



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 en opción al título  
De Ingeniero Eléctrico.*

**Título:** Análisis de la eficiencia energética del  
Sistema de alumbrado de la unidad  
Presupuestada "Las Camariocas".

**Diplomante:** Ramón Ramos Domínguez.

**Tutores:** MSc. Gabriel Hernández Ramírez.

Ing. Marcos A. Rodríguez Ramírez.

"Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución"

## *Pensamiento.*

*La eficiencia energética y el ahorro de energía, constituyen el eje central de esta primera etapa del nuevo paradigma energético cubano.*

*Fidel Castro Ruz.*

## *Dedicatoria*

*Quisiera dedicar este trabajo con todo el cariño que emana de mi corazón, a quienes hicieron posible que llegara hasta aquí.*

- *Al comandante en jefe Fidel Castro Ruz.*
- *A mi querida madre Isabel Domínguez Alín.*
- *A mis tíos Vicente, Ángel, victoria Domínguez Alín.*
- *A Linda, France tardif.*
- *A mi novia yanetsy Rojas López.*
- *A Roger Ramos Oliva.*

## *Agradecimientos.*

- *Al Comandante en jefe Fidel Castro Ruz.*
- *A mis familiares, quienes siempre han sido mi inspiración a superar cualquier dificultad a que me enfrentado, durante toda mi vida.*
- *A la Revolución un agradecimiento especial, por haberme dado la posibilidad de estudiar y formarme como un profesional.*
- *A mis amistades allegadas, que aunque no las mencione, saben que tienen un lugar especial en mi corazón.*
- *A todas aquellas personas que de una forma u otra han colaborado para que este trabajo de diploma se realizara satisfactoriamente.*
- *A todos*

*Muchas Gracias.*

## Resumen

En el presente trabajo se realiza un estudio del sistema de alumbrado de **La Unidad Presupuestada “Las Camariocas”**. La energía eléctrica que se utiliza en iluminación alcanza generalmente un por ciento no despreciable del total que se consume en las instalaciones. En los edificios administrativos, comerciales etc. Se estima que como promedio puede llegar hasta un 40 % en las industrias y en otros servicios, suele ser menor (en dependencia del tipo de proceso), pero usualmente es siempre un componente del consumo a considerar.

Si se instalan sistemas de iluminación eficientes, el uso de la energía y los costos se reducen. Estos nuevos sistemas también producen una mayor calidad de la iluminación, lo que mejora el medio laboral y la productividad del trabajo frecuentemente también aumenta, debido a la mejora en la visibilidad.

En el capítulo I, se realizó una detallada explicación de las generalidades del sistema de alumbrado 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 en interiores.

En el capítulo II, se hizo énfasis en la determinación, cálculo y modelación del problema existente y sus deficiencias, el cual nos exigió la realización de este trabajo.

En el capítulo III, se muestra la propuesta para la solución del problema con la variante mas económica posible, así como las recomendaciones a seguir para mantener los resultados obtenidos en la nueva instalación. Además de las sugerencias para disminuir el consumo de la electricidad, con la utilización de sensores de presencia, sustitución de transformadores, entre otros.

## Summary

This paper shows a study of the lighting system at “ Las Camariocas”. Out of the total electric power consumed in the facilities lighting is a considerable percent. It is estimated a 40% as average in management facilities at factories and other services, although depending on the type of process it could be lesser but always an element of consumption to be considered.

If efficient lighting systems are installed, power consumption and costs are decreased. These new systems result in a better lighting quality, improving the labour environment which produces a throughput increase

Chapter 1 shows detailed explanation of the lighting system regarding to lamps usage, type and deficiency, as well as different procedures for lighting calculations of indoor .

Chapter 2 focus in finding out, calculate and modelling the existing problem and its deficiencies.

Chapter 3 shows the proposal and recommendation for the most economic possible way to solve the problem and the steps to follow in the new installation. Also in this chapter suggestions for decreasing the electric power consumption is showed.



## Índice

Resumen .....	IV
Summary .....	V
Índice .....	vi
Introducción .....	1
Capítulo I .....	5
1.1    Introducción .....	5
1.2    Fundamentación Teórico – Metodológica. ....	5
1.3    Revision de los trabajos precedentes .....	7
1.4    Base teórica de la Investigación. ....	10
1.5    Conclusiones .....	40
Capítulo II .....	41
Diagnóstico del Sistema de alumbrado de la Unidad Presupuestada Las Camariocas. ....	41
2.1    Introducción .....	41
2.2    Caracterización de los sistemas de alumbrado que se utilizan en la actualidad. ...	41
2.3    Descripción de las instalaciones de alumbrado actual .....	57
2.4    Conclusiones .....	69
Capítulo III. ....	70
Propuesta para mejorar la eficiencia energética en los sistemas de alumbrado de la Unidad presupuestada “Las Camariocas” .....	70
3.1    Introducción .....	70
3.2    Propuesta para mejorar eficiencia energética en los sistemas de alumbrado de la Unidad presupuestada “Las Camariocas”. ....	70
3.3    Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado .....	71
3.4    Valoración económica .....	87
3.5    Conclusiones .....	92
<b>Conclusiones Generales.</b> .....	93
<b>Recomendaciones</b> .....	94
<b>Bibliografía.</b> .....	95
<b>Anexos.</b> .....	I



## Introducción

El siguiente trabajo trata una de las técnicas existentes en el mundo de hoy, nombrada: iluminación. El inicio de la historia del alumbrado está directamente relacionado con el descubrimiento, por parte del hombre, del fuego, para protegerse contra el frío, las fieras, preparar los alimentos y también para alumbrarse. Con el tiempo se descubre que impregnando la madera con grasas (de origen animal o vegetal) se mejora el rendimiento y la duración del alumbrado. A partir de ese momento lo que produce la luz es la grasa que arde no la madera que solo tiene una misión de sustentación. Luego las grasas son sustituidas por combustibles líquidos en las antorchas. Tiempo después aparecen también las velas de cera, elementos muy maniobrables que se almacenan sin peligro, pero que también utilizan el principio de la combustión.

A principios del siglo XIX, aparecen las lámparas de gas, muy utilizadas en el alumbrado vial. Las primeras lámparas fueron de carburo o de acetileno. El gas combustible se obtenía dentro de la lámpara al hacer reaccionar el carburo de calcio con agua para obtener gas de acetileno, que era utilizado como combustible, la temperatura de color obtenida era de  $2.046^{\circ}\text{K}$ . (También se utilizó el gas de carbón). A mediados del siglo XIX aparecen las lámparas de petróleo. El petróleo al ser más fluido que el aceite, sube por capilaridad con mayor facilidad y ofrece un mejor rendimiento luminoso. La invención de las protecciones de cristal del francés Antoine Quinquet, permite que, gracias a los bulbos de cristal, las velocidades ascendentes del aire sean mayores, lo que favorece una mejor aspiración del petróleo, alcanzándose con ello temperaturas de color de  $2.000^{\circ}\text{K}$ . Con el descubrimiento de la electricidad fue posible construir lámparas de arco, como la de Davy (la primera demostración de funcionamiento se realizó ante la Real Sociedad de Física de Londres). Esta lámpara emite luz gracias a la descarga eléctrica producida entre dos electrodos de carbono, gracias a la cual los electrodos se tornan incandescentes, con la consiguiente pérdida de materia. El ánodo se volatiliza al doble de velocidad que el





cátodo, por ello el ánodo siempre era más grueso en estas lámparas. La temperatura de estas lámparas era de  $4.000^{\circ}\text{C}$ , su temperatura de color de  $3.700^{\circ}\text{K}$  y su rendimiento de 10 lm.

En 1877 Swan construye también una lámpara incandescente con filamento de hilo de algodón carbonizado y el 21 de Octubre de 1879 Edison comienza a fabricar y comercializar lámparas incandescentes con filamentos de fibra de bambú carbonizado. Desde la aparición de la lámpara de Thomas Edison en el año 1879, el alumbrado artificial ha crecido cuantitativa y cualitativamente. La evolución de estos sistemas ha provocado cambios en la sociedad, en la configuración de sus ciudades y edificios y, sobre todo, en la calidad de vida y el bienestar de las personas. A partir de la aparición de la bombilla eléctrica, se introdujeron nuevos tipos de lámparas, como la de vapor de mercurio, que se introdujo en los años treinta; la lámpara fluorescente, que se presentó en 1939 en la Exposición Internacional; la lámpara de tungsteno-halógeno, que apareció en los años 1950; las de halogenuros metálicos y sodio de alta presión en los 1970, y la lámpara sin electrodos (LED) apareció en 1990.

Actualmente, las investigaciones se están centrando en el desarrollo de mejores lámparas de descarga de vapor de sodio de alta presión, y es de esperar que en este ámbito se produzcan importantes innovaciones.

El empleo masivo de la fibra óptica también parece ser una vía con mucho futuro.

También se hacen investigaciones en otros campos de la producción de luz por luminiscencia como pueden ser:

- La bioluminiscencia (luz producida por reacciones bioquímicas).
- La quimioluminiscencia (luz producida por reacciones químicas).
- La triboluminiscencia (luz producida por actuaciones mecánicas, frotamientos, pulverizaciones, etc.).



Además podemos decir que hoy en día las fuentes de luz en los sistemas de alumbrado son alimentadas casi exclusivamente por energía eléctrica. Aunque pueda parecer que el alumbrado representa un bajo porcentaje del consumo total de esta energía. En la instalación de Las Camariocas el municipio Moa la situación de alumbrado se calificaba de crítica en los almacenes, talleres y muchas de sus oficinas por lo que se aprobó este proyecto para una mejora de la eficiencia energética del sistema de alumbrado y ahorro de energía eléctrica, partiendo de esa necesidad es el objetivo de nuestro trabajo:

- Proponer un sistema de iluminación adecuado que cumpla con las normas del CIE.

No debemos conformarnos con obtener altas calificaciones en los aspectos medibles, sino apurar las posibilidades y encaminar nuestro esfuerzo e imaginación hacia aspectos menos pragmáticos pero no por ello desestimables, como son: la integración de los sistemas de iluminación en los esquemas decorativos de los entornos en los que van a operar, la posibilidad de crear ambientes luminosos diferenciales y extraer de los objetos y las cosas, facetas y formas que realmente tienen, pero que solo con una correcta iluminación de la luz sobre ellos se hacen visibles.

En todos los casos son las luminarias, elementos que controlan y optimizan la luz producida por las lámparas, este estudio tiene como premisa fundamental llevar a la práctica todos los conocimientos existentes, para así darle un enfoque científico al trabajo a realizar.

Como gran parte de la vida del hombre transcurre bajo el alumbrado artificial, de ahí la importancia que reviste el logro de las adecuadas para realizar una tarea con eficiencia, seguridad y conservando la salud visual del observador. En aras de alcanzar estos objetivos, las instalaciones de alumbrado en interiores deben: asegurar la cantidad de luz necesaria, garantizar la cantidad de la luz requerida utilizar los equipos apropiados en cada aplicación y velar que el costo integral de la instalación sea racional.



Las empresas deben tener en cuenta la importancia que la iluminación tiene en los procesos productivos, una iluminación deteriora el desenvolvimiento del elemento humano, provoca incomodidades y molestias que pueden cuasar errores, accidentes o enfermedades. La determinación de los niveles de iluminación adecuados para una instalación no es un trabajo sencillo, hay que tener en cuenta que los valores recomendados para cada tarea y entorno son fruto de estudios como es el presente trabajo.

# Capítulo I

## Fundamentación Teórico- Metodológica de la Investigación

**Introducción.**

**Fundamentación Teórico – Metodológico.**

**Revisión de los Trabajos Precedentes.**

**Base Teórica de la Investigación.**

**Conclusiones.**

### 1.1 Introducción.

Teniendo en cuenta la importancia que reviste el uso adecuado de la iluminación en todos los ámbitos de la vida económica y social, así como, su uso racional para contribuir al ahorro de energía eléctrica, nos proponemos a través de este trabajo plantear vías para mejorar la efectividad en tal propósito.

Este capítulo está estructurado en cinco epígrafes, en ellos se abordan la introducción, el marco y la fundamentación teórico- metodológica acerca del tema, la revisión de los trabajos precedentes, se desarrolla la base teórica de la investigación, así como, las conclusiones adoptadas al respecto.

### 1.2 Fundamentación Teórico – Metodológica.

La formulación del problema, la justificación o necesidad de realización de un estudio y su propuesta son elementos que deben tenerse en cuenta en la Fundamentación teórica de cualquier investigación.

Se hace necesaria la búsqueda de nuevas variantes que contribuyan al mejoramiento de los sistemas de alumbrado de las camariocas, con el objetivo de elevar los índices de eficiencia de los mismos, creando así en las diferentes instalaciones las condiciones necesarias que contribuyan con la preservación de la vida, la salud del hombre y evitando la contaminación lumínica. Esto propiciaría un aumento de la

actividad productiva del desarrollo económico y la preservación del medio ambiente. Durante la investigación pudimos detectar las siguientes irregularidades : Los desordenados y bajos niveles de iluminación de los sistemas existente en las diferentes instalaciones, provocados por la utilización de lámparas fluorescentes de 40 W y de vapor de mercurio de 400 W. **Hacen ineficientes** los sistemas de alumbrado exterior e interior, ocasionando molestias y bajo confort para las diferentes tareas visuales que se realizan, lo que trae consigo afectaciones de seguridad al hombre y a la eficiencia energética de la unidad presupuestada antes mencionada. Lo anteriormente expuesto nos avala para proponer el siguiente:

**Situación problemática:**

Deficiente nivel de iluminación en las áreas de trabajo de la Unidad Presupuestada Las Camariocas.

**Problema Científico:**

¿Cómo contribuir mediante nuevas variantes al mejoramiento de los sistemas de alumbrado de la unidad presupuestada Las Camariocas?

**Objeto de Investigación:**

Unidad presupuestada Las Camariocas.

**Campo de acción:**

Sistemas de alumbrado.

**Hipótesis:**

Si se determinan las causas de la incorrecta iluminación de la unidad presupuestada Las Camariocas, se podrán proponer sistemas de alumbrado con una adecuada iluminación y elevada eficiencia Energética.

**Objetivo General:**

Mejorar la eficiencia energética de los sistemas de alumbrado de la unidad presupuestada “Las Camariocas”, a través del ahorro de energía eléctrica.

**Objetivos Específicos:**

- Caracterizar el sistema de alumbrado existente en la empresa.
- Determinar las causas de la ineficiencia de los sistemas de alumbrado.
- Proponer sistemas de alumbrado eficiente.
- Proponer alternativa de ahorro de energía eléctrica por iluminación.

**Tareas científicas**

1. Caracterización del estado actual del problema.
2. Elaboración de la fundamentación teórico-metodológica.
3. Confección del cálculo de los índices de iluminación y comprobación de las normas existentes.
4. Validación de los resultados de la investigación.

**1.3 Revision de los trabajos precedentes.**

En este epígrafe pretendemos analizar la evolución de las lámparas y luminarias y los tratamientos dados por diferentes especialistas y empresas encargadas en la producción y comercialización.

**Manuales.**

Manual de electricista. Una empresa Axa conductores Monterrey.

Manual de Alumbrado (1986). Este material constituye una guía para la realización de los cálculos de alumbrado para exteriores y conceptos luminotécnicos, suministrando los conceptos y métodos necesarios. Representa una herramienta imprescindible en la realización del trabajo.

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 Effetre (1995). Este catálogo permitió la actualización y comparación de las lámparas recomendadas, utilizadas en los diferentes sistemas de alumbrado.

Catálogo general de iluminación (1995). Este catálogo permitió la comparación de los métodos de iluminación y de cálculo, así como la determinación de las diferencias entre estos y como seleccionar el método a utilizar.

Catálogo general de iluminación PHILIPS (1997). Este catálogo contribuyó en la comparación de los métodos de iluminación y cálculo.

Catálogo General de Lámparas y Equipos, 1998/1999/2000. Philips. Este catálogo permite conocer características generales de lámparas y equipos.

Catálogo de Lámparas. Silvana ,2000. Este catálogo presenta información técnica acerca de lámparas de descarga de alta potencia.

Catálogo 2001 Sluz. Este catálogo aborda temas a cerca de los sistemas de alumbrado para zonas de peligro.

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

### **Documentos.**

Masorra, Jironella (1986). Este documento nos da a conocer los métodos de iluminación y de cálculos utilizados en los sistemas de iluminación. También plantea una metodología.

Ferrero Andréu, LI, (1999). Celma, A, Rodríguez, F, (1999). Ferreiro-Mazon, P,(1995).San Martín, R; Aubert , V, (2001). Arrastia, Ávila, M, (2001). En estos documentos se muestra una amplia caracterización sobre la problemática de la contaminación lumínica a nivel internacional y nacional, permitiendo un estudio de la misma, para determinar las posibles medidas a tener en cuenta a la hora de

proyectar un sistema de alumbrado exterior. También sirvió como herramienta para determinar los diferentes métodos de iluminación y de cálculo a utilizar en cualesquier lugar, áreas exteriores y otras.

Instrucción de vías públicas, Ayuntamiento de Madrid (Diciembre 2000). Este documento abarca todo lo referente a la distribución de las luminarias en la vía y el correcto uso de las mismas.

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.

### **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.

### **Enciclopedias**

Enciclopedia luminotécnica. Este material recoge todos los conceptos luminotécnicos actuales.

### **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.

Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Moa 2007. Suraima Pavón Herrera, Yarima Marisma frometa. Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico analizó como mejorar la iluminación de la termoeléctrica de la planta Pedro Sotto Alba con el objetivo de lograr una iluminación eficiente de la planta.

Eficiencia de los sistemas de iluminación Moa 2002. Odalis Robles Laurencio. Este trabajo de diploma en opción al título de master en ciencia trata de explicar de cómo lograr una iluminación exterior eficiente mejorando el factor de potencia de las instalaciones de alumbrado.

### **Sitios Web visitados.**

[http:// www14.brinkster. com. /lumínica/](http://www14.brinkster.com./lumínica/).1998.

<http://www.ca21.com/2007>

<http://www.clefer.com/2007>

<http://www.atpiluminacion.com/2008>

## **1.4 Base teórica de la Investigación.**

Se abordan los aspectos más importantes de los principales métodos de cálculo utilizados. A partir de la valoración de estos métodos, presentará un procedimiento general para el estudio o realización de proyectos de iluminación en interiores, teniendo en cuenta los requerimientos actuales más importantes.

subjetivas de los usuarios (comodidad visual, agradabilidad, rendimiento visual, 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 como los estéticos, los psicológicos, el nivel de iluminación, en este capítulo se realizará una valoración de los conceptos de la luminotécnica y la teoría relacionada con los sistemas de alumbrado.

### Iluminancia:

Quizás haya jugado alguna vez a iluminar con una linterna objetos situados a diferentes distancias. Si se pone la mano delante de la linterna podemos ver esta fuertemente iluminada por un círculo pequeño y si se ilumina una pared lejana el círculo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia recoge muy bien el concepto de iluminancia ver Figura 1.1.



**Figura 1.1:** Representación de la iluminancia.

**Concepto de iluminancia: (E).** La cantidad de luz que llega a la superficie de trabajo, que es el flujo luminoso por unidad de superficie es la iluminación y se mide en lux (lx). Un lux es un lumen por metro cuadrado. Un luxómetro puede usarse para medir la iluminación, pero no mide la energía utilizada para producir esa luz, ni describe la calidad de la luz.

Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un  $\text{lm} / \text{m}^2$ , ver tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Definición de iluminancia.

Iluminancia $E = \frac{\Phi}{S}$	Símbolo: $E$	$lux = \frac{lumen}{m^2}$
	Unidad: lux (lx)	

### Luminancia:

Hasta ahora hemos hablado de magnitudes que informan sobre propiedades de las fuentes de luz (flujo luminoso o intensidad luminosa) o sobre la luz que llega a una superficie (iluminancia). Pero no hemos dicho nada de la luz que llega al ojo que a fin de cuentas es la que vemos. De esto trata la luminancia. Tanto en el caso que veamos un foco luminoso como en el que veamos luz reflejada procedente de un cuerpo la definición es la misma, ver tabla 1.2.

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 es la  $\text{CD/m}^2$ . También es posible encontrar otras unidades como el stilb ( $1 \text{ sb} = 1 \text{ CD/cm}^2$ ) o el nit ( $1 \text{ nt} = 1 \text{ CD/m}^2$ ).

**Tabla 1.2** Definición de luminancia

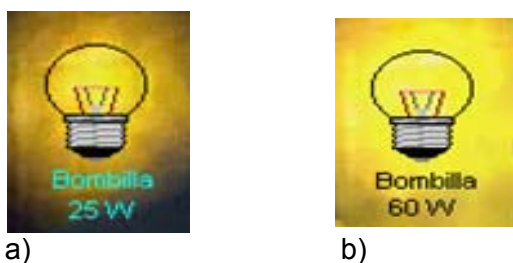
<p>Luminancia</p> $L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} = \frac{I}{S * \cos \alpha}$	Símbolo: $L$	
	Unidad: $\text{CD/m}^2$	

Es importante destacar que sólo vemos luminancias, no iluminancias.

### Flujo luminoso:

( $\Phi$ ). La luz total o flujo luminoso de una fuente de luz se mide en lumen (lm). Es el flujo luminoso que, distribuido uniformemente en una superficie de un metro cuadrado, produce una iluminación de un lux en cada punto de la superficie. Par citar en ejemplo:

Para hacernos una primera idea consideraremos dos bombillas, una de 25 W y otra de 60 W. Está claro que la de 60 W dará una luz más intensa. Pues bien, esta es la idea: ¿cuál luce más? o dicho de otra forma ¿cuánto luce cada bombilla?, ver figura 1.2 (a), (b).



**Figura 1.2:** Comparación del flujo luminoso.

Cuando hablamos de 25 W o 60 W nos referimos sólo a la potencia consumida por la bombilla de la cual solo una parte se convierte en luz visible, es el llamado flujo luminoso.

Podríamos medirlo en Watts (W), pero parece más sencillo definir una nueva unidad, el lumen, que tome como referencia la radiación visible. Empíricamente se demuestra que a una radiación de 555 nm de 1 W de potencia emitida por un cuerpo negro le corresponden 683 lúmenes.

Se define el flujo luminoso como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es  $\Phi$  y su unidad es el lumen (lm) ver tabla 1.3. A la relación entre Watts y lúmenes se le llama equivalente luminoso de la energía y equivale a:

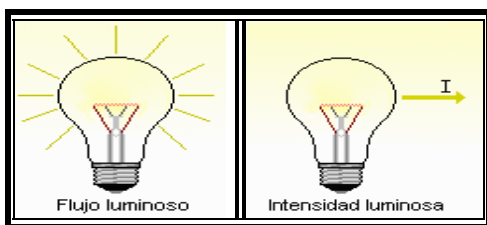
1 Watt-luz a 555 nm = 683 lm.

**Tabla 1.3** Flujo luminoso.

Flujo luminoso	Símbolo: $\Phi$
	Unidad: lumen (lm)

**Intensidad luminosa: (I).** Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido (estereorradián). La unidad de medida es la candela (cd) y es igual a un lumen por estereorradián.


El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, por ejemplo una bombilla, en todas las direcciones del espacio. Por contra, si pensamos en un proyector es fácil ver que sólo ilumina en una dirección. Parece claro que necesitamos conocer cómo se distribuye el flujo en cada dirección del espacio y para eso definimos la intensidad luminosa.



**Figura 1.3:** Diferencia entre Flujo e intensidad luminosa.

Se conoce como intensidad luminosa al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es  $I$  y su unidad la candela (CD), ver tabla 1.4.

**Tabla 1.4:** Intensidad luminosa.

Intensidad luminosa  $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: $I$	
	Unidad: candela (CD)	

#### Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa:

Ya mencionamos al hablar del flujo luminoso que no toda la energía eléctrica consumida por una lámpara (bombilla, fluorescente, etc.) se transformaba en luz visible. Parte se pierde por calor, parte en forma de radiación no visible infrarrojo o ultravioleta), etc, ver figura 1.4.



**Figura 1.4:** Balance energético de las lámparas.

Para hacernos una idea de la porción de energía útil definimos el rendimiento luminoso como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W, 60 W..). Mientras mayor sea mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por Watt (lm/W).

**Tabla 1.5:** Rendimiento luminoso.

Rendimiento luminoso $\eta = \frac{\Phi}{W}$	Símbolo:	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$
	Unidad: lm / W	

#### **Cantidad de luz:**

Esta magnitud sólo tiene importancia para conocer el flujo luminoso que es capaz de dar un flash fotográfico o para comparar diferentes lámparas según la luz que emiten durante un cierto período de tiempo. Su símbolo es Q y su unidad es el lumen por segundo (lm\*s).

**Tabla 1.6** Cantidad de luz.

Cantidad de luz $Q = \Phi \cdot t$	Símbolo: Q
	Unidad: lm*s

#### **Como principales aspectos a considerar trataremos:**

- Deslumbramiento.
- Lámparas y luminarias.
- El color.
- Sistemas de alumbrado.
- Tipos de alumbrado.
- Métodos de cálculo.
- Niveles de iluminación.
- Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento.

## Deslumbramiento

El **deslumbramiento** es la sensación producida por una brillantez dentro del campo visual suficientemente mayor que aquella a la cual el ojo está adaptado, como para causar una pérdida del rendimiento visual. La incomodidad por deslumbramiento en los interiores de los edificios resulta molesta y disminuye la calidad de la iluminación es lo ocurre cuando miramos directamente una bombilla o cuando vemos el reflejo del sol en el agua.

Existen dos formas de deslumbramiento, el **perturbador** y el **molesto**. El primero consiste en la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa; un ejemplo muy claro lo tenemos cuando conduciendo un coche se nos cruza otro coche con las luces largas. El segundo consiste en una sensación molesta provocada por la luz a nuestro ojos es demasiado intensa produciendo fatiga visual.

Pueden producirse deslumbramientos de dos maneras. La primera es por observación directa de la fuente de luz; por ejemplo, ver directamente las luminarias. La segunda es por observación indirecta o reflejada de las fuentes como ocurre cuando las vemos reflejada en alguna superficie (una mesa, un cristal, un espejo).

### Lámparas y luminarias.

Se utiliza el término lámpara para describir las fuentes de luz comúnmente llamadas bombillos y tubos. Las lámparas incandescentes, fluorescentes (que incluyen las fluorescentes compactas) y de descarga de alta intensidad son las más comunes en los sistemas de iluminación de las características que son comunes a todas. Las lámparas son los aparatos encargados de generar la luz, para su selección en cada caso serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, 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 comunes de las lámparas.**

**Rendimiento luminoso:** El rendimiento de una fuente de luz se determina dividiendo la salida (en lúmenes) entre la potencia de entrada (W). La unidad es lm/W.

**Vida útil promedio:** La vida útil promedio nominal de una lámpara es el valor, en horas, al cual fallan la mitad de un grupo grande de lámparas, en condiciones estándar de prueba. Cualquier lámpara particular o grupo de lámparas pueden desviarse de los valores publicados de vida útil nominal. Para lámparas fluorescentes y de descarga de alta intensidad, ese valor se ve afectado por el tiempo promedio que la lámpara está encendida antes de que sea apagada.

**Depreciación del flujo luminoso:** A través del tiempo, las lámparas pierden su habilidad para producir luz debido al envejecimiento. La depreciación del flujo luminoso representa el por ciento del flujo inicial en lúmenes que queda al 40 % de la vida nominal.

La depreciación del flujo luminoso se ve afectada por el tipo de balastro usado, por las tolerancias de voltaje y por el tiempo de encendido antes de que la lámpara sea apagada.

**Temperatura de color:** La temperatura de color de una lámpara se describe en términos de su apariencia luminosa a la vista, en el sentido de si parece “caliente” o “fría”. La temperatura de color se mide en una escala Kelvin, que va desde 1500 K (que parece rojo-naranja) hasta 9 000 K (que parece azul). Las fuentes de luz se encuentran entre estos dos valores; con aquellos valores de temperatura de color más altos (4 100 K) paren “frías” y aquellos con valores más bajos (3 100 K) paren “calientes”.

El **color** de las lámparas también afecta la calidad de la iluminación. Las preferencias de los usuarios es la mejor guía para el color a utilizar. Hoy en día resultan obsoletas muchas recomendaciones que existían respecto a combinaciones de la temperatura de color y de iluminación. Sin embargo, se conoce que cuando se utilizan lámparas de un rendimiento de color más alto, resulta necesario bajar la iluminación para obtener un brillo equivalente.

La equivalencia práctica entre apariencia del color y temperatura de color, se establece convencionalmente según la siguiente tabla:



**Tabla 1.7** Relación entre Apariencia y Temperatura del Color.

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

Hay dos aspectos en los que juega un papel decisivo la temperatura de color, que son:

**Índice de rendimiento del color:** El índice de reproducción cromática (IRC), caracteriza la capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz.

El IRC ofrece una indicación de la capacidad de la fuente de luz para reproducir colores normalizados, en comparación con la reproducción proporcionada por una luz patrón de referencia.

En la siguiente tabla se especifican los índices de rendimiento de color mínimos de las fuentes de luz expresados por grupos de calidad según la C.I.E.

**Tabla 1.8** Índices de rendimiento.

Grupo de rendimiento de color	Valores extremos IRC
1	$\geq 85$
2	70-85
3	$\leq 70$

**Índice de rendimiento de color:** El rendimiento de color describe el efecto que una fuente de luz tiene en la apariencia de los objetos de color. Mientras mayor es este factor, menor es la distorsión del color de los objetos que la luz de la lámpara provoca. El valor máximo de este índice es 100, el cual indica que no hay desplazamiento del color comparado con una fuente de referencia; y mientras menor es, más pronunciado es el desplazamiento. Los valores de este índice deben ser comparados solamente entre lámparas de temperatura de color similar.

## Sistemas de Alumbrado.

En una instalación de alumbrado, de acuerdo a como se hace llegar la luz al plano de trabajo se obtiene el sistema de alumbrado. Las luminarias, como elemento que entrega la luz en el área a iluminar es quien define, en primera instancia el sistema de alumbrado que se obtiene.

La cantidad adecuada y buena calidad de la luz se puede obtener con diferentes sistemas de alumbrado, los cuales se han clasificado de acuerdo con la distribución luminosa vertical de las luminarias.

La selección del sistema a utilizar se realiza sobre la base de las características físicas del local, la tarea visual a desarrollar y las condiciones de mantenimiento, lo que a su vez permite determinar el tipo de luminaria que se utilizará.

La clasificación de los sistemas de alumbrado es la siguiente:

- 1- **Indirecto:** (90% -- 100% hacia arriba). El techo funge como fuente de luz secundaria. Es el sistema menos eficiente, presente una distribución sencilla, ausencias de **sombras** y brillos lo cual la hace aplicable en locales de baja altura ( oficinas, escuelas, bibliotecas, etc.).
- 2- **Semi-indirectos:** (60% -- 90% hacia arriba). Es más eficiente que el indirecto, se logra una mejor relación de brillos entre la luminaria y el techo. Hay que tener cuidado con la producción de deslumbramiento.
- 3- **General Difusa :** (40% -- 60% hacia arriba). Es más eficiente que los sistemas anteriores ya que es mayor el porcentaje de luz que llega al plano de trabajo proveniente de la luminaria. La diferencia entre este sistema y el directo – Indirecto radica en la cantidad de luz emitida horizontalmente.
- 4- **Semi-Directa:** (60% -- 90% hacia abajo). Es más eficiente que los sistemas anteriores. Evita el contraste entre la fuente y el techo, reduce el peligro de deslumbramiento. Es aconsejable su utilización para medianas alturas de emplazamiento de luminarias.
- 5- **Directo :** (90% -- 100% hacia abajo). Es el más eficiente de todos. Las luminarias para este tipo de sistema presentan curvas de distribución anchas o estrechas para ser utilizadas de acuerdo con las dimensiones del local y

garantizar la menor pérdida de luz en las paredes, esto lo hace mas económico. Se recomienda en instalaciones de grandes alturas.

<b>Directo</b>		<b>General difuso</b>	
<b>Semi Directo</b>		<b>Semi Indirecto</b>	
<b>Directo Indirecto</b>		<b>Indirecto</b>	

**Figura 1.5:** Representación de los sistemas de alumbrado.

### 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 de estará condicionada por la lámpara utilizada y su entorno de trabajo. Hay muchos tipos de luminarias y seria difícil hacer una clasificación exhaustiva. Las 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 lámparas incandescentes tienen su ámbito de aplicación básico en la iluminación doméstica. Por lo tanto, predomina la estética sobre eficiencia luminosa. Solo en aplicaciones comerciales o en luminarias para la iluminación suplementaria se buscará un compromiso entre ambas funciones. Son aparatos que necesitan apantallamiento, pues el filamento de estas lámparas tiene una iluminancia muy elevada y puede producir deslumbramiento.

En segundo lugar tenemos las luminarias para lámparas fluorescentes. Se utilizan mucho en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, etc. por su economía y eficiencia luminosa. Así pues, nos encontramos con

una gran variedad de modelos que van de los más simples a los más sofisticados con sistemas de orientación de luz y apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores).

Por último tenemos las luminarias para las lámparas de descarga a alta presión. Estas son utilizadas generalmente para colgar a gran altura (industrias, y grandes naves con techos altos) o en iluminación de pabellones deportivos, aunque también hay modelos para pequeñas alturas. En el primer caso se utilizan las luminarias intensivas y los proyectores y en el segundo las extensivas.

### **Diseño de luminarias.**

Las luminarias abiertas y ventiladas han remplazado ampliamente al tipo no ventilado. En las ventiladas, la suciedad se va acumulando sobre la lámpara y el reflector mucho más despacio, debido a las corrientes de aire creadas por el calor de la lámpara. Este tipo se recomienda para toda clase de aplicaciones en lugares de gran altura, excepto para aquellos en que el aire este fuertemente cargado de polvo o los humos puedan atacar al reflector. En estas zonas se deberán usar siempre luminarias de "servicio duro" cerradas. Como las zonas de techo alto pueden ser anchas o estrechas y la tarea visual puede variar desde horizontal a vertical; las luminarias directas o semidirectas que se usan generalmente se clasifican por la distribución de su componente directo según la relación permisible entre la separación y altura de montaje.

### **Elección de la fuente de luz (lámparas).**

La elección de la fuente de luz (lámparas incandescentes, fluorescentes, vapor de mercurio, vapor de sodio y haluros metálicos) depende en gran medida de la apariencia externa y de los factores económicos. En ciertas ocasiones la gran superficie y el bajo brillo recomiendan el uso de lámparas fluorescentes desde el punto de vista del deslumbramiento.

Por otra parte, cuando se desea un control exacto del alumbrado, se necesitará una fuente lo más pequeña posible, cuyo más brillo es más efectivo. Las lámparas

fluorescentes y de vapor de mercurio deben descartarse en los lugares donde se van a encender frecuentemente, o donde van a estar sometidas a excesivas fluctuaciones de voltaje o a temperaturas extremas en los casos en que la capacidad de los conductores existentes limite la potencia a instalar, las lámparas fluorescentes suelen ser a menudo, el único medio para

resolver el problema de suministrar una mejor iluminación. En ciertas circunstancias, el color de la fuente de luz y las necesidades de conseguir un efecto agradable, pueden ser factores decisivos a favor de uno u otro tipo de lámparas

Desde otros puntos de vistas, los criterios a seguir para la elección del tipo de lámparas son los siguientes: **Las lámparas fluorescentes.**, cuando se desea un control exacto del alumbrado se necesitara una fuente lo mas pequeña posible, cuyo mas brillo es mas efectivo. Las lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio deben descartarse en los lugares donde se van a encender frecuentemente o donde van a estar sometidas a fluctuaciones de voltajes o temperaturas extremas.

**Lámparas fluorescentes.** Se imponen cuando se necesitan tonos blancos de luz y el nivel de iluminancia sobre el plano de trabajo sea superior a los 200 lux y la instalación se explota durante más de 2000 horas por año.

Empleo principal:

- Oficinas, viviendas, escuelas, fábricas y almacenes.
- Imprenta (donde el rendimiento del color es importante).
- Hospitales, clínicas, locales de inspección.
- Señalización en interior y exterior.

**Lámparas de vapor de mercurio:** Se utilizan generalmente cuando el color de la luz no es lo imperativo ,sobre todo en el alumbrado industrial, no obstante en aquellos casos en que en que el rendimiento del color sea fundamental, existen diferentes tipos de color corregido donde su utilización satisface plenamente los requerimiento sen cuanto al color se refiere; debido a su elevado rendimiento luminoso y su larga vida útil son especialmente indicados para alto puntal y alumbrado directo en naves industriales.

Aplicaciones principales:

- Alumbrado de jardineras.
- Alumbrado de calles, aeropuertos, terminales, campos deportivos.
- Alumbrado de alto puntal.
- Supermercados y tiendas por departamentos.
- Alumbrado de interiores y exteriores.

**Lámpara de haluros metálicos:** Las lámparas de bulbos censillos con soporte por los dos extremos son adecuadas especialmente para instalaciones de alumbrado deportivo de clase alta. Las de doble bulbo y doble soporte se utilizan en alumbrado de interiores especialmente en alumbrado de tiendas y posiciones. Existe otro tipo las cuales son de doble bulbo y soporte sencillo que son bastante usadas en alumbrado general.

Aplicaciones más comunes:

- Campos deportivos, naves industriales.
- Calles y autopistas, estaciones de ferrocarriles, puertos y astilleros.

**Lámparas de sodio de baja presión:** No son usadas en alumbrado de interiores por la luz monocromática amarilla que emiten, se recomiendan en alumbrado de calles y avenidas.

**Lámparas de sodio de alta presión:** Dan un rendimiento de color aceptable. Se usan con creciente extensión para todos los tipos de alumbrado exterior y para alumbrados de fábricas de alto puntal. Tipos especiales se utilizan en alumbrado decorativo y acentuado, estas lámparas se recubren para reducir su luminancia y minimizar los problemas relacionados con el deslumbramiento. Las lámparas de sodio de alta presión blancas con una temperatura de color correlacionado de 2500K y excelente rendimiento cromático  $Ra=85$  se emplea extensivamente en alumbrado acentuado y de exposición.

En general estas lámparas se pueden emplear en todas las aplicaciones de las lámparas de sodio de baja presión y pueden sustituir a las de vapor de mercurio.

Empleo más comunes:

- Alumbrado público, grandes áreas exteriores.- Instalaciones industriales de alto puntal, carreteras, calles y autopistas.
- Iluminación de monumentos, edificios, gasolineras, etc.
- Alumbrados de supermercados, tiendas por departamentos.

### **Métodos de iluminación.**

La iluminación producida por cada uno de los decretos en los sistema de alumbrado, se pueden agrupar en función de la luz en el áreas a iluminar. Esta clasificación determina diferentes métodos de iluminación del método de iluminación a utilizar, en lo fundamental, por: tarea visual a desarrollar, nivel luminoso exigido, ubicación de los puestos de trabajos, características estructurales del local.

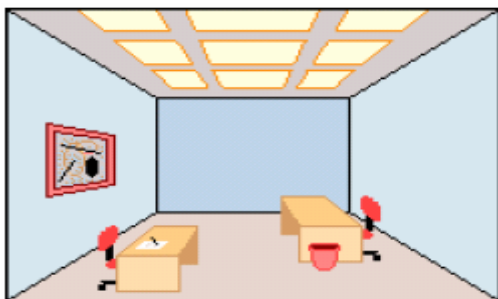
Para obtener un alumbrado adecuado para el confort visual, cabe actuar desde una iluminación sensiblemente uniforme de la superficie del local, o bien iluminar de una forma individual y especial el lugar de estudio según un criterio localizado. Por último, también puede producirse el caso, de que, para determinadas tareas, aun teniendo un alumbrado general satisfactorio, sea necesaria una exigencia mayor en determinados puntos, a los que se les suplementará la iluminación, para adaptarlos a ciertos valores específicos en lugares donde se realizan importantes trabajos visuales. Estos tres tipos de alumbrado se denominan: general, localizado y suplementario. La denominación de suplementario indica que no se utilizará de forma única, sino cualquiera de los dos sistemas anteriores.

En general ni el alumbrado local ni el suplementario deberán emplearse nunca solos, sino combinarse con el general. El problema radica en evitar una relación de contrastes excesivos y violentos entre el punto de estudio y sus aledaños. Para que el ojo humano no detecte diferencias de iluminación, es deseable una uniformidad de repartición de luminarias superior al 60%; por ello, los niveles de alumbrado general y local deberán ser proporcionales entre sí.

Los métodos de iluminación son:

1-alumbrado general: A través de este método se obtienen niveles de iluminación razonablemente uniformes en el área estudiada mediante un emplazamiento

simétrico de las luminarias, siempre cuidando que la relación entre la separación y la altura de montaje se encuentre dentro de los límites establecidos por el fabricante sobre la base de las características de distribución luminosa de las luminarias. Ver figura 1.6.



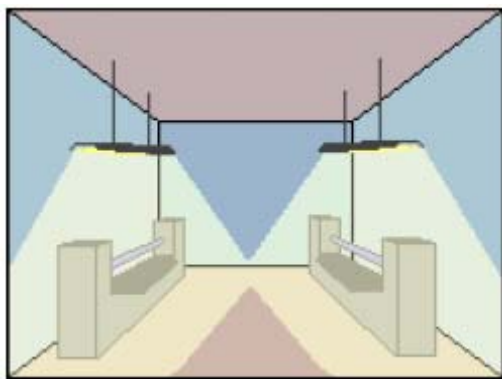
**Figura 1.6** Método de alumbrado general.

Se recomienda el empleo de este método de iluminación en talleres, oficinas, aulas y todos aquellos locales donde se requiera una buena uniformidad luminosa, con niveles luminosos entre medios y bajos.

2- Alumbrado General localizado: En este método las luminarias se colocan en zonas específicas de trabajo donde se necesitan altos niveles de iluminación y las áreas adyacentes reciben luz de estas. Ver la figura 1.6 y 1.7.

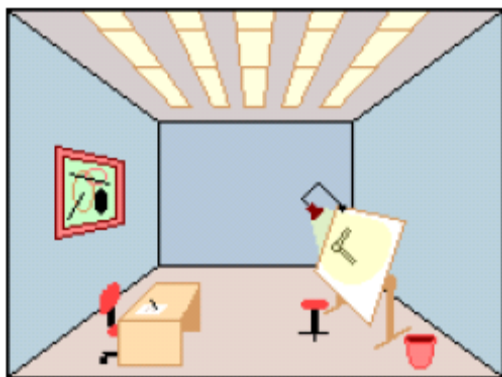
Se recomienda la utilización de este método en locales con mayores requerimientos de iluminación que en el método anterior y donde las exigencias de uniformidad luminosa no sean tan rigurosas, aunque en general se recomienda relación de brillos. Los tipos de luminarias utilizadas deben ser : directas, semidirectas o directas – indirectas, debido a la necesidad de la componente directa sobre el plano de trabajo.





**Figura 1.7** Método de alumbrado general localizado.

3- Alumbrado suplementario: Este método permite alcanzar altos niveles de iluminación en puntos específicos de trabajo mediante el enlace de fuentes luminosas adicionales y su combinación con el alumbrado general o el localizado. Ver figura 1.7 y 1.8. Se recomienda fundamentalmente cuando se requiere altos nivel de iluminación, los cuales no sean económicamente alcanzables con el uso de otro método. Tiene su mayor aplicación en puestos de trabajos donde se requiere alta precisión, como son maquinas herramientas, mesas de dibujos, etc.



**Figura 1.8** Método de alumbrado suplementario.

#### **Métodos de cálculo más empleados.**

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

El cálculo de una instalación de alumbrado depende de muchos factores, al igual que el diseño la correcta valoración de los mismos posibilitara la toma de decisiones para alcanzar el fin propuesto con éxito. Al igual que otras aplicaciones técnicas, el

calculo de numero de lámparas y luminarias para suministrar el nivel de iluminación requerido a una instalación puede requerir el uso de técnicas matemáticas complicadas o el uso de tablas, graficas y formulas mas sencillas. De echo existen diferentes métodos abreviados para resolver este tipo de calculo con distintos grado de exactitud y en dependencia del objeto que se desee alcanzar, los mas importantes son:

### **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 1.9** 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 está basado en la definición del lux.

$$E_i = \frac{F_T}{Area} \quad (1.1)$$

Donde:

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

$F_T$ -----Flujo total de lámpara, (lm).

Area ----- Area 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 formula básica del método queda de la siguiente forma:

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

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 íter reflexión de esta con la pared, el techo y el plano de trabajo. La determinación del numero de lámparas se determina a partir de la formula fundamental de la iluminación (Método del lumen) análoga a la expresión.

$$N_L = \frac{E \cdot Area}{F_L \cdot N_{LL} \cdot C_u \cdot C_m} \quad (3)$$

$C_U$ ---- 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 ambiente 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 o 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:

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

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  $\alpha$  respecto a la vertical, entonces se aplica la Ley del coseno.

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

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

$$E_V = \frac{I \cdot \sin \alpha}{d^2} = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{H^2} \quad (6)$$

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:

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

Donde:

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

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

n----- numero 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.

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

Donde:

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

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

$A_n$  -----Área de la superficie n, (m<sup>2</sup>).

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

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

Donde:

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

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

El valor  $E_{ind}$ , así calculado es valido 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:

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

Donde:

$E_{tot_i}$ ----- 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.

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

Donde:

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

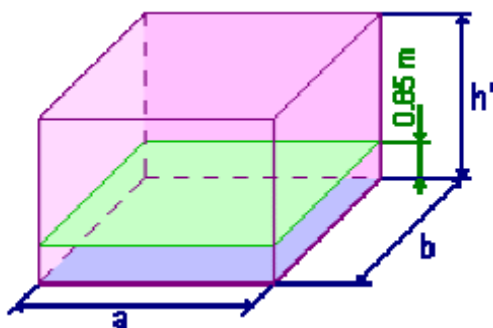
### **Método de los lúmenes para alumbrado interior.**

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. El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:

#### ***Diagrama 1.1 Algoritmo de cálculo.***



La siguiente figura muestra la superficies del local, así como ancho, largo y altura del plano de trabajo.



**Figura 1.10:** Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo.

➤ 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.

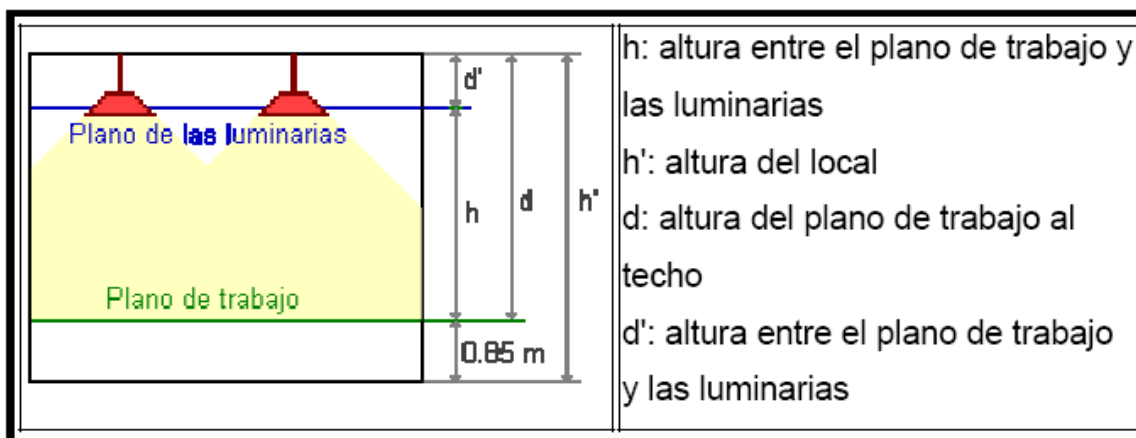
➤ Determinar el **nivel de iluminancia media** ( $E_m$ ). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y podemos encontrarlos tabulados en las normas y recomendaciones que aparecen en la bibliografía.

➤ 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.



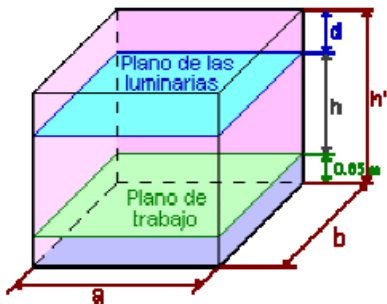


**Figura 1.11:** Altura del plano de trabajo.

**Tabla 1.9** Relación entre el local y la altura de la luminaria.

	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	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

**Figura 1.12:** Calculo del índice del local.

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 1.10** Coeficiente de reflexión.

	Color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
<b>Techo</b>	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
<b>Suelo</b>	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** (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 los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

Tabla 1.11 Factor de utilización.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (%)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.28	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.58	.53	.48	.57	.53	.48	.57	.53	.48
	5	.63	.58	.56	.63	.58	.56	.62	.58	.56
	6	.68	.63	.60	.68	.63	.60	.66	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67	

- 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:

**Tabla 1.12** Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento ( $f_m$ )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

**Cálculos.**

➤ Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la Fórmula.

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} \quad (12)$$

Donde:

$\Phi_T$  ----Es el flujo luminoso total.

E ----Es la iluminancia media deseada.

S-----Es la superficie del plano de trabajo.

$\eta$ -----Es el factor de utilización.

$f_m$  es el factor de mantenimiento.

**Cálculo del número de luminarias.**

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \quad (13)$$

Redondeado por exceso.

**Donde:**

N ----Es el número de luminarias.

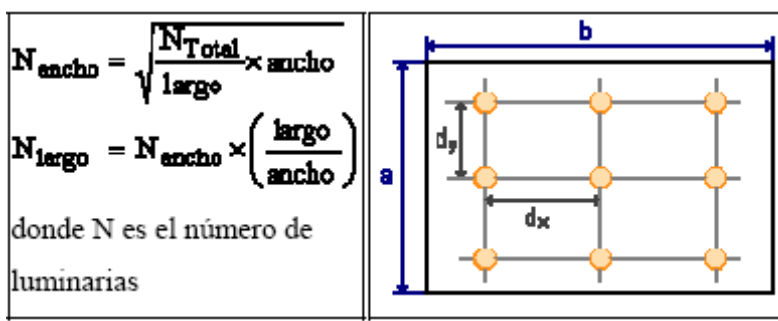
$\Phi_T$  ----Es el flujo luminoso total.

$\Phi_L$  ----Es el flujo luminoso de una lámpara.

n -----Es el número de lámparas por luminaria.

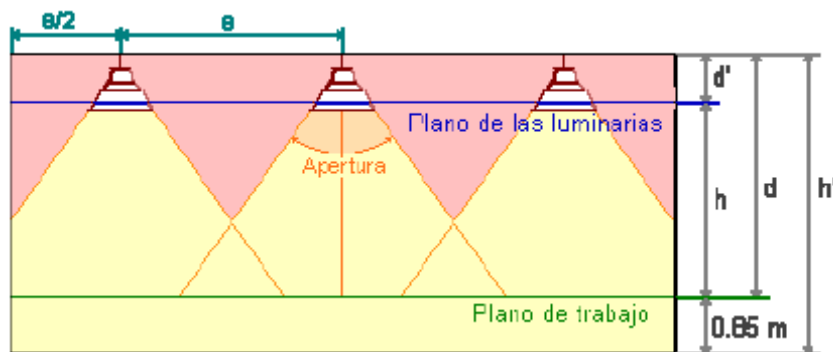
## Emplazamiento de las luminarias.

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuirlas 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:



**Figura 1.13:** Distribución de las 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 1.14:** Relación entre la separación entre las luminarias, el ángulo de apertura del haz de luz y la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

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 1.13** Relación entre el tipo de luminaria, la altura del local y la distancia máximas entre 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	$\leq 4$ 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.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{tablas} \quad (14)$$

## **Depreciación de la eficiencia luminosa.**

El paso del tiempo provoca sobre las instalaciones de alumbrado una disminución progresiva en los niveles de iluminancia. Las causas de este problema se manifiestan de dos maneras. Por un lado tenemos el ensuciamiento de lámparas, luminarias y superficies donde se va depositando el polvo. Y por otro tenemos la depreciación del flujo de las lámparas.

En el primer caso la solución pasa por una limpieza periódica de lámparas y luminarias. Y en el segundo por establecer un programa de sustitución de lámparas. Aunque a menudo se recurre a esperar a que fallen para cambiarlas, es recomendable hacer la sustitución por grupos a de toda la instalación a la vez según un programa de mantenimiento. De esta manera aseguraremos que los niveles de iluminancia real se mantengan dentro de los valores de diseño de la instalación.

## **1.5 Conclusiones.**

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

---

### **Diagnóstico del Sistema de alumbrado de la Unidad Presupuestada Las Camariocas.**

**Introducción.**

**Descripción de las instalaciones de alumbrado actual.**

**Caracterización del sistema de alumbrado actual.**

**Conclusiones.**

#### **2.1 Introducción.**

El presente capítulo tiene como objetivos básicos, caracterizar el sistema de alumbrado actual que presenta la U P y determinar las causas negativas que influyen en el alumbrado de la instalación. Este análisis partirá de las mediciones realizadas en las áreas de la instalación y a través de los cálculos se dejarán identificadas las deficiencias y se propondrán nuevas medidas en busca de mejoras. Para realizar un buen estudio es necesario conocer los tipos de fuentes de luz, especialmente sus características, funcionamiento y la distribución espectral; esto nos ayudará a seleccionar el tipo de fuente para mejorar los niveles de iluminancia media ( $E_m$ ).

#### **2.2 Caracterización de los sistemas de alumbrado que se utilizan en la actualidad.**

Los fabricantes de iluminación actual, tanto aquellos que diseñan y fabrican las fuentes de luz, como los que fabrican las luminarias, han desarrollado durante los últimos años productos de muy alta eficiencia, pero si comparamos el producto actual con el que se utilizaba hace treinta años, nos asombrarían los resultados.



Una lámpara de última generación ronda los 110 lúmenes/W mientras que una lámpara todavía hoy utilizada de vapor de mercurio a alta presión tiene una eficacia de 50 lúmenes/W, es decir, se ha duplicado el rendimiento.

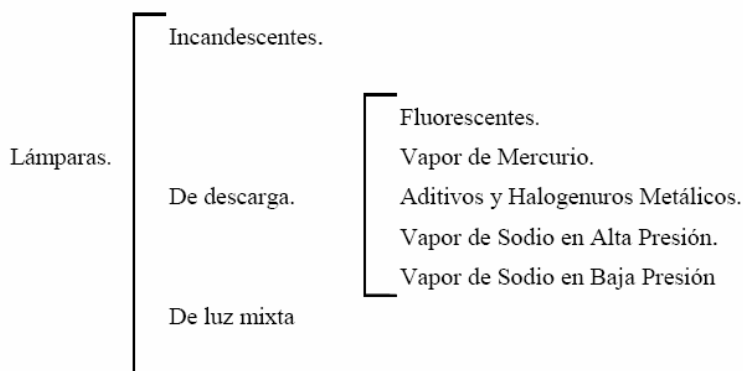
De igual modo, una luminaria actual dispone de reflectores con rendimientos del 80-85%, sistemas de regulación de lámpara que controlan la contaminación lumínica, etc. todo ello hace que sean elementos ya de por sí eficientes.

Es importante conocer los tipos de fuentes de luz (incandescente, luz mixta, mercurio y sodio), en especial sus principales características, funcionamiento y la distribución espectral; esto nos ayudará a seleccionar el tipo de fuente a utilizar en los cambios hacia las mejoras del nivel de iluminación.

Los conjuntos formados por luminaria y lámpara son altamente eficientes, mucho mejores que de los que disponíamos hace años atrás. Así como, su evolución podría semejarse a la de la industria de automóviles, con menor consumo, más prestaciones, más velocidad, más comodidad en fin grandes ventajas.

### **Características técnicas de los elementos más utilizados en los sistema de alumbrado actual.**

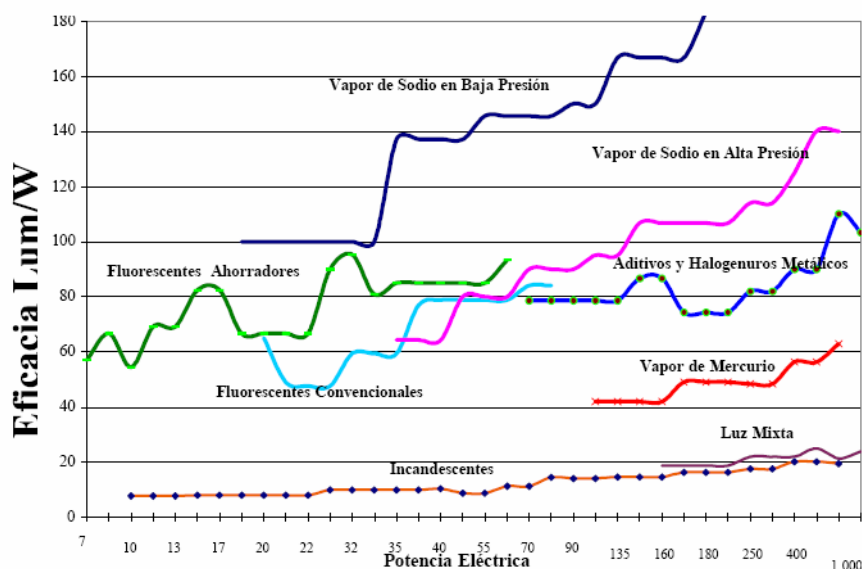
Las Fuentes luminosas o lámparas son aquellos objetos artificiales capaces de emitir radiaciones electromagnéticas con longitudes de ondas visibles para el ojo humano. Las fuentes luminosas artificiales de mayor importancia en nuestra época son las lámparas. Estas las podemos clasificar en la siguiente manera:



**Figura 2.1:** Se dan curvas de eficiencia del a lámparas en función de su tipo y potencia.

### Lámparas Incandescentes.

A través de un filamento metálico de cierta resistencia eléctrica (frecuentemente tungsteno, alojado al vacío dentro de una ampolla de vidrio de una atmósfera de un gas inerte), se hace pasar corriente eléctrica, lo que produce que el filamento llegue a un punto de incandescencia, emitiendo así radiaciones luminosas caloríficas. Las radiaciones electromagnéticas emitida por una lámpara incandescente son en promedio 90 % infrarrojas 10 % visibles; esto las convierte en buenas fuentes de calor. La construcción de un foco incandescente es relativamente sencilla, su funcionamiento también es simple y sin necesidad de aditamentos como balastos o reactores.



**Figura 2.2:** Eficacia de la lámpara en función del tipo y de la potencia.

**Tabla 2.1** Datos de las lámparas incandescentes.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA
10	78	7.8	1,000	90.0%
15	120	8.0	1,000	90.0%
25	250	10.0	1,000	90.0%
40	415	10.4	1,000	87.5%
50	440	8.8	1,000	90.0%
60	675	11.3	1,000	93.0%
75	1,090	14.5	1,000	92.0%
100	1,410	14.1	1,000	90.5%
150	2,200	14.7	1,000	89.5%
200	3,250	16.3	1,000	90.0%
300	5,290	17.6	1,000	89.0%
500	10,100	20.2	1,000	89.0%
1,000	19,500	19.5	1,000	82.0%

**Lámparas fluorescentes:**

La luz se produce debido al fenómeno de fluorescencia por medio de una descarga eléctrica dentro de un tubo cuya longitud es mucho menor que su diámetro, en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión. La radiación de mercurio en estas condiciones no es visible, por lo que se utilizan polvos fluorescentes, los cuales tienen la propiedad de cambiar la longitud de onda ultravioleta del arco a longitudes de onda dentro del espectro visible.

La cromacidad de la luz producida es una consecuencia de las características especiales de los polvos fluorescentes. Una lámpara luz de día hace resaltar los colores azules, disminuyendo los rojos; una lámpara blanco cálido por el contrario reproduce en mejor forma los colores rojos, mientras que los azules los desplaza hacia gris; la lámpara blanco frío es de una aplicación intermedia, reproduciendo mucho mejor los colores naranja, verde y amarillo, opacando un poco los rojos y azules.



La lámpara fluorescente posee la ventaja de no producir la luz desde un mismo punto focal, sino que hacerlo en forma suave y difusa por toda su extensión, sin producir resplandores ni sombras acentuadas. Por ello su luz aparece fresca y más eficiente, reduciendo el esfuerzo visual. La limitación de uso de lámparas fluorescentes se encuentra sobre todo en su altura de montaje, ya que para alturas superiores a los 3 metros, su aprovechamiento es reducido drásticamente.

Las lámparas fluorescentes requieren de un reactor o balastro para operar. Generalmente los balastros se diseñan para operar a la vez un par de lámparas. Recientemente se han diseñado balastros para operar tres o cuatro lámparas. De acuerdo a su tecnología de arranque, las lámparas fluorescentes se dividen en tres grupos:

- Arranque instantáneo
- Arranque rápido.
- Arranque por precalentamiento.

Arranque instantáneo. Estas también reciben el nombre “ slim line”. A la vista se identifican por su casquillo de un solo contacto o pin en cada extremo. Estas lámparas no requieren calentamiento previo ni arrancador, pero requieren de un elevado voltaje de arranque. El balastro enciende las lámparas en serie una después de la otra una vez encendidas las dos lámparas, una parte del balastro deja de operar. En caso de que algunas de las lámparas se fundan la otra puede seguir operando; no obstante, el balastro sigue funcionando y puede recibir daños de gravedad.

Arranque rápido. Las lámparas encienden en forma suave y con ligero retardo de hasta dos segundos. El balastro suministra una tensión de arranque menor que en caso Slim Line. No obstante, el balastro hace que los cátodos de las lámparas estén permanentemente calientes. La identificación simple de estas lámparas se realiza observando sus dos contactos o pines en cada uno de los casquillos de sus extremos.

Arranque por precalentamiento. Estas lámparas requieren además del balastro de un arrancador. Las lámparas, para poder operar, deben pasar primero por una corriente mayor que la su operación normal, con la que se calientan sus cátodos. Estas lámparas se encuentran ya casi fuera del mercado. También presentan dos contactos o pines en cada extremo.

**Tabla 2.2.** Datos de lámparas  
fluorescentes.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA	OBSERVACIONES
20	1,300	65.0	9,000	72.0%	AR Blanco Frío
20	1,075	53.8	9,000	72.0%	AR Luz de Día
21	1,030	49.0	7,500	81.0%	AI Luz de Día
22	1,050	47.7	12,000	72.0%	AR Circular B. Frío
22	850	38.6	12,000	72.0%	AR Circular L. d/Día
32	1,900	59.4	12,000	82.0%	AR Circular B. Frío
32	1,500	46.9	12,000	82.0%	AR Circular L. d/Día
39	3,000	76.9	9,000	82.0%	AI Blanco Frío
39	2,500	64.1	9,000	82.0%	AI Luz de Día
40	2,900	72.5	12,000	84.0%	AR TIPO U BF
40	3,150	78.8	12,000	83.0%	AR Blanco Frío
40	2,600	65.0	12,000	83.0%	AR Luz de Día
75	6,300	84.0	12,000	89.0%	AI Blanco Frío
75	5,450	72.7	12,000	89.0%	AI Luz de Día

### Lámparas T – 8.

Los sistemas denominados T8, lámparas de una (8/8) pulgada de diámetro, son lámparas fluorescentes que poseen las características mas avanzadas en calidad y eficiencia. Con un IRC de 85, un flujo luminoso por arriba de los 104 lúmenes por watt, operando con un balastro electrónico y un diámetro de 25 mm, las lámparas T8 son la mejor opción para diseños de iluminación de oficinas, bibliotecas, tiendas, hospitales y otras múltiples aplicaciones en donde sea importante ahorrar energía y



tener una iluminación de alta calidad. Estos productos cuentan con una gran variedad de temperaturas de color para crear ambientes y efectos diferentes.

Pueden encontrarse lámparas fluorescentes con un CIR de 85; estas son una excelente opción para oficinas, tiendas comerciales y aplicaciones industriales gracias a su alto CIR. Por otra parte, es posible obtenerlas de diferentes longitudes: 61, 91, 122 y 152 cm. Además, las lámparas T8 que proporcionan un mayor flujo luminoso, de excelente rendimiento de color y con la posibilidad de elegir entre tres distintas temperaturas de color: 3000 k, 3500k, 4100 k.

### Lámparas fluorescentes compactas.

Son lámparas pequeñas que funcionan bajo el principio de generación de luz fluorescente. Requieren de equipo adicional como un balastro o adaptador para poder ser instaladas. Las lámparas fluorescentes compactas, son una opción eficiente para sustituir un foco incandescente; ahorran hasta un 75 % de energía eléctrica por cada lámpara. Existen lámparas compactas que cuentan con un alto índice de rendimiento de color (un CIR de 82). Además, tienen un tiempo de vida 10 veces mayor que un foco incandescente. Su aplicación es ideal para pasillos, corredores, anuncios de emergencia, luz exterior y están disponibles en una gran variedad de longitudes, potencias y temperaturas de color.

**Tabla 2.3** Datos de lámparas fluorescentes compactas y largas.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	TIPO	OBSERVACIONES
7	400	57.1	10,000	Fluorescentes	PL-S
9	600	66.7	10,000		PL-S
11	600	54.5	10,000		ER-L PL-S
13	900	69.2	10,000		PL-S
13	860	66.2	10,000	Compactas	PL-C
17	950	55.9	10,000		ER-L SL
18	1,200	66.7	12,000		PL-L
18	1,100	61.1	10,000		ER-L SL
17	1,400	82.4	20,000	Fluorescentes  largas	ART8
25	2,250	90.0	20,000		ART8
32	3,050	95.3	20,000		ART8
34	2,750	80.9	20,000		AR Blanco Cálido T12
34	2,650	77.9	20,000		AR Blanco Frío T12
34	2,350	69.1	20,000		AR Luz de Día T12
60	5,600	93.3	12,000		AI Blanco Cálido T12
60	5,400	90.0	12,000		AI Blanco Frío T12

**Lámparas de alta intensidad de descarga (HID).**

Lámparas de vapor de Mercurio.

Estas lámparas pertenecen a la familia identificada como lámparas de alta intensidad de descarga (HID). La luz se produce al paso de la corriente eléctrica a través de gas de mercurio gasificado de baja presión. Las lámparas de alta intensidad de descargas llevan un tubo de descarga gaseoso que va alojado en el interior de un bulbo protector. Este tubo de descarga opera a presiones y densidades y corriente de magnitud suficiente alta para producir la radiación visible, cuando en sus electrodos se aplica una tensión que da lugar a un arco eléctrico que posteriormente ioniza el gas. Esto vaporiza el mercurio, calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable.

La cantidad de mercurio puro que contiene una lámpara se gradúa con exactitud; también se incluye gas argón para facilitar la descarga eléctrica. Las lámparas producen una luz verde azulada blanquecina debido a la ausencia de radiaciones rojas que provoca la combinación mercurio – argón.

**Lámparas de vapor de Sodio en alta Presión (VSAP).**

Estas lámparas funcionan bajo el mismo principio que las de vapor de mercurio pero varían en sus componentes y geometría. Sus componentes son : sodio, mercurio y un gas noble que puede ser argón o xenón; el principal productor de la luz es el sodio que a diferencia de las lámparas de mercurio, se encuentra a alta presión. El mercurio en este caso es un corrector de color y controlador de voltaje; el xenón es empleado para iniciar la descarga eléctrica.

**Tabla 2.4** datos de las lámparas de mercurio.

POTENCIA	FLUJO LUMINOSO	EFICACIA	VIDA	DEPRECIACION
Watt	lumenes	lum/W	horas	LUMINOSA
100	4,200	42.0	24,000	82.0%
175	8,600	49.1	24,000	89.0%
250	12,100	48.4	24,000	84.0%
400	22,500	56.3	24,000	86.0%
1,000	63,000	63.0	24,000	77.0%



Poseen una alta eficacia luminosa, pero con bajo rendimiento del color. Requieren de un periodo de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez; si existe una interrupción momentánea, el tiempo de rendimiento es casi de un minuto. La función de arranque se efectúa por la intervención de un circuito electrónico llamado ignitor, que trabaja en conjunto con los componentes magnético del balastro. Estas lámparas producen una luz dorada blanquecina provocada por el predominio del sodio y la corrección de color de mercurio.

**Tabla 2.5** Datos de Lámparas de VSAP.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA
35	2,250	64.3	24,000	90.0%
50	4,000	80.0	24,000	90.0%
70	6,300	90.0	24,000	90.0%
100	9,500	95.0	24,000	90.0%
150	16,000	106.7	24,000	90.0%
250	28,500	114.0	24,000	90.0%
400	50,000	125.0	24,000	90.0%
1,000	140,000	140.0	24,000	90.0%

### **Lámparas de Vapor de Sodio en Baja Presión (VSBP).**

El principio de operación es el mismo que el de las demás lámparas de descargas, pero el gas de sodio se encuentra a baja presión y su geometría es de mayores dimensiones, llegando a presentar una longitud mayor a un metro. Este tipo de fuente luminosa es el de mayor eficacia luminosa, pero también la de menor rendimiento de color: tan solo 20%. Por ello, su brillantez es totalmente monocromática en diferentes tonos de amarillo.

Para la iluminación de seguridad, las lámparas de sodio de baja presión ofrecen la mayor eficacia luminosa. Debido a que en el espectro de frecuencias que emite esta lámpara está presente únicamente el color amarillo, se puede aplicar a lugares con mucha niebla y lugares con contaminación, ya que el ojo es más sensible a este color y facilita su visión.



**Tabla 2.6** Datos de Lámparas de VSBP.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA
18	1,800	100.0	10,000	100.0%
35	4,800	137.1	24,000	100.0%
55	8,000	145.5	24,000	100.0%
90	13,500	150.0	24,000	100.0%
135	22,500	166.7	24,000	100.0%
180	33,000	183.3	24,000	100.0%

### Lámparas de Aditivos Metálicos.

Es otra lámpara de alta intensidad de descarga que se caracteriza por su luz blanca y ser la de mejor rendimiento de color con alta eficacia luminosa. Cuando se requiere de iluminación de gran calidad en la reproducción de colores y en locales con altura superior a los tres metros de altura, esta fuente luminosa es la opción adecuada. Ahorra bien, en locales donde la reproducción de colores no es necesidad imperiosa, el uso de estas lámparas resulta un lujo. Sus aplicaciones son bastantes versátiles, pudiéndose emplear tanto en locales interiores como en exteriores. Son especialmente recomendables para clubes deportivos, centros comerciales, alumbrado decorativo y de espectáculos, naves industriales y lugares donde se realizan tareas de precisión y clasificación por colores. La temperatura de color de este tipo de lámpara es de 4100 K.

La nueva generación de este tipo de lámparas se conoce como Halogenuros Metálicos. Ellas presentan una nueva tecnología que ha permitido reducir sus necesidades de potencia eléctrica, así como sus dimensiones de diseño. Esto permite emplearlas en aplicaciones de baja altura (entre 3 y 5 metros) dentro de oficinas, auditorias, centros comerciales, tiendas de ropa, joyerías etc.

**Tabla 2.7** Datos de la Lámparas de Aditivos Metálicos.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA	OBSERVACIONES
70	5,500	78.6	10,000		HQI
150	13,000	86.7	10,000		HQI
175	13,000	74.3	10,000	77.0%	AM
250	20,500	82.0	10,000	83.0%	AM
400	36,000	90.0	20,000	90.0%	AM
1,000	110,000	110.0	12,000	80.0%	AM
1,500	155,000	103.3	3,000	92.0%	AM

### Lámpara de Luz Mixta.

La lámparas de luz mixta fueron creadas para corregir la luz azulada de las lámparas de mercurio y para esto se adiciona dentro del mismo bulbo un filamento incandescente. Estas lámparas se pueden conectar a la red eléctrica sin necesidad de emplear un balastro, pues que el filamento, además de fuente luminosa, actúa como resistencia limitante de la corriente eléctrica. Normalmente opera a un voltaje 220 V.

Estas lámparas se aplican en alumbrado de interiores y exteriores sustituyendo directamente a la iluminación incandescente de latas potencias. Su índice de reproducción de colores es de los altos,, pero su eficacia luminosa es bajísima, resultando en altos consumidores de energía.

**Tabla 2.8** Datos de Lámparas de Luz Mixta.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA	OBSERVACIONES
160	3,000	18.8	6,000	57.0%	LUZ MIXTA
250	5,500	22.0	6,000	65.0%	LUZ MIXTA
500	12,500	25.0	6,000	74.0%	LUZ MIXTA
500	10,950	21.9	2,000	96.0%	iodo cuarzo
1,000	21,400	21.4	2,000	96.0%	iodo cuarzo
1,500	35,800	23.9	2,000	96.0%	iodo cuarzo

### . Defenicion 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.

### Descripción del trabajo del balasto.

El voltaje requerido para encender la lámpara depende de la longitud y el diámetro de ésta, para lámparas largas se requiere altos voltajes. Cada lámpara fluorescente debe ser operada por un balasto, que es diseñado específicamente para proveer el conveniente voltaje requerido para arrancar y operar las mismas.

En todo sistema de iluminación fluorescente, el balasto cumple tres tareas básicas:

- Proveer el voltaje adecuado para formar un arco entre los dos electrodos.
- Regular la corriente eléctrica que circula a través de la lámpara para producir una luz estable.



- Suplir el voltaje requerido para una operación adecuada de la lámpara y compensar las variaciones en la alimentación.

En sistemas fluorescentes de arranque rápido, el balasto debe cumplir una tarea adicional, proveer continuamente voltaje para mantener caliente los electrodos de la lámpara, a un nivel recomendado por el fabricante, mientras que la lámpara funciona. Si el electrodo de una lámpara de arranque rápido no está continuamente caliente, ésta podría deteriorarse prematuramente, reduciendo así vida útil.

### **El balasto electromagnético.**

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.



### **Ventajas de los balastos electrónicos.**

Los balastos electrónicos están compuestos de grupos de componentes de estado sólido que convierten líneas normales AC o DC a frecuencias entre 20 y 60 Khz., la cual es usada entonces para ejecutar las funciones del balasto.

Una de las principales ventajas de este tipo de balasto es que gracias a la incorporación de elementos de estado sólido y la operación a altas frecuencias, los balastos electrónicos requieren de menos energía para producir los mismos niveles de iluminación que se logran con los balastos electromagnéticos.

### **Factor de potencia del balasto.**

El factor de potencia de un balasto, nos indica que tan eficientemente se convierte el voltaje y la corriente suplidadas por la fuente de potencia en vatios de potencia utilizable para la producción de luz.

Las mediciones del f.p. indican solamente si se está utilizando la potencia que se le está suministrando al balasto. Ellas no son un indicativo de la habilidad del balasto para suplir luz a través de la lámpara. Los balastos utilizados en aplicaciones comerciales, industriales residenciales deberán ser de alto factor de potencia (mayor o igual a 90 %). Los balastos con bajo f.p.(menor o igual a 77%) requieren altas corrientes de línea con la consecuencia de sobrecargar los circuitos.

La eficacia de las lámparas de descarga oscila entre los 19-28 lm/W de las lámparas de luz de mezcla y los 100-183 lm/W de las de sodio a baja presión.

**Tabla 2.9:** Eficacia de las lámparas.

<b>Tipo de lámpara</b>	<b>Eficacia sin balasto (lm/W)</b>
Fluorescentes	38-91
Luz de mezcla	19-28
Mercurio a alta presión	40-63
Halogenuros metálicos	75-95
Sodio a baja presión	100-183
Sodio a alta presión	70-130



### **Reflectores**

### **especulares**

Son láminas dobladas de aluminio anodizado 99 por ciento puro, con apariencia de espejo (su reflectividad es superior al 85 %). Se instalan dentro de las luminarias para aumentar su eficiencia lumínica. Su forma geométrica redobla la luz a los lugares donde se necesita; no hay disminución en la calidad de la iluminación.

### **Características:**

- Reducen a la mitad el número de tubos y balastos en cada luminaria, ahorrando el 50 por ciento de electricidad.
- Entregan más luz usando menos electricidad.
- Al generar 50 por ciento menos calor, las lámparas modificadas disminuyen la demanda de aire acondicionado.
- Los balastos y los tubos trabajan a menor temperatura, lo que aumenta su vida útil y su eficiencia.
- Con 50 por ciento menos de tubos y balastos, los costos de mantenimiento y reposición se reducen a la mitad, permitiendo menos horas del personal de mantenimiento dedicadas a reemplazar tubos.

### **Descripción de la empresa.**

La Unidad Presupuestada “Las Camariocas” (UP) se localiza en la costa norte oriental con domicilio legal en la carretera Moa – Baracoa Km.16 Municipio Moa, perteneciente a la Unión del Níquel del Ministerio de la Industria Básica.

Esta fue creada en 1977, diseñada para producir 30 000 toneladas de Níquel y 1300 toneladas de Cobalto por año, con un potencial de expansión hasta 38 000 toneladas de Ni y Cobalto en el año con una eficiencia total de 83 % para Ni y 43% para Cobalto. Por decisión del estado en marzo del 2000 se procedió a la cancelación de este proyecto.

Esta Inversión cuenta con 367 trabajadores los cuales se ha dedicado en los últimos años al mantenimiento y reconservación por ser una inversión paralizada. Para este año se propone mantener este nivel de actividad, mas el mantenimiento general y puesta en marcha de las plantas que intervienen en el proyecto que se negocia.



Como una tarea del país, se desmontan los elementos tecnológicos que no intervienen en el proceso Ferro níquel (**FeNi**), para su almacenamiento o venta.

El destino final del nuevo proyecto es implementar una empresa de producción de FeNi, integrada al grupo Empresarial del Níquel, Cuba Níquel, Subordinado al Ministerio de la Industria Básica.

Actualmente la Unidad Presupuestada Inversionista Las Camariocas, tiene como objeto social los siguientes aspectos:

- Prestar servicios de reparación, mantenimiento y conservación a instalaciones, maquinarias, equipos industriales, sistemas automatizados y climatizados al sistema de MINBAS y a terceros en ambas monedas.
- Servicios de reparación y mantenimiento a equipos de transporte a la Organización Empresarial Cubaníquel en ambas monedas.
- Servicios integrales de ingeniería en montaje, ajuste y puesta en marcha equipos en materia metalúrgica, eléctrica, mecánica y civil a la Organización Empresarial Cubaníquel y a terceros en ambas monedas.
- El servicios de tomas de muestra para la caracterización del mineral a la Organización Empresarial Cubaníquel ambas monedas.
- Servicios de pintura a equipos en instalaciones de la Organización Empresarial Cubaníquel y a terceros en ambas monedas.
- Ofrecer servicios de depósito, suministro y distribución de combustible destinado al proceso productivo de la empresa mixta MOA-NIKEL S.A. en divisa.
- Brindar servicios de alquiler de almacenes temporalmente disponible en moneda nacional cobrando los gastos en pesos cubanos convertible al costo.
- Servicios de reforestación de áreas protegidas y mineras a la Organización Empresarial Cubaníquel y a terceros en ambas monedas
- Comercializar de forme mayorista en ambas monedas chatarra a la Empresas de Recuperación de materia primas de Holguín y Productos Ociosos.



Estos servicios se prestan al sistema del MINBAS, al Grupo Empresarial del Níquel y a terceros en ambas monedas.

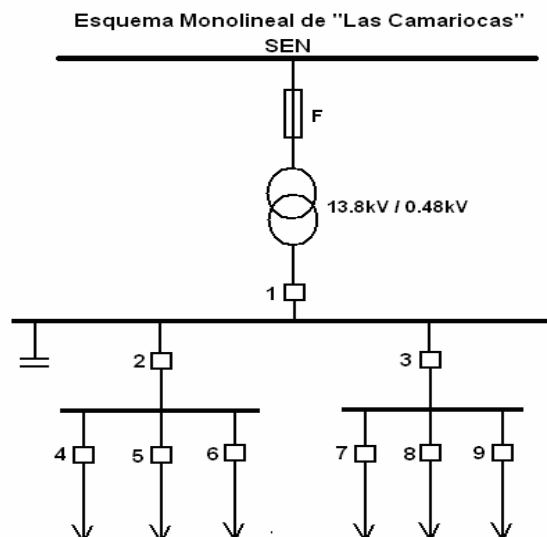
### **2.3 Descripción de las instalaciones de alumbrado actual.**

El Sistema de Suministro Eléctrico de la Empresa “Las Camariocas” esta configurado a partir de un servicio radial lo cual se alimenta desde la subestación de 220 kV de Punta Gorda, la misma alimenta un circuito para facilidades temporales a un nivel de voltaje de 13,8kV por alta, lo cual esta protegido por fusibles. Después tiene conectado un transformador de fuerza con las siguientes características.

- Tipo TM 630/132 – 74 T ONAN
- Potencia Aparente: 630kVA
- Conexión: Delta Estrella Aterrada ( $\Delta$  - Y – 11)
- Voltaje por Alto: 13.8kV
- Voltaje por bajo: 0.48kV
- Corriente del primario: 27.6 A
- Corriente del secundario: 75.8 A
- Parte Activa: 1490 kg.
- Aceite: 770 kg.
- Peso Total: 3289 kg.
- Frecuencia: 60 Hz (3 $\phi$ )
- Fabricación: URSS
- UK %: 5.83

Nuestra del esquema monolineal de la empresa.





**Figura 2.3** Esquema monolineal general.

Este transformador se subordina dos circuitos, uno que garantiza el suministro eléctrico a Las Plantas (Servicio Energético, Secadero y Hornos) y a través del subestación eléctrica 7RP subordinan la Taller Mecánico Central y el Taller Automotor.

El segundo garantiza el suministro a los siguientes receptores, Taller Eléctrico, Taller de Refrigeración más Reparación de ESUNI, Edificio Socio Administrativo, Almacén 40 y la Laboratorio Químico Central (Servicio Energético, Secadero y Hornos).

Estas cargas están conectadas a través de dos interruptores de caja moldeada de procedencia rusa. Por ahora no se conoce el nivel de cortocircuito y no están seleccionados adecuadamente los interruptores por la parte baja del sistema así como en diferentes ramales principales.

No se conoce el coeficiente de carga real del transformador y los demás elementos inherentes como las pérdidas por transformación. La no existencia de gráficos de carga de la empresa así como las informaciones de las principales magnitudes eléctricas indica un desconocimiento de las magnitudes que no permite el ajuste del

sistema. Existe un condensador de 44.1 kVAr conectado a nivel de tensión de 440 V alejado del punto de conexión común.

### **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.
- Se realizaron varias lecturas para poder obtener el valor medio y evitar la introducción de errores.

### **Mediciones de los niveles medios de iluminación (lux).**

Las mediciones de lux se realizaron en un periodo de dos semanas aproximadamente, en el interior y exterior de la empresa, el trabajo fue hecho con tres mediciones por local en diferentes partes, a estos valores obtenidos se les calculó el valor medio y con el resultado se trabajó en el cálculo. Para lograr la representabilidad del trabajo experimental se obtuvo el valor medio, el cual se comprobó a través de un análisis estadístico previo.

### **Selección de los puntos de medición.**

Los puntos donde se realizaron las mediciones de lux se efectuaron en todos los lugares de trabajo de la instalación que requieren de una buena iluminación. Se hicieron 679 en total.

### **Descripción del equipo de medición.**

Las mediciones se realizaron con un luxómetro digital, portátil destinado para las mediciones de iluminación en las empresas industriales u otras áreas:

Marca: HIOKI.

Lux Máximo: 3423 lux.

Measurement Range: 0,00 ~ 19,99 / 199,9 / 1,999 / 19,99<sub>0</sub> / 199,9<sub>00</sub> Lx.

Para realizar las mediciones se tuvo en cuenta las dimensiones de cada local de la empresa como se recoge en la tabla 2.10 y anexo 1.



**Tabla 2.10** Dimensiones de los locales.

#	Local	Largo.	Ancho.	Altura.
1	Laboratorio. Eléctrico.	7.10	5.81	<b>2.70</b>
2	Taller de mecánica fina.	11.87 3.81	8.31 3.10	3.15
3	Gabinete de Seguridad Industrial.	8.31	6.04	<b>2.68</b>
4	Servidores.	5.70	3.93	<b>2.68</b>
5	J' grupo de Computación.	5.70	3.93	<b>2.68</b>
6	Seguridad Industrial..	9.10	4.83	3.15
7	Brigada de mantenimiento eléctrico.	11.90 2.80	9.03 2.30	3.15
8	Computación.	8.17	6.0	3.15
9	Salón de Reuniones.	3.55	3.50	3.15
10	Oficina del J' de taller energético.	4.41	3.53	3.15
11	Baño.	2.22	1.82	3.15
12	Pantry.	2.22	1.82	3.15
13	Archivo.	3.55	1.82	3.15
14	Buró Sindical.	8.31	5.82	3.15
15	Mesa de Trabajo.	7.90 6.20	5.53 4.60	<b>2.68</b> <b>2.68</b>
16	Oficina del J' de Brigada.	2.82 2.82	2.25 2.25	<b>2.68</b> <b>2.68</b>
17	Almacén.	6.0	4.20	<b>2.68</b>
18	OCIS.	5.63	3.60	<b>2.68</b>
19	OCIS.	3.21	3.21	<b>2.68</b>
20	Baño de Hombres.	8.10	2.10	3.15
21	Taquillas y Duchas.	7.20	2.70	3.15
22	Baños de mujeres.	8.10	2.0	3.15
23	Oficinas de Economía.	5.73	4.50	3.15
24	Oficina de Gastronomía.	3.30	5.73	3.15
25				
26	Oficina .Almacén de insumo.	4.50	2.70	3.15
27	Fregadero.	5.70	3.60	3.15
28	Area de servicios al comedor.	4.5	3.0	3.15
29	Comedor.	12.30	8.10	3.15
30	Secretaria J' de Gastronomía.	3.15	2.70	3.15
31	J' de gastronomía.	6.0	3.15	3.15
32	Pantry.	2.70	1.21	3.15
33	Servicios Sanitarios.	2.70	1.21	3.15
34	Almacén.	5.80	2.96	<b>2.64</b>
35	Local.	3.95	2.96	<b>2.64</b>
36	Cuarto eléctrico.	4.0	2.70	3.15
37	Sala de Historio.	5.70	4.80	<b>2.63*</b>
38	Caja Salón de	6.45	4.75	3.15
39	Caja.	4.75	3.21	<b>2.68</b>
40	Lobby 2	8.23	6.75	<b>2.64</b>
41	Lobby 1(entrada del comedor)	8.23	4.46	3.15
42	Pasillo 1. Largo.	23.80	2.13	3.15



43	Pasillo 2 ancho.	11.80	4.30	3.15
----	------------------	-------	------	------

Con los resultados obtenidos en las mediciones realizadas (ver tabla 2.11 y anexo 2) se pudo comprobar que los niveles de iluminación en muchos de las áreas de la instalación se comportan muy bajos en comparación con el valor establecido por el comité internacional de iluminación, debido a la inadecuada distribución, altura y selección de las lámparas.

**Tabla 2.11** Niveles de iluminación actual en la instalación.

#	Local	Nivel de Iluminación Máximo	Nivel de Iluminación medio.	Nivel de Iluminación mínimo.
1	Laboratorio Eléctrico.	370	225	185
2	Taller de mecánica fina.	1097	443	297
3	Gabinete de Seguridad Industrial.	518	211	171
4	Servidores.	200	180	191
5	J' grupo de Computación.	378	281	197
6	Seguridad Industrial.	708	242	175
7	Brigada de mantenimiento eléctrico.	1484	520	108
8	Computación.	480	302	230
9	Salón de Reuniones.	405	345	242
10	Oficina del J' de taller energético.	282	214	183
11	Baño.	No hay		
12	Pantry.	414	342	
13	Archivo.	200	148	126
14	Buró Sindical.	571	416	218
15	Mesa de Trabajo.	114	93	14
16	Oficina del J' de Brigada.	374 392	295 352	248 276
17	Almacén.	393	378	67
18	OCIS.	337	208	172
19	OCIS.	495	340	268
20	Baño de Hombres.	212	212	175
21	Taquillas y Duchas.	256	311	165
22	Baños de mujeres.	321	283	154
23	Oficinas de Economía.	337	259	193
24	Oficina de Gastronomía.	397	283	73
26	Oficina Almacén de insumo.	NO HAY		
27	Segadero.	218 luz artificial	147 luz artificial	76 luz artificial.
28	Area de servicios al comedor.	168	91	71
29	Comedor.	1543 841 / 785	565 /382	283 / 207
30	Secretaria J' de Gastronomía.	185	178	145
31	J' de gastronomía.	589	387	266
32	Pantry.	1620 luz artificial	571	253
33	Servicios Sanitarios.	1167 luz	796	226

		artificial		
34	Almacén.	158	114	54
35	Local.	153	76	60
36	Cuarto eléctrico.			
37	Sala de Historio.	924	818	774
38	Caja Salón de	320	210	111
39	Caja.	256	155	92

Para comprobar estos resultados se realizaron simulaciones con software profesional de iluminación de las firma TROLL y INDALWIN, los cuales permitieron validar los resultados obtenidos en este capítulo.

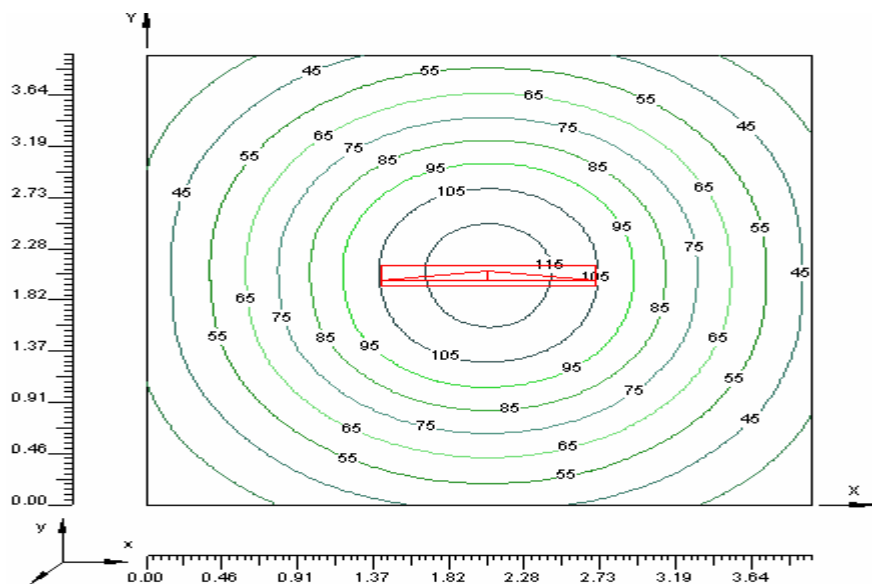
Como se muestran en la figuras 2.4 y 2.5 el nivel de iluminación medido en esos locales es de 230 lux, aquí es una evidencia de la inadecuada iluminación que presenta dicho local. Las simulaciones comprueban que la oficina presenta una mala iluminación. Además de decir que es un local donde se realiza trabajo con equipos de informática donde se recomienda un nivel medio de 500 lux.



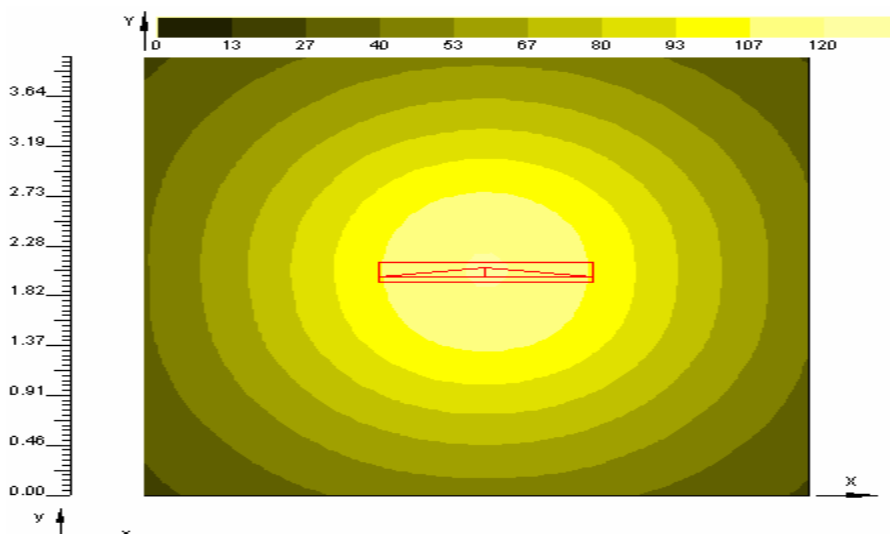
**Figura 2.4** Local de la secretaria del jefe de mantenimiento.



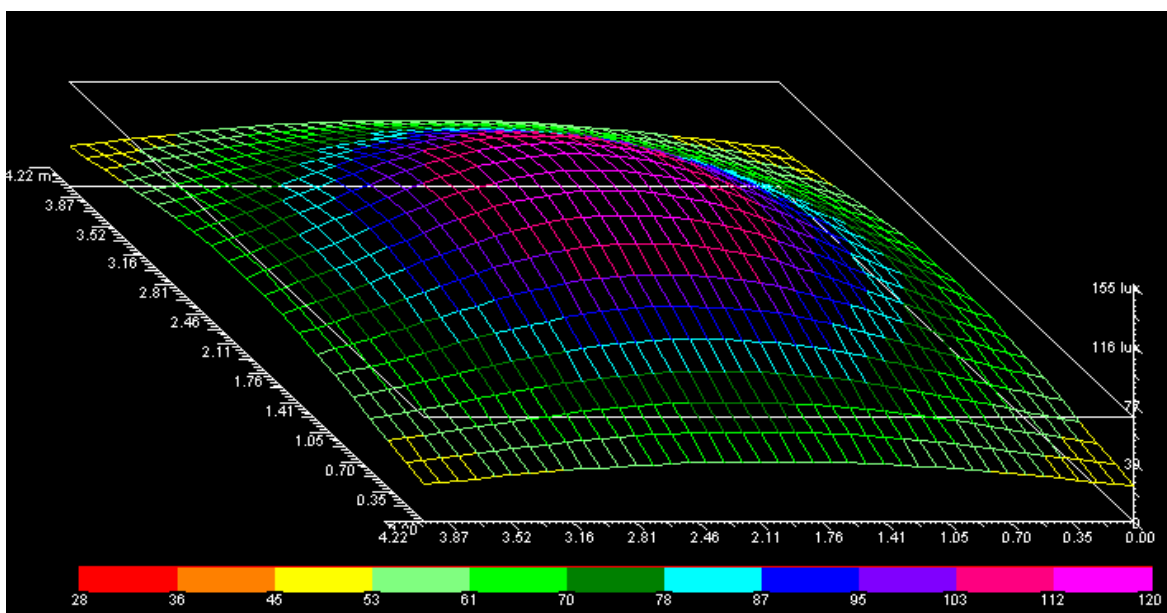
**Figura 2.5** Simulación del local anterior.



**Figura 2.6** Curva de distribución de la luminaria.



**Figura 2.7** Nivel de iluminación que se proyecta sobre el plano de trabajo.



**Figura 2.8** Grafico Tridimensional del punto de luz.

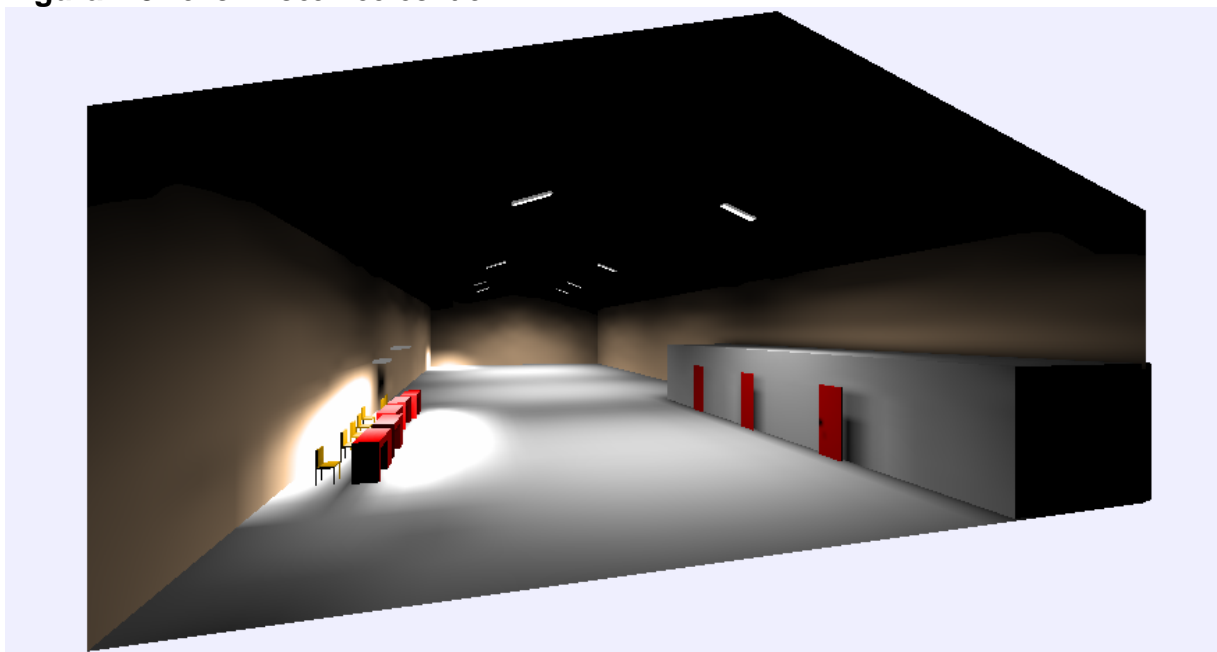
En la siguiente figura 2.9 se muestra el taller mecánico central. El cual se utiliza para reparaciones de transformadores, chapistería, confección de piezas, soldadura, prueba de motores entre otros servicios. Dicho taller solo funciona una sola lámpara de 400 W, también cuenta como los demás talleres y los dos almacenes con algunas



tejas translucidas que ayudan a la visibilidad de los trabajadores, pero no cumple con las normas cubanas. En la simulación se muestra la existencia de falta de luz.



**Figura 2.9** Taller mecánico central.



**Figura 2.10** Simulación del taller mecánico central.

En el departamento técnico se realiza trabajo de esfuerzo visual tanto de equipos de informática de pantallas como de escritura en buro etc. Este local presenta una iluminación débil a pesar de que tiene dos ventanas de cristal que pasan los rayos



ultravioleta y ayudan a incrementar el nivel de esta. El nivel no satisface a los colaboradores del área. Las simulación confirman que el nivel medio esta por debajo del recomendado por la norma y existe presencia de deslumbramiento con los cristales y el techo.



**Figura 2.11** Local Departamento Técnico.



**Figura 2.12** Simulación del Departamento Técnico.

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

Con el levantamiento realizado en el sistema de alumbrado de la instalación De la unidad presupuestada Las Camariocas se comprobó que las mayores dificultades del mismo a son:



1. Las pantallas protectoras sucias (cubierta de polvo.)
2. Los niveles de iluminación en casi todos los locales interiores no cumple con la normas cubanas..
3. Muy bajos niveles de iluminación en todos las áreas exteriores.
4. La falta de luminarias completas (ausencia de pantallas protectoras).
5. La falta de torres de alumbrado y/o la necesidad del mantenimiento de las existentes.
6. No se realiza el mantenimiento requerido a las luminarias.
7. La altura en algunos casos no se corresponde con su flujo luminoso.
8. La necesidad de restituir el conductor.
9. Falta de lámparas y sustitución de las rotas.
10. La existencia de lámparas con bajo flujo luminoso por perder su tiempo de vida útil.
11. La disposición de las luminarias en algunos casos no es la más conveniente.
12. El uso de diferentes tipos de lámparas y luminarias para una misma instalación.
13. Por proyecto cuanta se instalaron 488 lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400 W, 305 lámparas de 40 W.
14. Transformadores de alumbrado con un coeficiente de carga bajo, provocando pérdidas de energía.

A continuación se muestran imágenes que permite evaluar el estado actual de las instalaciones de alumbrado. Generalmente en los talleres y los almacenes solo quedan las luminarias en el techo, 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 2.13** Imagen las luminarias de un taller.



**Figura 2.14** Imagen del techo de un taller.



**Figura 2.15** Imagen del nivel de iluminación del almacén # 40.

#### **2.4 Conclusiones.**

En el presente capítulo se demostró de manera minuciosa por los cálculos y las simulación que la instalación en general tiene problema con la iluminación, con lo que recomendamos una propuesta de mejora para el cumplimiento de los trabajos y comodidad de los trabajadores.



## Capítulo III.

---

### **Propuesta para mejorar la eficiencia energética en los sistemas de alumbrado de la Unidad presupuestada “Las Camariocas”**

**Introducción.**

**Propuesta para mejorar eficiencia energética en los sistemas de alumbrado de la Unidad presupuestada “Las Camariocas”.**

**Valoración económica.**

**Conclusiones.**

#### **3.1 Introducción.**

En este capítulo se pretende dar solución al problema existente en el sistema de alumbrado de la Unidad Presupuestada Las Camariocas, 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, donde intervienen la compra de accesorios como cables, torres y los elementos de fijación a estas, el costo de montaje y por último el de mantenimiento. Se reflejará de manera digital como deben quedar las oficinas, talleres, almacenes y calles iluminadas después de haber cumplido con las recomendaciones sugeridas por el trabajo.

#### **3.2 Propuesta para mejorar eficiencia energética en los sistemas de alumbrado de la Unidad presupuestada “Las Camariocas”.**

Precisamos por ello conocer, los tipos de lámparas y luminarias que vamos a emplear y los niveles de iluminación requeridos para establecer un balance adecuado entre estos dos elementos.

Es cierto, que los gustos personales de los usuarios y de los diseñadores del espacio arquitectónico, a veces, no son del todo coincidentes, pero también es cierto de que



existen ciertas reglas básicas en el alumbrado con las cuales es posible organizar alumbrados de calidad (por la cantidad de luz, su idoneidad, etc.).

Para proponer la mejora del sistema de alumbrado de oficinas, talleres, almacenes y calles instalado, se realizará un estudio de los niveles de iluminación; así como, de recursos y costos, en ambos casos para escoger la variante correcta. Utilizando los software profesional INDALWIN 4.0 y LITESTAR 5.S3, se realizarán todas las simulaciones de los diferentes locales.

Con la realización de este proyecto se garantiza el principal objetivo del sistema de alumbrado en la empresa, ya que proporciona una mejor visibilidad de las tareas en los distintos espacios.

### 3.3 Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado.

Para la determinación de los niveles de iluminación, se deben tener varios criterios importantes pues, los locales de trabajo definidos con la ciencia de informática no necesitan igual iluminación, como en archivos, buró (carpeta) de recepción, conocemos los niveles medios en servicio actuales, se comprobará área por área por la norma cubana **NC ISO 8995/CIE S 008:2003** establecida y se realizaron los aumentos para cada local con la utilización de lámpara más eficiente con respecto al flujo luminoso y mayor rendimiento lm/W.

**Tabla 1.1** Niveles medios iluminación requeridos por la norma cubana.

OFICINAS	<i>Em (lux)</i>	<i>CUD</i>	<i>R<sub>a</sub></i>
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
Buró (carpeta) de recepción	300	22	80

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 1.30 horas de más encendido el sistema.
- Las lámparas más eficientes propuesta, cuantos Kwh. se dejan de consumir si utilizaran lámparas menos eficientes. El Mercurio de 400 W, fluorescentes de 40 W

Lámparas y luminarias seleccionadas.

**Haluros Metálicos.**

Con las características siguientes:

- 220V , 60 Hz, 250W.
- Flujo (lm) = 28000.
- Base E-40.
- Dimensiones (mm), L = 225, D = 46.
- Temperatura del color ( Kelvin) = 5400.
- Lumen/ Watt = 80.00.
- Tiempo de duración (horas) = 12000.

**Lámparas Fluorescentes.**

- TLDRS 32 W – 865 ECO.
- Diámetro 26 mm (rectilíneos).
- Exclusivo filtro de ultravioleta.
- Temperatura de color 6500 K.
- Código: 601034 40.
- Potencia: 32 W.
- Portalámpara: G-13.
- Longitud: 1264 mm.
- Brida F-5012: fijación a pared de acero inoxidable.
- Flujo luminoso: 3150 lm.
- Posición de funcionamiento: cualquiera.

### **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 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.
- 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.

### **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 de 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.

**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 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.**

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.

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.

### **Propuestas de luminarias por locales**

Teniendo en cuenta que en las empresas no poseen software de iluminación profesional nos dimos a la tarea de confeccionar una hoja de cálculo en el Excel el número de luminarias por cada local. Los restantes locales aparecen en el anexo 3. Procedimiento para realizar la hoja de cálculo.

- 1.- Tener el nombre y dimensiones del local y fijar en columna 1, 2, 3.
- 2.- Número de lámpara por luminarias columna 4.
- 3 - Flujo medio luminoso recomendado por la norma columna 5.
- 4 - Flujo de la lámpara 3150 mas un 30% es aproximadamente 4000 lumen columna 6.



- 5 - Calculo del índice del local columna 7.
- 6 - Coeficiente de conservación columna 8.
- 7 - Coeficiente de utilización columna 9.
- 8 – Rendimiento de la luminaria columna 10.
- 9 – Cantidad de luminarias que se necesitan en el local. Columna 11.

Calculo de luminarias

**Tabla 3.1** Calculo de luminarias.

1.-Las casillas que son amarillas no se pueden llenar porque contienen formulas

2.-Este cálculo está basado en la norma cubana NC ISO 8995/CIE S 008:2003.

Alt, Util	PRIMER NIVEL										
3.15											
2.68											
2.63											
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT. L.	N. LUMINOSO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumn.	
Lab. Electrico.(1)	7.1	5.81	2	500	4000	1.014373	0.85	0.9	0.636	5	
Taller de mecanica fina.(2)	11.87	8.31	2	500	4000	1.5517438	0.85	1.03	0.636	11	
Taller de mecanica fina.(2)	3.81	3.1	2	500	4000	0.5426228	0.85	0.7	0.636	2	
Gbinete de Seguridad Industrial.(3)	8.31	6.04	2	500	4000	1.1103899	0.85	0.97	0.636	6	
Servidores.(4)	5.7	3.93	2	500	4000	0.7384661	0.85	0.7	0.636	4	
J´gruppo de Computación.(5)	5.7	3.93	2	500	4000	0.7384661	0.85	0.7	0.636	4	
Seguridaqd Industrial..(6)	9.1	4.83	2	500	4000	1.001675	0.85	0.9	0.636	6	
Brigada de mantenimiento electrico.(7)	11.9	9.03	2	300	4000	1.6298774	0.85	1.03	0.636	7	
Brigada de mantenimiento electrico.(7a)	2.8	2.3	2	300	4000	0.4008715	0.85	0.63	0.636	1	
Computación.(8)	8.17	6	2	500	4000	1.098229	0.85	0.9	0.636	6	
Salon de Reuniones.(9)	3.55	3.5	2	500	4000	0.5594957	0.85	0.7	0.636	2	
Ofic. J´de taller energetico.(10)	4.41	3.53	2	500	4000	0.6224181	0.85	0.7	0.636	3	
Baño.(11)	2.22	1.82	1	200	1450	0.3174917	0.85	0.7	0.636	1	
Pantry.(12)	2.22	1.82	1	200	1450	0.3174917	0.85	0.7	0.636	1	
Archivo.(13)	3.55	1.82	1	200	1450	0.3819574	0.85	0.7	0.636	2	
Buro Sindical.(14)	8.31	5.82	2	500	4000	1.086604	0.85	0.9	0.636	6	
Mesa de Trabajo.(15)	7.9	5.53	2	500	4000	1.0326797	0.85	0.9	0.636	6	
Mesa de Trabajo.(15a)	6.2	4.6	2	500	4000	0.8383304	0.85	0.81	0.636	4	



Oficina del J' de Brigada.(16)										
	2.82	2.25	2	500	4000	0.397295	0.85	0.7	0.636	1
Oficina del J' de Brigada.(16a)	2.82	2.25	2	500	4000	0.397295	0.85	0.87	0.636	1
Almacen.(17)	6	4.2	2	100	4000	0.7843137	0.85	0.81	0.636	1
OCIS.(18)	5.63	3.6	2	500	4000	0.6971057	0.85	0.7	0.636	3
OCIS.(19)	3.21	3.21	2	300	4000	0.5095238	0.85	0.7	0.636	1
Baño de Hombres.(20)	8.1	2.1	2	200	4000	0.5294118	0.85	0.7	0.636	1
Taquillas y Duchas.	7.2	2.7	2	200	4000	0.6233766	0.85	0.7	0.636	1
Baños de mujeres.	8.1	2	2	200	4000	0.5091938	0.85	0.7	0.636	1
Oficinas de Economía.	5.73	4.5	2	500	4000	0.8001676	0.85	0.81	0.636	4
Oficina de Gastronomía.	5.73	3.3	2	500	4000	0.6647682	0.85	0.7	0.636	3
Oficina .Almacen de insumo.	4.5	2.7								
Fegadero.	5.7	3.6	2	300	4000	0.5357143	0.85	0.7	0.636	1
Area de servicios al comedor.	4.5	3	2	500	4000	0.7004608	0.85	0.81	0.636	3
Comedor.	12.3	8.1	2	300	4000	0.5714286	0.85	0.7	0.636	1
Secretaría J' de Gastronomía.	3.15	2.7	2	200	4000	1.5504202	0.85	1.03	0.636	4
J' de gastronomía.	6	3.15	2	300	4000	0.4615385	0.85	0.7	0.636	1
Pantry.	2.7	1.21	2	300	4000	0.6557377	0.85	0.7	0.636	2
Servicios Sanitarios.	2.7	1.21	1	200	1450	0.2652539	0.85	0.7	0.636	1
Almacen.	5.8	2.96	2	200	1450	0.2652539	0.85	0.7	0.636	1
Local.	3.95	2.96	2	100	4000	0.6221642	0.85	0.7	0.636	1
Cuarto electrico.	4	2.7	2	300	4000	0.5371557	0.85	0.7	0.636	1
Sala de Historio.	5.7	4.8	2	200	4000	0.5117271	0.85	0.7	0.636	1
Caja Salon de pago.	6.45	4.75	2	300	4000	0.8272109	0.85	0.81	0.636	2
Caja.	4.75	3.21	2	300	4000	0.8684099	0.85	0.81	0.636	3
Lovy 2	4.75	3.21	2	300	4000	0.6081	0.85	0.7	0.636	2
Lovy 1(entrada del comedor)	8.23	6.75	2	200	4000	1.177284	0.85	0.97	0.636	3
Pasillo 1. largo.	8.23	4.46	2	200	4000	0.9182533	0.85	0.9	0.636	2
Pasillo 2 ancho.	23.8	2.13	2	100	4000	0.6206453	0.85	0.7	0.636	2
	11.8	4.3	2	100	4000	1.000493	0.85	0.9	0.636	1

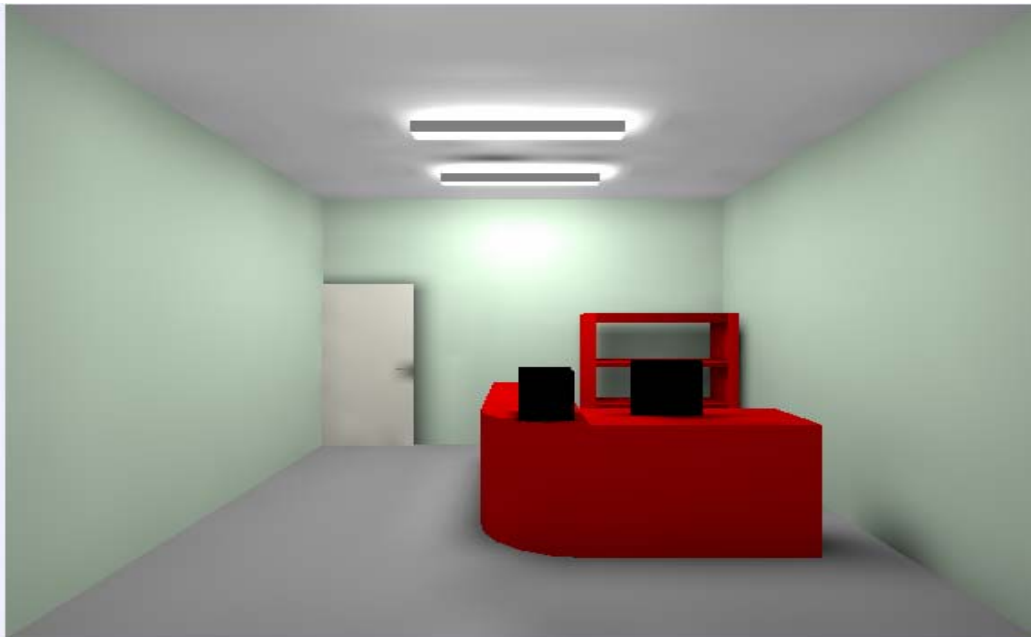
### Simulaciones de la nueva propuesta.

Como muestra de la propuesta del estudio en la siguiente imagen se representa la simulación del local Oficina de la secretaria del jefe de mantenimiento; en el cual se brinda como debe estar iluminado referido por la norma cubana de iluminación, teniéndose en cuenta los niveles de reflexión que existen en el mismo. Instalando un sistema de alumbrado que como esta que representamos se crea un confort

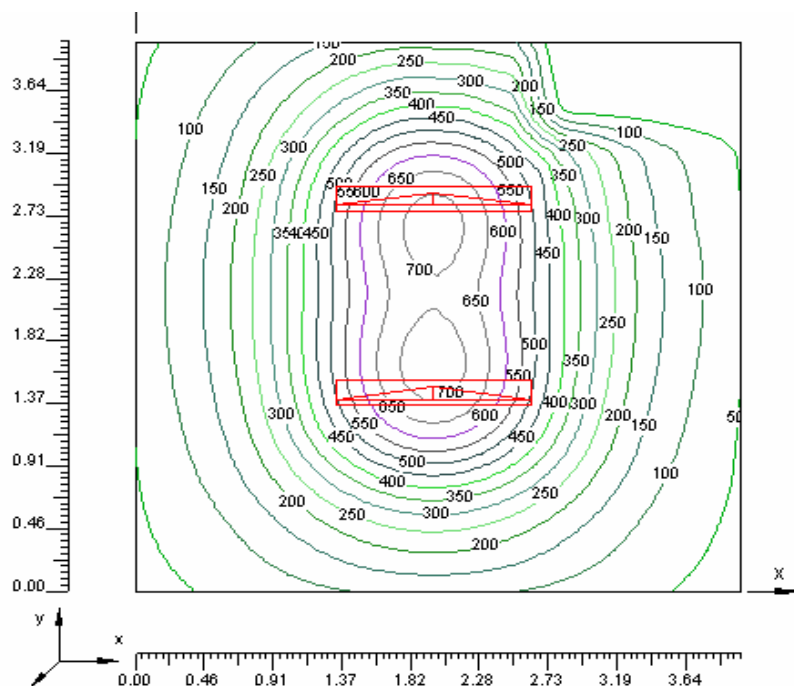




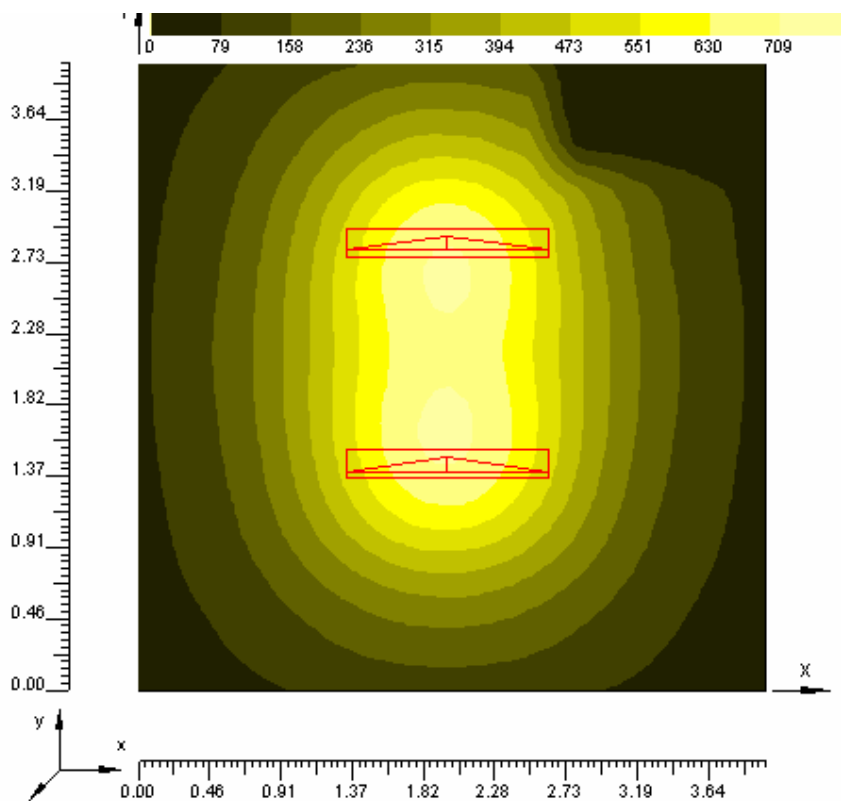
agradable adecuado, cómodo sin deslumbramiento. Esto eleva el bienestar y la productividad del trabajador y la calidad del trabajo.



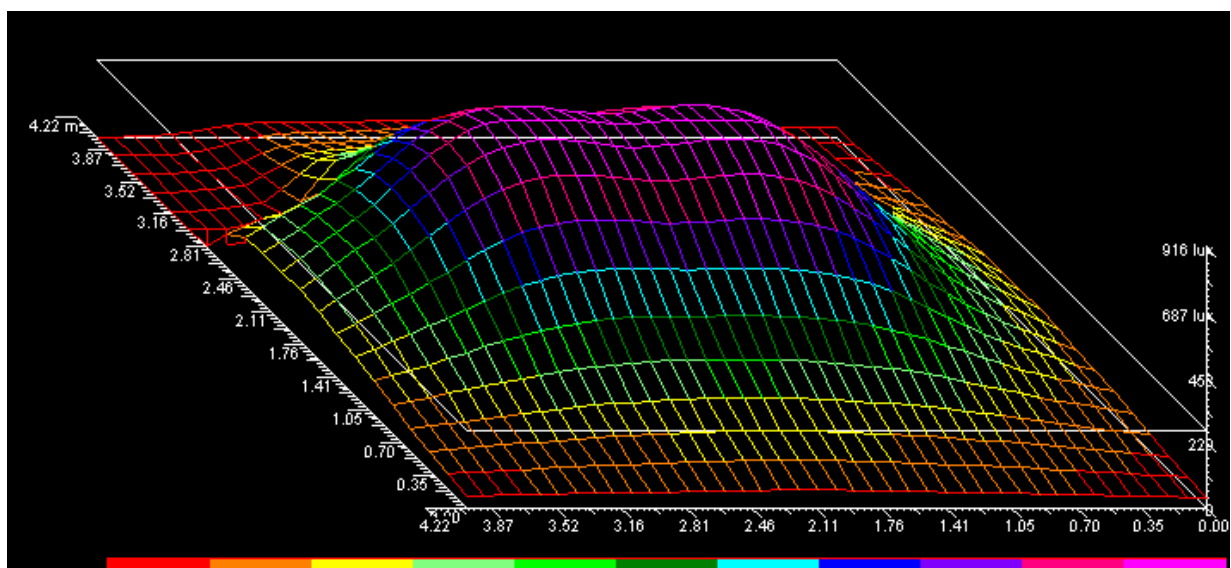
**Figura 3.7** Simulación del local. Oficina de Secretaria del jefe de mantenimiento.



**Figura 3.8** Curva de distribución de la luminaria.



**Figura 3.9** Nivel de iluminación que se proyecta sobre el plano de trabajo.



**Figura 3.10** Grafico Tridimensional del punto de luz.



### **Cálculo del panel de fuerza del edificio administrativo.**

Se tuvieron en cuenta las cargas instaladas (tomando los datos de chapa de lo equipos) por locales, incluyendo la iluminación.

Por la siguiente ecuación se determina la corriente del breaker principal..

$$I_{BRE.PRIN.} = I_{MD} + I_{BMC} - I_{CM} \quad (1)$$

$$I_{BRE.PRIN.} = 314.14 + 382.54 - 191.27$$

$$I_{BRE.PRIN.} = 505.41$$

Este valor de 505.41 A tabulado el valor del interruptor principal es de 600 A.

Donde:

$I_{BRE.PRIN.}$  es la corriente del breaker principal,

$I_{MD}$  corriente de máxima demanda,

$I_{BMC}$  corriente del breaker del mayor consumidor,

y  $I_{CM}$  es la corriente del mayor consumidor. (en este caso se refiere al piso que mas consume.).

$$I_{BMC} \geq 2.5 \times I_{CM} \times FD. \quad (3)$$

$$I_{MD} = \frac{kVA}{1.73 \times U}$$

Donde  $kVA$  es la potencia del transformador en kVA y  $U$  es la tensión de línea del transformador.

$$I_{CM} = \frac{KW}{1.73 \times U \times \cos \theta}$$

$$I_{ALIM.} \geq 1.25 I_{MC} + \sum I_{RESTO} \times FD \quad (3)$$

Donde:

$I_{ALIM.}$  es la corriente del alimentador principal y  $I_{MC}$  la corriente del mayor consumidor (este caso es al equipo.).



El factor de demanda (FD) es de 0.8

Calculo de las cargas mixtas del primer piso.

$$I_{ALIM.} \geq 1.25 I_{MC} + \sum I_{RESTO} \times FD$$

$$I_{ALIM.} \geq 1.25 \times 35 + 33.8 \times 0.8$$

$$I_{ALIM.} \geq 70.86 \text{ A.}$$

- Por corrección de temperatura al pasar los 30 A para una temperatura de 60° el valor de este alimentador es de 122 A, tabulado es de 125 A.
- Por la sección del conductor para unos 12 m de longitud la caída de voltaje es de 0.0077 V es despreciable.

$$S_c = \frac{k \times I \times L}{\Delta U \% \times U_f} = \frac{0.036 \times 122 \times 12}{0.0077 \times 132} = 51.2 \text{ mm}^2$$

Para esta sección transversal el calibre es de 0.

Donde:

K es el coeficiente de la resistencia en Ohmio/mm<sup>2</sup>, ΔU% es la caída de la tensión en por ciento, I la corriente y Uf tensión de fase.

### **Cálculo de Alumbrado.**

Taller Eléctrico.

14 Luminarias de 250 W. 3500 W.

14 Luminarias de 32 W. 933.24 W.

$$3500 + 933.24 = 4433.24 \text{ W.}$$

Para el Ala Izquierda.

$$7 \times 250 = 1750 \text{ W.}$$

$$I = \frac{P}{1.41 \times U \cos \theta} = \frac{1750}{1.41 \times 220 \times 0.8} = 7.05 \text{ A.}$$

$$I_{RAMA} \geq 1.25 \times \sum I \times FD$$



$$I_{RAMA} \geq 1.25 \times 7.05 \times 0.85$$

$$I_{RAMA} \geq 7.49 \text{ A.}$$

$$I_B \geq 2.5 \times \sum I \times FD$$

$$I_B \geq 2.5 \times 7.05 \times 1$$

$$I_B \geq 17.625 \text{ A.}$$

- Estas corrientes son igual para el ala derecha..
- La corriente de los breaker de 17.625 A tabulada es de 20 A.
- Se recomienda un transformador de 10 KvA. Ya que la máxima carga instalada es de 6.02 KvA.

$$I_{BRE.PRIN.} = I_{MD} + I_{BMC} - I_{CM}$$

$$I_{MD} = \frac{KvA}{1.73 \times U} = \frac{10}{1.73 \times 0.23} = 25 \text{ A.}$$

$$I_{BRE.PRIN.} = 25 + 17.625 - 7.05$$

$$I_{BRE.PRIN.} = 35.575 \text{ A.}$$

$$I_{ALIM.} \geq 1.25 \times \sum I_{TOTALES} \times FD$$

$$I_{ALIM.} \geq 1.25 \times 14.1 \times 0.85$$

$$I_{ALIM.} \geq 14.98 \text{ A.}$$

Para el alimentador..

$$Sc = \frac{0.036 \times 14.98 \times 20}{0.03 \times 132} = 2.88 \text{ mm}^2$$

Para las ramas del taller.

$$Sc = \frac{0.036 \times 7.49 \times 49.2}{0.03 \times 132} = 3.35 \text{ mm}^2$$

Se necesitan para esta nueva instalación 100 m Calibre 12 .siguiendo esta metodología se calcularon los restantes locales que aparecen en el anexo 4. Los locales que no se muestran en el anexo se estimaron en la en la segunda variante en ellos no hay equipos de climatización ni maquinas de informáticas.



### **3.4 Valoración económica.**

Después de realizar cualquier estudio energético se impone presentar las distintas medidas que permitan mejorar la explotación del sistema analizado. En este caso el resultado se centra en la eficiencia energética y el sistema de alumbrado de dicha empresa.

Se plantean dos opciones: reubicar las existentes (tecnología antigua) o instalar luminarias nuevas del tipo eficiente.

Se sugiere utilizar estas últimas por las siguientes razones:

1) Estas luminarias tienen una mucha mejor apariencia que las actuales, acorde con el cambio de imagen que se busca y con estos tiempos. Sí se desea una adecuada efectividad del sistema de iluminación, sería bueno aprovechar para cambiar las luminarias que estéticamente son mucho mejores y dan mayor confort visual. En cinco años, quizá, acorde con la modernización de la empresa y la necesidad mundial de ahorro energético, estas luminarias viejas se verán anticuadas, no acordes con una empresa que utiliza últimas tecnologías.

2) La inversión a realizar en la adquisición de las mismas se recuperará en aproximadamente 1 años, generando a partir de ese momento ahorros por 56195,72 de CUC en un año., ya que estas son más energéticamente más eficientes que las existentes, disminuyendo el monto mensual de la facturación de energía eléctrica.

3) Las luminarias existentes tienen ya una vida de más de 8 años. Debe dedicarse más horas hombre en el mantenimiento, cambio de balastos y sustitución de tubos, en comparación que las nuevas, generando ahorro en mano de obra y disminuyendo molestias a los empleados al momento de dañarse una lámpara. Las luminarias eficientes tienen balastos electrónicos que duran más de tres veces que los comunes y casi nunca se dañan, también eliminan los niveles de ruido que generan los balastos magnéticos convencionales. Los nuevos tubos durarán más del doble que los existentes. Las luminarias viejas quizá podrían mantenerse para ayudar con la inversión en las nuevas lámparas.



## Cálculos de Ahorro y Tiempo de Recuperación de la Inversión

### Ahorro por consumo:

Una lámpara de las existentes con vieja tecnología, balasto magnético, 2 tubos de 40 W c/u, consume 95 W aproximadamente.

Una lámpara eficiente de las nuevas con balasto electrónico, 2 tubos de 32W c/u consume 66,66 W aproximadamente e ilumina un 30% más que las actuales.

318 luminarias viejas x 95 W x 8 horas/días x 30 días = 7,25 MWh.

321 luminarias nuevas x 66,66 W x 8 horas/días x 30 días = 5,13 MWh.

Con una diferencia de 2,12 MWh.

488 lámparas viejas x 400 W x 8 horas/días x 30 días = 46,8 MWh.

305 Lámpara nuevas x 250 W x 8 horas/días x30 días = 18.30 MWh.

Con una diferencia de 28,5 MWh.

La diferencia Total de 30,62 MWh

Expresado en CUC 3674,4 Mensual.

Ahorro anual en CUC 44092,8

Análisis de las pérdidas por transformación de la energía.

Para citar una demostración de cuanta energía derrocha la instalación por transformación de energía en el transformador del edificio administrativo. Aplicando el material que utiliza la Empresa Eléctrica, “Manual de aplicación de las tarifas eléctricas” el cual plantea que se cobran las pérdidas de transformación cuando la energía sea medida en el lado de baja tensión. Aplicando la “Cláusula de las Pérdidas de Transformación” (1.5 pág.7):

Los kVA reales se calculan por la fórmula:

$$kVA_{real} = \frac{\text{Consumo del mes (kWhDia + kWhPico)}}{T1 \cos\phi} \quad (4)$$

Donde:

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



$\cos \varphi$  -- Factor de potencia de acuerdo a los datos del metro contador de energía activa y reactiva.

$$\cos \varphi = \frac{Ea}{\sqrt{Ea^2 + Er^2}} \quad (2)$$

Donde:

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

**Las pérdidas totales del transformador se determinan por:**

$$Pt = P_{fe} * T3 + \left( \frac{kVA_{real}}{kVA_{nom}} \right)^2 P_{cu} * T1 \quad (3)$$

Donde:

$P_{fe}$  – Pérdidas en el hierro para régimen nominal, las mismas se consideran constante para todo el régimen de trabajo del transformador.

$P_{cu}$  – 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.

$$k_c = \frac{kVA_{real}}{kVA_{nominal}} \quad (4).$$

Pérdidas totales de transformación en los transformadores de 0,16 MVA.

$$Pt = P_{fe} * T3 + \left( \frac{kVA_{real}}{kVA_{nom}} \right)^2 P_{cu} * T1$$

$$Pt = 3,174 * 24horas + (0,7090)^2 * 16,587 * 24horas$$

$$Pt = 276,322 \text{ k Wh. / día.}$$

A partir de las cargas instaladas en el edificio administrativo, es evidente que en el sistema de suministro de energía de alumbrado, climatización y equipos de informática, el transformador se encuentra subcargado a un nivel bajo.

En la valoración del efecto económico en el presente trabajo se analizarán varios aspectos que influyen positivamente en la economía de la empresa, los que se explicarán a continuación:



**Beneficio económico por ahorro de energía.**

Basándonos en las cargas instaladas antes referidas se calcularon las pérdidas totales de transformación dando como resultado que en 24 horas el transformador de 160 kVA que este en servicio con un nivel de carga pequeño pierde por transformación 276,322 kWh. partiendo de este dato se calcula el ahorro de energía por perdida en transformación en un año del transformador:

$$Pt(160\text{ KVA})=276,3222\text{ kW/h. día.}$$

$$Pt(160\text{ KVA})=276,322\text{ kW/h día} * 365\text{ días}= 100857,733\text{ kWh/año.}$$

El cálculo económico realizado se efectuó sobre la base de que el precio promedio del Kwh. para la empresa es de unos **\$ 0.12 CUC**. El ahorro expresado en dinero al año es de **\$ 12102,92**. Lo que conlleva a ahorrar, por este concepto al sustituirlo por uno de 125 kVA se reduciría las perdidas considerablemente y el tiempo de recuperación es casi insignificante por lo antes expuesto.

**Selección de las variantes**

Evaluación del costo y los recursos a utilizar en las mejoras del sistema de alumbrado de la unidad presupuestada “Las Camariocas”.

**Variante I.****Tabla 3.2** Lista de materiales (variante I).

Recursos	U	Precio unitario (C.U.C)	Cantidad	Total
Lámpara fluorescente 32 W	U	\$1.20	642	\$770.4
Lámpara Halogenuro metalico 250 W	U	\$8.33	305	\$2540.65
Balastros electrónicos	U	\$4.82	321	\$1547.22
Reflectores	U	\$1.33	321	\$426.93
Pintura anticorrosivo gris	U	2 * litro	50	\$100
<b>Total</b>				<b>\$5385.2</b>



### Tiempo de Amortización

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

$$= 5385.2 / 56195.72$$

$$= 0.1 \text{ años.}$$

Variante II.

**Tabla 3.3** Lista de materiales (variante II).

Recursos	U	Precio unitario (C.U.C)	Cantidad U	Total
Lámpara fluorescente 32 W	U	\$1.20	642	\$ 770.4
Proyector con Lámpara Halogenuro metálico 250 W, 220 V.		\$182.65	305	\$ 3217.75
Detector PIR.	U	\$ 94.11	23	\$ 2164.53
Interruptor automático de pared	U	\$ 34.4	23	\$ 791.2
Interruptor de pared 10 A, 120 V.	U	\$ 1.11	242	\$146.52
Interruptor simple 230 V, 15 A, con todos sus accesorios empotrado.	U	\$ 3.15	132	\$ 415.8
Tomacorriente universal doble 220V,15A. polarizado.	U	\$ 1.22	198	\$ 241.56
Luminarias para lámparas fluorescentes 32 W difusor “D”.Serie IET, 2 Lámparas.	U	\$ 7.32	321	\$ 2349.72
Sensor de presencia de techo.	U	\$ 79.78	48	\$ 3829.44
Controlador de iluminación D3200.	U	\$ 125,86	26	\$ 3272.36
Transf. de potencia 125 kVA sumergido en aceite 440-220 V	U	\$ 37036.16	1	\$ 37036.16
Transformador Seco 40 KVA trifásico 440-220 V	U	\$ 1535.69	1	\$ 1535.69
Transf. Seco 25 KVA trifásico 440-220 V.	U	\$ 2000.00	1	\$ 2000.00
Conductor de cobre TW con aislamiento 4x2,5 mm <sup>2</sup>	m	\$1.59	1344	\$2136.96
Conductor de cobre TW con aislamiento 4x4mm <sup>2</sup>	m	\$ 2.11	294	\$620.34
Conductor de cobre TW con aislamiento 3x10 mm <sup>2</sup>	m	\$5.08	276	\$1402
Conductor de cobre TW con aislamiento 3x16 mm <sup>2</sup>	m	\$ 7.10	36	\$ 255.6
Conductor de cobre TW con aislamiento 3x35 mm <sup>2</sup>	m	\$ 12.13	124	\$1504.12
<b>Total</b>				<b>\$63690.15</b>



### **Tiempo de Amortización**

$$\begin{aligned} T \text{ amortización} &= \text{Costo de la inversión} / \text{Ahorro en el año.} \\ &= 63690.15 / 56195.72 \\ &= 1.13 \text{ años.} \end{aligned}$$

### **La variante más efectiva.**

Como hemos podido observar la variante más efectiva es la variante I ya que la cual tiene una amortización rápida y costo de la inversión es mucho menor que el de segunda variante. La primera variante resulta más económica aunque no alcance a la segunda en cuanto a eficiencia y controladores que estos hacen que se reduzca la energía consumida, aun así no de resolver en gran medida las dificultades existentes con la iluminación en la empresa, por lo tanto consideramos que debe ser la alternativa a utilizar. Además para realizar una remodelación en toda la instalación es necesario dismantelar todo el sistema de alumbrado que existe actualmente, lo cual resultaría imposible porque dejaría a oscuras la instalación y traería como consecuencia serias afectaciones.

### **3.5 Conclusiones.**

En este último capítulo se propuso de manera práctica la solución a las principales dificultades encontradas en el sistema de iluminación viaria de la Unidad Presupuestada Las Camariocas, priorizando la insuficiente iluminación de los locales. Se dejaron bien claras transformaciones a realizar para elevar los niveles medios de iluminación en servicio en toda la Empresa, así como, los equipos a incrementar a la hora de darle cumplimiento al trabajo realizado, sin dejar pasar por alto el costo económico y el ahorro de energía que proporcionaría a la provincia y al país.

## **Conclusiones Generales.**

En nuestro trabajo de diploma se realizó un estudio de las características y condiciones del sistema de alumbrado instalado en la unidad presupuestada Las Camariocas.

e mejorará el nivel de iluminación de la instalación a partir del incremento del número de luminarias con una correcta distribución y selección.

Se determinó que los niveles de iluminación no cumplen con las normas de seguridad establecidos, la inadecuada selección de las luminarias, así como la escasez y mala distribución de las misma.

Para la simulación de los locales se utilizaron los software TROLL LITESTAR 5.3S,700, INDALWIN, FACALU RSL, permitiendo alcanzar los valores establecidos por las normas de la C.I.E.

Se brinda un procedimiento general para el estudio de instalaciones de sistemas de alumbrado en interiores que permite un análisis integral de los aspectos cuantitativos cualitativos y económicos.

Se ofrece una metodología práctica para la evaluación técnica-económica y cualitativa preliminar de las variantes de fuentes luminosas que conlleva a la obtención de la más racional.

El tiempo de amortización de la inversión de las dos Variantes es menor de un año y medio haciéndose factibles las propuestas.

## **Recomendaciones**

Que se evalué por parte de la Dirección de la Unidad presuputada “Las Camariocas” los resultados obtenidos en este trabajo para su aplicación.

Reevaluar el estado técnico de cada luminaria para su repotenciación.

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

## Bibliografía.

- 1 Alumbrado con proyectores.  
Disponible en: <http://Bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema9/9-4.htm>.2001.
- 2 Arambula González, R. Procedimientos de diseños para iluminar exteriores.  
Tesis 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 Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997).
- 8 Contaminación lumínica .  
Disponible en: <http://www.14.brinkster.com./luminica/>.1998.
- 9 Enciclopedia luminotécnica. L
- 10 Feijó Muñoz, J. Instalaciones de iluminación en la arquitectura.
- 11 Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del manual de Westinghouse.1986
- 12 Manual de electricista Axa Monterrey.
- 13 Oportunidades de Proyectos MDL en Cuba.2003.
- 14 Pavón Herrera, S.; Marisma Frómata,Y. Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Gabriel Hernández Ramírez, tutor. Trabajo de Diploma Moa 2007.
- 15 Robles Laurencio, O. Eficiencia de los sistemas de iluminación. Secundino Marrero, tutor. Tesis de Maestría, ISMM Moa , 2002. 73h.
- 16 Representación de las características luminosas de las lámparas y luminarias 2002.
- 17 Sistema eléctrico para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez.
- 18 Urraca Piñeiro, J.I. Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A.

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

**.Sitios Webs visitados:**

[http:// www14.brinkster. com<sup>6</sup>. /lumínica/](http://www14.brinkster.com/6/lumínica/).1998.

<http://www.clefer.com/2007>

[http://www.ctio.nao.edu/light pollution/1999.](http://www.ctio.nao.edu/light%20pollution/1999)

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

<http://www.stilar.Net>.

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

## Anexos.

### Anexo # 1.

#	Local	Largo.	Ancho.	Altura.
1	Laboratorio. Eléctrico.	7.10	5.81	<b>2.70</b>
2	Taller de mecánica fina.	11.87 3.81	8.31 3.10	3.15
3	Gabinete de Seguridad Industrial.	8.31	6.04	<b>2.68</b>
4	Servidores.	5.70	3.93	<b>2.68</b>
5	J' grupo de Computación.	5.70	3.93	<b>2.68</b>
6	Seguridad Industrial..	9.10	4.83	3.15
7	Brigada de mantenimiento eléctrico.	11.90 2.80	9.03 2.30	3.15
8	Computación.	8.17	6.0	3.15
9	Salón de Reuniones.	3.55	3.50	3.15
10	Oficina del J'de taller energético.	4.41	3.53	3.15
11	Baño.	2.22	1.82	3.15
12	Pantry.	2.22	1.82	3.15
13	Archivo.	3.55	1.82	3.15
14	Buró Sindical.	8.31	5.82	3.15
15	Mesa de Trabajo.	7.90 6.20	5.53 4.60	<b>2.68</b> <b>2.68</b>
16	Oficina del J' de Brigada.	2.82 2.82	2.25 2.25	<b>2.68</b> <b>2.68</b>
17	Almacén.	6.0	4.20	<b>2.68</b>
18	OCIS.	5.63	3.60	<b>2.68</b>
19	OCIS.	3.21	3.21	<b>2.68</b>
20	Baño de Hombres.	8.10	2.10	3.15
21	Taquillas y Duchas.	7.20	2.70	3.15
22	Baños de mujeres.	8.10	2.0	3.15
23	Oficinas de Economía.	5.73	4.50	3.15
24	Oficina de Gastronomía.	3.30	5.73	3.15
25				
26	Oficina .Almacén de insumo.	4.50	2.70	3.15
27	Fregadero.	5.70	3.60	3.15
28	Area de servicios al comedor.	4.5	3.0	3.15
29	Comedor.	12.30	8.10	3.15
30	Secretaria J'de Gastronomía.	3.15	2.70	3.15
31	J'de gastronomía.	6.0	3.15	3.15
32	Pantry.	2.70	1.21	3.15
33	Servicios Sanitarios.	2.70	1.21	3.15
34	Almacén.	5.80	2.96	<b>2.64</b>
35	Local.	3.95	2.96	<b>2.64</b>
36	Cuarto eléctrico.	4.0	2.70	3.15
37	Sala de Historio.	5.70	4.80	<b>2.63*</b>



38	Caja Salón de	6.45	4.75	3.15
39	Caja.	4.75	3.21	<b>2.68</b>
40	Lobby 2	8.23	6.75	<b>2.64</b>
41	Lobby 1(entrada del comedor)	8.23	4.46	3.15
42	Pasillo 1. Largo.	23.80	2.13	3.15
43	Pasillo 2 ancho.	11.80	4.30	3.15

Dimensiones del 2do piso.

#	Local.	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
1	Oficina del jurídico.	5.62	3.0	2.63
2	Auditoria.	4.66	4.37	2.63
2a	Oficina de la Secretaria.	5.62	1.90	2.63
3	Oficina Dirección.	5.90	4.22	2.63
4	Oficina Dirección.	4.76	4.10	2.63
5	Servicio Sanitarios.	2.30	1.70	<b>3.15</b>
6	Almacén Insumo.	2.30	1.70	<b>3.15</b>
7	Secretaria Dirección.	5.11	4.88	2.63
8	Pantry,	4.33	2.32	2.63
9	Salón de Reuniones.	8.66	5.81	2.63
10	Baño (en construcción)	3.42	2.82	<b>3.15</b>
		5.10	1.50	<b>3.15</b>
11	Grupo de contratación.	8.69	3.47	2.63
12	Oficina de Asesora y Cuadros.	8.66	5.05	2.63
13	Dpto. técnico.	8.64	6.60	<b>3.15</b>
14	Ofic. De la sub.-Director.	5.80	4.0	<b>3.15</b>
17	Archivo.	5.70	4.17	<b>3.15</b>
18	Área económica.	10.27	8.68	2.63
19	Dpto. de Contabilidad.	3.90	2.84	2.63
20	Seguridad Industrial.	10.10	6.10	<b>3.15</b>
21	Económico De Yamaniguy S.A.	10.10	5.26	<b>3.15</b>
22	ICT (Biblioteca).	10.10	10.06	2.63
23				2.63
24	Oficina de Recursos Humanos.	6.45	6.03	2.63
25	Ofic. De sub.-de Recurso Humanos.	3.50	2.90	2.63
26	Oficina de Secretario.	3.50	2.90	2.63
27	Archivo.	5.54	4.11	2.63
28	Archivo.	6.95	4.00	2.63
31	Baño de mujeres.	6.95	2.10	<b>3.15</b>
32	Nomina.	6.95	2.88	2.63
33	Baño de Hombres.	5.14	2.64	<b>3.15</b>
36	Archivo Pasivo de Mantenimiento.	3.25	2.11	2.63
37	Baño.	5.13	1.80	2.63

38	Pantry.	4.0	1.90	2.63
39	Salón de Reuniones.	8.70	5.0	2.63
40	Secretaria.	4.79	2.79	2.63
41	J' de Mantenimiento.	5.80	3.88	2.63
42	Local Auxiliar.	4.79	2.79	2.63
44	Archivo.	5.80	2.16	2.63
45	Pantry.	3.0	1.80	2.63
46	Planificación y Control	10.10	5.78	2.63
47	Oficina Del J'. de planificación.	2.80	2.53	2.63
48	Pasillo 1	45.0	1.90	2.63
49	Pasillo 2	8.26	3.97	2.63

### Taller Eléctrico.

Local. Taller Eléctrico.	Largo. (m)	Ancho. (m)	Altura. (m)
Área total.	49.20	18	9.01
Área del J' de Brigada.	6.0	3.75	2.90
Área de Pañol.	6.0	3.75	2.90
Área de taller de enrollado.	6.0	3.75	2.90

### Taller Automotriz.

Local. Taller Automotriz.	Largo. (m)	Ancho. (m)	Altura. (m)
Área total.	42.0	24.02	7.61
<b>Oficinas internas..</b>			
Técnico de transporte.	5.40	3.0	2.85
J' de transporte.	3.30	2.40	2.85
<b>Locales.</b>			
Local eléctrico.	6.0	3.20	Sin techo.
Local de zapatillas.	6.0 5.30	2.90 3.0	Sin techo.
Local de batería.	6.0	4.30	Sin techo.
Planta de engrase.	7.50 6.0	6.0 3.20	2.25

## Taller Mecánico Central.

Local. Taller mecánico central.	Largo. (m)	Ancho. (m)	Altura. (m)
Area total.	109.20	50	15.45
Oficina Interna.	12.0	4.10	2.70
PARTE DE ATRÁS DELL TALLER.			
Pantry.	2.0	2.0	2.50
Baño.	2.0	1.86	2.50
Baño Ducha.	2.0	1.60	2.50
Lobby.	6.0	3.60	2.50
Sala de reuniones.	6.0	5.70	2.50
Pasillo.	6.0	2.10	2.50
Despacho de Producción.	3.90	3.30	3.40
	Piso .. Gris.	Techo ... Blanco.	Pared .... Verde claro.

## Almacén # 9.

Almacén # 9.	Largo. (m)	Ancho. (m)	Altura. (m)
Área total	180.0	72.0	10.2
Nave # 1	36.0	72.0	10.2
Nave # 2	36.0	72.0	10.2
Nave # 3	36.0	72.0	10.2
Nave # 4	36.0	72.0	10.2

## Almacén # 40.

Almacén # 40	Largo. (m)	Ancho. (m)	Altura. (m)
Área total	121.13	50.47	15.
Area de recepción	50.47	36	12.5
Local J' de Almacén.	6.6	4.8	2.5
Local secretaria de Almacén.	6.6	4.8	2.5
Almacén 19.	8	4	8
Almacén 20.	10	4	8

## Anexo # 2.

## Niveles de iluminación primer piso.

#	Local	Nivel de Iluminación Máximo	Nivel de Iluminación medio.	Nivel de Iluminación mínimo.
1	Laboratorio Eléctrico.	370	225	185
2	Taller de mecánica fina.	1097	443	297
3	Gabinete de Seguridad Industrial.	518	211	171
4	Servidores.	200	180	191
5	J' grupo de Computación.	378	281	197
6	Seguridad Industrial.	708	242	175
7	Brigada de mantenimiento eléctrico.	1484	520	108
8	Computación.	480	302	230
9	Salón de Reuniones.	405	345	242
10	Oficina del J' de taller energético.	282	214	183
11	Baño.	No hay		
12	Pantry.	414	367	184
13	Archivo.	200	148	126
14	Buró Sindical.	571	416	218
15	Mesa de Trabajo.	114	93	14
16	Oficina del J' de Brigada.	374 392	295 352	248 276
17	Almacén.	393	378	67
18	OCIS.	337	208	172
19	OCIS.	495	340	268
20	Baño de Hombres.	212	212	175
21	Taquillas y Duchas.	256	311	165
22	Baños de mujeres.	321	283	154
23	Oficinas de Economía.	337	259	193
24	Oficina de Gastronomía.	397	283	73
26	Oficina Almacén de insumo.	NO HAY		
27	Segadero.	218 luz artificial	147 luz artificial	76 luz artificial.
28	Area de servicios al comedor.	168	91	71
29	Comedor.	1543 841 / 785	565 /382	283 / 207
30	Secretaria J' de Gastronomía.	185	178	145
31	J' de gastronomía.	589	387	266
32	Pantry.	1620 luz artificial	571	253
33	Servicios Sanitarios.	1167 luz artificial	796	226
34	Almacén.	158	114	54
35	Local.	153	76	60
36	Cuarto eléctrico.			
37	Sala de Historio.	924	818	774
38	Caja Salón de	320	210	111
39	Caja.	256	155	92

## Taller Eléctrico.

#	Taller Eléctrico.	Nivel de Iluminaciónn Máximo	Nivel de Iluminación medio	Nivel de Iluminación mínimo
1	Puesto de trabajo.	1582	922	602
2	Centro del taller.	433	387	195
2	Ofic.. del taller.	326	287	235

## Taller Automotriz.

#	Taller de estructura Metalica.	Nivel de Iluminación Maxima	Nivel de Iluminación medio	Nivel de Iluminación mínimo
1	En el Centro	705	522	376
2	Cerca de la pared	530	306	225
2	Maquina de torno	620 Lamp+ luz Artificial	287	253

## Almacén # 9.

#	Almacén 9	Nivel de Iluminación Maxima	Nivel de Iluminación medio	Nivel de Iluminación mínimo
1	Ofic. del Director	451	383	302
2	Cerca de la pared	245	191	24
3	Pasillo frente a la puerta	194	184	71
4	Nave1	28	17	11
5	Nave 4 sin luz	23	9	3,81
6	Nave 4 con luz	29	21	7,1
7	Nave 4 teja translúcida	384	205	101 /92
8	Nave 3 con	311	182	93

	teja traslucida			
9	Pasillo con Teja traslucida	44	40	39,7
10	Puesto de trabajo Almac.	330	311	274
11	Comedor Area de fregado.	1432	770	324
12	Comedor En las mesas	487	315	295

Almacen # 40.

#	Almacen 40.	Nivel de Iluminación Maxima	Nivel de Iluminación medio	Nivel de Iluminación minimo
1	Alm. Transmanipulador..	527	77 / 65	11 /17
2	En el centro.	28.6	13	11
3	En el final	104	87	31
4	Luz de grúa	102		
5	Área de recepción. (sin luz) Artificial.	80	32	16
6	Cera de las ventanas	92	58	45
#	Alm. Cuarto 19	42	19	12
1	Alm. Cuarto 19	143	90	82
	Alm. Cuarto 20	609	450	303
	Puesto de trabajo.	220	195	175
	Ofic.. de los dependientes	522	459	354
	Ofic.. de la economica	675	452	336

### Anexo # 3

Calculo 2do piso.

1.-Las casillas que son amarillas no se pueden llenar porque contienen formulas										
2.-Este cálculo está basado en la norma cubana NC ISO 8995/CIE S 008:2003.										
Alt, Util										
2.63										



SEGUNDO NIVEL										
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT. L.	N. LUMINOSO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumn.
Ofici del Jurídico (1)	5.62	3	2	500	4000	0.743694477	0.85	0.81	0.636	2
Auditoria. (2)	4.66	4.37	2	300	4000	0.857479715	0.85	0.81	0.636	2
Ofic. de la Secretaria. (2)	5.62	1.9	2	300	4000	0.539903729	0.85	0.7	0.636	1
Ofic.. Direccion. (3)	5.9	4.22	2	500	4000	0.935466418	0.85	0.9	0.636	3
Ofic.. direccion. (4)	4.76	4.1	2	500	4000	0.837531864	0.85	0.81	0.636	3
Servicio Sanitarios.(5)	2.3	1.7	1	200	1450	0.371673004	0.85	0.7	0.636	1
Almacen Insumo. (6)	2.3	1.7	1	300	1450	0.371673004	0.85	0.7	0.636	2
Secretaria Direccion.(7)	5.11	4.88	2	300	4000	0.949116417	0.72	0.9	0.636	2
Pantry.(8)	4.33	2.32	1	100	1450	0.574378913	0.85	0.7	0.636	2
Salón de Reuniones. (9)	8.66	5.81	2	500	4000	1.32211656	0.85	1.03	0.636	6
Baño (en construcción).(10)	3.42	2.82	2	200	4000	0.587671834	0.85	0.7	0.636	1
Baño (en construcción). (10a)	5.1	1.5	2	200	4000	0.440718977	0.85	0.7	0.636	1
Grupo de contratación (11)	8.69	3.47	2	500	4000	0.942887608	0.85	0.9	0.636	4
Ofic.de Asesora y Cuadros.(12)	8.66	5.05	2	500	4000	1.212875063	0.85	0.97	0.636	5
Dpto. técnico. (13)	8.64	6.6	2	500	4000	1.422711895	0.85	1.03	0.636	6
Ofic. De la sub.-Dtor. (14)	5.8	4	2	500	4000	0.900131916	0.85	0.9	0.636	3
Archivo.(17)	5.7	4.17	2	100	4000	0.915667942	0.85	0.9	0.636	1
Área económica. (18)	10.27	8.68	2	500	4000	1.788649337	0.85	1.1	0.636	9
Dpto. de Contabilidad.(19)	3.9	2.84	2	500	4000	0.624837811	0.85	0.7	0.636	2
Seguridad Industrial.(20)	10.1	6.1	2	500	4000	1.446040464	0.85	1.03	0.636	7
Econ.Yamaniguy S.A.(21)	10.1	5.26	2	500	4000	1.315104167	0.85	1.03	0.636	6
ICT(Biblioteca). estan.200	10.1	10.06	2	500	4000	1.916342266	0.85	1.1	0.636	11
Ofic.de Recursos Humanos.(24)	6.45	6.03	2	500	4000	1.184968192	0.85	0.97	0.636	5
Ofic sub.-Recurso Humanos (25)	3.5	2.9	2	500	4000	0.603018061	0.85	0.7	0.636	2
Ofic.. de Secretario.(26)	5.54	2.9	2	500	4000	0.723784982	0.85	0.72	0.636	3



Área . (27)	5.54	4.11	2	500	4000	0.897157154	0.85	0.81	0.636	3
Baño de mujeres.(31)	6.95	2.1	1	200	4000	0.613196647	0.85	0.7	0.636	2
Nomina. (32)	6.95	2.88	2	500	4000	0.774226489	0.85	0.81	0.636	3
Baño de Hombres. (33)	5.14	2.64	1	200	1450	0.663180428	0.85	0.7	0.636	5
Archivo Pasivo de Mantenimiento.	3.2	1.8	1	100	1450	0.438022814	0.85	0.7	0.636	1
Baño. (37)	5.13	1.8	2	200	4000	0.506641647	0.85	0.7	0.636	1
Pantry.(38)	4	1.9	1	100	1450	0.489785397	0.85	0.7	0.636	1
Salón de Reuniones.(39)	8.7	5	2	500	4000	1.207293719	0.85	0.97	0.636	5
Secretaria.(40)	4.79	2.79	2	500	4000	0.670370296	0.85	0.7	0.636	2
J' de Mantenimiento.(41)	5.8	3.88	2	500	4000	0.883951859	0.85	0.9	0.636	3
Local Auxiliar.(42)	4.79	2.79	2	300	4000	0.670370296	0.85	0.7	0.636	1
Local Auxiliar.(43)	5.8	2.16	2	300	4000	0.598429409	0.85	0.7	0.636	1
Pantry.(45)	3	1.8	1	100	1450	0.427756654	0.85	0.7	0.636	1
Planificación y Control. (46)	10.1	5.78	2	500	4000	1.397793336	0.85	1.03	0.636	4
Ofic. Del J'.(47)	2.8	2.53	2	500	4000	0.505353869	0.85	0.7	0.636	1
Pasillo 1. (48)	45	1.9	2	100	4000	0.693166433	0.85	0.7	0.636	2
Pasillo 2. (49)	8.26	3.97	2	100	4000	1.019502626	0.85	0.97	0.636	1

## Almacen # 40.

## Calculo Almacen # 40.

1.-Las casillas que son amarillas no se pueden llenar porque contienen formulas

2.-Este cálculo está basado en el catalogo de dibujo INDALUX.

3-La norma utilizada es la cubana..NC ISO 8995/CIE S 008:2003.

Alt, Util	2.- Este cálculo está basado en el catálogo de datos INDALEX.									
15	3-La norma utilizada es la cubana..NC ISO 8995/CIE S 008:2003.									
12.5										
8										
2.5	Almacén # 40.									
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT. L.	N. LUMINOSO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumn.
Area del transmanipulador.	121.13	50.47	1	100	28000	2.375070357	0.85	1.13	0.85	30
Area de reccion.	50.47	36	1	100	28000	1.680971435	0.85	1.2	0.85	9
Local J' de Almacén.	6.6	4.8	2	500	4000	1.111578947	0.85	0.94	0.636	4
Local secretaria	6.6	4.8	2	500	4000	1.111578947	0.85	0.87	0.636	4





de Almacén.										
Almacén 19.	8	4	2	100	4000	0.333333333	0.85	0.68	0.636	2
Almacén 20.	10	4	2	100	4000	0.357142857	0.85	0.68	0.636	2

## Almacén # 9.

1.-Las casillas que son amarillas no se pueden llenar porque contienen formulas

2.-Este cálculo está basado en el catalogo de dibujo INDALUX.

Alt, Util											
10.2											
4											
	Almacen # 9.										
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT. L.	N. LUMINOSO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumn.	
Area de total.	180	72	1	100	28000	5.042016807	0.85	1.22	0.85	53	
nave # 1	72	36	1	100	28000	2.352941176	0.85	1.16	0.85	11	
nave # 2	72	36	1	100	28000	2.352941176	0.85	1.16	0.85	11	
nave # 3	72	36	1	100	28000	2.352941176	0.85	1.16	0.85	11	
nave # 4	72	36	1	100	28000	2.352941176	0.85	1.16	0.85	11	

## Taller eléctrico

1.-Las casillas que son amarillas no se pueden llenar porque contienen formulas

2.-Este cálculo está basado en el catalogo de dibujo INDALUX.

Alt, Util											
9.01											
2.9											
	Taller electrico.										
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT. L.	N. LUMINOSO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumn.	
Area total.	49.2	18	1	300	28000	1.462660536	0.85	1.01	0.85	13	
Area del j. de Brigada.	6	3.75	2	500	4000	0.795755968	0.85	0.86	0.85	2	
Area de pañol.	6	3.75	2	500	4000	0.795755968	0.85	0.86	0.85	2	
Area de taller de enrollado.	6	3.75	2	500	4000	0.795755968	0.85	0.86	0.85	2	

## Taller Automotriz.

1.-Las casillas que son amarillas no se pueden llenar porque contienen formulas										
2.-Este cálculo está basado en la norma cubana NC ISO 8995/CIE S 008:2003.										
Alt, Util										
7.61										
2.85										
Taller Automotriz.										
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT. L.	N. LUMINOSO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumn.
Area de trabajo.	42	24.02	1	300	28000	2.00799264	0.85	1.24	0.85	12
Técnico de transporte.	5.4	3	2	500	4000	0.676691729	0.85	0.71	0.636	3
J' de transporte.	3.3	2.4	2	500	4000	0.487534626	0.85	0.68	0.636	1
Local eléctrico.	6	3.2	2	200	4000	0.732265446	0.85	0.71	0.636	1
Local de zapatillas.	6	3	2	200	4000	0.701754386	0.85	0.68	0.636	1
Local de batería.	6	4.3	2	200	4000	0.87889627	0.85	0.94	0.636	1
Planta de engrase.	7.5	5.3	2	200	4000	1.089638158	0.85	1.16	0.636	2

## Taller mecánico central.

1.-Las casillas que son amarillas no se pueden llenar porque contienen formulas										
2.-Este cálculo está basado en el catalogo de dibujo INDALUX.										
Alt, Util	3-La norma utilizada es la cubana..NC ISO 8995/CIE S 008:2003.									
15.45										
2.7										
Taller mecánico central.										
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT. L.	N. LUMINOSO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumn.
Area de trabajo.	109.2	50	1	300	28000	2.219837049	0.85	1.13	0.85	81
Ofic. Interna.	12	4.1	2	500	4000	1.131815045	0.85	0.84	0.636	7
Pantry.	2	2	2	500	4000	0.37037037	0.85	0.56	0.636	1
Baño.	2	1.86	2	200	4000	0.356937248	0.85	0.56	0.636	1
Recursos laborales (5)	6	3.15	2	500	4000	0.133694095	0.85	0.56	0.636	4
Baño Ducha.	2	1.6	2	200	4000	0.329218107	0.85	0.56	0.636	1
Lobby.	6	3.6	2	200	4000	0.833333333	0.85	0.67	0.636	1
Sala de Reuniones.	6	5.7	2	500	4000	1.082621083	0.85	0.76	0.636	5
Despacho de Producción.	3.9	3.3	2	500	4000	0.662037037	0.85	0.56	0.636	3
Pasillo.	6	2.1	2	100	4000	0.576131687	0.85	0.56	0.636	1

#### Anexo # 4.

Distancia de los conductores.

Areas.	Calibres (#) Distancia (m)									
	#	m	#	m	#	m	#	m	#	m
PCC.	10	24	12	18						
Planificación y control.	10	12	12	21	2	24				
Recursos humanos.	10	15	12	18	2	24				
Biblioteca.	10	30	12	30						
Seguridad y Prot..	10	30	12	16						
Dirección.	10	24	12	18	2	24				
Auditoría.	10	32	12	8						
Accesorial/jurídica.	10	20	12	8						
Secret.Mantenimiento.			12	14						
Nomina.			12	12	2	6				
Oficina J'de Mantenimiento.			12	2			4	7		
Economía.	10	27	12	30						
Contabilidad.	10	10	12	10						
Dpto .técnico.	10	15	12	18						
Accesorial y cuadro.			12	25						
Contratación.	10	10	12	10						
Salón de Reuniones.			12	15					6	6
Seguridad industrial.	10	30	12	16						
Lbtrio. Eléctrico.			12	28			4	27		
OCIS			12	31						
Comptcion/Servidores	10	15	12	24						
Computación.			12	24						
Ofic.J'de taller Energ.			12	22						
Buró Sindical.			12	22	2	6				
<b>TOTALES. METROS.</b>		294		440		84		34		6

Áreas.	Calibres (#) Distancia (m)									
	#	m	#	m	#	m	#	m	#	m
Taller Automotriz.			12	85						
Taller Mecánico Central					2	40			6	220
Almacén # 9.			12	576					6	25
Almacén # 40.			12	243			8	25		
<b>TOTALES METROS.</b>				904		40		25		245

