los cables de conexión, con protección térmica ante cortocircuito en lámparas, efecto rectificador y fin de vida de las lámparas.

Figura 3.3 Balastro electrónico.

▪ **Conmutador electrónico de emergencia.**

Se emplea para instalaciones en circuito mixto con lámparas de descarga y lámparas incandescentes. Ante cortes instantáneos de tensión de red, y una vez esta retorna, se produce el encendido de las lámparas incandescentes mientras las lámparas no descarga se enfría y enciende. Simultánea al encendido de ambas lámparas durante 140 segundos, tras este periodo la lámpara incandescente se apaga.

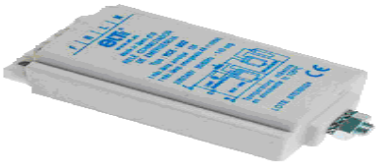


Figura 3.4 Conmutador electrónico.

➢ **Propuestas de las luminarias por calles.**

Tabla 3.5 Distribución de luminarias por plantas.

Calle	Tipo de lámpara	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total(W)	Voltaje(V)
#1	VSAP	15	250	3750	220
	Halog. metálico	12	250	3000	
#2	VSAP	11	250	2750	220
	Halog. metálico	14	250	3500	
#3	VSAP	8	250	2000	220
	Halog. metálico	6	250	1500	
#4	VSAP	10	250	2500	220
	Halog. metálico	9	250	2250	
#5	VSAP	5	250	1250	220

	Halog. metálico	**6**	**250**	**1500**	
#6	**VSAP**	**8**	**250**	**2000**	**220**
	Halog. metálico	**10**	**250**	**2500**	
#7	**VSAP**	**8**	**250**	**2000**	**220**
	Halog. metálico	**6**	**250**	**1500**	
#8	**VSAP**	**8**	**250**	**2000**	**220**
	Halog. metálico	**5**	**250**	**1250**	
#9	**VSAP**	**6**	**250**	**1500**	**220**
	Halog. metálico	**7**	**250**	**1750**	

Calle #1 Acceso a la planta de Lixiviación.

Calle #2 Acceso a la planta de Hornos de Reducción .

Calle #3 Acceso a la planta de Secadero.

Calle #4 Acceso a la planta de Mazut.

Calle #5 Acceso a la planta de Calcinación y Sínter.

Calle #6 Acceso a la planta de Recuperación de Amoniaco.

Calle #7 Acceso a la planta de Tratamiento Químico del Agua.

Calle #8 Acceso a la planta de Torre de Enfriamiento.

Calle #9 Calle principal de la empresa.

- **Propuestas para mejorar el sistema de alumbrado de la Planta de Hornos de Reduccion mediante un sistema automatizado.**

El principal problema en el sistema de encendido del alumbrado de la Planta de Hornos de Reducción, es que está gobernada por lámparas que tienen incluidas fotoceldas y dado por la contaminación, el polvo y su escaso mantenimiento, su funcionamiento es poco efectivo. Para evitar daños mayores en cuanto a iluminación, proponemos una mejora sencilla en dicho sistema, empleando el programo LOGO SOFT a través del uso de sensores de presencia implementadas con relés horario en los puntos de encendido ya determinado como se muestra en la figura 3.5.

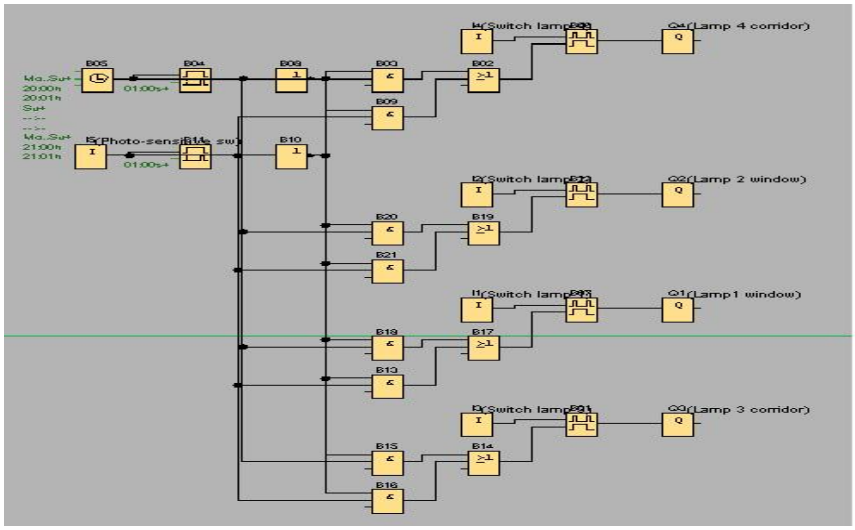


Figura 3.5 Esquema simplificado.

Para explicar de forma general el principio de funcionamiento del sistema de encendido empezaremos diciendo que el sensor de presencia debe poseer a parte de los terminales de alimentación dos terminales de un interruptor interno, el cual será gobernado por el relé horario. Este interruptor debe cumplir que, en presencia de un objeto movible o persona se abran luego de ser interferido el sensor de presencia mediante un rayo ultravioleta, independientemente de que el relé horario pude ser programado en el horario deseado, de lunes a domingo. Este sistema propuesto fue determinado de acuerdo a las condiciones de la Planta de Hornos de Reduccion, para lograr un mayor rendimiento económico y eficiencia energética.

- **Simulación de las nuevas propuestas.**

Figura 3.6 Simulación del local de Tecnología.

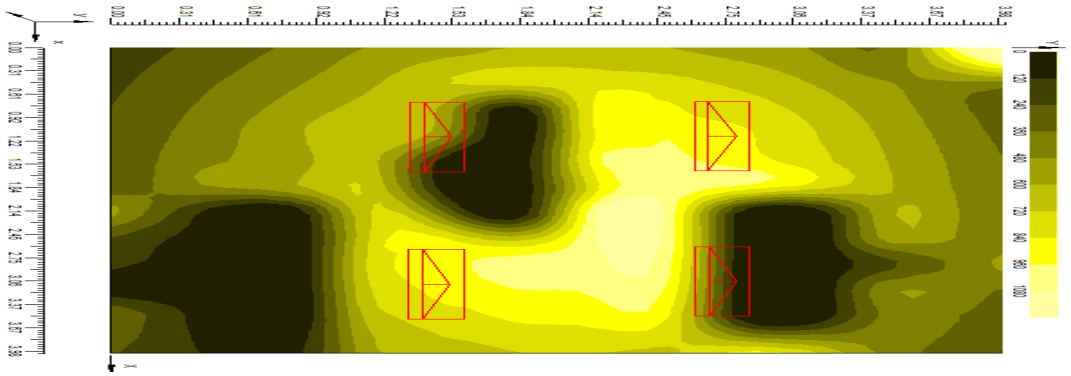


Figura 3.7 Proyección de los puntos de luz sobre el local.

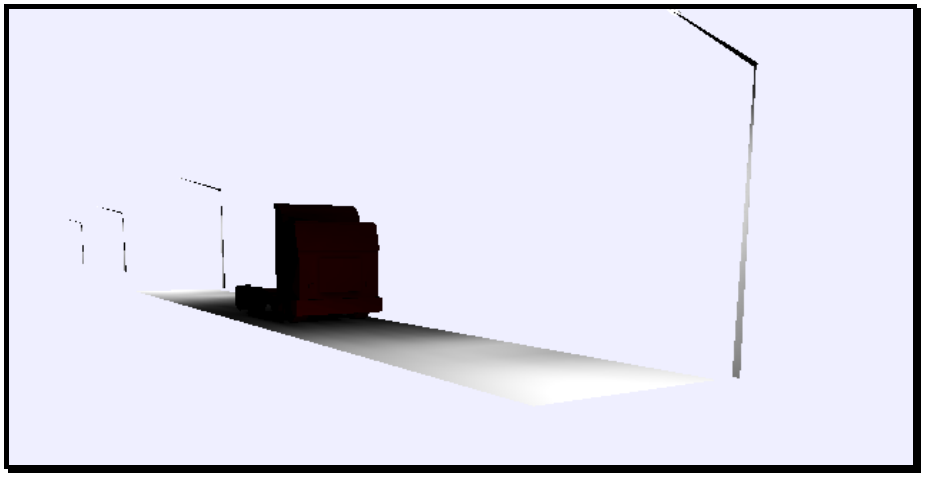


Figura 3.8 Simulación de la calle de acceso a la Planta de Lixiviación.

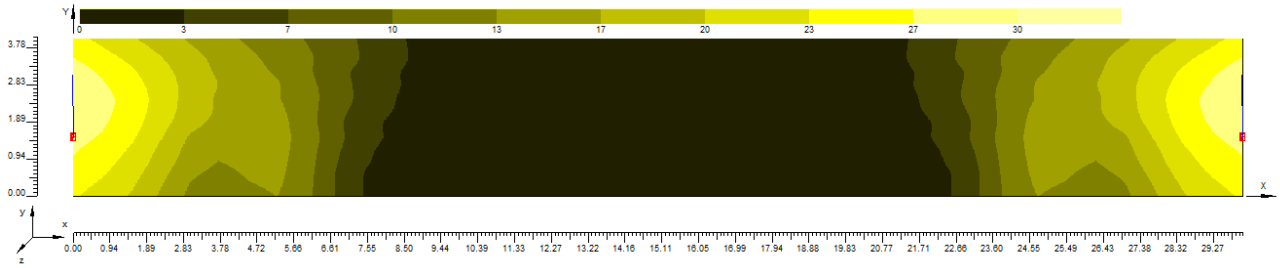


Figura 3.9 Proyección de los puntos de luz sobre la calzada.

3.3 Valoración ambiental y medidas tomadas para evitar la contaminación lumínica.´

- **Valoración ambiental.**

Aunque las instalaciones de alumbrado parece que tienen poca interacción con el medio ambiente, dado que se trata de instalaciones estáticas que a nivel local no producen emisiones si profundizamos en su funcionamiento y ciclo de vida, vemos rápidamente varios problemas importantes relacionados, de mayor importancia son la eliminación y tratamiento de las lámparas agotadas, la contaminación lumínica y la eficiencia energética.

Efectos ecológicos.

La producción de la energía eléctrica no es un proceso limpio, (ecológicamente):

- ✓ Residuos radioactivos.
- ✓ Consumo de carbón o petróleo.
- ✓ Emisión de gases a la atmósfera (lluvia acida).
- ✓ Emisión de CO_2 (efecto invernadero)

Impacto en la fauna y flora.

Los efectos de la contaminación lumínica conciernen a aves (tanto migratorias como no migratorias), a mamíferos voladores y, sobre todo, a insectos nocturnos. Más del 90% de las especies de lepidópteros son de costumbres nocturnas, y de su existencia dependen muchas especies de plantas con flores que se abren de noche, así como multitud de depredadores. Al perturbar la vida de los insectos nocturnos se está desequilibrando la base de la cadena trófica.

Esta contaminación también implica cierta dosis de inseguridad vial. Debido a que el ojo humano se adapta lentamente a una zona oscura cuando proviene de otra muy iluminada, los alumbramientos mal proyectados de algunos tramos de carretera provocan en los conductores deslumbramientos. Para evitarlo, los expertos recomiendan utilizar alumbrados de transición que gradualmente pasan de un nivel de iluminación a otro y permiten una adaptación del ojo humano a zonas con diferentes niveles de luz.

Efectos medioambientales.

El exceso de iluminación tiene efectos negativos sobre la flora y fauna.

- ✓ Cambio en el comportamiento territorial y de nidificación de pájaros.
- ✓ Desorienta a las aves migratorias.
- ✓ Dificulta y disminuye la reproducción de insectos, debido a que la actividad sexual de estos animales se efectúa especialmente de noche.
- ✓ Dificulta la visión de muchos animales nocturnos.

¿Que es la contaminación lumínica?

La **contaminación lumínica** puede definirse como la emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones, rangos espectrales u horarios innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona en la que se instalan las luces. Un ineficiente y mal diseñado alumbrado exterior, la utilización de proyectores y láser, la inexistente regulación del horario de apagado de iluminaciones publicitarias, monumentales u ornamentales, etc., generan este problema cada vez más extendido. La contaminación lumínica tiene como manifestación más evidente el aumento del brillo del cielo nocturno, por reflexión y difusión de la luz artificial en los gases y en las partículas del aire, de forma que se disminuye la visibilidad de las estrellas y demás objetos celestes. Es indudable que el alumbrado exterior es un logro que hace posible desarrollar múltiples actividades en la noche, pero es imprescindible iluminar de forma adecuada, evitando la emisión de luz directa a la atmósfera y empleando la cantidad de luz estrictamente necesaria allí donde necesitamos ver. Toda luz enviada lateralmente, hacia arriba o hacia los espacios en donde no es necesaria no proporciona seguridad ni visibilidad y es un despilfarro de energía y dinero.

- **Clasificación de las lámparas según su grado de contaminación lumínica.**

De los tipos de lámparas que actualmente existen en el mercado, atendiendo a sus espectros, se pueden clasificar de la siguiente forma:

Poco contaminantes:

• Vapor de sodio a baja presión: emite prácticamente sólo en una estrecha zona del espectro, dejando limpio el resto. Su luz es amarillenta y monocromática. Es recomendable para alumbrados de seguridad y carreteras fuera de núcleos urbanos. Son las más eficientes del mercado y carece de residuos tóxicos y peligrosos.

• Vapor de sodio a alta presión: emiten sólo dentro del espectro visible. Su luz es amarillenta con rendimientos de color entre 20% y 80%, dependiendo del modelo. Es recomendable

para todo tipo de alumbrado exterior. Son las más eficientes del mercado después de las de baja presión.

Medianamente contaminantes:

• Lámparas incandescentes: No emiten en el ultravioleta pero si en el infrarrojo cercano. Su espectro es continuo. Su luz es amarillenta con un rendimiento de color del 100%. No es recomendable para alumbrado exterior, excepto para iluminar detalles ornamentales. Son las más ineficaces del mercado.

• Lámparas incandescentes halógenas: Son iguales que las incandescentes pero emiten algo más en el ultravioleta si no va provista de un cristal difusor (son peligrosas sin este cristal por emitir en el ultravioleta duro). Son algo más eficaces que las incandescentes.

• Lámparas fluorescentes en tubos y compactas (vapor de mercurio a baja presión): emiten en el ultravioleta. Su luz es blanca con rendimientos cromáticos entre el 40% y el 90%. Es recomendable para alumbrados peatonales y de jardines. Tienen una alta eficiencia. Estas lámparas son medianamente contaminantes si no se usan en grandes instalaciones y convenientemente apantalladas evitando emisión de luz sobre el horizonte.

Muy contaminantes:

• Lámparas de vapor de mercurio a alta presión: Tienen una elevada emisión en el ultravioleta. Su luz es blanca con rendimientos de color inferiores al 60%. Es recomendable para zonas peatonales y de jardines. Son las menos eficientes del mercado en lámparas de descarga.

• Lámparas de halogenuros metálicos: Tienen una fuertísima emisión en el ultravioleta. Su luz es blanca azulada con rendimientos de color entre el 60% y el 90%. Es recomendable para eventos deportivos importantes y grandes zonas donde se requiera un elevado

rendimiento cromático. Son muy eficaces, parecidas al sodio de alta presión, pero de corta vida.

- **Medidas contra la contaminación lumínica.**

- ✓ Impedir que la luz se emita por encima de la horizontal y dirigirla sólo allí donde es necesaria. Emplear de forma generalizada luminarias apantalladas cuyo flujo luminoso se dirija únicamente hacia abajo.
- ✓ Usar lámparas de espectro poco contaminante y gran eficiencia energética, preferentemente de vapor de sodio a baja presión (VSBP) o de vapor de sodio a alta presión (VSAP), con una potencia adecuada al uso.
- ✓ Iluminar exclusivamente aquellas áreas que lo necesiten, de arriba hacia abajo y sin dejar que la luz escape fuera de estas zonas.
- ✓ Ajustar los niveles de iluminación en el suelo a los recomendados por organismos como la Comisión Internacional de Iluminación.
- ✓ Regular el apagado de iluminaciones ornamentales, monumentales y publicitarias.
- ✓ Prohibir los cañones de luz o láser y cualquier proyector que envíe la luz hacia el cielo.
- ✓ Reducir el consumo en horas de menor actividad, mediante el empleo de reductores de flujo en la red pública o el apagado selectivo de luminarias. Apagar totalmente las luminarias que no sean necesarias.

Figura 3.10 Contaminación lumínica.

3.4 Valoración económica.

Para determinar la valoración económica del sistema de iluminación a instalar, se tuvo en cuenta los gastos realizados a la hora del cumplimiento del trabajo, así como los mantenimientos a realizar. Se realiza un análisis de costos y recursos para dos variantes, una para el sistema mejorado propuesto en el trabajo y otra para proyectar un nuevo sistema de alumbrado.

Pronóstico de ahorro por consumo.

Mediante la tabla que a continuación se muestra (tabla 3.6) se comprueba el ahorro energético en cuanto a las luminarias ya caducadas o de mayor consumo, tomándose como referencia el tiempo de encendido de cada una de ellas, así como el ahorro energético al sustituirlas por una mas eficiente.

Tabla 3.6 Distribución de consumo por equipos

Equipos		Consumo(W)
1-lámpara	Vieja Tecnología	95
1- balastro magnético		
2-luminarias de 40W		
1-lámpara	Última Tecnología	66.66
1- balastro electrónico		
2-luminarias de 32W		

285 luminarias viejas x **95 W** x **8** horas/días x **30** días = **6.5 MWh.**

300 luminarias nuevas x **66,66 W** x **8** horas/días x **30** días = **4.8 MWh.**

Con una diferencia de **1.7 MWh.**

392 lámparas viejas x **400 W** x **8** horas/días x **30** días = **37.6 MWh.**

264 lámpara nuevas x **250 W** x **8** horas/días x**30** días = **15.8 MWh.**

Con una diferencia de **21.8 MWh.**

Diferencia total de **23.5 MWh.**

Expresado en CUC **4 472.6** Mensual.

Ahorro anual en CUC **54 417.09**

3.4.1 Ahorro de energía al mejorar el sistema de encendido del alumbrado.

Consumo de las cargas

- Asumiendo que el sistema estará en servicio 11h (de 7:00 PM A 6:00AM)
- Potencia consumida (Pc)= 121 210.66 kWh / año **(Ver anexo#7**)
- Si consideramos que la termoeléctrica para generar 1MWh es necesario 0.74 TN de fuel oil.
- Fuel oil consumido= 0.74*121.21 MWh / año= 89.70 TN
- El precio del fuel oil en el mercado mundial se a mantenido irregular, en el corte realizado en el mes de mayo del 2011, 1T= 434.76 CUC.
- Costo del fuel oil consumido = 434.76 CUC*89.70 TN

=38 997.972 CUC

Ahorro por sistema de encendido.

-Asumiendo que el sistema estará en servicio 11h, de (7:00PM a 6:00AM), es decir 1:30 min. más que lo actual considerando que el sistema tiene que ser apagando manualmente, podemos determinar el ahorro por potencia activa rescatada.

-Potencia ahorrada anualmente (Pa)= 246.340 kWh* 365=89 914.1 kWh/año

-fuel oil ahorrada anualmente = 0.74* 89.914MWh/año=66.54Tn

-Costo del fuel oil ahorrado =434.76 CUC*66.54 Tn =28 926.1 CUC

Ahorro por sistemas por utilización de lámparas más eficientes.

Antiguamente los sistemas de iluminación de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara se proyectaban con lámparas de sodio de baja presión y de mercurio a una potencia de 400W. En la actualidad se proyecta con lámparas de mayor eficiencia como sodio de alta presión a partir de 250W. Ahora mostraremos el ahorro que se obtiene con esta nueva propuesta, en la cual se utilizaran 158 lámparas.

Tabla 3.7 Comparación de variantes.

Tipo	Cantidad de Lámparas	Potencia(kW)
Lámparas antiguas (400W)	258	103.2
V.S.A.P. (250W)	146	36.5
Halogenuro metalico (250W)	112	28.0

Como se observa en la tabla 3.2 si se instalaran lámparas de 400W se obtendría una potencia de 103.2 kW, con la instalación de V.S.A.P. y halogenuro metálico de 250W se cuenta con 64.5 kW y se obtiene un ahorro de 38.7 kW.

-Potencia ahorrada anualmente (Pa)=38.7*11h*365=155 380.5 kWh/año

-fuel oil ahorrada anualmente =0.74* 155.380.5MWh/año=114.98 Tn

- Costo del fuel oil ahorrado = 434.76 CUC*114.98Tn = 49 988.7 CUC

Selección de las variantes más económica.

Variante I

Tabla 3.4 Relación de precios del Equipamiento propuesto de la Variante I.

Recursos	U	Precio unitario (C.U.C)	Cantidad U	Total
Lámpara fluorescente 58 W	U	$3.00	100	$300.00
Proyector con Lámpara Halogenuro metálico 250 W, 220 V.		$120.00	80	$9 600.00
Proyectores VSAP 250 W	U	$145.00	94	$13630.00
Interruptor simple 230 V, 15 A, con todos sus accesorios empotrado.	U	$ 3.15	60	$189.00
Tomacorriente universal doble 220V, 15A. polarizado.	U	$ 1.22	75	$91.50
Controlador de iluminación.	U	$ 125	30	$3750.00

Conductor de cobre TW con aislamiento 3x16 mm^2	m	$ 7.10	30	$213.00
Conductor de cobre TW con aislamiento 3x35 mm^2	m	$ 12.13	70	$849.10
Total				$**28 622.6**

T amortización = Costo de la inv. / Ahorro en el año

= 28 622.6 /49 988.7

= 0.6 años

Variante II

Tabla 3.5 Relación de precios del Equipamiento propuesto de la Variante II.

Recursos	U	Precio unitario (C.U.C)	Cantidad	Total
Lámpara fluorescente 58 W	U	$3.00	55	$165.00
Proyectores Halogenuro metalico 250 W		$120.65	100	$12 065.00
Proyectores VSAP 250 W	U	$145	90	$13 050.00
Proyectores LED 125 W	U	$297.7	3	$893.1
Balastros electrónicos para proyectores LED.	U	$38.58	3	$115.74
Pintura anticorrosivo gris	U	2* litro	30	$60.00
Reactancia para lámpara de VSAP 250W.	U	$25	15	$375.00
Luminaria VSAP 250 W óptica cerrada con bombillo y reactor incorporado, E-40 IP 54.	U	$228.36	85	$19 410.6
Encendedor para lámpara fluorescente de 58 W.	U	$2.00	50	$100.00
Relé horario	U	$185	15	$2 775.00

Sensor de presencia.	U	$ 38	20	$760.00
Total				$49 769.44

T amortización = Costo de la inv. / Ahorro en el año

=49 769.44/49 988.7

= 1 año.

3.5 Conclusiones.

En este último capítulo se propuso de manera práctica la solución a las principales dificultades encontradas en el sistema de iluminación en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, prevaleciendo la insuficiente iluminación interior y exterior. Se dejaron bien claras las transformaciones a realizar para elevar los niveles medios de iluminación en servicio en todas las vías de acceso a la empresa, así como los equipos a incrementar a la hora de darle cumplimiento al trabajo realizado, sin dejar por alto el costo económico y el ahorro de energía que proporcionaría al país.

Conclusiones Generales.

- Se mejoró la eficiencia del sistema de iluminación de la Planta de Hornos de Reducción y las calles de acceso (interior y exterior) de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, hasta el punto de proporcionar confort visual y seguridad a los conductores trabajadores de la instalación.

- Se demostró de manera detallada los beneficios económicos que proporcionaría la implantación del nuevo sistema de iluminación, con un ahorro monetario de 49 998.7 CUC.

- Para la simulación de las vías y locales con bajo nivel de iluminación, se utilizaron software profesionales TROLL LITESTAR 5.S5 y Luxicon permitiendo alcanzar los valores establecidos por las normas del CIE.

- Se tuvo en cuenta la contaminación lumínica, lo cual representa un gasto energético y económico injustificado.

- La metodología utilizada se sustenta en bases científicas, que permite hacer un análisis integral de los sistemas de iluminación teniendo en cuenta las deficiencias en la proyección del mismo.

Recomendaciones.

- Que se evalué por parte de la Dirección de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara los resultados obtenidos en este trabajo para su aplicación.

- Utilizar los resultados de este trabajo para la formación de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica.

Bibliografía

1. Alumbrado con proyectores.

2. Arambula González, R. Procedimientos de diseños para iluminar exteriores. Tésis Profesional. Universidad Iberoamericana, México 1995.

3. Cabrera, Y.; Delroy, G. Análisis del Sistema de iluminación Viaria del municipio Moa 2005.

4. Catálogo de iluminación Effetre (1995).

5. Catálogo General de iluminación Indalux (1995).

6. Catálogo General de la luz Osram.

7. Contaminación lumínica.

8. Enciclopedia luminotécnica. L

9. Feijó Muñoz, J. Instalaciones de iluminación en la arquitectura.

10. Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del manual de Westinghouse.1986

11. Manual de electricista Axa Monterrey.

12. Pavón Herrera, S.; Marisma Frómeta,Y. Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Gabriel Hernández Ramírez, tutor. Trabajo de Diploma Moa 2007.

13. Representación de las características luminosas de las lámparas y luminarias 2002.

14. Sistema eléctrico para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez.

15. Urraca Piñeiro, J.I. Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A.

16. Vela Sánchez, A.; Garrido Vázquez, J.J. Equipos auxiliares para lámparas de descarga. Instalaciones de alumbrado.

Sitios Webs visitados:

http://www.clefer.com/2007

http://www.ctio.nao.edu/light pollution/1999.

http://www.octanorm.es/silumina.htm.2000.

http://www.stilar.Net.

http:www.cepri.cl/iku.1998.

Anexos

Anexo#1

Propuestas de proyectores por torres de iluminación.

Planta	Nro de torres	Cantidad de Proyectores	Faltante	No funcionan	Buen estado
Lixiviación	8	32	1	15	16
Hornos	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
Secadero	4	16	2	6	8
Mazut	3	12	8	2	2
Calcinación	1	4	1	No hay	3
Recuperacion	1	4	No hay	4	No hay
TQA	1	4	4	No hay	No hay
Torre de enfriamiento	1	4	4	No hay	No hay
Total	19	76	20	27	29

Anexo#2

Mediciones tomadas en el horario pico.

Local	N lum	N Lum	P1	P2	Pm	Q1	Q2	Qm	T1	T2	T3	T4	Tm	R1	R2	R3	R4	Rm	Emed
Comedor	5	2	751	491	621	370	710	540	305	310	298	359	318	488	435	405.	380.9	427.3	577,5
Pantry	2	2	221	173	197	88	318	203	221	210	198	205	208.5	232	210	255	274	245	325.4
SEGUNDO PISO																			
Pasillo	3	1	54	67	60.5	56	40	48	79	68	53	62	65.5	237	214	255	274	59	68,2
Escalera	1	1	280	98	189	121	179	150	371	330	260	299	315	232	211	252	273	242	339
J' de planta	2	2	187	275	231	244	274	259	180	284	310	390	391	210	292	301	369	293	431,5
Secretaria	1	1	60	67	63.5	72	69	70.5	90	176	70	110	111.6	99	141	120	70	107.8	134
Oficina del Asistente	2	1	212	102	157	149	249	199	262	60	210	210	185.5	179	264	332	333	277	277,5
J' de Mantenimiento	2	1	43	200	121.5	99	118	108.6	140	152	164	160	154	134	150	170	174	157	169,4
Técnicos de Mantenimiento	3	2	220	3000	260	752	190	471	342	480	490	430	435.5	310	568	290	320	372	537,4
J' de Operación	1	1	89	88	88.5	59	65	62	42	50	64	128	71	46	58	64	130	74.5	150,5
Tecnología	3	1	230	280	255	162	230	196	192	150	206	180	182	290	262	320		288	281
TERCER PISO																			
Salón de Reuniones	2	2	300	212	256	200	220	184.5	200	212	124	180	179	214	270	300	280	266	334
Salón Grande	3	2	290	226	568	780	212	496	270	900	312	350	458	276	580	290	310	364	601
Pasillo	1	1	40	36	38	30	28	29	20	30	28	28	26.5	30	55	40	39	41	67
Escalera	1	1	40	54	47	40	38	39	38	50	46	38	43	43	50	46	41	45	86
ÁREA DE PRODUCCIÓN																			
Panel del J' de turno de Operaciones	2	2	270	190	230	268	90	179	250	290	230	218	247	180	298	318	390	296.5	295,2
Taquillero de panel del J' de turno de Operaciones	1	1	68	74	71	90	106	98	103	98	89	120	102.5	90	108	96	88	95.5	169
Panel de control de Loza # 1	2	2	340	290	315	236	308	272	243	201	198	210	213	526	480	450	350	451.5	493.8
Panel de control de	2	2	464	398	431	400	294	347	400	246	315	283	311	300	420	310	250	320	519

.

Loza # 2																			
Panel de control de Loza # 3	2	2	183	299	241	300	218	259	280	196	89	219	196	350	240	187	281	264.5	371

Anexo#3

Mediciones en el horario de la mañana.

Local	N lum	N Lum	P1	P2	Pm	Q1	Q2	Qm	T1	T2	T3	T4	Tm	R1	R2	R3	R4	Rm	Emed
Comedor	5	2	100	160	130	130	90	110	150	180	110	120'	140	200	210	260	180	212,5	170
Pantry	2	2	140	220	180	220	270	254	390	400	190	360	335	480	490	430	470	467,5	306,87
SEGUNDO PISO																			
Pasillo	3	1	200	580	390	130	450	290	500	200	230	240	292,5	280	340	370	300	322,5	340
Escalera	1	1	30	50	40	60	50	55	60	40	50	40	47,5	90	80	80	100	87,5	43,75
J' de planta	2	2	260	300	530	240	440	340	150	330	240	480	300	370	410	390	360	382,5	415
Secretaria	1	1	50	100	75	110	90	100	50	40	60	40	47,5	160	230	60	120	147,5	106,67
Oficina del Asistente	2	1	400	280	340	150	230	190	120	140	300	230	210	320	350	300	290	315	265
J' de Mantenimiento	2	1	210	250	230	290		160	225	510	310	260	160	315	420	350	240	380	347,5
Técnicos de Mantenimiento	3	2	220	550	385	180	100	140	270	300	340	230	285	360	410	520	600	472,5	315,83
J' de Operación	1	1	50	90	70	150	90	120	80	250	130	80	135	120	130	240	170	165	137,78
Tecnología	3	1	450	80	265	540	160	350	250	250	140	240	220	370	400	300	280	337,5	328,75
TERCER PISO																			
Salón de Reuniones	2	2	510	120	315	900	320	610	250	320	250	270	272,5	720	440	260	340	440	426,67
Salón Grande	3	2	520	200	360	490	450	470	450	270	310	270	325	650	660	530	660	625	494,44
Pasillo	1	1	40	50	45	50	40	45	30	40	45	35	37,5	70	60	80	50	65	41,25
Escalera	1	1	50	60	55	140	120	130	40	60	70	140	77,5	100	140	120	70	107,5	100
ÁREA DE PRODUCCIÓN																			
Panel del J' de turno de Operaciones	2	2	560	300	430	200	150	175	150	190	200	130	167,5	300	250	340	370	315	302,5
Taquillero de panel del J' de turno de	1	1	50	200	125	90	340	215	70	70	50	100	72,5	210	200	160	160	182,5	158,89

.

Operaciones																			
Panel de control de Loza # 1	2	2	380	160	270	120	180	150	170	140	220	240	192,5	250	210	260	290	252,5	216,25
Panel de control de Loza # 2	2	2	250	120	250	240	270	255	160	350	350	320	295	360	470	490	430	437,5	309,38
Panel de control de Loza # 3	2	2	350	250	300	420	280	400	340	310	330	360	335	400	470	380	300	387,5	350

.

Anexo #4

Representación de los bajos niveles de iluminación en la Planta de Hornos de Reducción.

Anexo#5

Anexo#6

.

Anexo#7

Cálculo de las pérdidas de los transformadores de las subestaciones de alumbrado por transformación de la energía.

Pérdidas por transformación de la energía.

Para demostrar cuanta energía derrocha la instalación por transformación de energía el transformador de la subestación que alimenta el edificio administrativo y el laboratorio químico el cual es uno de los más sobrecargado se determino mediante las siguiente formulas:

$$kVAreal = \frac{Consumo \quad del \quad mes \quad (kWhDia + kWhPico)}{T1 \quad Cos\varphi}$$

Donde:

T1 ---- Es el tiempo que dura la carga del transformador (depende del mes que se factura).

Cosφ -- Factor de potencia de acuerdo a los datos del metro contador de energía activa y reactiva.

$$cos\,\varphi = \frac{Ea}{\sqrt{Ea^2 + Er^2}}$$

Donde:

Ea - Energía activa y **Er** - Energía reactiva.

Las pérdidas totales del transformador:

$$Pt = Pfe * T3 + \left(\frac{kVAreal}{kVAnom}\right)^2 Pcu * T1$$

Donde:

Pfe – Pérdidas en el hierro para régimen nominal, las mismas se consideran constante para todo el régimen de trabajo del transformador.

Pcu – Pérdidas por efecto Joule en el Cobre, dependen del estado de carga del transformador (cuadrado del coeficiente de carga).

El coeficiente de carga no es más que la relación entre los KVA reales y los nominales.

$$kc = \frac{kVAreal}{kVAnominal}$$

Perdidas totales de transformación en los transformadores de 0.6 MVA.

$$Pt = Pfe * T3 + \left(\frac{kVAreal}{kVAnom}\right)^2 Pcu * T1$$

Pt = 3,174 * 24horas + $(0,8415)^2$ * 17,326 * 24horas

Pt = 370.621 k Wh / día.

A partir de las cargas instaladas en el edificio administrativo y el laboratorio químico, es evidente que en el sistema de suministro de energía de alumbrado y equipos de informática, el transformador se encuentra subcargado a un nivel alto. Este mismo procedimiento se realizó para los transformadores de 1 MVA el cual pierde por transformación Pt= 293.547 k Wh/día, partiendo de estos datos se calculó el ahorro de energía por pérdidas de transformación en un año de cada transformador:

Pt (0.6 MVA) = 370.621 kWh / día.

Pt (1 MVA) = 293.547 kWh / día.

Pt (0.6 MVA)= 370.621 kWh / día*365 días = 135276.665 kWh / año

Pt (1 MVA)= 293.547 kWh / día* 365 días = 107144,655 kWh / año

Durante el cálculo económico realizado se efectúo sobre la base de que el precio promedio del MWh para la empresa es de **104 CUC**. El ahorro expresado en dinero al año es de **$ 11143.08.** Lo que permite el ahorro, por este concepto es la realización del cambio de luminarias de 400w VSAP por las de 250w, así como la sustitución de las de vapor de mercurio por halogenuros metálicos.