



REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD METALURGIA ELECTROMECHANICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA

Trabajo de Diploma



Título: Análisis de la eficiencia del Sistema de Alumbrado del Grupo Fuel Oil ETE Felton.

Autor: José Osmani Santos Herrera

Tutor: Msc. Adolfo Hernández Roja.

Ing. Yunier Cruz Blanco

**Año 56 del Triunfo de la Revolución.
Moa-2014**

Agradecimiento

Deseo agradecer de todo corazón a todas aquellas personas que de una forma u otra dedicaron parte de su empeño en mi formación profesional.



*Análisis de la Eficiencia del Sistema de Alumbrado del Grupo Fuel Oil ETE
Felton.*

Dedicatoria:

*Aprovecho esta ocasión para dedicar mi Trabajo de Diploma con todo
mi corazón, amor y cariño.*

A mis padres y familia.

A mis amigos que me alentaron a seguir mis estudios.

*A la Revolución Cubana que me dio esta oportunidad de ser un
profesional.*

Autor: José Osmani Santos Herrera



Análisis de la Eficiencia del Sistema de Alumbrado del Grupo Fuel Oil ETE Felton.

Resumen

El presente trabajo, realizado en los grupos Fuel –Oil de Felton, aborda varios temas en cuanto a usos y tipos de lámparas, ya que debe apoyarse en sus características generales para darle una excelente realización al estudio, en el ahorro energético en instalaciones de alumbrado, no pasa sólo por elegir los equipos adecuados a las necesidades, con elevados rendimientos, sino que además deberá estudiarse las necesidades y uso del local, para diseñar el sistema de control idóneo

En el Capítulo I, se realizó un análisis en cuanto a usos, tipos y deficiencias de las lámparas, así como los diferentes métodos a utilizar a la hora de realizar los cálculos para la iluminación de un área determinada, ya sea exterior como interior.

En el capítulo II, se hizo énfasis en la determinación del problema existente y sus deficiencias, el cual nos exigió la realización de la presente tesis de grado.

En el capítulo III, se marcó de manera concreta la solución del problema con la variante más económica posible, así como recomendaciones a seguir para mantener los resultados obtenidos en la proyección de nuevos sistemas de iluminación, además asesorar a los especialistas proponiéndoles unos procedimientos de actuación que conlleven al pretendido ahorro.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Análisis de la Eficiencia del Sistema de Alumbrado del Grupo Fuel Oil ETE Felton.

Summary

The present research work", realized in the group fuel-oil in Felton, refers to the uses and types of lamps. Its own general characteristics will offer good results when finishing this scientific study. To save energy when using lighting facilities does not mean to choose the adequate equipment but to focus on the needs of the client and the local where this equipment will be installed, it means that some requirements are needed to designed adequate control of the system.

In Chapter I, an analysis of the lamps uses, types and technical deficiencies was done, it was also analyzed the different methods to be used when lighting an internal or external area.

In Chapter II, it was determined the current scientific problem and its deficiencies which resulted in this research paper.

In Chapter III, it was given and explain a solution to the problem using the most economical solution; it was also given some recommendations to follow when using new lighting systems. These recommendations will help specialists since it proposes procedures which lead to the energy saving. With the following premises.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Tabla de Contenido

Introducción	5
CAPITULO I . Marco Teórico – Metodológico de la Investigación.	9
1.1. Introducción	9
1.2. Generalidades de la Iuminación	9
1.3. Sistema de Emergencia	11
1.4. Conclusiones	22
CAPITULO II. Características del Sistema de Iluminación	23
2.1. Introducción.	23
2.2. Caracterización del Sistema de Alumbrado que se utiliza en la actualidad.	23
2.3.. Características del Sistema de Iluminación instalado.	26
2.4.. Conclusiones	42
CAPITULO III. Eficiencia Energética en los Sistemas de Iluminación	43
3.1 Introducción.	43
3.2 Propuesta para mejorar Eficiencia Energética en los Sistemas de Iluminación.	43
3.3 Valoración Económica.	58
3.4. Conclusiones.	63
Conclusiones Generales	64
Recomendaciones	65
Bibliografía.....	66
Relación de Anexos.....	68

Autor: José Osmani Santos Herrera



Introducción

Desde hace ya un tiempo a ésta parte, el mundo se está viendo enfrentado a problemas energéticos, debido a el agotamiento de las reservas mundiales de petróleo, el cual es utilizado como fuente directa de energía (motores de vehículos u otros), o bien para que a través de él se generen otras energías (eléctrica por ejemplo), este fenómeno irreversible ha sido denominado como “Crisis Energética”. Las razones pueden ser muchas: aumento del consumo de energía eléctrica debido al constante crecimiento, tanto del sector residencial, como del sector industrial, quienes son los que demandan la mayor cantidad de energía, aumento del parque automotriz, agotamiento de recursos naturales como el agua dulce, junto con el ya mencionado petróleo. Frente a esta crisis ha surgido la necesidad de aprovechar de mejor forma los recursos energéticos disponibles, para esto se están diseñando dispositivos eléctricos y electrónicos de uso eficiente la energía, se han realizado campañas que permitan crear conciencia en los usuarios, etc.

Poco a poco se han ido tomando las medidas que apuntan a una mejor utilización de los recursos energéticos existentes, mediante la aplicación de políticas de eficiencia energética para equipos eléctricos, las cuales se irán masificando gradualmente hacia equipos que demanden más energía. En el mismo contexto anterior, las mejoras en los sistemas de iluminación, son otra forma de ahorro y eficiencia energética, ejemplo la utilización de la tecnología led que se está insertando en el mundo, dadas sus ventajas en la conversión y su bajo consumo de energía en corto plazo y gracias al desarrollo tecnológico se han transformado en una alternativa muy conveniente, tanto en el aspecto técnico como económico.

Una buena iluminación creará un entorno visual que hace posible que las personas vean, se muevan con seguridad y realicen tareas visuales con eficiencia, precisión y seguridad, sin provocar una fatiga visual y molestias indebidas. La iluminación puede ser natural, eléctrica o una combinación de ambas. Exige atención por igual a la cantidad y a la calidad.

Aunque es necesario proporcionar suficiente iluminancia sobre la tarea, en ambos

Autor: José Osmani Santos Herrera



casos la visibilidad depende de la forma en que se entrega la luz, de las características de color de la fuente de luz y de las superficies, conjuntamente con el nivel de deslumbramiento del sistema. En esta norma, se ha aprovechado la oportunidad para especificar para distintos puestos de trabajo y tipos de tareas no sólo la iluminancia, sino también el valor límite del deslumbramiento molesto y el índice mínimo de rendimiento de color de la fuente.

Hay también parámetros ergonómicos visuales, como la capacidad de percepción y características y atributos de la tarea, que determinan la calidad de las destrezas visuales del operador y, de aquí, los niveles de ejecución. En algunos casos, la mejoría de estos factores que influyen puede mejorar la ejecución sin que sea necesario incrementar la iluminancia. En el presente trabajo se pretende mejorar el sistema de iluminación del emplazamiento Fuel Oil de Felton, tratando que cada operación se realice con la mejor visibilidad posible y que sea un sistema completamente confiable.

Situación Problemática:

El sistema de alumbrado en el emplazamiento Fuel Oil de Felton consta de dos circuitos independientes, ambos de corriente alterna. Este sistema tiene dos grandes deficiencias, la primera está determinada por la distribución de los locales, muchos de ellos se le ha cambiado el objeto de trabajo para lo cual la iluminación fue seleccionada, otros no tienen el alcance que el rigor de las operaciones requiere; la segunda deficiencia del sistema es el no tener un sistema de alumbrado de emergencia que posibilite las operaciones en situaciones excepcionales como catástrofe climatológicas o fallas técnicas en las líneas de transmisión (110 kV). Es por ello la necesidad de modificaciones en dicho sistema de alumbrado.

Problema: El sistema de alumbrado del grupo Fuel – Oil de la ETE “Lidio Ramón Pérez”, Felton es ineficaz para las operaciones que se requieren, presenta deficiencias en su diseño.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Campo de acción

Sistemas de suministro eléctrico.

Objeto de estudio

Sistema de Alumbrado eléctrico en el Grupo Fuel – Oil de la ETE “Lidio Ramón Pérez”.

Objetivo general

Mejorar el sistema de alumbrado del grupo Fuel – Oil de la ETE “Lidio Ramón Pérez” de Felton para garantizar la calidad del servicio.

Objetivos específicos

1. Estudiar los fundamentos teóricos metodológicos que sustentan el estudio de los sistemas de alumbrados.
2. Caracterizar el estado actual del sistema de alumbrado del grupo Fuel Oil de la ETE “Lidio Ramón Pérez”.
3. Proponer diferentes mejoras en el sistema de alumbrado.
4. Valorar la efectividad del sistema propuesto

Hipótesis

Si se insertaran mejoras en el sistema alumbrado en el emplazamiento Fuel Oil de Felton se puede lograr una mejor iluminación en los locales según la actividad que se realice y existiría más confiabilidad en las operaciones para las situaciones excepcionales.

Tareas

1. Realización de una búsqueda bibliográfica.
2. Caracterización del Sistema de Alumbrado del objeto de estudio.
3. Realización de una propuesta que permita mejorar el sistema de alumbrado del grupo Fuel Oil.

Autor: José Osmani Santos Herrera



4. Valoración de la efectividad del sistema propuesto.
5. Valoración económica del proyecto

En el desarrollo de la investigación se aplican los siguientes **métodos científicos**:

Dentro de los **Teóricos**:

- Histórico - lógico: Para estudiar la historia del problema y su evolución a través del tiempo.
- Documental y bibliográfico para fundamentar históricamente el problema, sus antecedentes, cientificidad, novedad, justificación, así como la lógica objetiva de su evolución, etc.
- Análisis y síntesis: para analizar y sintetizar toda la información obtenida en el proceso de investigación.
- Entrevistas con especialistas para profundizar en el tratamiento del problema.

Empíricos:

- Matemático - estadístico
- Análisis porcentual

Resultados esperados de la investigación

Con la presente investigación se debe:

- Mejorar el sistema de iluminación de la instalación.
- Contar con un sistema de alumbrado de emergencia para casos excepcionales.

Autor: José Osmani Santos Herrera



CAPITULO I. Marco Teórico – Metodológico de la Investigación.

Introducción.

Base Teórica de la Investigación.

Conclusiones.

1.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es desarrollar el basamento teórico que se pretende exponer en el presente trabajo, a partir del planteamiento del problema existente, el cual mostrará la necesidad de la realización de dicho estudio y la perspectiva de los resultados para la futura aplicación de los mismos, pues se nos hace necesaria la búsqueda de nuevas variantes que contribuyan al mejoramiento de los sistemas de iluminación con el objetivo de elevar los índices de eficiencia de los mismos.

Generalidades de la 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.

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 luminarios o la potencia lumínica por luminario para proveer el aumento de nivel de iluminación.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Iluminación Suplementaria

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

Sistema de Iluminación o Alumbrado

Los sistemas de alumbrado se dividen en la forma siguiente:

Sistema Normal

Tiene como objetivo, proveer a los diferentes locales y zonas de una Central Hidroeléctrica, una iluminación suficiente para llevar a cabo satisfactoriamente todas las funciones y operaciones necesarias, con un mínimo de inconvenientes por lo que respecta al factor luz. En el caso de las zonas exteriores, dicho alumbrado sustituye durante la noche a la luz natural o la complementa en horas en que la luz natural no es suficiente.

Este sistema de alumbrado es de uso general, estando alimentado de un tablero independiente por área o nivel según sea el uso.

Sistema Esencial

Este sistema debe permitir la operación de la central sin dificultad, cuando falla el sistema normal.

La distribución y alimentación se hace acorde con el sistema normal, por tanto:

- a) Deben estar contenidos en tableros independientes a los otros sistemas, por áreas o niveles.
- b) El alumbrado debe llevarse por la misma canalización que use para el sistema de alumbrado normal.

Autor: José Osmani Santos Herrera



- c) Debe procurarse su localización en áreas prioritarias de maniobra y/o operación sin exceder el 30% del sistema normal.

1.3 Sistema de Emergencia

Debe instalarse iluminación de emergencia con objeto de permitir la fácil salida de personal de algunas de las instalaciones, en otro caso como en el cuarto de control debe facilitarse la operación de algunos equipos auxiliares.

- a) Este sistema será a base de lámparas Led.
- b) Se energizará este sistema automáticamente cuando haya pérdida de corriente alterna (CA).
- c) Este sistema, para puntos estratégicos, especialmente en las áreas de galerías deben de fijarse para no ser retiradas unidades de alumbrado que autocontengan banco de baterías individual con cargador del tipo de rectificador-banco de baterías.

Iluminación diurna

Debe considerarse la posibilidad de la iluminación diurna. Esta consideración debe hacerse en colaboración con el Arquitecto del Proyecto.

Iluminación exterior

Se refiere a la iluminación exterior general con fines de seguridad y protección, se controlarán mediante una combinación de celdas fotoeléctricas, relojes de tiempo y contactores, previendo un mecanismo para operación manual en caso necesario. Se instalarán los controles locales necesarios para la iluminación suplementaria en áreas de operación y/o mantenimiento.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Localización de luminarias

Es la selección de la localización de las luminarias y de los métodos de soporte deben considerarse cuidadosamente el mantenimiento y evitarse la interferencia con charolas, tuberías, conductos, etc.

MÉTODOS DE CÁLCULO

En general, todo proyecto de iluminación de la Central eléctrica en cuestión, se calcula por medio de tres métodos conocidos como:

- a) Método de lumen o del cálculo del flujo luminoso
- .b) Método de punto por punto.
- c) Método de lúmenes promedio para el cálculo de proyectores o reflectores.

A continuación se dará una breve descripción sobre cada método.

Método del Lumen o del Cálculo del Flujo Luminoso

Este método es utilizado para estimar el número de unidades de alumbrado, que producirán una iluminación determinada promedio en todos los puntos del área considerada en un salón o local; por lo que su aplicación se limita al cálculo de alumbrado de interiores. Cada uno de los factores que intervienen es este método deben ser valorados adecuadamente para la obtención de resultados más exactos.

Para utilizar este método en la resolución del diseño de alumbrado, deben tener en cuenta los siguientes puntos fundamentales.

Datos generales

- a) Dimensiones del local

Estos son datos físicos obtenidos de mediciones del local o de planos. Largo, Ancho y altura.

- b) Reflectancias

Autor: José Osmani Santos Herrera



La reflexión de una superficie es una medida de la cantidad de luz que se refleja de la superficie. Está expresada como un porcentaje de la cantidad total de luz que cae en la superficie, en general las superficies con colores claros, tendrán reflexiones mayores, que las superficies con acabados oscuros. La reflexión de una superficie puede ser medida por medio de un reflectómetro, o por comparación de colores de reflexiones conocidas con la superficie dada.

c) Nivel de iluminación

El nivel de iluminación, como ya se menciono anteriormente, es una de las exigencias básicas de una iluminación adecuada, es decir, se requiere un nivel de iluminación suficiente (número de luxes sobre el plano de trabajo), para facilitar una tarea visual y llevar a buen término de manera correcta, rápida, segura y fácil.

Datos de luminaria) Tipo Anotar descripción de la luminaria seleccionada: Tipo de lámpara (incandescente, Fluorescente, etc.) Tipo de alumbrado (directo, semidirecto, etc.) Tipo de montaje (empotrar, sobreponer, etc.) Tipo de difusor, etc.

b) Marca y número de catálogo.

(Datos del Fabricante).

c) Potencia

Seleccionar la potencia nominal de la lámpara en watts.

d) Lúmenes por luminaria (datos del Fabricante).

e) Altura de montaje sobre el plano de trabajo.

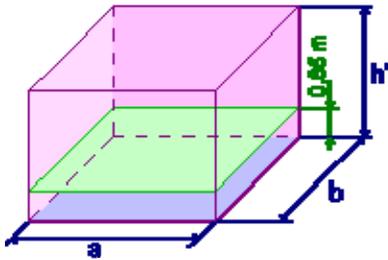
Método de los lúmenes

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

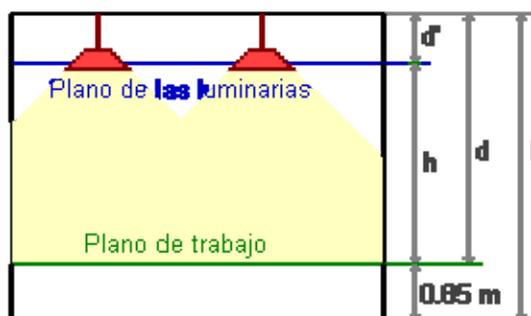
Autor: José Osmani Santos Herrera

Datos a tener en cuenta.

- Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.



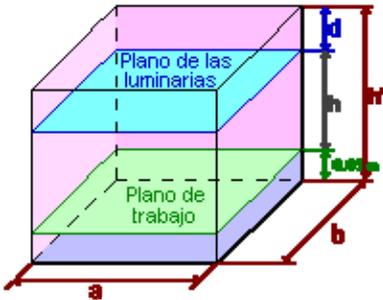
- Determinar el nivel de iluminancia media (E_m). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y podemos encontrarlos tabulados en las normas y recomendaciones que aparecen en la bibliografía.
- Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.
- Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.



- h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias
- h': altura del local
- d: altura del plano de trabajo al techo
- d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

- Calcular el **índice del local (k)** a partir de la geometría de este. En el caso del método europeo se calcula como:

	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2(h + 0.85) \cdot (a + b)}$



Donde **k** es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

- Determinar los **coeficientes de reflexión** de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla.

Tabla 1.2. Coeficientes de reflexión

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

En su defecto podemos tomar 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

- Determinar el **factor de utilización** (η, CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de

Autor: José Osmani Santos Herrera



los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario [interpolarse](#).

- Determinar el **factor de mantenimiento (f_m) o conservación** de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Cálculos

- Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula

$$\Phi_r = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} \quad (1.1)$$

Donde:

- Φ_r es el flujo luminoso total
 - E es la iluminancia media deseada
 - S es la superficie del plano de trabajo
 - η es el factor de utilización
 - f_m es el factor de mantenimiento
- Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi_r}{n \cdot \Phi_L} \quad \text{Redondeado por exceso} \quad (1.2)$$

Donde:

- N es el número de luminarias

Autor: José Osmani Santos Herrera

- Φ es el flujo luminoso total
- ϕ es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

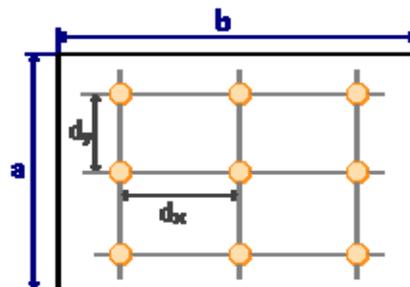
Emplazamiento de las luminarias

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuir las sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}} \times \text{ancho}}{\text{largo}}}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right)$$

donde N es el número de luminarias



La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de [apertura del haz de luz](#) y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Veámoslo mejor con un dibujo:

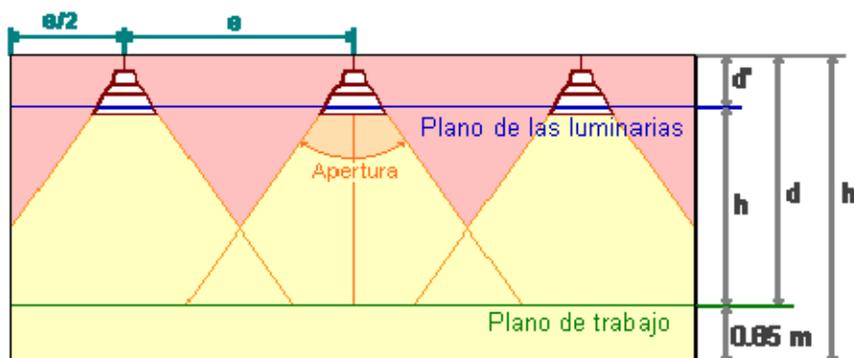


Figura 8: [Apertura del haz de luz](#)



Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de [iluminancia](#) que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

Tabla 1.3. Separación entre las luminarias

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	≤ 4 m	$e \leq 1.6 h$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas

Comprobación de los resultados

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot E_m}{S} \geq E_{tablas} \quad (1.3)$$

Autor: José Osmani Santos Herrera

Método del punto por punto

El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Pero, qué pasa si queremos conocer cómo es la distribución de la iluminación en instalaciones de [alumbrado general localizado](#) o [individual](#) donde la luz no se distribuye uniformemente o cómo es exactamente la distribución en el [alumbrado general](#). En estos casos emplearemos el método del punto por punto que nos permite conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos.

Consideraremos que la iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes: una componente **directa**, producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias, y otra **indirecta o reflejada** procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies del local.

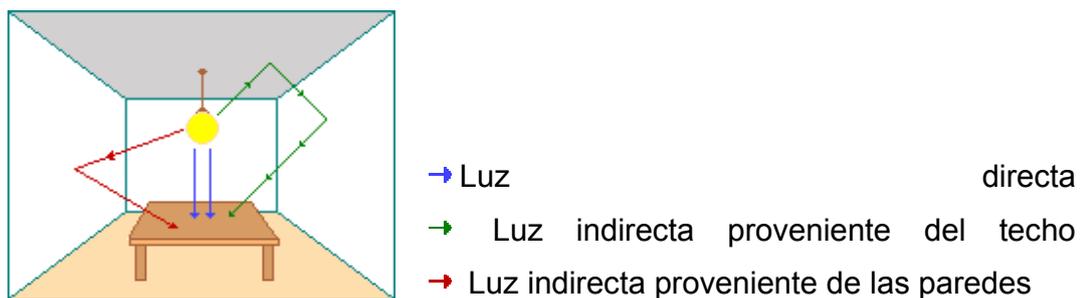
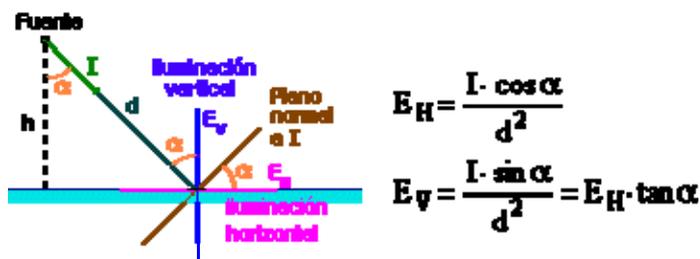


Figura 9: Distribución de la luz

En el ejemplo anterior podemos ver que sólo unos pocos rayos de luz serán perpendiculares al plano de trabajo mientras que el resto serán oblicuos. Esto quiere decir que de la luz incidente sobre un punto, sólo una parte servirá para iluminar el plano de trabajo y el resto iluminará el plano vertical a la dirección incidente en dicho punto.



Componentes de la iluminancia en un punto

En general, para hacernos una idea de la distribución de la iluminancia nos bastará con conocer los valores de la iluminancia sobre el plano de trabajo; es decir, la iluminancia horizontal. Sólo nos interesará conocer la iluminancia vertical en casos en que se necesite tener un buen modelado de la forma de los objetos (deportes de competición, escaparates, estudios de televisión y cine, retransmisiones deportivas...) o iluminar objetos en posición vertical (obras de arte, cuadros, esculturas, pizarras, fachadas...)

Para utilizar el método del punto por punto necesitamos conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos podemos empezar a calcular las iluminancias. Mientras más puntos calculemos más información tendremos sobre la distribución de la luz. Esto es particularmente importante si trazamos los [diagramas izo lux](#) de la instalación.

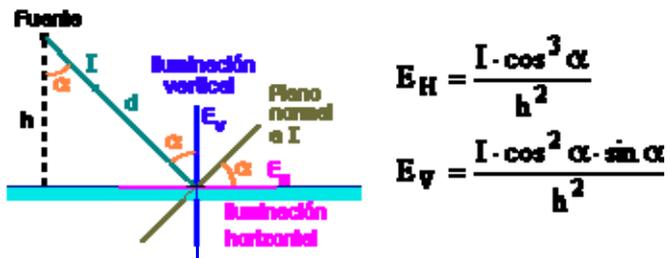
Como ya hemos mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación [directa](#) más la de la iluminación [indirecta](#). Por lo tanto:

$$E = E_{\text{directa}} + E_{\text{indirecta}} \quad (1.4)$$

Componente directa en un punto

- **Fuentes de luz puntuales.** Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Donde I es la [intensidad luminosa](#) de la lámpara en la dirección del punto que puede obtenerse de los [diagramas polares](#) de la luminaria o de la [matriz de intensidades](#) y h la altura del plano de trabajo a la lámpara.

En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$
$$E_v = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2} \quad (1.5)$$

1.4. Conclusiones

Durante el transcurso del presente capítulo se ha explicado de manera detallada todo lo relacionado con tipos de lámparas, sus características y los métodos de cálculos existentes, tanto en 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.



CAPITULO II. Características del sistema de iluminación

2.1 Introducción.

El presente capítulo tiene como objetivo básico caracterizar el sistema de alumbrado actual de los diferentes objeto de estudio, determinar las causas negativas. Este análisis partirá de las mediciones realizadas en las áreas de la instalación y a través de los cálculos se dejaran identificadas las deficiencias.

Para realizar un buen estudio es necesario conocer los tipos de fuentes de luz, especialmente sus características y su funcionamiento, esto nos ayudará a seleccionar el tipo de fuente para mejorar los niveles de iluminación y seleccionar las mejores fuentes de luz por su eficiencia energética.

2.2 Caracterización del Sistema de Alumbrado que se utiliza en la actualidad.

Tras la Segunda Guerra Mundial y hasta el inicio de los años setenta, la humanidad vivió un período que pudo calificarse como “Era de la Abundancia”. En ella los recursos se utilizaban como si fueran ilimitados, con la crisis del petróleo, en 1973, llegó la “Era de la Conservación”. Tras una década de recuperación, la de los ochenta, la sociedad ha evolucionado comprendiendo el desafío que nos espera en el próximo milenio. Nace la “Conciencia Ecológica”. A continuación se muestra como han venido desarrollándose los componentes que conforman los sistemas de alumbrado desde el pasado siglo hasta la actualidad.

- 1972** Osram presenta la lámpara halógena de baja tensión.

- 1973** M. Koedam, J.J. Opstelten y William A. Thornton (Philips). Presentan la lámpara fluorescente de tres bandas. Se logró un 50% de aumento de rendimiento luminoso de la lámpara, sin pérdidas en la calidad de color.

- 1978** Aparece en plaza el balasto electromagnético de doble nivel de potencia. Se obtienen ahorros de energía entre un 37 y 42%.

Autor: José Osmani Santos Herrera



- 1980** Se comercializan las primeras lámparas fluorescentes compactas con balasto electromagnético.
- 1982** Con el desarrollo de la electrónica de potencia, aparecen en el mercado los balastos electrónicos de HF para lámparas fluorescentes lineales.
- 1985** El mercado de la iluminación acepta las primeras lámparas fluorescentes compactas con balasto electrónico, tecnología de vanguardia en ahorro de energía. Se han desarrollado para distintos tipos y modelos de lámparas.
- 1986** Osram produce lámparas compactas de halogenuros metálicos.
- 1987** Se implementan los sistemas de alimentación electrónica para lámparas halógenas a baja tensión y para lámparas de halogenuros.
- 1988** Osram lanza la lámpara incandescente halógena dicroica de 35 mm). Introduce el facetado de los reflectores metálicos en las lámparas reflectoras.
- 1990** La compañía norteamericana Fusión Lighting inventa la lámpara de azufre, el primer prototipo se comercializa por vez primera en 1994.
- 1990** Philips patentiza la lámpara de inducción con encendido electrónico en alta frecuencia.
- 1994** General Electric diseña una lámpara de inducción donde se compacta todo el sistema electrónico en su interior.
- 2000** Iluminación con LED.

Tendencias Futuras

- Incremento y diversificación de lámparas de descarga en potencias reducidas, en las distintas familias de ellas.
- Encontrar nuevas formas de conservación de los acabados de luminarias contra la agresión del medio ambiente.
- Perfeccionamiento de la electrónica de potencia para su implementación en equipos de alimentación y sistemas de regulación y control de iluminación.

Autor: José Osmani Santos Herrera



- Implementar los últimos avances de la computación en el diseño de los sistemas automatizados de iluminación y el control de la energía. Utilización de la línea de energía como línea de órdenes interactiva (NEURO-CHIPS).

En la actualidad podemos señalar que las lámparas usadas en los sistemas no difieren mucho de las empleadas hace 1 o 2 décadas atrás, por lo general son lámparas de alta intensidad de descarga (sodio) que varían en dependencia del área a iluminar. No sucede lo mismo con las luminarias y los elementos auxiliares que permiten un correcto funcionamiento de las lámparas. Debido a la necesidad de obtener luminarias más competentes surgen así las luminarias híbridas, las cuales están diseñadas para trabajar con varios tipos de lámparas. También los soportes se han desarrollado mucho y con el uso de nuevos materiales como las (fibras de vidrio) cada año tienden a ser más ligeros y resistentes a las agresiones del medio ambiente.

Conocimientos básicos sobre la última tecnología en alumbrado: SSL O LED's

El término SSL (Solid State Lighting) hace referencia al hecho de que la luz en un LED es emitida por un objeto sólido, en lugar de un gas como es el caso de los tubos fluorescentes o lámparas de descarga de alta intensidad.

¿Qué es un LED?

LED viene de las 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 color 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 más significativo en el campo de la iluminación desde la invención de la luz eléctrica hace más de un siglo. Con una libertad

Autor: José Osmani Santos Herrera

de diseño sin precedentes en cuanto a color, dinamismo miniaturización, integración arquitectónica y eficiencia energética, las posibilidades que se abren eran hasta ahora inimaginables.

2.3. Características del sistema de alumbrado instalado.

Panel principal de alumbrado

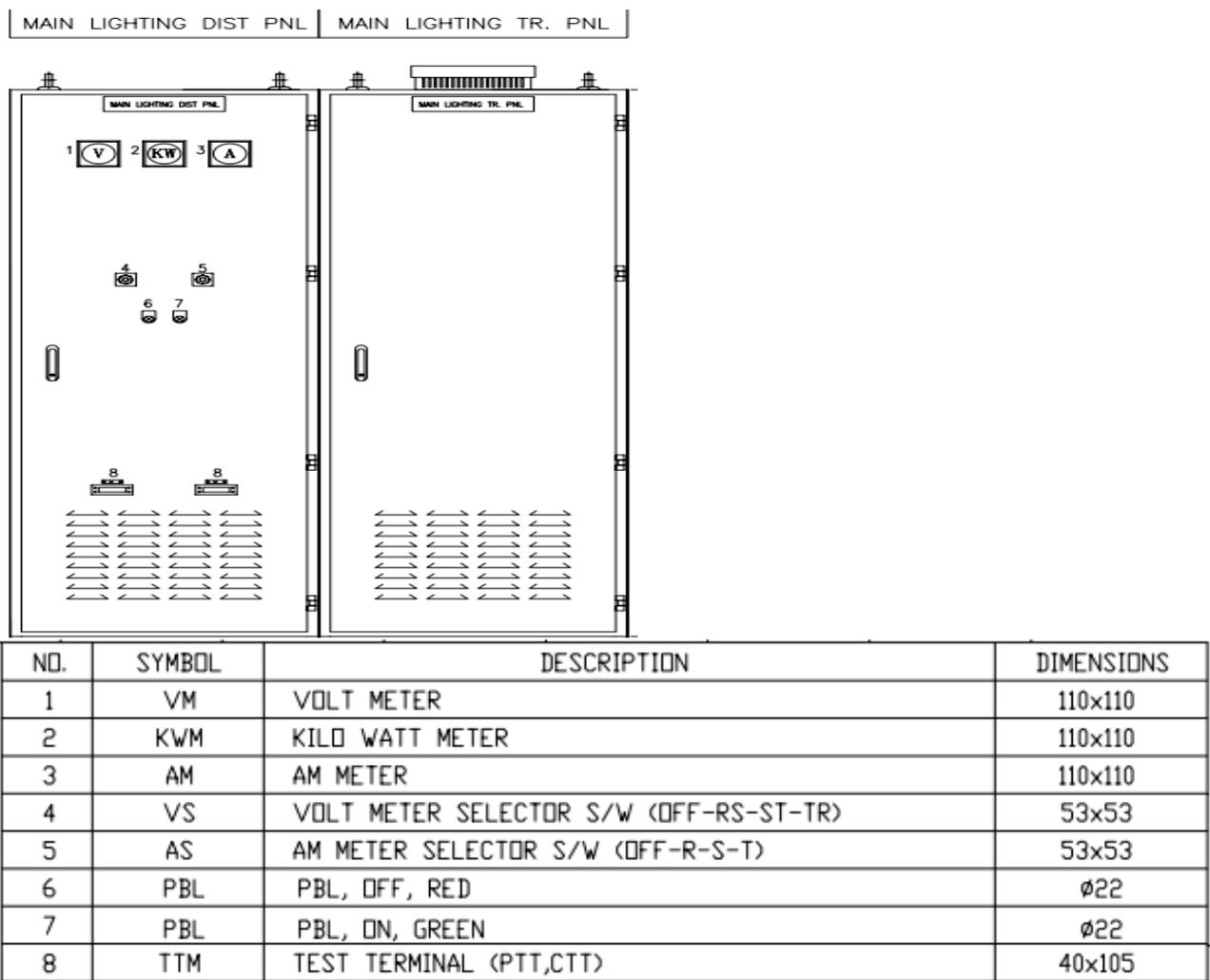


Figura 2.1 Panel Principal de Alumbrado



2.1 Tabla de componentes

Panel distribución	Panel transformadores	Cantidad	Designado	Especificación	Tipo	Marca
1		1	MCCB (52)	Breaker 3P, 225 AF/225 AT,25 KVA	HIBH-203	HYUNDAI
8		8	MCCB (52)	Breaker 3P, 100 AF/50 AT,25 KVA	HIBH-103	HYUNDAI
12		12	MCCB (52)	Breaker 3P 63AF/50A	C60N	MERLIN GERIN
2		2	MCCB (52)	Breaker 2P 63AF/3A	C60N	MERLIN GERIN
2		2	PT	Transformador potencial 480/110V/100VA 1,0cl	LL23	KYONG 80
3		3	CT	Transformador Corriente 1150V 200/5A 1,0cl 15VA	US-2	KYONG 80
1		1	V-M	Voltímetro, AC 0-600V 1,5cl 110*110mn	WA-V2	KYONG 80
1		1	A-M	Amperímetro 0-200A 1,5cl110*110mn	WA-V2	KYONG 80
1		1	Kw-M	Watímetro 3P, 3/N, AC 110V, 60Hz, 15cl 110*110mn0-600V,200/5A	WA-TW3	KYONG 80
1		1	VS	Voltímetro 3P3W, OFF-RS-ST-TR	YSZ4210-54MRB	YONG SUNG
1		1	AS	Amperímetro 3P3W,OF-R-S-T	YSZ4307-54MRB	YONG SUNG
1		1	PTT	Terminal de prueba potencial 3P 4W	YSTT-04S	YONG SUNG
1		1	CTT	Terminal de prueba Corriente 3P 4W	YSTT-04S	YONG SUNG
	1	1	CTR	Transformador de control trifásico AC 480V/208-120V 10KVA, Dyn11	LTO-310	KOC
	1	1	CTR	Transformador de control trifásico AC 480/400-230V 100KVA, Dyn11	LTO-3100	KOC
1		1	MC(88)	Contacto magnético AC 220V 60Hz, 1NO+1NC, AC-1, 125A	LC1D80	Telemecanique
1		1	PBL	Interruptor de panel AC	X85-	Telemecanique

Autor: José Osmani Santos Herrera



				220V, 22 GREEN (RUN)	AW33MS	e
1		1	PBL	Interruptor de panel AC 220V, 22 RED (STOP)	X85-AW33MS	Telemecanique
1	1	2	MCB	Breaker circuito 2P, 50 AF/10AT(FOR AC&DC control)	HBD-52	HYUNDAI
2	2	4	LS	Limite del interruptor 1NO+1NC	YSR1215GW-B	YOUNG SUNG
2	2	4	FL	Lámpara fluorescente AC 220V, 20W, 60Hz	DCFL-320	DAECHANG
1	2	3	TH	Termostato 0-90°C, INC, AC 220V	RTL-90	RUN ELEC
1	1	2	SH	Resistencia calentamiento AC 220V, 150W	CYSH-150	CHOYANG
	1	1	FAN	Ventilador enfriamiento AC 220V,150,60Hz	SJ1725HA2	SUNTRONIX

La barra MCC Común, 480 V, 60Hz, 3 phase es alimentadora del sistema de alumbrado de la instalación, la misma cuenta con:

1. MCC-B1 - Breaker Principal Datos técnicos. 3P, 60HZ, HiBH-203, 250AF/250AT
2. MCCB-M - Breaker Principal de distribución (3P, 60HZ, HiBH-203, 225AF/225AT.
, alimentador de:
 - TR1, Transformador que alimenta circuito de alumbrado fuerza 100kVA 480V/400V-230V, Dyn11.
 - TR2, Transformador que alimenta tomacorrientes 10kVA 480V/208V-120V, Dyn11.

2.3.1 Características del esquema alimentado por el Transformador TR1

En la figura 2.2 se muestra una ramificación de la alimentación del TR1, este transformador es el principal que alimenta dos circuitos, cada uno de estos alimenta 6 y 8 cajas distribuidoras respectivamente.

Autor: José Osmani Santos Herrera

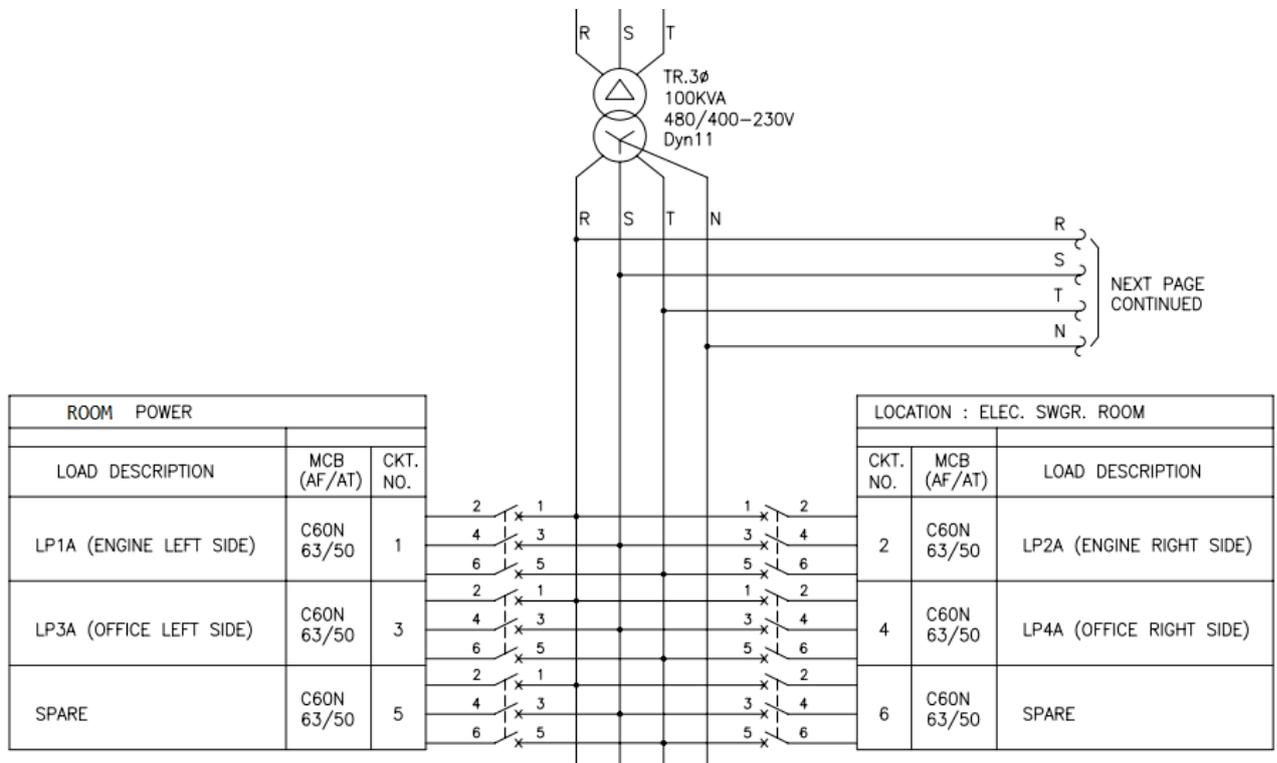


Figura 2.2 Alimentación desde el transformador TR1 Circuito 1

Autor: José Osmani Santos Herrera

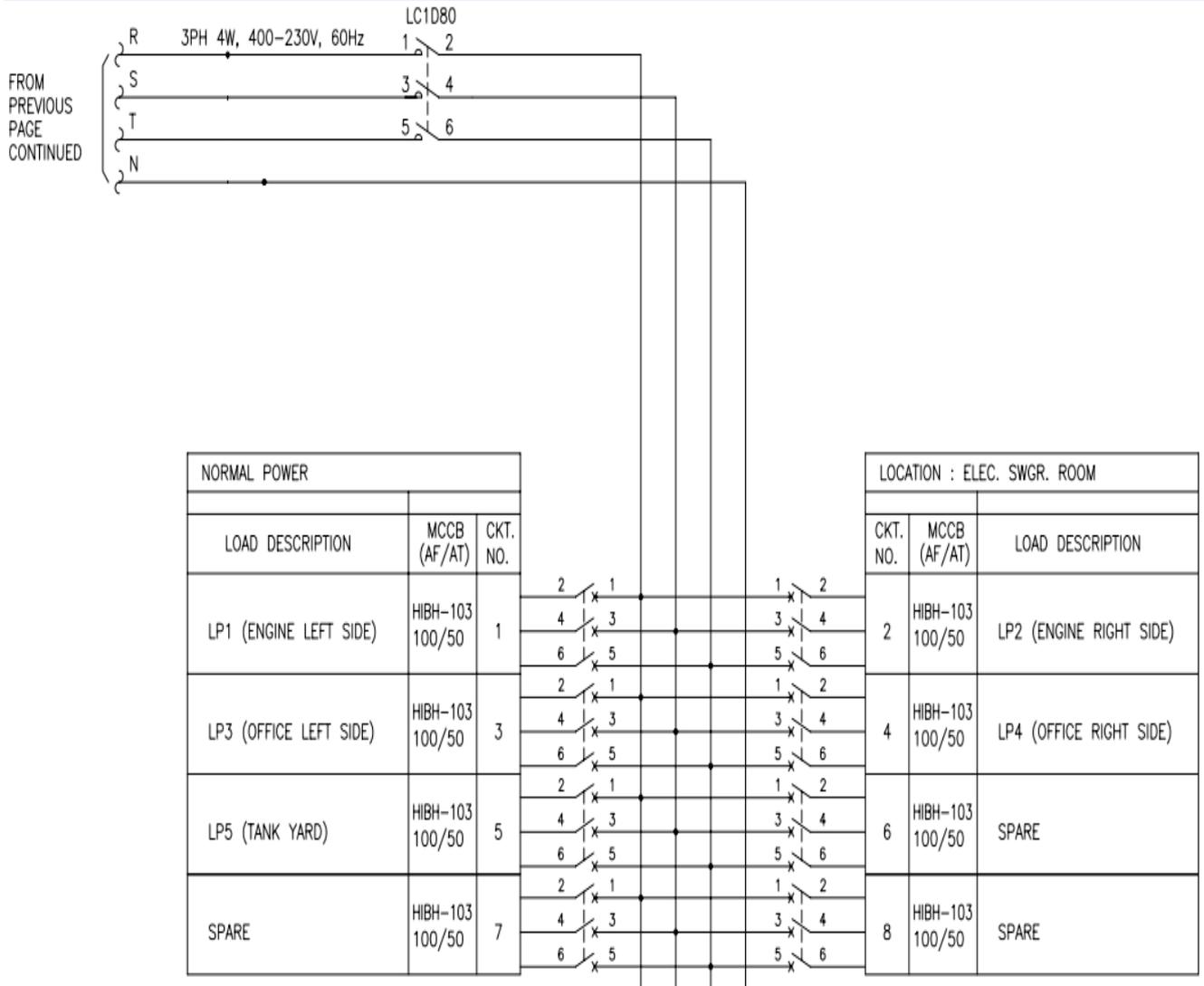


Figura 2.3 Alimentación desde el transformador TR1 circuito2

2.3.1.1 Descripción de las cargas

LP1 caja distribuidora ubicada en el lado derecho de la sala de motores, breaker distribuidor tipo HiB-103 .

LP2 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo HiB-103 .

Autor: José Osmani Santos Herrera



Felton.

- LP3 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo HiB-103 .
- LP4 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo HiB-103 .
- LP5 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo HiB-103 .
- Spare, breaker distribuidor tipo HiB-103, tres breaker de reserva
- LP1 A caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3p,C60N .
- LP2 A caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3p,C60N
- LP3 A caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3p,C60N
- LP4 A caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3p,C60N.
- Spare breaker distribuidor tipo 3p,C60N, dos breaker de reserva

Tabla 2.2 Componentes locales

LP1	LP2	LP1A	LP2A	LP3	LP4	LP3A	LP4A	LP5	Cantidad	Designado	Especificación	Tipo	Marca
1	1			1	1			1	5	MCCB (52)	Breaker circuito 4P, 100AF/50AT, 25KA	HIBH-104	HYUNDAI
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	MCCB (52)	Breaker circuito 4P, 100AF/50AT, 14KA	HIBH-54	HYUNDAI
4	4								8	MCCB (52)	Breaker circuito MINIATURA 2P,63AF/32A	C60N	MERIN GERIN
14	14	6	6	20	20	6	6	7	99	MCCB (52)	Breaker circuito MINIATURA 2P,63AF/20A	C60N	MERIN GERIN
								5	5	MCCB (52)	Breaker circuito MINIATURA 2P,63AF/10A	C60N	MERIN GERIN

2.3.1 Características del sistema alimentado por el transformador TR2

Este sistema alimenta principalmente a los tomacorrientes y otros que se mantienen en reserva, es decir casi está en desuso o trabajando en vacío.

Autor: José Osmani Santos Herrera

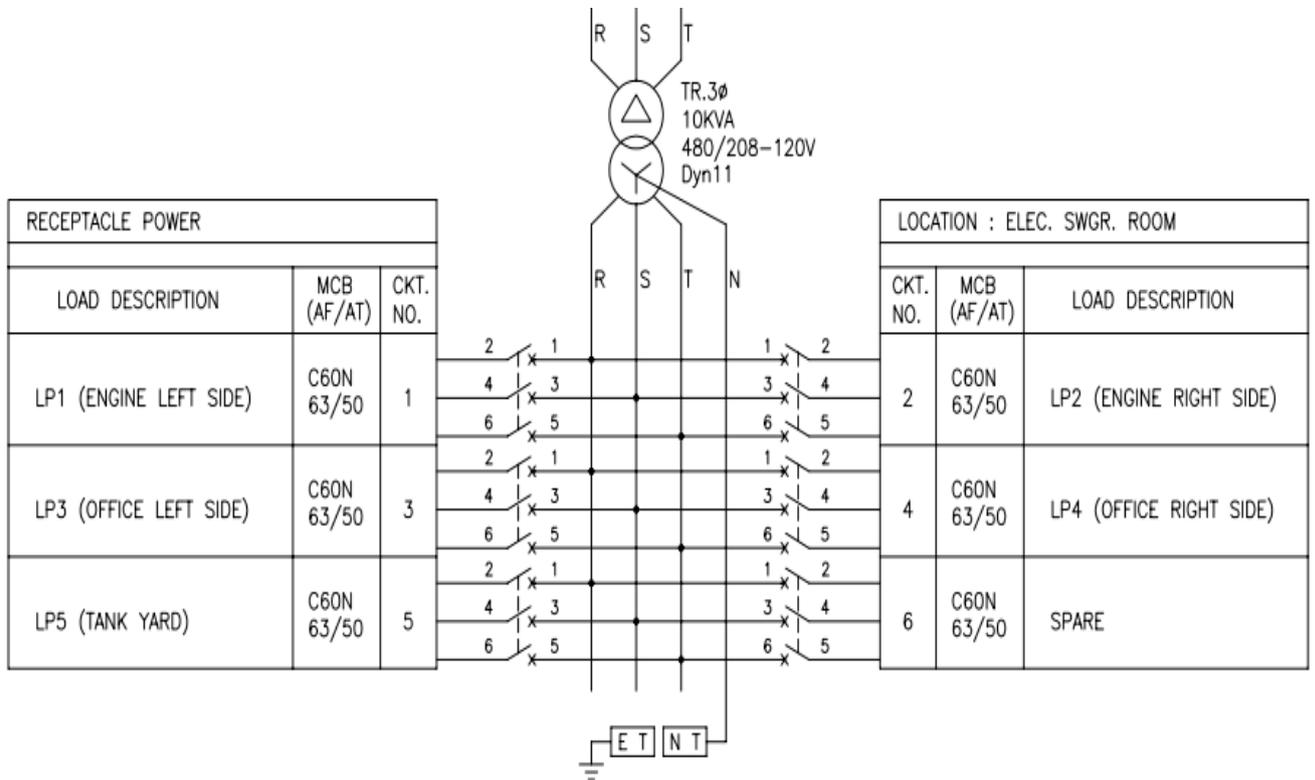


Figura 2.4 Alimentación desde TR2

LP1 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3P,C60N .

LP2 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3P,C60N.

LP3 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3P,C60N.

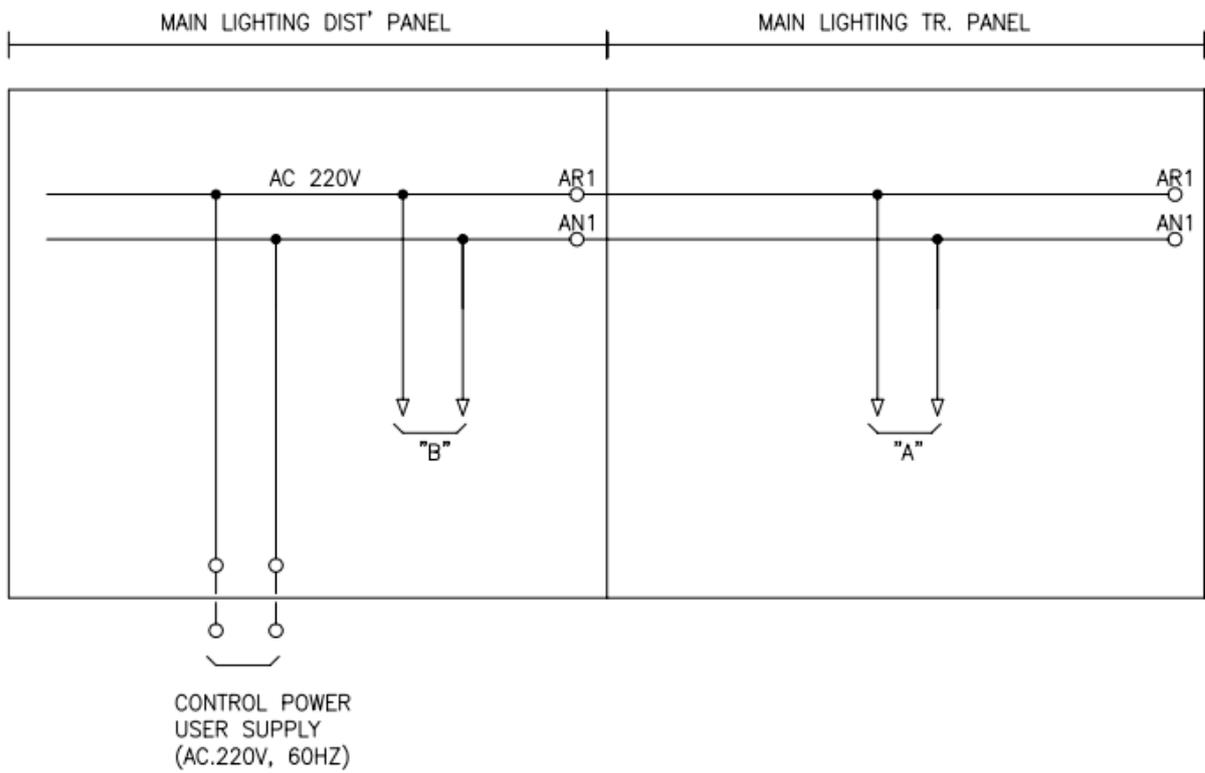
LP4 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3P,C60N.

LP5 caja distribuidora, breaker distribuidor tipo 3P,C60N

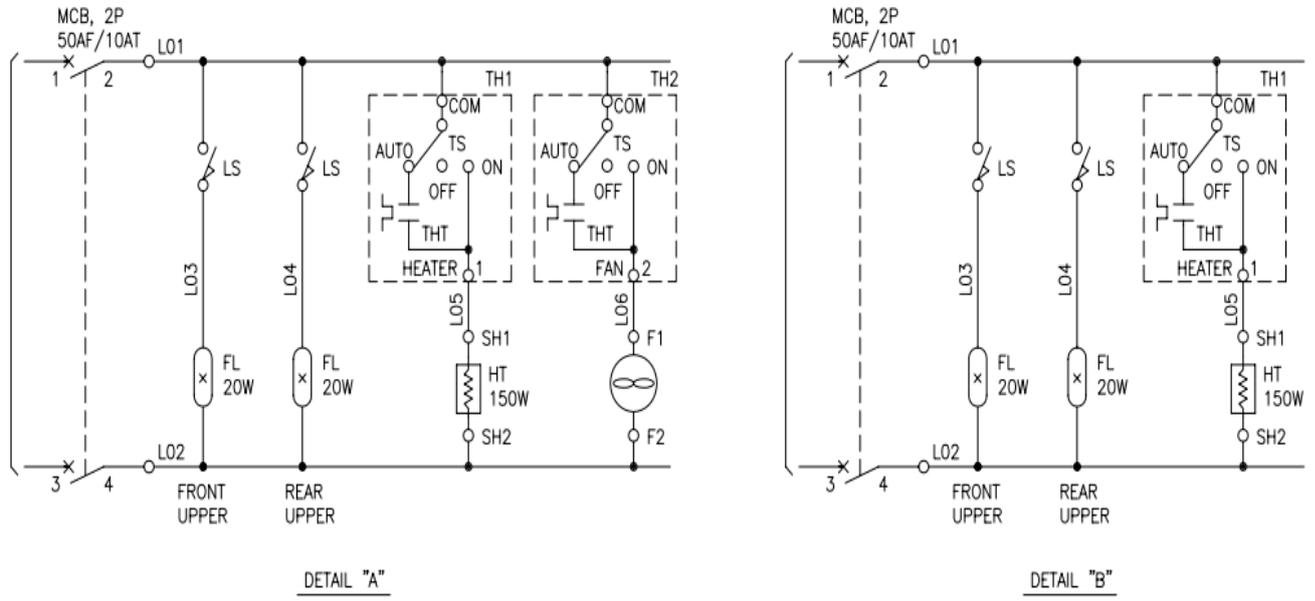
Spare breaker distribuidor tipo 3P,C60N, de reserva.

Autor: José Osmani Santos Herrera

2.3.3 Control del panel Principal



a) Circuito de control general



b) Circuito de control para el panel de distribución

c) Circuito de control panel TR 1 y 2.

Figura 2.5 Circuito de control en el panel de alumbrado

2.4 Características reales de la carga

Sistema de Iluminación

El circuito de alumbrado fue diseñado en los primeros tiempos con una excelente eficiencia en cuanto a niveles de iluminación, el paso del tiempo ha conllevado que el sistema no sea el adecuado provocando déficit de iluminación necesario para la realización de las operaciones.

Características del sistema de alumbrado instalado



Tabla 2.3. Carga instalada

Local	Dimensiones			luminaria 32 W	Luminaria 500w
	Largo	Ancho	Altura		
Sala de control	13.80	8.80	2.80	26	
ETU 1 y 2	34.80	9.60	3.50	33	
ETU 3	18.0	9.60	3.50	18	
Arranque en Negro	9.60	4.0	3.50	3	
Baño operadores mujeres	1.52	3.14	3.50	1	
Baño operadores hombres	2.67	4.02	3.50	2	
Cuarto de vestuario	27.33	28.33	3.50	9	
Pasillos	9.60	1.50	3.50	2	
Cuarto de Baterías	9.60	4.16	3.50	4	
Contenedor TQA	6.0	2.50	2.30	2	
Contenedor Caldera	6.0	2.50	2.30	2	
Caseta Operador de caldera	2.50	2.50	2.30	1	
Caseta Operador de combustible	2.50	2.50	2.30	1	
Casa Bomba de Fuel	7.10	6.10	4.0	4	
Casa Bomba de diesel	7.25	4.90	3.50	4	
Sala de motores	120.0	11.0	16.0	18	55
Anexo mecánico	120.0	6.0	3.40	84	
Oficina del Dtor	5.45	4.40	2.67	3	
Oficina del J'Explotación	4.30	4.30	2.67	3	
Oficina del J'Mantenimiento	4.30	4.30	2.67	3	
Oficina del grupo explotación	4.30	4.30	2.67	3	
Oficina del Esp. eléctrico	4.30	4.30	2.67	3	
Oficina del Esp. Automático	4.30	4.30	2.67	3	
Oficina de planificación	4.30	4.30	2.67	3	
Oficina de secretaria	4.27	2.51	2.67	2	
Pasillo central	18.0	1.16	2.67	4	
Pantry	4.20	1.63	2.67	1	
Recepción	6.70	4.30	2.67	3	
Baño hombres admon	2.90	2.02	2.67	1	
Baño mujeres admon	2.90	2.02	2.67	1	
Iluminación exterior					29
total				247	84

Autor: José Osmani Santos Herrera



La potencia instalada por concepto de alumbrado es de 60 kW/h, este valor se puede reducir teniendo en cuenta la utilización de sensores de presencia en algunos locales, para ello es necesario una elección de este dispositivo así como los locales a instalarlos.





Figura 2.6 Estado actual del sistema de alumbrado.

Las empresas deben tener en cuenta la importancia que la iluminación tiene en los procesos productivos, una mala iluminación deteriora el desenvolvimiento del elemento humano, provoca incomodidades y molestias que pueden causar desde errores hasta accidentes o enfermedades.

Una iluminación adecuada a las necesidades de la actividad que se realiza mantiene un ambiente en el cual se desarrollan las labores de manera óptima logrando una buena eficiencia por parte de los operarios.

A continuación se mostrarán las simulaciones realizadas.

Las mismas se realizaron con software profesional TROLL LITESTAR 7.00 de iluminación los cuales permiten obtener los resultados más fiables, teniendo en cuenta la situación actual del sistema se simulo su estado real.

Autor: José Osmani Santos Herrera

Simulación ETU 3

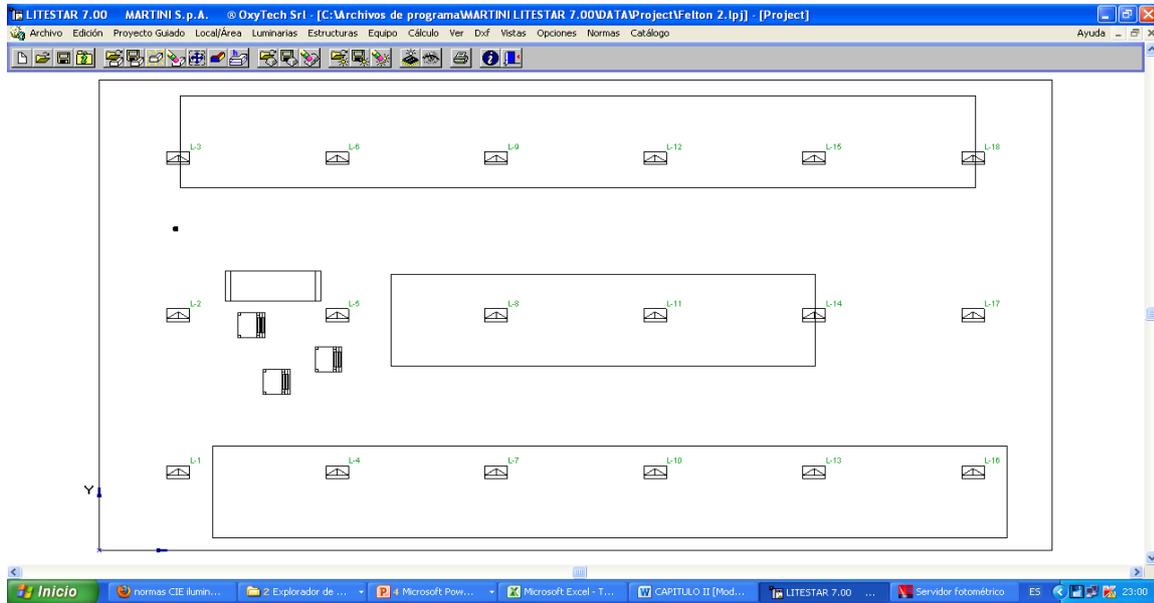


Figura 2.7 Estado actual de la iluminación en el local.



Figura 2.8 Vista superior de la ubicación de las luminarias.

Autor: José Osmani Santos Herrera

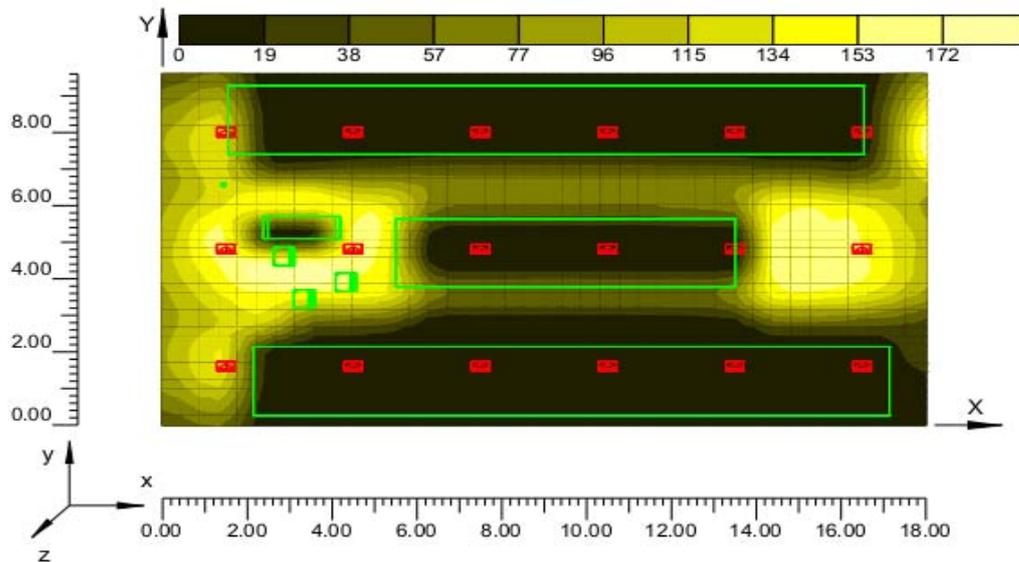


Figura 2.9 Representación de la distribución de la luz

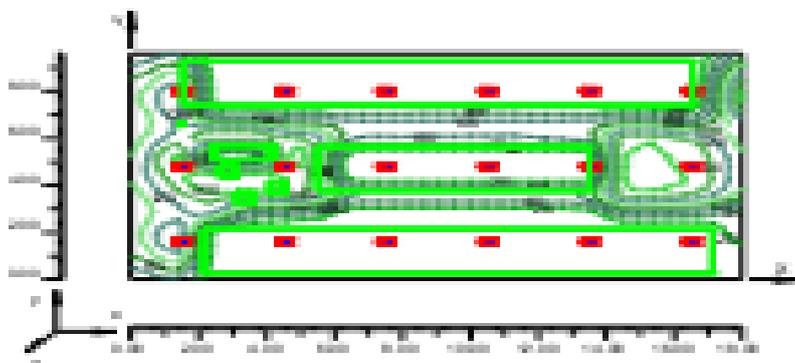
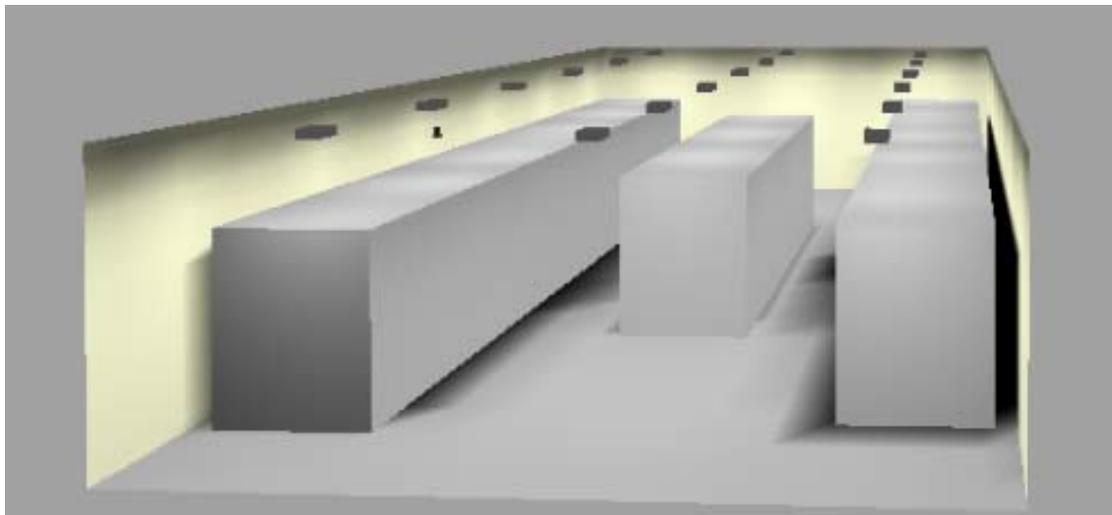


Figura 2.10 Proyección de los puntos de luz.

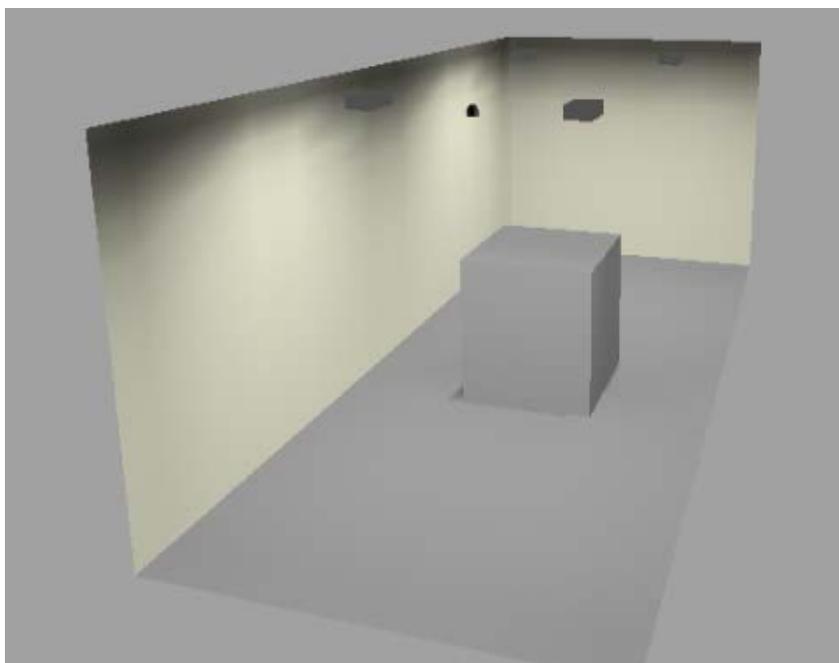
Autor: José Osmani Santos Herrera



Simulación de diferentes áreas



a) Local ETU 3



b) Local Cuarto de Batería

Figura 2.11 Simulaciones en locales

Autor: José Osmani Santos Herrera



Principales problemas que afectan la eficiencia del sistema de alumbrado actual.

Con el levantamiento realizado en los sistemas de iluminación de las instalaciones estudiadas y como se mostró en las simulaciones anteriores las mayores dificultades del mismo son:

1. No se realiza el mantenimiento requerido a las luminarias.
2. La altura en algunos casos no se corresponde con su flujo luminoso.
3. Existencia de lámparas rotas.
4. El uso de diferentes tipos de lámparas y luminarias para una misma instalación.
5. Utilización de lámparas de vapor de sodio de luz amarilla que ocasionan molestia y cansancio visual.
6. Luminarias ubicada con ángulo de 90 grado.
7. No existe equipamiento para el ahorro de energía.
8. Exceso de iluminación que supera la normas en locales como la Sala de Control.
9. No existe un sistema de iluminación de emergencia.



2.4 Conclusiones

En este capítulo se caracterizó el sistema de alumbrado, lo que permitió conocer los bajos niveles de iluminación existentes, debido a la deficiente distribución de las lámparas, mostrando la ineficiencia del sistema de iluminación instalado. Encaminado nuestro estudio al mejoramiento del mismo.

Autor: José Osmani Santos Herrera



CAPITULO III. Eficiencia Energética en los Sistemas de Iluminación

3.1 Introducción.

En este capítulo se propondrá solucionar el problema existente en el sistema de alumbrado tomando la variante más económica y factible. Se realizarán todos los cálculos en cuanto a valoración económica del trabajo a realizar para efectuar dichas mejoras en la iluminación.

3.2 Propuesta para mejorar eficiencia energética en los Sistemas de Iluminación.

La industria del alumbrado está en constante cambio, por la incorporación continua de nuevas normativas, se presta mayor atención al medioambiente y se desarrollan nuevos productos diseñados para ahorrar energía. Todos estos productos se diseñan pensando en sus clientes y en los usuarios finales. Pero antes de que esta innovación pueda ponerse en práctica, los profesionales del alumbrado, deben explicar a sus clientes cómo y porqué les beneficiará esta innovación, y cuánto dinero ganarán y ahorrarán.

Descripción de nuevos Equipos de Iluminación.

Para el ahorro de energía en los sistemas de iluminación no basta con la instalación de equipos de alta eficiencia, se debe complementar con equipos de control automático, por ejemplo sensores de presencia, timers o tableros de control, con los que se puede obtener hasta un 30% de ahorro en el consumo de energía.

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

Autor: José Osmani Santos Herrera



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.

El D3200 tiene 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.



Figura 3.1 Controlador de iluminación

Características del D3200.

- Capaz de atenuar seis cargas internas dadas.
- Maneja incandescente, magnético bajo voltaje.
- Maneja 32 escenas.

Autor: José Osmani Santos Herrera

Relojes (Timers). La forma más fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. Su aplicación más sencilla es la de encender las luces a una hora determinada y la de apagarlas a otra, como en sistemas de iluminación para exteriores. Existen unidades más complejas que permiten una programación para los 365 días del año y con ajustes para cada estación.

Relojes que operan eléctricamente y accionan el interruptor mecánicamente. Este tipo de dispositivos mecánicos se encuentran en versiones de 24 horas y de 7 días, algunos otros tienen ajustes astronómicos para compensar las variaciones en la duración del día y la noche de acuerdo a la estación del año.

Relojes electrónicos que utilizan circuitos integrados, de bajo costo, alta precisión, que incorporan funciones como calendarios y ajustes astronómicos para 365 días. Este tipo de dispositivos controlan la energía de los circuitos por medio de relevadores. Algunos tienen la posibilidad de manejar dos o más relevadores con diferentes horarios, por lo general, tienen una batería de respaldo por si falla el suministro de energía eléctrica.

3.2.1 Sensores de Presencia.

Este tipo de dispositivos 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.

Los modelos más eficientes requieren que el usuario encienda las luces en el área controlada, mientras que la función de apagado es automática.

Este tipo de controles proporcionan un ahorro potencial entre el 25 y 50% y funcionan con alguna de las tres técnicas explicadas a continuación.

Detector PIR (pasivo infrarrojo): Los detectores PIR reaccionan sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Estos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor. Con objeto de lograr total confiabilidad, algunas marcas integran además, un filtro especial de luz que elimina toda posibilidad de falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares), así como circuitos especiales que dan mayor inmunidad a ondas de radio frecuencia.



Figura 3.2 Detector PIR.

Detector ultrasónico: Son sensores de movimiento que utilizan el principio Doppler. Dado que la cobertura ultrasónica puede "ver" a través de puertas y divisiones, es necesario darle una ubicación adecuada para evitar así, posibles detecciones fuera de la zona deseada. Las áreas con alfombra gruesa y materiales antiacústicos absorben el sonido y pueden reducir la cobertura. La eficiencia del sensor también puede verse alterada por el flujo excesivo de aire (provocado por aires acondicionados, ventiladores, calefacción, etc.)



Figura 3.3 Detector dual.

Autor: José Osmani Santos Herrera

Detector dual. La tecnología Dual combina las tecnologías PIR y Ultrasónica, proporcionando así el control de iluminación en áreas donde sensores de una sola tecnología pudieran presentar deficiencias en la detección, dicha combinación permite que el sensor aproveche las mejores características de ambas tecnologías, ofreciendo así mayor sensibilidad y exactitud de operación.



Figura 3.4 Detector dual PIR.

Los sensores de presencia se colocan generalmente en los siguientes lugares:

- *Techo;* para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencia. Los sensores omnidireccionales (o para centro) son utilizados en espacios rectangulares, tales como oficinas y salones de clases. Los sensores unidireccionales (o para esquina o pared) se utilizan en grandes oficinas o salas de juntas. Los bidireccionales se utilizan en corredores, bibliotecas e iglesias.



Figura3.5 Sensor de presencia para techos.

Pared. Este tipo de sensores sustituyen directamente a interruptores de pared (retrofit) y los mejores incluyen un interruptor manual. Algunos se diseñan con un sensor fotoeléctrico incorporado, lo cual evita que las luces se enciendan cuando existe

Autor: José Osmani Santos Herrera

aportación de luz natural suficiente; sin embargo, no detectan el nivel de iluminación en el plano de trabajo.



Figura 3.6 Sensor de presencia de pared.

En general, los sensores de presencia son efectivos cuando se aplican en oficinas privadas, salones de clase, ciertas áreas de los aeropuertos y en todos aquellos lugares con visitas esporádicas y que no requieren de una iluminación constante.

Criterios de instalación.

- En general, se recomienda considerar los siguientes aspectos para cualquier proyecto en el que considere instalar sensores de presencia:
- Ciclos frecuentes de encendido-apagado, especialmente en sistemas fluorescentes.
- Tiempo que opera el sistema de iluminación innecesariamente.
- Forma y dimensiones del área a controlar.
- Presencia de barreras u obstáculos.
- Ubicación del sensor.
- Tipo de sensor (PIR, ultrasónico).
- Ajuste de sensibilidad y tiempo.
- Mantenimiento (reemplazo de lámparas).

Fotosensores.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Estos dispositivos 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).

Integración de las Estrategias de Control.

En edificios que tengan patrones de actividad diferentes para cada área, se recomienda el uso de controles en zonas reducidas. En oficinas pequeñas los ahorros son mayores, ya que ahí trabajan menos personas y existe una mayor probabilidad de que se utilice la iluminación por un tiempo menor; las oficinas pequeñas presentan la ventaja de determinar sus necesidades de iluminación más fácilmente que las grandes, lo que las hace más adaptables a los controles.

Las estrategias que involucran controles manuales están diseñadas para asegurarse de que los ocupantes realmente los utilicen, para lo cual se siguen las siguientes reglas, que aunque sencillas son de gran importancia:

- Los controles deberán estar ubicados en lugares accesibles, y deberán ser de fácil operación.
- La cantidad de controles deberá ser la menor posible, ya que el ocupante no los usará si existen demasiadas alternativas que lo confundan.

Los dimmers accesibles al usuario son otra oportunidad para el ahorro, pero este depende de la facilidad de uso de los dispositivos.

Autor: José Osmani Santos Herrera

Uso de la Luz Natural. Las estrategias para el aprovechamiento de la luz natural controlan las fuentes artificiales, reduciendo la potencia de estas a medida que la luz natural aumenta, e incrementándola cuando la aportación natural disminuye.

Existen tres estrategias principales que utilizan luz natural como medio de ahorro de energía:

- Utilizar dimmers continuos para grandes áreas, donde una fotocelda sensa la aportación natural de luz y manda una señal a la unidad central con lo que se trata de mantener un nivel mínimo necesario. Esta estrategia utiliza dimmers especiales, diseñados para balastos de lámparas fluorescentes estándares, con lo que se obtiene un rango de operación de 15 a 100%.
- Utilizar dimmers individuales para áreas reducidas, o utilizando un banco de balastos electrónicos dimmeables controlados por una fotocelda. El funcionamiento de esta estrategia es similar a la anterior, aunque los ahorros son mayores debido a las dimensiones del área controlada.
- Utilizando controles manuales o separación de circuitos, donde por ejemplo, se manejan las lámparas o luminarios cercanos a las ventanas de forma independiente. También se recomienda el uso de balastos multinivel. Esta estrategia requiere de un ajuste especial en la fotocelda para evitar ciclos de encendido y apagado repetitivos, que pueden provocar la distracción del personal. A pesar de los problemas potenciales que encierra esta estrategia, es la más útil, debido a su bajo costo.

Evaluando esta tecnología que en nuestro país no está generalizado proponemos para nuestro nuevo sistema de iluminación:

- Detectores PIR.
- Sensor de techo.
- Sensor de pared.

Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado.

Ahorro de energía automático.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Philips ActiLume es un sistema de atenuación automático y asequible que le ofrece un ahorro de energía automático. El consumo de energía supone entre el 50% y el 80% del coste total de un sistema de alumbrado. Según la aplicación, ActiLume le permitirá hacer un ahorro de energía de hasta un 75%. Este ahorro de hasta un 75% tendrá también un impacto significativo en la reducción de emisión de CO₂ y ayudará a cumplir con las nuevas directivas de ahorro de energía y alcanzar los objetivos de los acuerdos de Kyoto.

Controladores para fluorescencia



SISTEMA ACTILUME

Tipo	Descripción	U.E.	Pallet
(*) SENSOR LRI 1653/00	Sensor Actilume	48	-
(*) CONTROLLER LCC 1653/00	Controlador Actilume	48	8640
(*) LRM 8118/00	Sensor de ampliación para Actilume	24	-
(*) IRT 8098/00	Mando de selección de modos simples	12	-
IRT 8099/00	Mando de selección de modos avanzados	1	-

(*) La unidad mínima de pedido de estos productos es 1.



Figura 3.7 Ejemplos de controladores para fluorescencia

Para la determinación de los niveles de iluminación, se deben tener varios criterios importantes pues los lugares definidos no necesitan igual iluminación, en este caso

Autor: José Osmani Santos Herrera



conocemos los niveles medios en servicio actuales, se comprobará área por área con las normas establecidas y se realizarán los aumentos para cada caso con la utilización de lámpara más eficiente con respecto al flujo luminoso y mayor rendimiento lm/W.

Dentro de las características a tener en cuenta tenemos:

- Vida útil del equipo (forma práctica).
- Tipo de luz emitida por el equipo
- Costo del equipo.
- Altura de montaje
- Área a iluminar

Para el ahorro se va a considerar:

- El Equipo de control de Iluminación propuesto, cuantos kWh se dejan de consumir por estar horas de más encendido el sistema.
- Las lámparas más eficientes propuesta, cuantos kWh se dejan de consumir si utilizaran lámparas menos eficientes.

Lámparas seleccionadas.

- Lámparas de Halógenos con las características siguientes:

220V, 60 Hz, SON PHILIPS 150 W.

Flujo luminoso (lm) = 20000

Base E-40

Dimensiones (mm): L = 226, D = 91

Temperatura del color (Kelvin) = 1950

Lumen/ Watt 150W y 250W = 97.00; 108.00

Tiempo de duración (horas) = 24000

- Lámparas Led para iluminación de emergencia

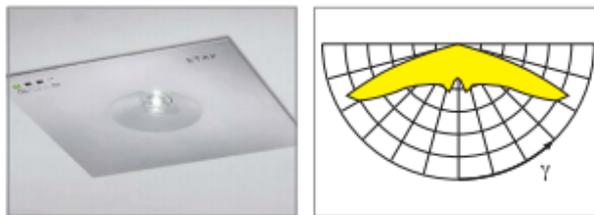
Para la determinación de los tipos de lámparas y la luminaria a utilizar se revisaron varios aspectos que tienen estrecha relación con este tipo de instalación, ya que en estos casos se

Autor: José Osmani Santos Herrera



deben tener presentes las valoraciones de los trabajadores responsables de la iluminación, criterios acerca de los equipos que se encuentran prestando servicio actualmente y de ellas extraer las mejores variantes, se tuvieron en cuentas las lámparas más utilizadas en la actualidad. Muchos tipos de lámparas que opcionalmente se pueden utilizar, en absoluto deben ser empleadas, sino aquellas requeridas por el proyecto arquitectónico y su rendimiento energético

3.3 Propuesta de iluminación de emergencia



	L. Empotrar	Modelo Número de Tubos Dimensiones	600 x 600 mm	300 x 1200 mm	600 x 1200 mm
			LU66 4 617x595x96 P.V.P. 40€	LU126 2 1225x295x96 P.V.P. 45€	LU1262 4 1225x595x96 P.V.P. 68€
	Panel Slim 600x600 mm	Color Modelo Flujo luminoso Lm/W Lux a 1 Metro Consumo/Factor potencia Tensión de trabajo Repr.Cromática(CRI) Ángulo/Ángulo al 50% Dimensiones	Cálido (2800-3300K) L5947W 3600 ± 10% 77 1400 Lux ± 10%	Neutro (3800-4300K) L5947N 3700 ± 10% 79 1500 Lux ± 10%	Natural (4800-5300K) L5947C 4000 ± 10% 85 1600 Lux ± 10%
			0-47W Dimable ± 10% / >0,9 100-240V AC >80 160°/115° 595x595 mm P.V.P. 179€	1m Cál: 1400 lux Net: 11500 lux Net: 11500 lux 2m Cál: 390 lux Net: 400 lux Net: 420 lux 3m Cál: 160 lux Net: 180 lux Net: 190 lux <small>1 Lux max medidas en la vertical</small>	

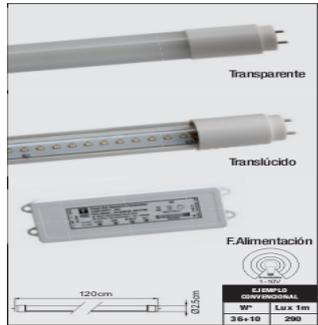
	Color Modelo Acabado Flujo luminoso Lm/W Lux a 1 Metro Consumo/Factor potencia Tensión trabajo Regz.Cromática(CRI)/Aº Leds Ángulo/Ángulo al 50%	Tubo sin fuente					
		Cálido (2800-3300K)		Neutro(3000-4300K)		Natural (4800-5300K)	
		L214WC / L214WC11 Transparente 1200 ± 10% 95 360 ± 10%	L214WMC / L214WMC11 Translúcido 1100 ± 10% 75 300 ± 10%	L214NC / L214NC11 Transparente 1250 ± 10% 89 390 ± 10%	L214NMC / L214NMC11 Translúcido 1150 ± 10% 82 320 ± 10%	L214OC / L214OC11 Transparente 1350 ± 10% 95 410 ± 10%	L214OMC / L214OMC11 Translúcido 1250 ± 10% 89 340 ± 10%
Tubo con fuente externa estándar							
Cálido (2800-3300K)		Neutro(3000-4300K)		Natural (4800-5300K)			
L214WOC Transparente 1200 ± 10% 95 360 ± 10%	L214WMCOC Translúcido 1100 ± 10% 75 300 ± 10%	L214NOC Transparente 1250 ± 10% 89 390 ± 10%	L214NMCOC Translúcido 1150 ± 10% 82 320 ± 10%	L214OCOC Transparente 1350 ± 10% 95 410 ± 10%	L214OMCOC Translúcido 1250 ± 10% 89 340 ± 10%	14W ± 10% / -0,9 220-277V AC / 100-150V AC >=80/90 180°/110°	
F.Alimentación (Dimable 1-10V, DC opcional) 36x10 290		2 x 230W FA2142 2x 110W FA21421	Dimable FA2142D FA214211D	1 x 230W FA2141 1x 110W FA21411D	Dimable FA2141D FA214111D		

Figura 3.8 Iluminación de emergencia

20 Lámparas LED de emergencia

Alimentación del sistema de iluminación

Banco de Batería existente.



Figura 3.9 Banco de Baterías existente.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Características

56 celdas, cada celda 2.2 V 200AH Un 110 VCD

Características técnicas del rectificador que carga las baterías: capacidad 20kVA In 100A U entrada 110 VCA U salida 110 VCD.

Potencia del sistema de iluminación 940 W

Propuesta de ubicación de la iluminación de emergencia

Local	Cantidad
Sala de control	2
Arranque en negro	2
ETU 1y 2	4
MCC-Común	2
Panel de caldera	1
Panel de tratamiento de agua	1
Anexo mecánico	3
Sala de motores	3
ETU 3	2

Autor: José Osmani Santos Herrera

Tabla 3.2 Distribución de luminarias para el circuito de emergencia

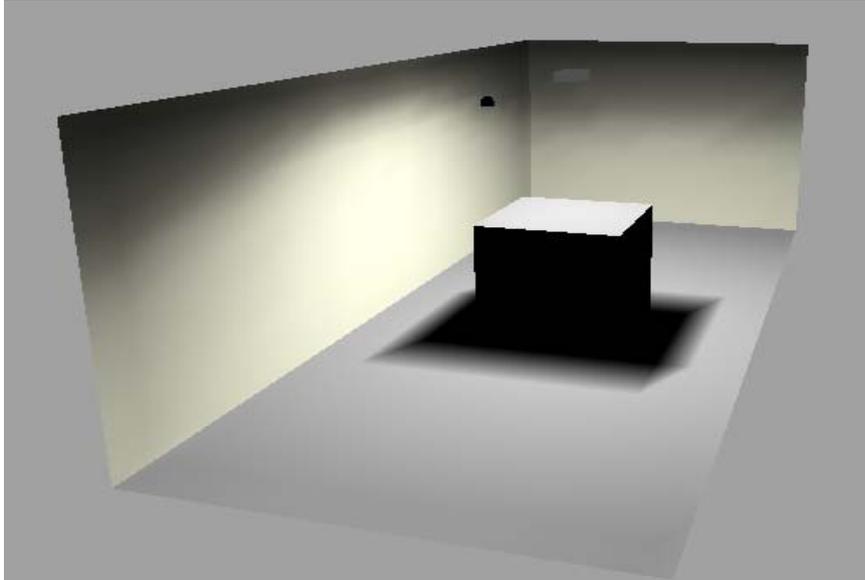


Figura 3.10 Simulación del cuarto de Batería

Simulaciones de las nuevas propuestas.

Quando se proyecta instalar un sistema de alumbrado, se debe tener la certeza de que los equipos seleccionados están en condiciones de proporcionar el máximo confort visual y los niveles de iluminación demandados.

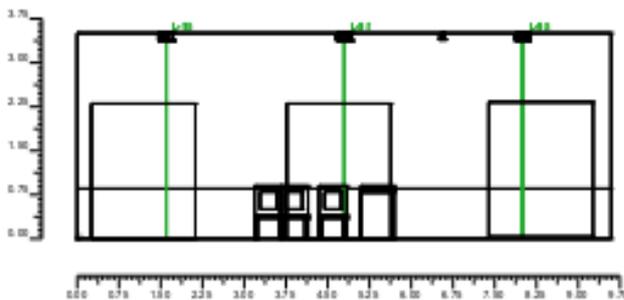


Figura 3.11 Distribución de los lux que llegan a una sección del ETU 3

Autor: José Osmani Santos Herrera

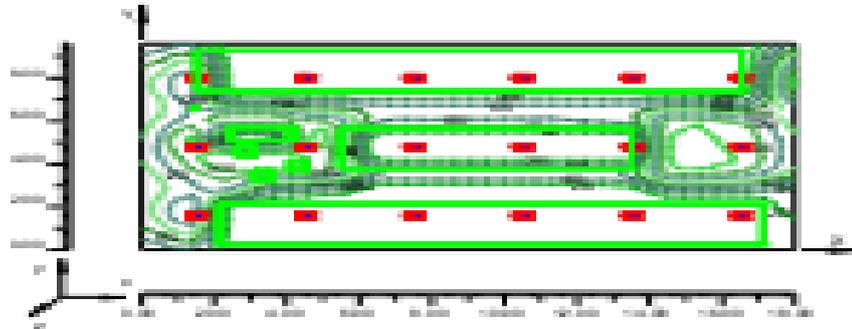
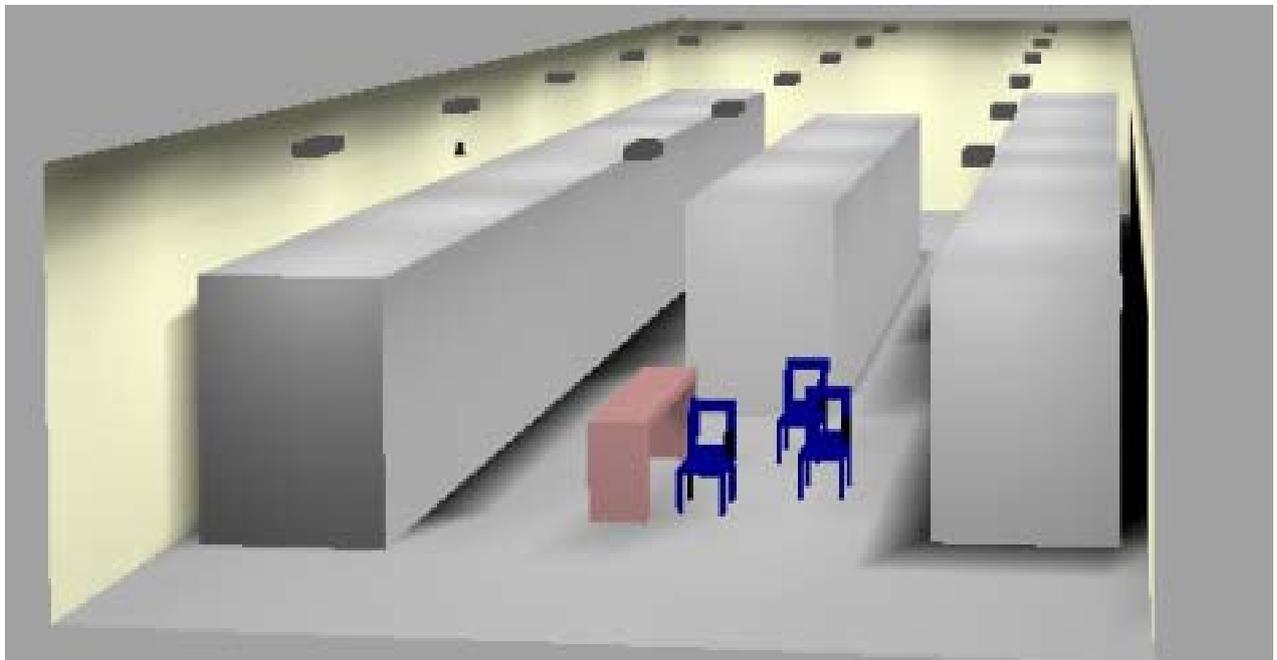


Figura 3.12 Diagrama isolux

Como se puede observar en las figuras anteriores los puntos de luz coinciden con el nivel de iluminación que se recomienda que sea 500 lux.



Autor: José Osmani Santos Herrera

Figura 3.13 Simulación con la propuesta realizada ETU 3.

Simulación de ETU 1 y 2

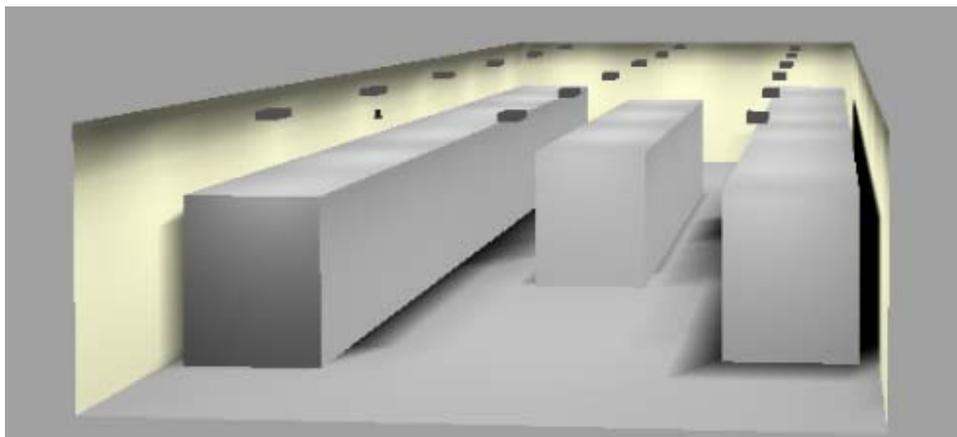


Figura 3.14: Simulación con la propuesta realizada en una sección del ETU 1 y 2

3.3 Ahorro de Energía y Valoración económica.

La valoración económica se realizara por las propuestas realizadas en el epígrafe anterior. La cual está basada en los ahorros por concepto de energía en el sistema de alumbrado propuesto a través de sensores de presencia y cambio de luminarias por otras más eficientes.

Pronostico de ahorro:

Se tiene en cuenta que:

- Todas las lámparas se encuentran encendidas las 24 horas del día.
Por concepto de sustitución de luminarias:
- Se ahorra 350 W por el cambio de lámparas de vapor de sodio de 500 W por halógeno de 150 W.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Felton.

Ahorro/año 1 = Numero de lámparas * ahorro en potencia*día..... (3.1)

Ahorro/año 1 = 40*350W*24h

Ahorro/año 1=1400 = 336 kW diario

- Si consideramos que el emplazamiento Fuel para generar 1 kW es necesario 228 g de fuel oil.
- El precio del fuel oil en el mercado mundial su variación es diaria, en el corte realizado el 20 de mayo del 2014, 1 hectolitro = 74.7893 USD.
 - 1hectolitro = 100 litros
 - 1litro = 0.747893 USD
 - 1 litro = 959.4 g = 4.207894 kW generado,.....(3.2)
 - entonces; nos ahorramos:
 - 80 litros diario de combustible equivalente a 59.9 USD = 47.95 CUC
- Se devalúa el 20% valor del USD para obtener el valor del CUC.
- En un año se ahorran 29200 litros equivalentes a 21838 USD = 17470.78 CUC

Ahorro por lámparas más eficientes propuesta

Sensores de presencia y interruptores horarios se estima unos 9.6 kW de ahorro diario:

Ahorro (año)2 = Energía ahorrada diaria* 365dias.....(3.3)

Ahorro (año)2= 9.6kW*365dias = 3504 kW

Según (3.2)

Ahorro (año)2/4.207894 = Litros ahorrados

Litros Ahorrados = 832.72 lo que equivale a 622.79 USD = 498.232

Ahorro total del proyecto

Ahorro (año)1+ Ahorro (año)2 = 17968.232 CUC.....(3.4)

Autor: José Osmani Santos Herrera



Valoración Económica

El análisis económico es la demostración final y decisiva a la hora de diseñar o modificar cualquier sistema industrial debido al costo de las inversiones. Entre los métodos que existen para comparar alternativas de inversión están:

- Método del valor actual neto (VAN)
- Método del valor del futuro
- Método del periodo de reembolso
- Método de la tasa interna de retorno (TIR)

Para este análisis se escogió el método del VAN y la TIR, a continuación definiremos todos los conceptos para la mejor comprensión de la valoración económica.

El VAN es un método práctico, los gastos o entradas futuras se transforman en unidades monetarias del tipo equivalentes actual, este método es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos, de esta forma es fácil observar la ventaja económica de la alternativas sobre otra.

El VAN se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos (in) generados durante la vida útil del proyecto, es decir del saldo entre los ingresos y los gastos anuales que impliquen derogaciones de efectivos

Para la utilización del VAN es necesario una tasa de actualización(a). Esta tasa debe reflejar el costo de oportunidad de capital que expresa la garantía del rendimiento mínimo. En otras palabras una tasa similar a la que se obtendrían con cualquier otra alternativa de inversión. Para el cálculo de esta tasa generalmente se utiliza la tasa de interés existente sobre préstamos a largo plazo en el mercado de capitales

El Valor Actual Neto (VAN) se calcula mediante la determinación en cada año de todos los ingresos en efectivo y de salidas anuales como ingresos, desde que se incurre en el primer gasto en el proceso inversionista, hasta que se concluye la vida útil estimada de operación o

Autor: José Osmani Santos Herrera



funcionamiento del proyecto. Estos saldos anuales positivos y negativos, se actualizan en los momentos del primer gasto, de la forma siguiente:

$$VAN = \sum inj * A_j \quad (3.5)$$

Donde: (inj) es el saldo entre los ingresos y el gasto en los años.

(A_j) es el factor de actualización de los años.

El factor de actualización se puede obtener de las tablas de actualización o de las siguientes formas:

$$A_j = \frac{1}{(1+i)^j} \quad (3.6)$$

Donde: i es tasa de actualización (para nuestro trabajo es de 12%)

j:1 ,2,3 cada año del proyecto que se genera en ingresos en efectivo.

A los efectos de selección del proyecto el criterio será siempre mayor o igual a cero para que el proyecto sea rentable.

La tasa interna de retorno TIR es aquella que el valor anual neto de un proyecto es cero, es decir que el valor actual neto del flujo de ingresos es igual al valor neto del flujo de egresos.

La TIR se calcula en esencia igual que el VAN, la única diferencia es que se estiman tasas de actualización a que el VAN es igual a cero en un proceso de actualizaciones sucesivas.

El procedimiento general consiste en utilizar aquellas tasas de actualización que aproximen lo más posible el VAN a cero, hasta llegar a que este sea negativo. La TIR se encontrará entre dos tasas, por supuesto que mientras mayor sea la aproximación a cero mayor será la exactitud obtenida no debiendo la diferencia intertasas de (+-) 2%. Si se quiere una buena aproximación, el valor de la tasa interna de retorno se puede hallar mediante la interpolación entre ambas tasas o por la formula siguiente:

Autor: José Osmani Santos Herrera



$$TIR = I_1 + VAN_p(I_2 - I_1)IVAN_p + VAN_n \quad (3.7)$$

Donde:

I_1 : es la tasa de actualización del VAN que es positivo.

VAN_p : Es el VAN positivo a la tasa de actualización de I_1

I_2 : es la tasa de actualización en que el VAN es negativo.

VAN_n : es el VAN negativo a la tasa de actualización I_2 .

La TIR representa la rentabilidad general del proyecto, el criterio de selección es que la TIR debe ser mayor o igual a aquella tasa que garantice un rendimiento mínimo para la inversión realizada, o sea mayor que el 12%.

VARIANTE I

Recursos	Precio unitario (C.U.C)	Cantidad	Total
Lámpara LED	49	20	352.8
Proyectores con lámpara H 150 W	52.32	40	9888.48
interruptores horarios AlphaRex	94.11	1	94.11
Sensor presencia	34.4	10	137.6
Total			3510,91

Tabla 3.3 Relación de precio del equipamiento propuesto Variante I.

Autor: José Osmani Santos Herrera

VARIANTE II

Recursos	Precio unitario (C.U.C)	Cantidad	Total
Lámpara LED	58	20	1160
Proyectores con lámpara H 150 W	61.15	40	2446
interruptores horarios AlphaRex	94.11	1	94.11
Sensor presencia	49.3	10	493
Total			4193.1

Tabla 3.3 Relación de precio del equipamiento propuesto Variante II.

Se escoge la variante uno por ser más económica y tener los dispositivos características similares.

Para el cálculo económico en el presente trabajo tenemos una inversión total de 3511 CUC, para realizar el cálculo se utilizó la Tasa de retorno de la inversión TIR y el valor actual neto VAN teniendo como resultado (ver Anexo 1 y 2) que la variante uno tiene un retorno de inversión menor es mucho más económica por lo cual le da la factibilidad del proyecto:

3.4 Conclusiones

En este último capítulo se propuso de manera práctica la solución a las dificultades presentadas. Se dejaron orientados los pasos a seguir para elevar los niveles medios de iluminación en servicio de los lugares afectados, así como los equipos a incrementar a la hora de darle cumplimiento al trabajo realizado, sin dejar por alto el costo económico que resultaría para la institución.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Conclusiones Generales

1. Se propone mejorar la Eficiencia Energética en los Sistemas de iluminación a través del ahorro de energía eléctrica con 125MWh/año por las propuestas realizadas.
2. Se realizaron los cálculos mediante los software de iluminación TROLL LITESTAR.7.00, que validan las propuestas realizadas.
3. Se demostró de manera detallada los beneficios económicos que se obtiene con la implementación de los controles de iluminación.
4. 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.

Autor: José Osmani Santos Herrera



Recomendaciones

- Que se evalué por parte de la Dirección de la CTE los resultados obtenidos en este trabajo para su aplicación.
- Implementar por parte de la Dirección de la Entidad las Mejoras en el Sistema de Alumbrado del grupo Fuel Oil ETE Felton propuesto.
- Utilizar los resultados de este trabajo para la formación de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica en la asignatura de Suministro Eléctrico II.



Bibliografía

1. Alemany Barreras, A. Climatología, iluminación y acústica. Aplicación en la arquitectura. ISPJAE. Departamento de ediciones. 1986.
2. Alumbrado con proyectores <http://Bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema9/9-4.htm>.2001.
3. Alumbrado de exteriores. <http://Bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema9/9-4.htm>.1999.
4. Análisis del Sistema de iluminación Viaria del municipio Moa 2005.Yunier Cabrera, Delroy George. Arámbula González, R- Tesis Profesional- Procedimientos de diseños para iluminar exteriores –Universidad Iberoamericana México -1995.
5. Anales del sistema de iluminación de la EMCE CTE Lidio Ramón Pérez. Eddy Duran Córdoba. 2008
6. Arámbula González, R- Tesis Profesional- Procedimientos de diseños para iluminar Exteriores – Universidad Iberoamericana México- 1995.
7. Catálogo de iluminación Effere (1995).
8. Catálogo General de iluminación Indalux 1995.
9. Catálogo General de la Luz Osran. 1998/1999.
10. Catalogo Philips tarifa. 2008.
11. Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997).
12. Contaminación lumínica .<http://www.14.brinkster.com./luminica/>.1998.
13. Contaminación lumínica. <http://www.14.brinkster.com./luminica/>.1998.
14. Eficiencia de los sistemas de iluminación Moa 2002. Odalis Robles Laurencio.
15. Eficiencia del Sistema de Iluminación Exterior para garantizar la seguridad en la Empresa Ernesto Che Guevara de la Serna 2004. Oscar Figueroa.
16. Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Moa 2007.Suraima Pavón Herrera, Yarima Marisma frometa.
17. Enciclopedia luminotécnica. Este material recoge todos los conceptos luminotécnicos actuales.
18. Equipos auxiliares para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez.

Autor: José Osmani Santos Herrera



19. Ferreiro, Mason, P Ahorro de Energía Eléctrica en Iluminación.
20. Ferrero Andréu, LI. Optimización de la Eficiencia Energética en Iluminación.
21. <http://www.energuia.com> 1995.
22. <http://www.energuia.com> 1999.
23. <http://www.Panasonic.com>
24. Instalaciones de Alumbrado .<http://bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema8/8htm>.2000.
25. Instalaciones de Alumbrado. <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/Tema8/8->
26. J.I. Urraca Piñeiro: Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A. Luminotécnica. <http://www.cepri.cl/iku>.1998.
27. Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del manual de Alumbrado Westinghouse.1986.
28. Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del manual de Westinghouse.1986
29. Manual de Procedimiento para el Diseño y Cálculo de una Instalación de Alumbrado. Centros de Proyectos del Níquel. 1999.
30. Metodología para el análisis Integral de los sistemas de iluminación 2002. Omar Hidalgo Pérez.
31. Masorra, Jironella (1986).Suministro Eléctrico Industrial.
32. Papel Central que la Iluminación juega en Ferias. [http://www.ctio.noao.edu/light pollution/1999](http://www.ctio.noao.edu/light%20pollution/1999).
33. Representación de las Características luminosas de las Lámparas y Luminarias 2002.
34. Representación de las características luminosas de las lámparas y luminarias 2002.
35. Revista Ingeniería de la Iluminación (reimpresión) Mayo, Junio 1967.
36. Sistema eléctrico para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez. Sistemas de Iluminación. <http://www.octanorm.es/silumina.htm>.2000



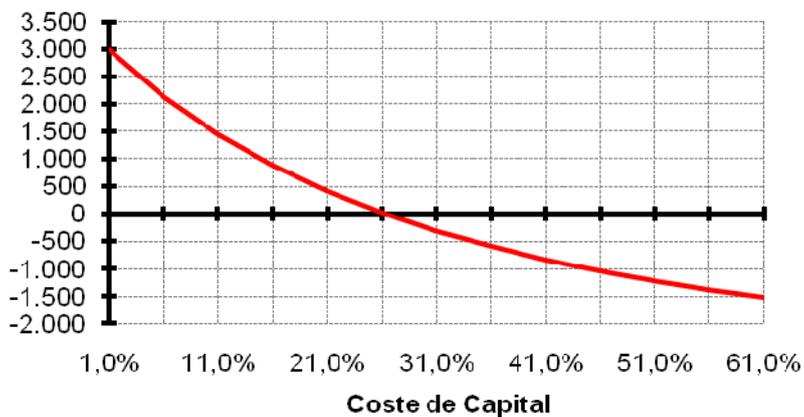
Anexos

ANEXO No. 1 Análisis financiero de la Variante I

Tasa de descuento		12%		
AÑO	GASTOS	INGRESOS	RESULTADO	VAN
0	3.511	0	-3.511	-3.511
1	0	17.968	1.339	1.196
2	0	17.968	1.339	1.067
3	0	17.968	1.339	953
4	0	17.968	1.339	851
5	0	17.968	1.339	760
				VAN = 1.316

Resumen de la inversión 1	
Rto. contable	25,5884819
Rto. contable medio	5,11769638
Plazo de recuperación	3,00
VAN	1.316
TIR	26,24%

Valor Capital (VAN)



Datos para análisis del VAN	
Tasa de dto. 1	1%
Incremento	5,0%
Coste del Capital	VAN
1,0%	2.988
6,0%	2.129
11,0%	1.438
16,0%	873
21,0%	407
26,0%	17
31,0%	-311
36,0%	-591
41,0%	-831
46,0%	-1.039
51,0%	-1.220
56,0%	-1.379
61,0%	-1.519



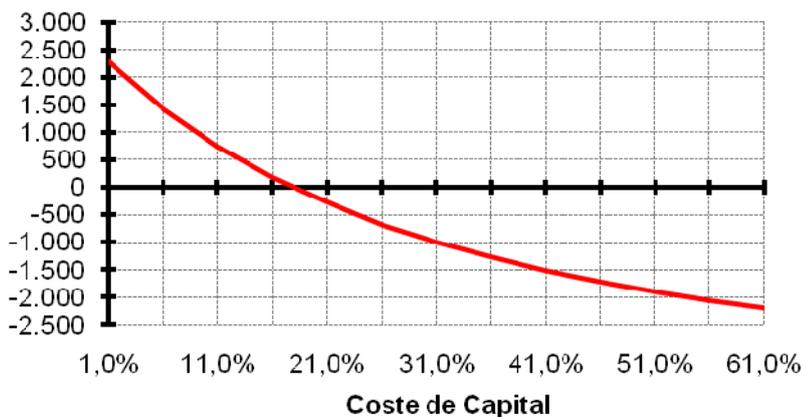
ANEXO No. 2 Análisis financiero de la Variante II

Tasa de descuento		12%		
AÑO	GASTOS	INGRESOS	RESULTADO	VAN
0	4.193	0	-4.193	-4.193
1	0	17.968	1.339	1.196
2	0	17.968	1.339	1.067
3	0	17.968	1.339	953
4	0	17.968	1.339	851
5	0	17.968	1.339	760

Resumen de la inversión 1	
Rto. contable	21,4264632
Rto. contable medio	4,28529263
Plazo de recuperación	4,00
VAN	634
TIR	17,94%

4.193	89.841	2.502	VAN = 634
-------	--------	-------	------------------

Valor Capital (VAN)



Datos para análisis del VAN

Tasa de dto. 1	1%
Incremento	5,0%
Coste del Capital	VAN
1,0%	2.306
6,0%	1.447
11,0%	756
16,0%	191
21,0%	-275
26,0%	-665
31,0%	-993
36,0%	-1.273
41,0%	-1.513
46,0%	-1.721
51,0%	-1.902
56,0%	-2.061
61,0%	-2.201



ANEXO No. 3

Niveles de iluminación recomendados por Illuminating Engineering Society y las normas cubanas

Local	Nivel de iluminación (Luxes)	
	I.E.S(Preferible)	S.M.I.I(Mínimo)
Locales Interiores:		
a) Equipo de acondicionamiento de aire	100	60
b) Auxiliares, cuartos de baterías, bombas y compresores	200	100
c) Cuarto de equipo telefónico y carrier	300	200
d) Cuartos de control:		
- Cara vertical de tableros. Sencillo o la sección		
• Tipo (a): Grandes cuartos de control centralizados desde 168 cm (66 pg) sobre el piso.	500	300
• Tipo (b): Cuartos de control ordinarios, hasta 168 cm (66 pg) sobre el piso.	300	200
- Cara de la sección de duplex opuesta al operador	300	200
- Area interior del tablero duplex (pasillo)	100	60
- Lado posterior de todos los tableros, (vertical)	100	60
- Alumbrado de emergencia, todas las áreas	30	20
- Escritorios o tableros tipo escritorio (nivel horizontal)	500	300
- Iluminación general restante	300	200
e) Oficina	300	200
f) Bodega	200	100
g) Vestíbulo	200	150
h) Comedor	300	200
i) Sanitarios	100	60

Autor: José Osmani Santos Herrera



Locales Interiores:		
a) Equipo de acondicionamiento de aire	100	60
b) Auxiliares, cuartos de baterías, bombas y compresores	200	100
c) Cuarto de equipo telefónico y carrier	300	200
d) Cuartos de control:		
- Cara vertical de tableros. Sencillo o la sección		
· Tipo (a): Grandes cuartos de control centralizados desde 168 cm (66 pg) sobre el piso.	500	300
· Tipo (b): Cuartos de control ordinarios, hasta 168 cm (66 pg) sobre el piso.	300	200
- Cara de la sección de duplex opuesta al operador	300	200
- Area interior del tablero duplex (pasillo)	100	60
- Lado posterior de todos los tableros, (vertical)	100	60
- Alumbrado de emergencia, todas las áreas	30	20
- Escritorios o tableros tipo escritorio (nivel horizontal)	500	300
- Iluminación general restante	300	200
e) Oficina	300	200
f) Bodega	200	100
g) Vestíbulo	200	150
h) Comedor	300	200
i) Sanitarios	100	60
Local	I.E.S.S.M.I.I.(Luxes)	
Areas Exteriores:		
a) Zona de equipo instalado y de paso: - Iluminación general horizontal - Iluminación general vertical (sobre equipo)	20	
b) Zonas alrededor de la caseta de control: - Entrada principal - Entrada secundaria - Pasillos	20	
c) Cerca o alambrado		
d) Alumbrado de emergencia	100	
	50	
	20	
	2	
	5	



ANEXO No. 4 Arranque en negro (Estado actual)



Autor: José Osmani Santos Herrera



ANEXO No. 5 Pasillos (Estado actual)



Autor: José Osmani Santos Herrera



ANEXO No. 6 Panel de Caldera (Estado actual)



Autor: José Osmani Santos Herrera