



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 Electricista

Título: Eficiencia del Sistema de Iluminación del Bloque II de la C.T.E Lidio Ramón Pérez.

Autor: Juan Carlos Sosa Zaragoza.

Tutor: Msc. Gabriel Hernández Ramírez.

Año 52 de la Revolución.
Moa-2010



Agradecimiento

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



Dedicatoria:

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

Resumen

El siguiente trabajo “Análisis del Sistema de iluminación del Bloque II de la CTE “Lidio Ramón Pérez”, aborda varios temas en cuanto a usos y tipos de lámparas, ya que debe apoyarse en sus características generales para darle una excelente realización al estudio, en el ahorro energético en instalaciones de alumbrado, no pasa sólo por elegir los equipos adecuados a las necesidades, con elevados rendimientos, sino que además deberá estudiarse las necesidades y uso del local, para diseñar el sistema de control idóneo

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

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

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



Summary

The following research work titled "*Analysis of the System of illumination of the Block II of the CTE "Lidio Ramón Pérez"*", refers to the uses and types of lamps. Its own general characteristics will offer good results when finishing this scientific study. To save energy when using lighting facilities does not mean to choose the adequate equipment but to focus on the needs of the client and the local where these equipment will be installed, it means that some requirements are needed to designed adequate control of the system.

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

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

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



Introducción

En lo que respecta a la iluminación se puede reseñar los distintos parámetros como el tamaño, el brillo, el contraste y el tiempo, que han tomado como características principales de la visibilidad relativa de un espacio, pero por otra parte hay otras características que influyen como el acabado del objeto, la naturaleza del material con respecto a la transmisión de luz, el grado del efecto tridimensional y las características de reflexión de los alrededores mas inmediato. Distintas combinaciones de estos factores pueden dar lugar a una infinita variedad de problemas de alumbrado. La selección del mejor tipo de alumbrado para una situación determinada lleva consigo la consideración de la cantidad de luz, el grado de difusión, la dirección y la calidad espectral. Lo que incluso es preferible en algunos casos en lo que deben apreciarse irregularidades de contorno y superficie. Todos estos factores mencionados anteriormente influyen en el proceso de trabajar con una intensidad luminosa apropiada lo cual dan como resultado tipos de lámparas utilizadas en un ambiente industrial para la mejor realización de los trabajos. El Alumbrado Artificial puede ser considerado uno de los signos definitorios de nuestra época. Se halla tan imbricado en nuestros espacios y actividades, en nuestra vida social y económica, que nos parece un hecho natural que siempre ha estado ahí a nuestra disposición. Sin embargo, quizás puede ser útil enfocarlo con una actitud interrogativa, intentar hacernos conscientes de la complejidad y exigencias que se esconden tras el gesto simple de “accionar un interruptor”.

En el siglo XVIII ocurrió algo extraordinario, el físico y químico suizo Aimé Argand inventó una lámpara alimentada con petróleo que empleaba una mecha tubular, la cual recibía una corriente de aire que producía un importante aumento en el brillo de la luz. Entre fines del siglo XVIII y principios del XIX, se utilizó el gas como combustible para la iluminación de las casas y calles.

Si bien con el empleo de mejores combustibles las lámparas resultaron más prácticas, éstas seguían presentando inconvenientes y peligros para las personas.



Así fue como tiempo después, en 1832, se produjo un descubrimiento notable: el científico inglés Michael Faraday y el físico norteamericano Joseph Henry lograron, cada cual en su trabajo, la transformación de la energía magnética en eléctrica.

Este avance dió paso al “gran momento” en la historia de la iluminación, porque apoyado en los adelantos de quienes lo precedieron, el inventor estadounidense Thomas Alva Edison, fabricó la primera lamparita o bombilla incandescente, en 1879. Edison produjo una lámpara resistente que tenía un filamento de carbono y que era posible de comercializar. Su invento hizo universal el uso de la electricidad, permitiendo así que la luz llegue a todos los hogares con la ventaja de ser limpia, cómoda y fácil de transportar.

En la actualidad 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, si se hace un enfoque desde el punto de vista de un municipio, el alumbrado se convierte en el consumidor eléctrico más importante.

Algunos especialistas encargados de proyectar los sistemas de iluminación, no tienen en cuenta las tendencias actuales del desarrollo sostenible y ponen en riesgo la salud del ser humano. La iluminación ha de cumplir una función específica, como es el permitir ver, observar, resolver tareas y definir objetos y cosas. Así ha de asegurar que su objetivo se logra en las mejores condiciones de confort, seguridad y eficacia en el gasto energético que forzosamente ha de producirse. Por lo antes expuesto el objetivo de nuestro trabajo es:

- Mejorar la Eficiencia Energética del Sistemas de iluminación del Bloque II.

Pero no se debe considerar que el grado máximo de perfección se alcanza cumpliendo cabalmente con el objetivo antes mencionado. No puede existir conformidad con obtener buenos resultados en los aspectos medibles, sino apurar las posibilidades y encaminar todo el esfuerzo e imaginación hacia aspectos menos pragmáticos pero no por ellos 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 y en todos los casos son las luminarias los 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 y poder contribuir con nuestra sociedad.

CAPITULO I

Marco Teórico – Metodológico de la Investigación.

Introducción.

Fundamentación Teórico – Metodológica.

Base Teórica de la Investigación.

Conclusiones.

1.1 Introducción

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

1.2 Fundamentación Teórico – Metodológica del trabajo

La formulación del problema, la justificación o necesidad de la realización de cualquier trabajo que se realice y su propuesta son elementos que deben tenerse en cuenta en su fundamentación teórica. Tomándose en cuenta los objetivos propuestos para este trabajo se consideró una investigación de campo, ya que permite no sólo observar, sino recolectar los datos directamente de la realidad objeto de estudio. El análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores contribuyentes.

Planteamiento del Problema

Los bajos niveles de iluminación existente en la empresa por la utilización de lámparas ineficientes, provocando molestia y bajo confort visual.

Hipótesis

Si se determinan las causas de la incorrecta iluminación, se podrá proponer un sistema de alumbrado que cumpla con las normas del CIE.

Objetivo general

- Mejorar la Eficiencia Energética del Sistemas de iluminación del Bloque II.

Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema de alumbrado existente en la empresa.
- Determinar las causas de la ineficiencia del sistema de iluminación.
- Proponer un sistema de alumbrado que permita disminuir el consumo de electricidad.

1.3. Base Teórica de la Investigación

DEFINICIONES

Iluminación General

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

Iluminación General Localizada

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

Iluminación Suplementaria

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

Sistema de Iluminación o Alumbrado

Los sistemas de alumbrado se dividen en la forma siguiente:

Sistema Normal

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

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

Sistema Esencial

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

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

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

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

Sistema de Emergencia

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

- a) Este sistema será a base de lámparas incandescentes de 250 VCD se usará en casa de máquinas, cuarto de control de la subestación y en la misma subestación.
- b) Se energizará este sistema automáticamente cuando haya pérdida de CA funcionará el tablero de transferencia donde estará normalmente energizado y serán alimentados los tableros de distribución de CD
- c) Este sistema, para puntos estratégicos, especialmente en las áreas de galerías deben de fijarse para no ser retiradas unidades de alumbrado que autocontengan banco de baterías individual con cargador del tipo de rectificador-banco de baterías.

Iluminación diurna

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

Iluminación exterior

Se refiere a la iluminación exterior general con fines de seguridad y protección, se controlarán mediante una combinación de celdas fotoeléctricas, relojes de tiempo y contactares, previendo un mecanismo para operación manual en caso

necesario. Se instalarán los controles locales necesarios para la iluminación suplementaria en áreas de operación y/o mantenimiento.

Localización de luminarias

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

CONSIDERACIONES PARA DISEÑO

El diseño de alumbrado, se puede considerar en cierta manera, como el ensamble repetitivo, en distintas formas, de elementos prediseñados; dependiendo de los requisitos funcionales y ambientales.

Por otra parte, resulta complicado tratar este tema lo más completo posible, por existir una gran variedad de problemas difíciles de cubrir con detalle. La razón de esto es que el campo de luminotécnica (Iluminación) y de las instalaciones eléctricas es tan grande que en cada Proyecto en particular, encontramos muchas y variadas situaciones; ya sea por las características funcionales, y por las condiciones ambientales; como puede ser la distinta naturaleza del terreno; las diferentes condiciones meteorológicas; los distintos niveles de contaminación, etc. Es de suma utilidad que de todo lo anterior se redacte una memoria técnica, descriptiva de sus observaciones e ideas personales, anexándola a cada trabajo a fin de completarlo. Pero no hay que olvidar que todo buen proyecto, para que así resulte requiere de una buena instalación con la adecuada supervisión, a fin de lograr los resultados deseados oportunamente (según el avance de las obras civiles) a una persona idónea que se encargue de la dirección de estos trabajos, no permitiendo que estas labores las lleven a cabo personas poco o nada enteradas del asunto.

Para el diseño de un sistema de iluminación debemos hacer las siguientes consideraciones:

- a)** Tipo de tarea visual a desarrollar.
- b)** Calidad visual, que comprende, confort, reflejos, variaciones permisibles entre los niveles máximos y mínimos. ($\pm 20\%$ del nivel de áreas adyacentes).
- c)** Cantidad de iluminación requerida acorde a la tarea visual a desarrollar.
- d)** Ambiente del área, teniendo cuidado en prever la presencia de polvos, vapores, gases explosivos o corrosivos.
- e)** Descripción y uso del área, que incluye desde las características físicas (dimensiones del local, reflectancia de las superficies, nivel del plano de trabajo, área específica, tipo de montaje para la luminaria), hasta las características de operación del sistema de alumbrado.
- f)** Selección de luminarias, la evaluación de los puntos anteriores nos daría las bases para la selección correcta del luminaria y tipo de lámpara a emplear.
- g)** La calidad de la iluminación no se cubre en esta guía. Una buena iluminación es algo sutil y alcanza sus mejores resultados cuando hay mínima evidencia del equipo de iluminación y de su asociada brillantez. Por tanto la iluminación es tanto un arte como una ciencia.
- h)** Los estudios profundos sobre contrastes, resplandor, reflejos que impiden la visión, niveles de adaptación y otros elementos que afectan la eficiencia visual, están fuera del alcance de esta guía.
- i)** En algunos casos el diseño de la instalación general de alumbrado, más la iluminación complementaria no solo debe dar una cantidad suficiente de luz, sino además, la dirección adecuada de la luz, su difusión, color y protección a los ojos, así como la posibilidad de tener niveles de iluminación variables utilizando reóstatos o interruptores hasta donde sea posible, debe eliminar el resplandor directo y reflejado, así como sombras objetables, dando una atención particular a la visibilidad del sistema anunciador iluminado, de interruptores, instrumentos, botones, pantallas en superficies verticales etc.

- j) No deben existir sobreposición en las curvas de distribución de las luminarias, logrando una buena uniformidad luminosa y una relación optima entre la altura de montaje y la separación de las luminarias.
- k) Facilitar el mantenimiento considerado en la maniobra, seguridad, rapidez y accesibilidad con un mínimo de espacio.

AREAS PARA ILUMINACION

De los proyectos llevados a cabo por CFE se consideran que generalmente se pueden tener las siguientes áreas por iluminar.

a) Casa de máquinas

- . Piso de excitadores,
- . Piso de generadores,
- . Piso de foso del generador,
- . Piso de turbinas,
- . Piso de foso de turbinas,
- . Sala de baterías,
- . Galería de transformadores,
- . Galería de inspección,
- . Galería de drenaje,
- . Galería de oscilación,
- . Galería de charolas,
- . Túneles de acceso,
- . Área de tableros,
- . Taller mecánico,
- . Sanitarios,
- . Zonas de paso,
- . Sala de equipo de acondicionamiento de aire y equipo de ventilación,
- . Fachadas.

b) Subestación

- . Caseta de control,



- . Sala de tableros,
- . Sala de baterías,
- . Sala de equipo de acondicionamiento de aire,
- . Bodega,
- . Oficina,
- . Comedor,
- . Vestíbulo,
- . Sanitarios,
- . Zona de equipo instalado,
- . Zona de paso,
- . Fachadas,

Las áreas y zonas antes mencionadas, son las que normalmente deben tomarse en cuenta en un proyecto de alumbrado, incluyendo otras que pudieran presentarse.

Requisitos de Iluminación

En el proyecto de iluminación de una Central eléctrica; los requisitos para la instalación de alumbrado dependen de los propósitos para los cuales sea empleada ésta instalación; ya que el alumbrado de los locales y zonas que integran una Central eléctrica, presentan diferentes condiciones y problemas.

Para analizar estas condiciones y problemas, así como los requisitos necesarios para evitarlos; consideramos en general las siguientes zonas:

Iluminación interior

- a) Área de tableros.
- b) Áreas de montaje bajo.
- c) Áreas de montaje alto.

Área de tableros

Al proyectar la iluminación en el área de tableros el requisito básico que se debe perseguir, es el de proporcionar una adecuada y confortable iluminación, sobre los instrumentos y otros aparatos de control que se encuentran los tableros; lo cual necesariamente implica mayor importancia de la iluminación sobre el plano vertical, que la que es usualmente encontrada en los demás locales interiores. De esta manera, el problema de iluminación en el área de tableros, es muy diferente al de cualquier otro local destinado para otras funciones. No es suficiente con tener un buen nivel de iluminación sobre los tableros, sino que además deberán cumplirse otros requisitos, tales como visibilidad clara de los escalas de los instrumentos, libres de reflejos y sombras inconvenientes, iluminación uniforme sobre los tableros sin disturbios por contrastes de brillantez, y menor deslumbramiento en toda la iluminación del local.

A continuación estudiaremos los problemas que normalmente se presentan para la iluminación de estas zonas; así como los requisitos para evitarlos.

a) En general, los problemas que se han encontrado en la iluminación en el área de tableros, han sido:

- contrastes o diferencias fuertes de brillantez en superficies circundantes,
- sombras en el campo visual del observador,
- deslumbramiento directo desde la fuente de luz en el campo de visión de los operadores,
- deslumbramiento reflejado por superficies metálicas o muy pulimentadas, es decir, el brillo producido por reflexión especular,
- brillo reflejado por los cristales de los instrumentos hacia el campo de visión de los operadores.

b) Los efectos que producen estos problemas son:

Disminución de la percepción visual. El observador concentra involuntariamente su atención hacia el objeto más brillante y disminuye, por lo tanto, la percepción en el resto del campo visual.

Efectos desagradables a la vista

Fatiga visual y, por lo tanto, menor rendimiento en el trabajo o tarea encomendada.

Los problemas de iluminación antes mencionados, varían en relación con los tipos, alturas y configuraciones de los tableros, proporciones del cuarto, posición del personal al efectuar lecturas, tipos y medidas de instrumentos, color, tipo y tamaño de las escalas de los mismos, y también brillantez de los colores de acabado, localización de puertas y ventanas etc.

c) Para solucionar estos problemas de iluminación en el área de tableros, se deberá considerar los siguientes requisitos:

- los contrastes de brillantez inadecuados, son eliminados pintando todas las superficies con colores claros de apropiadas características de reflectancia, incluyendo los tableros, para producir bajos contrastes de brillantes. Además los pisos de color claro agregarán efectividad a la iluminación,
- deberán evitarse acabados de alta reflectancia. Por ejemplo las cubiertas de los instrumentos deben tener un acabado satisfactorio, que proporcione un buen contraste que ayude a un enfoque natural de la vista de los operadores sobre las carátulas. Este contraste ha sido obtenido con cubiertas negras de los instrumentos,
- el acabado de cualquier mueble en el cuarto de control, deberá tener factores de reflexión favorables, y deberán armonizar con los colores del cuarto, a fin de proporcionar un ambiente de confort a los operadores.

d) Factores de reflexión recomendados

Techo (cielo)-----	80 %
Muros-----	50 %
Tableros -----	50 %
Escritorios-----	35 %
Pisos-----	30 %

e) Angulo límite para evitar el efecto de deslumbramiento.

- para eliminar el deslumbramiento directo desde las fuentes de luz en el campo de visión de los operadores, estas fuentes deben colocarse si es posible, por encima de la línea normal de visión, es decir, por encima del ángulo límite: el cual se define como el ángulo formado por la dirección visual horizontal y la dirección de la visual al foco luminoso; para evitar el deslumbramiento, este ángulo ha de ser superior a 30° , tal como se muestra en la figura 1.

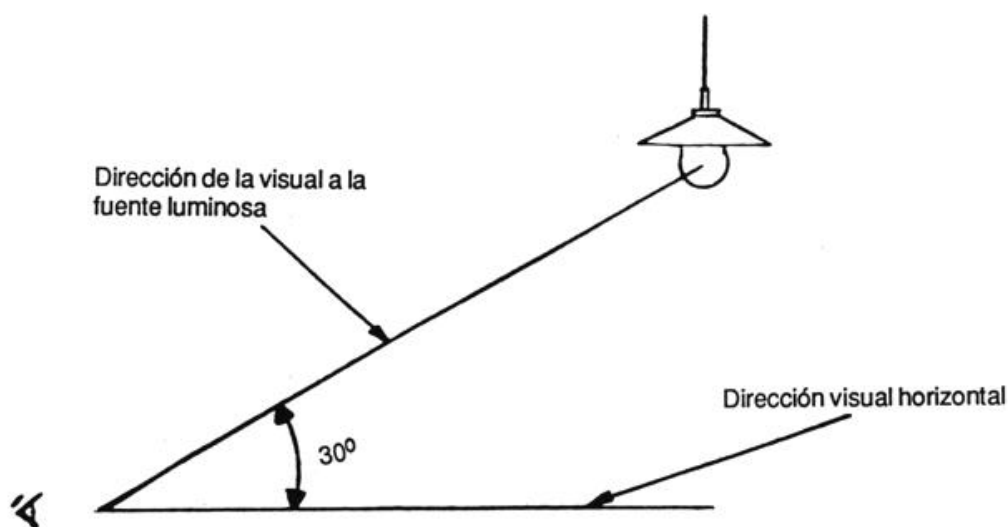


Figura 1 - Concepto de ángulo límite para evitar el efecto de deslumbramiento

f) Deslumbramiento reflejado

Las fuentes de luz de luminancia elevada, que hayan de quedar dentro de ángulos inferiores a 30° , deben protegerse mediante globos difusores, reflectores, contrólenles, etc., es decir, con algún dispositivo que reduzca su luminancia.

Para eliminar el deslumbramiento reflejado, se deben situar las fuentes luminosas de tal manera que los rayos reflejados no lleguen a los ojos del observador, con objeto de que la imagen reflejada quede fuera de su cuerpo visual. En general es necesario efectuar una localización cuidadosa de las unidades de alumbrado, ventanas, escritorios, puertas, etc., con respecto al campo de visión de los operadores.

La reflexión de luz, vista en las carátulas de los instrumentos, es uno de los problemas más importantes a resolver. Cualquier fuente de luz para iluminación de tableros, puede ser reflejada en las carátulas de cristal de los instrumentos. Para mayor claridad de este problema, ver la figura 2.

En esta figura se consideran tres posiciones de la fuente de luz, ocupando los puntos "A" "B" y "C". El punto "I" es el punto más alto del instrumento superior. Se considera una zona de visión limitada en la parte inferior, a una altura de 120 cm. (que se considera nivel medio del ojo del operador, cuando éste está sentado), en la parte superior a una altura de 170 cm. (que se considera nivel máximo del ojo del operador, cuando este está de pie), y cerca del tablero con una proximidad máxima de 65 cm.

Entonces debe evitarse que haya luz reflejada directamente de los instrumentos a esta zona de visión.

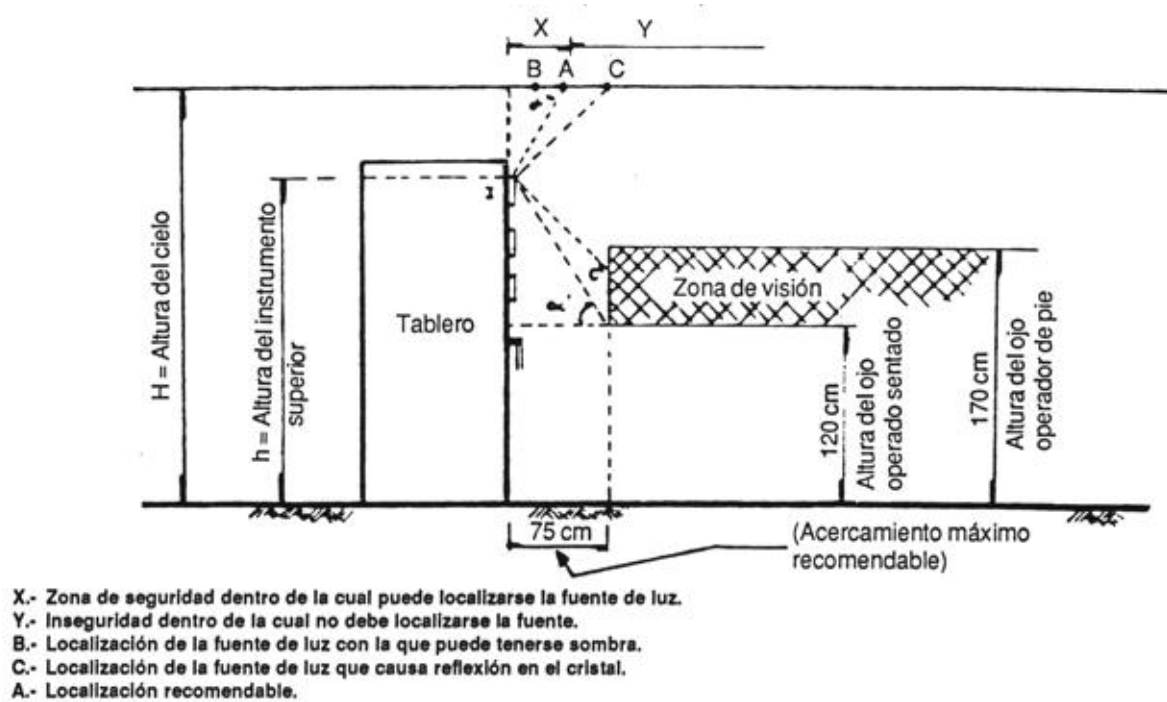


Figura 2- Identificación de la zona de visión y de localización de la fuente de luz.

Basándose en la ley física que dice: el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión y recordando que por definición, el ángulo de incidencia de la luz, es aquel que se forma entre la perpendicular a la superficie y la línea de incidencia de la luz, se puede observar que para que no haya reflexión de los instrumentos sobre la zona de visión del operador, el ángulo de incidencia à deberá ser mayor que el ángulo à formado por la línea de visión A'I y la perpendicular al tablero, desde A'. Cuando se cumple esta condición, no hay problema de reflejos en los instrumentos al efectuar lecturas directamente desde el frente del tablero. Así las unidades de alumbrado pueden localizarse dentro de la "Zona de Seguridad" "X", aunque ya una localización muy cercana al tablero (por ejemplo en "B") puede causar sombras en la parte superior de las escalas de los instrumentos.

En los instrumentos modernos, casi no se tiene sombras en las escalas, pues se construyen con los marcos, o solo la parte superior de ellos, de material transparente, o bien con la escala muy próxima a la carátula de cristal. Algunas

veces los instrumentos son dotados con carátulas de cristal antideslumbrante, o cristales convexos.

g) Iluminación parcial del frente del tablero.

Otro problema que se presenta al colocar en el punto "B" (figura 2) unidades de alumbrado de curva fotométrica asimétrica (es decir, de haz luminoso oblicuo), es que solamente iluminarán una parte de frente del tablero.

Para solucionar este problema, se ha encontrado un método por resultados experimentales, con el cual se puede calcular la distancia adecuada en donde deberán colocarse las unidades de alumbrado de curva asimétrica, cuyo haz

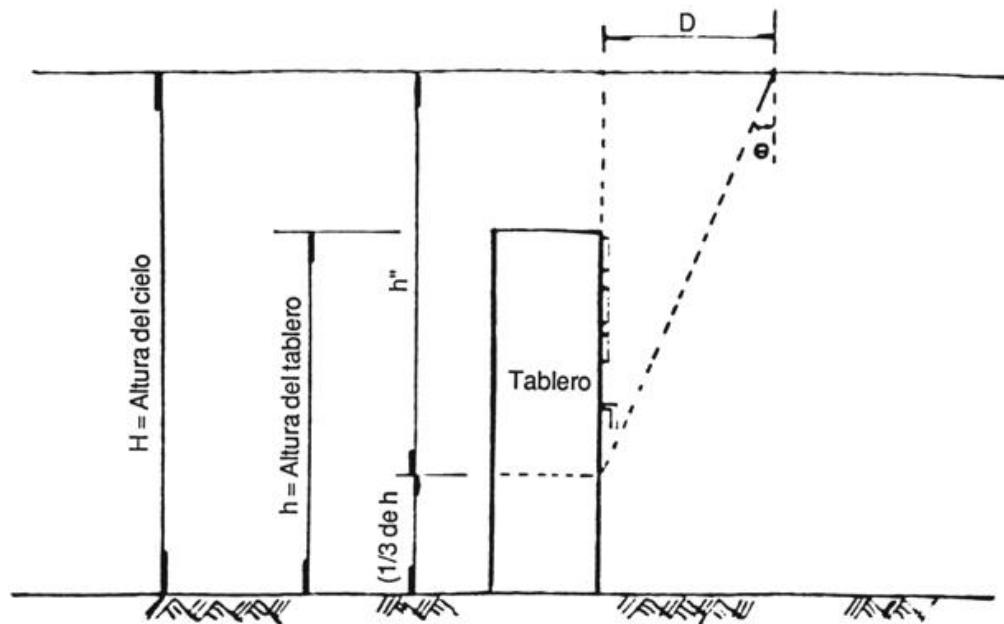


Figura 3 - Cálculo de la distancia a que debe ser colocada la fuente de luz

luminoso tenga una dirección de 15 a 20°, este método se describe a continuación.

Primeramente, de la figura 3, el ángulo θ es la dirección que tienen el haz luminoso de la luminaria seleccionada (entre 15 a 20°) para iluminar el frente del tablero. El haz luminoso se dirigirá al tablero hasta una altura de $1/3$ h del nivel del piso terminado, ya que por resultados experimentales, se tiene que a esa altura, todo el



frente del tablero queda perfectamente iluminado; por lo que la distancia adecuada "D" en donde deberá colocarse la fuente de luz (ver figura 3) es:

$$D / h'' = \tan \phi$$

$$D = h'' \tan \phi$$

Donde

$$h'' = H - 1/3 h$$

Con la colocación de las unidades de alumbrado, a esta distancia, además de quedar perfectamente iluminado el frente del tablero, se eliminará también el deslumbramiento reflejado por los cristales de los instrumentos, ya que la distancia "D" queda dentro de la "Zona de Seguridad" "X" (ver figura 2).

h) Alumbrado directo en el área de tableros.

- sobre los escritorios de los operadores, es conveniente proporcionar un nivel de iluminación aproximadamente igual al nivel sobre la cara vertical de los tableros, evitando en lo posible grandes diferencias de brillantez entre los instrumentos y los objetos de trabajo sobre el escritorio, a fin de que el operador pueda percibir sin molestias desde su escritorio, las indicaciones aproximadas de los instrumentos, a cualquier hora.

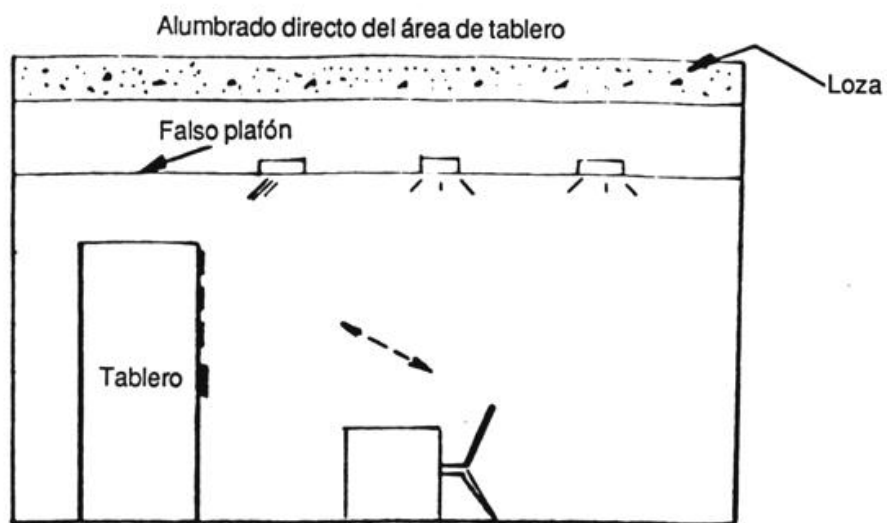


Figura 4 - Unidades de embutir o empotrar instaladas en falso plafón plano.

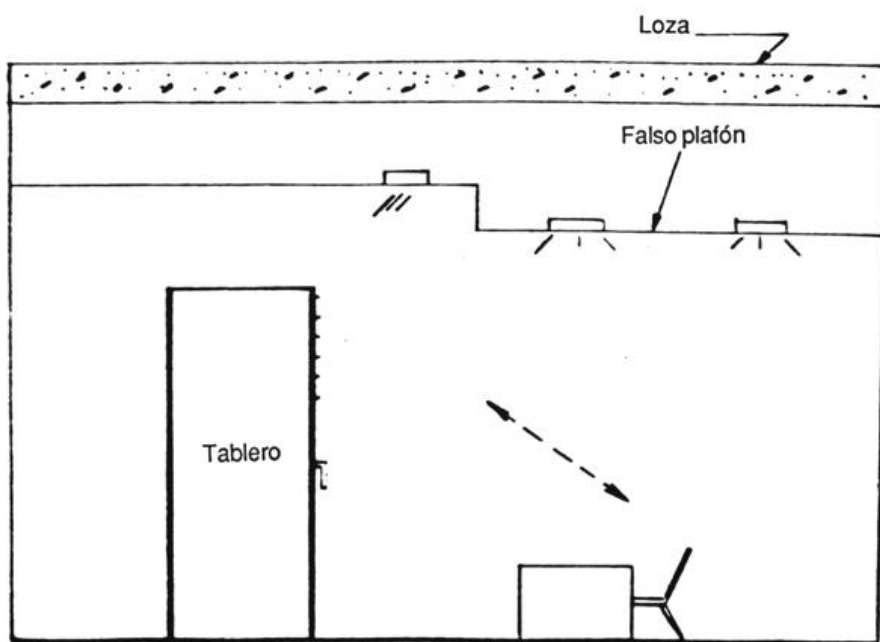


Figura 5 - Unidades de embutir o empotrar instaladas en falso plafón escalonado

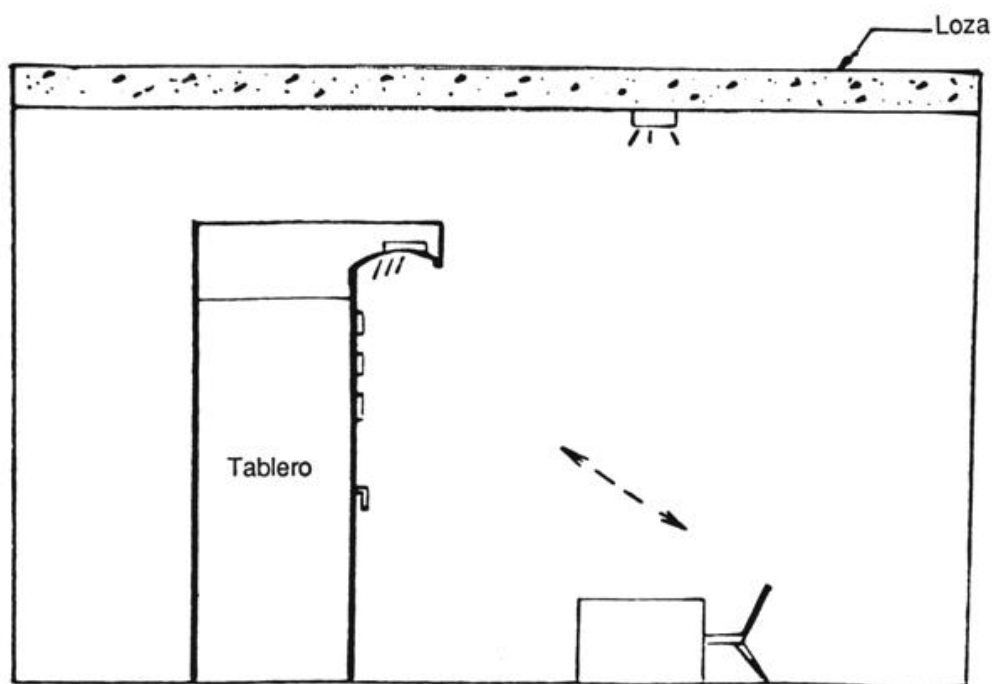


Figura 6 - Unidades de embutir o empotrar instalados en canopia o mensula



En general, los niveles de iluminación en zonas adyacentes no deben presentar grandes diferencias, con objeto de no provocar deslumbramiento al personal, cuando transite a través de esas zonas.

Para los fines de iluminación de las áreas de tableros de las subestaciones, se prefiere el sistema de iluminación directa con la finalidad de dirigir toda la luz hacia los planos de trabajo y reducir a un mínimo la potencia, para proporcionar la iluminación requerida.

El sistema de iluminación directa en las áreas de tableros puede ser proporcionada de varias formas. Colocando las unidades en el techo cielo, o colocándolas en una ménsula o canopía en la parte superior del tablero.

Cuando las unidades son instaladas en el techo o cielo, es preferible utilizar unidades del tipo de embutir o empotrar, instalando para ello un plafón falso plano, según se ilustra en la figura 4. También puede instalarse un cielo plano pero escalonado, a fin de que las unidades de alumbrado del tablero queden escondidas y no las puedan percibir directamente el operado (ver figura 5).

Cuando las unidades son instaladas en una ménsula o canopía, también se utilizan unidades del tipo de embutir o empotrar, con la finalidad de tener un buen aspecto de la instalación (ver figura 6), y las que se instalan en la losa son del tipo de sobreponer.

Con el sistema de iluminación directo, se obtiene la ventaja de proporcionar con cierta facilidad el nivel de iluminación promedio requerido en la cara del tablero, y el nivel requerido en el plano horizontal. Además el mantenimiento en estas instalaciones es muy sencillo.



Áreas de bajo montaje (hasta 4 m sobre el piso)

El término "bajo montaje" se utiliza generalmente para denominar áreas donde la altura de montaje del equipo de alumbrado es de 4 m. o menor, medida sobre el nivel del piso.

Dentro de esta clasificación se puede considerar la mayoría de los locales interiores de la Central eléctrica; aunque las áreas de tableros se trataron en un punto aparte, ya que es el único local que tiene algunos requisitos de iluminación diferentes a los demás locales.

Al proyectar la iluminación de estas áreas de bajo montaje el requisito básico que se debe perseguir es el de proporcionar una adecuada y confortable iluminación sobre el plano de trabajo, el cual se encuentra generalmente en el plano horizontal.

Además de una cantidad adecuada de luz, deben considerarse otros requisitos a fin de obtener una buena visibilidad con un esfuerzo mínimo de los ojos. En tales casos deberá seleccionarse la calidad apropiada de la luz, cuidando no tener la fuente de luz en la línea directa de visión y llevando la brillantez de dicha fuente, así como de las superficies iluminadas, a un valor bajo.

a) En general, los problemas que se han encontrado en la iluminación de estas áreas de bajo montaje, han sido:

- contrastes o diferencias fuertes de brillantez en superficies circundantes,
- sombras en el campo de visión del observador,
- deslumbramiento directo desde las fuentes de luz en el campo de visión del observador,
- deslumbramiento reflejado por superficies metálicas o muy pulimentadas.

Como puede observarse, estos problemas de iluminación son similares a los que se presentan en las áreas de tableros: por lo que, algunos de los requisitos de iluminación mencionados anteriormente, también son necesarios para la iluminación de las áreas de bajo montaje en cuestión. No lo son todas, debido a

que la iluminación en las áreas de tableros, es principalmente en el plano vertical y en estas áreas de bajo montaje es en ambos planos.

b) Para solucionar los problemas de iluminación de las áreas de bajo montaje en cuestión, deben considerarse los siguientes requisitos:

- en estas áreas, se prefiere el sistema de iluminación directa, con objeto de dirigir toda la luz hacia los planos de trabajo y reducir a un mínimo la potencia para proporcionar la iluminación requerida,
- es importante seleccionar los colores apropiados para los muros, cielo y equipo instalado en el área iluminada, evitando grandes contrastes de brillantez, entre superficies adyacentes,
- las áreas que utilicen equipos de alumbrado del tipo de embutir o empotrar en el cielo o techo y requieran condiciones normales de visibilidad, es conveniente que el piso tenga un factor de reflexión de 30% o más, con la finalidad de que refleje la luz hacia arriba y el cielo quede suficientemente iluminado para no presentar un aspecto sombrío,
- las áreas que utilicen equipos de alumbrado de sobreponer o colgar, es deseable que estas unidades proyecten un pequeño porcentaje de luz hacia arriba, a fin de tener el cielo iluminado y no se presente como una superficie oscura, contrastando con las demás superficies iluminadas,
- los puntos brillantes y superficies muy pulidas, especialmente de metal, son con frecuencia fuentes de irritación de los ojos y por lo tanto deben evitarse,
- para eliminar el deslumbramiento reflejado, se deben situar las fuentes luminosas de tal manera, que los rayos reflejados no lleguen a los ojos del observador con objeto de que la imagen reflejada quede fuera de su campo visual.

Para eliminar el deslumbramiento reflejado en los escritorios, estos no deben tener cubiertas de cristal o ser altamente pulidas.

- para eliminar el deslumbramiento directo desde las fuentes de luz en el campo de visión de los observadores, estas fuentes deben colocarse, si es posible por



encima del ángulo límite (ver figura 1). Si esto no es posible, las fuentes de luz de luminancia elevada, que hayan de quedar dentro del ángulo límite, deben protegerse mediante globos difusores, controlentes, etc., es decir, con algún dispositivo que reduzca su luminancia,

- para evitar sombras en el campo de visión del Observador, se debe realizar una localización adecuada de las unidades de alumbrado para una mejor distribución de la luz.

Área de montaje alto (más de 4 m sobre el piso)

El termino "montaje alto" se utiliza generalmente para denominar áreas donde la altura de montaje del equipo de alumbrado es mayor de 4 m., medida sobre el nivel del piso.

Dentro de esta clasificación se pueden considerar algunas áreas de la Central Hidroeléctrica como:

- piso de excitadores,
- galería de drenaje,
- túneles de acceso.

a) Zonas de gran altura de techo

En las zonas de gran altura de techo los trabajos se realizan generalmente con objetos tridimensionales más bien grandes, de características de reflexión difusa. En estas circunstancias, la tarea visual no es difícil ni se presenta ningún problema de deslumbramiento reflejado.

Para estas aplicaciones conviene una fuente de luz que tenga una alta emisión luminosa, tal como una lámpara de descarga. Estas fuentes en reflectores directos producen luz con un componente direccional que causa ligeras sombras, y zonas luminosas que ayudan a la visión.

b) Diseño de luminarias

Las luminarias abiertas y ventiladas han remplazado ampliamente al tipo no ventilado. En las ventanillas, la sociedad se ve acumulando sobre la lámpara y el reflector mucho más espacio, 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 (sobre el plano de trabajo)

- zonas altas y estrechas.- En locales altos y estrechos, las luminarias que tengan una distribución concentrada o media son las más económicas a efectos de producir iluminación en el plano horizontal. En los casos en que la tarea visual esté inclinada un ángulo que exceda de los 45° , se deben usar luminarias con una distribución media o ancha, aunque llegue algo menos de luz al plano horizontal,
- zonas altas y anchas.- En locales anchos y altos, los equipos con distribución ancha proporcionan una superposición de haces de luz que resultan más económicas que en habitaciones estrechas, con la consiguiente reducción de la intensidad de las sombras y una iluminación mayor de las superficies verticales. En las líneas de luminarias próximas a las paredes pueden usarse equipos de distribución más estrecha para reducir al mínimo la pérdida de iluminación a causa de la absorción de las paredes y ventanas.

Iluminación exterior

Debido a que las Centrales eléctricas pueden ser construidas en el interior de una montaña o en el exterior ya que todas son diferentes entre sí, las áreas exteriores a iluminar son variadas y con sus particularidades para cada caso. Por lo anterior, a continuación se mencionan conceptos generales sobre el alumbrado de la subestación de la Central eléctrica, con la observación que algunos de estos

conceptos pueden extrapolarse a otras áreas de la Central como son las de obra de tope, vertederos, cortina, desfuegos, etc.

- a) Zonas de paso y equipo instalado.
- b) Pasillos y fachadas.

Zonas de equipo instalado y zonas de paso

En general el alumbrado de la zona de equipo instalado, en la Subestación consiste en iluminar el equipo eléctrico como cuchillas desconectadoras, interruptores, transformadores, etc., algunos de los cuales son instalados en las estructuras relativamente altas sobre el nivel del piso. El alumbrado en las zonas de paso, consiste, en proveer una iluminación general alrededor de la Subestación de la Central y demás zonas de tránsito normal, con la finalidad de permitir al personal transitar con seguridad por la instalación y percibir los diferentes aparatos e indicadores cercanos al nivel del piso.

Por las consideraciones anteriores, es recomendable tener la iluminación dirigida hacia abajo, con objeto de iluminar simultáneamente el equipo, las estructuras y las zonas de tránsito normal; es por ello, que normalmente las unidades de alumbrado se instalen en las estructuras a una altura de 10 a 15 m. aproximadamente, medida sobre el nivel del piso.

En general, se puede considerar que el sistema de alumbrado para las zonas de paso y equipo instalado, debe reunir las siguientes características.

- debe proveer una alta componente de luz directa sobre estos elementos vitales de la estructura,
- no debe producir deslumbramiento en las zonas normalmente utilizadas por los operadores, para observar u operar el equipo vital en el área,
- las sombras muy marcadas y zonas oscuras, deben ser marcadas a un mínimo,
- las unidades de alumbrado utilizadas, deben ser accesibles para un fácil cambio de lámparas y no estar colocadas muy cerca del equipo eléctrico energizado, a fin de no presentar peligro para el personal de mantenimiento.

Es indudable que el sistema de iluminación empleado en estas zonas, es el directo, tanto para iluminar el equipo, como zonas de paso. Se debe efectuar una cuidadosa localización de las unidades de alumbrado, a fin de asegurar una mejor distribución de la luz en las áreas más importantes a iluminar, así como también, se debe dirigir la luz, de tal modo, que el operador pueda percibir el equipo sin que incidan directamente sobre sus ojos los rayos de luz, evitándose de este modo deslumbramiento. Un ejemplo de iluminación de estas zonas se muestra en las figuras 7 y 8.

Pasillos y fachadas

Generalmente es necesario iluminar los pasillos alrededor de la caseta de control, solamente para transitar o hacer una inspección general de algún equipo que ahí se encuentre instalado.

También se debe iluminar la entrada de la caseta y la parte posterior, con lo cual se debe tener iluminado todo el contorno.

Es indudable que el sistema de iluminación en estas zonas de la Central eléctrica es el directo. Las unidades de alumbrado pueden estar montadas sobre el mismo edificio de la caseta de control, a una altura de 3 m. aproximadamente, para la iluminación de contorno de la misma.

Se debe procurar que la iluminación sea lo más uniforme posible, y que no presenta manchas de sombras, o zonas oscuras, sin que ello vaya a representar un excesivo número de unidades, lo que sería anti-económico.

En algunos casos es deseable darle cierta iluminación decorativa a la fachada, sobre todo cuando la importancia de la instalación hace suponer que va a tener con frecuencia visitantes.

NIVELES DE ILUMINACION

Al estudiar las necesidades de iluminación de las Centrales Hidroeléctricas, se desprende la siguiente conclusión: Para los diferentes locales y zonas, se

requieren diferentes niveles de iluminación; los cuales dependerán del trabajo o tareas que se requieran efectuar en cada lugar.

El nivel de iluminación necesaria para conseguir una visión eficaz, rápida y confortable de la tarea encomendada, depende de cierto número de factores, entre los que podemos contar:

- a)** Magnitud de los detalles, de los objetos que se trata de discernir.
- b)** Distancia de estos objetos al órgano visual del observador.
- c)** Factores de reflexión de los objetos observados.
- d)** Contraste entre los detalles y los fondos sobre los que se destacan.
- e)** Tiempo empleado en la observación de los objetos.
- f)** Rapidez de movimiento de los objetos observados.

La mayor o menor dificultad de una tarea visual debe apreciarse en función de estos y otros factores, tales como, las condiciones de los alrededores y el estado fisiológico de los ojos que han de realizar el trabajo, etc. Según la importancia de estos factores, se han prescrito distintos niveles de iluminación, mediante investigaciones científicas, para los distintos tipos de locales y las diferentes tareas visuales. Estos niveles de iluminación se expresan en la tabla 1.

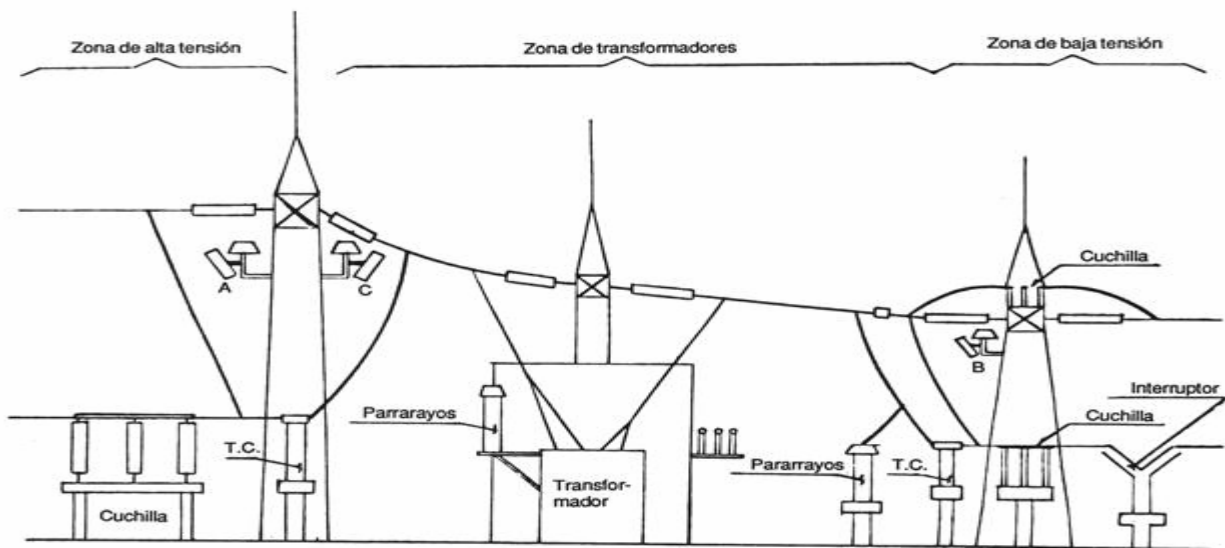


Figura 8 - Ejemplo de alumbrado exterior de una subestación (vista en corte)

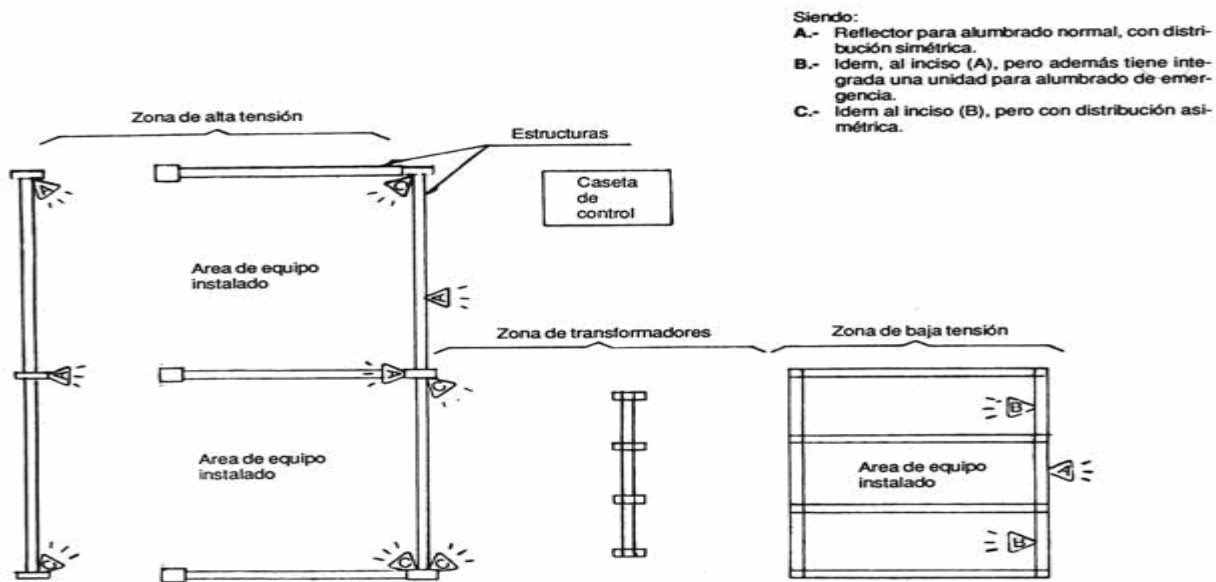


Figura 7 - Ejemplo de alumbrado exterior de una subestación (Vista en planta)

Tabla 1.1 - Niveles de iluminación recomendados por Illuminating Engineering Society y las normas cubanas.

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

Local	I.E.S.S.M.I.I.(Luxes)
Áreas Exteriores:	
a) Zona de equipo instalado y de paso: - Iluminación general horizontal - Iluminación general vertical (sobre equipo)	20
b) Zonas alrededor de la caseta de control: - Entrada principal - Entrada secundaria - Pasillos	20
c) Cerca o alambrado	100
d) Alumbrado de emergencia	50
	20
	2
	5

En dicha tabla la primera columna lleva por encabezado I.E.S. (Illuminating Engineering Society). 99% y esta formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H. R. BLACKWELL, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook con las dos consiguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que pueda realizar una persona en un segundo.

La segunda columna lleva las normas cubanas, 95% y está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y 5 asimilaciones por segundo. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor "mínimo" en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en Cuba, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causen fatiga visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajan mucho esos valores, ya que de hacerse así, la eficiencia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

Antes de seleccionar las unidades de alumbrado que resuelven el proyecto que se este llevando a cabo, es conveniente reunir la mayor literatura posible de los



equipos de alumbrado que se tengan en el mercado, en la cual estén asentadas las características técnicas, recomendaciones y sugerencias de los usos apropiados para cada unidad. En caso de contar con escasa información, es recomendable ponerse en contacto con los Fabricantes o sus representantes, a fin de que ellos proporcionen la información posible (verbal y escrita) de los equipos de alumbrado que puedan proporcionar.

Una vez reunida la información necesaria de las unidades de alumbrado, se requiere hacer un análisis de las condiciones de instalación, operación y del medio ambiente bajo las cuales van a quedar estas unidades en los diversos locales y zonas de la Central eléctrica, a fin de poder seleccionar la o las unidades que, de acuerdo con sus características, sean más apropiadas para satisfacer las necesidades del caso.

MÉTODOS DE CÁLCULO

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

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

A continuación se dará una breve descripción sobre cada método.

Método del Lumen o del Cálculo del Flujo Luminoso

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

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

Datos generales

a) Dimensiones del local

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

b) Reflectancias

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

c) Nivel de iluminación

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

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

b) Marca y número de catálogo.

(datos del Fabricante).

c) Potencia

Seleccionar la potencia nominal de la lámpara en watts.

d) Lúmenes por luminaria (datos del Fabricante).

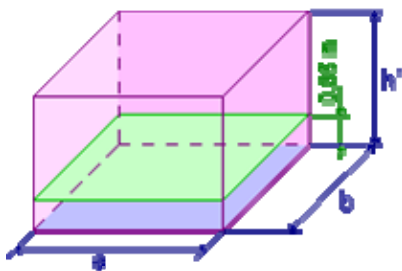
e) Altura de montaje sobre el plano de trabajo.

Método de los lúmenes

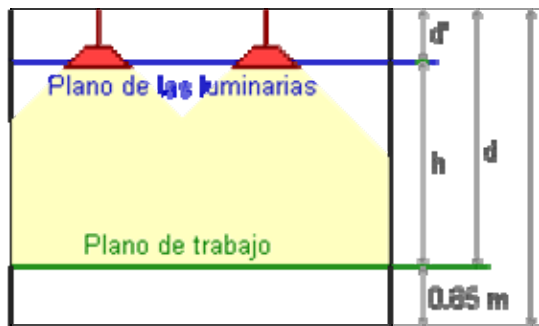
La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los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

Datos a tener en cuenta.

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



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



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

d: altura del plano de trabajo al techo

d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

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

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

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



Iluminación indirecta y semiindirecta

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

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

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

Tabla 1.2. Coeficientes de reflexión

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

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

- Determinar el **factor de utilización** (η, CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran

los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

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

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Cálculos

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

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

Donde:

- o Φ es el flujo luminoso total
- o E es la iluminancia media deseada
- o S es la superficie del plano de trabajo
- o η es el factor de utilización
- o f_m es el factor de mantenimiento

- Cálculo del número de luminarias.

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

Donde:

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

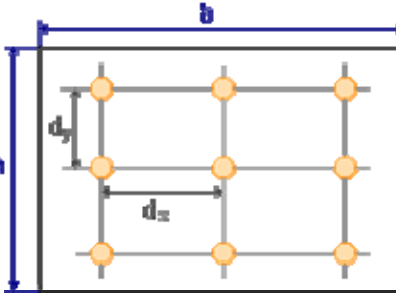
Emplazamiento de las luminarias

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

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

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

donde N es el número de luminarias



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

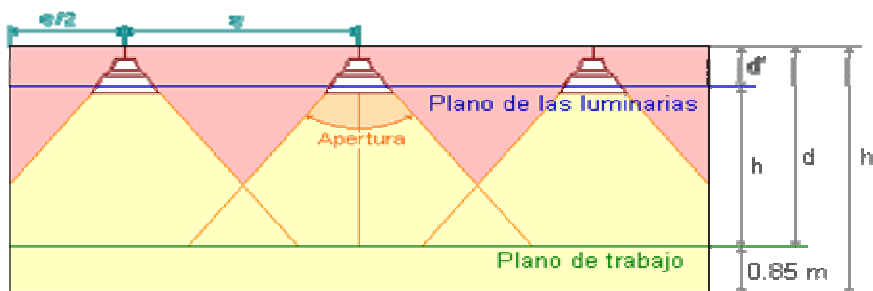


Figura 8: Apertura del haz de luz

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

Tabla 1.3. Separación entre las luminarias

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

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

Comprobación de los resultados

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

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

Método del punto por punto

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

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

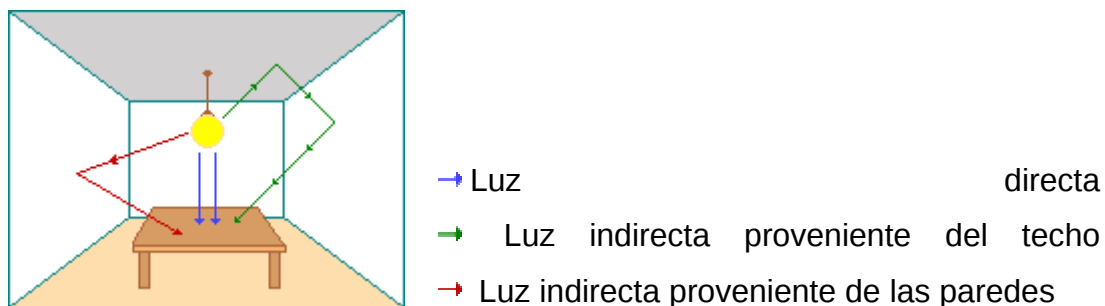


Figura 9: Distribución de la luz

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



Componentes de la iluminancia en un punto

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

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

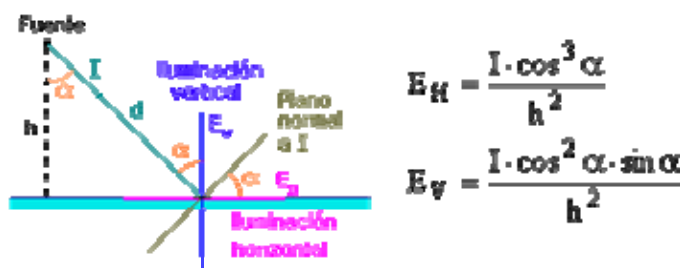
Como ya hemos mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación directa más la de la iluminación indirecta. Por lo tanto:

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

Componente directa en un punto

- **Fuentes de luz puntuales.** Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes.

En este caso las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas.



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

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

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

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

1.5. Conclusiones

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

CAPITULO II

Diagnóstico de los sistemas de iluminación

Introducción.

Caracterización de los sistemas de iluminación que se utilizan en la actualidad.

Diagnóstico de los sistemas de iluminación instalado.

Conclusiones.

2.1 Introducción.

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

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

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

.

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



- 1972** Osram presenta la lámpara halógena de baja tensión.
- 1973** M. Koedam, J.J. Opstelten y William A. Thornton (Philips). Presentan la lámpara fluorescente de tres bandas. Se logró un 50% de aumento de rendimiento luminoso de la lámpara, sin pérdidas en la calidad de color.
- 1978** Aparece en plaza el balasto electromagnético de doble nivel de potencia. Se obtienen ahorros de energía entre un 37 y 42%.
- 1980** Se comercializan las primeras lámparas fluorescentes compactas con balasto electromagnético.
- 1982** Con el desarrollo de la electrónica de potencia, aparecen en el mercado los balastos electrónicos de HF para lámparas fluorescentes lineales.
- 1985** El mercado de la iluminación acepta las primeras lámparas fluorescentes compactas con balasto electrónico, tecnología de vanguardia en ahorro de energía. Se han desarrollado para distintos tipos y modelos de lámparas.
- 1986** Osram produce lámparas compactas de halogenuros metálicos.
- 1987** Se implementan los sistemas de alimentación electrónica para lámparas halógenas a baja tensión y para lámparas de halogenuros.
- 1988** Osram lanza la lámpara incandescente halógena dicróica de 35 mm). Introduce el facetado de los reflectores metálicos en las lámparas reflectoras.
- 1990** La compañía norteamericana Fusión Lighting inventa la lámpara de azufre, el primer prototipo se comercializa por vez primera en 1994.
- 1990** Philips patentiza la lámpara de inducción con encendido electrónico en alta frecuencia.



- 1994** General Electric diseña una lámpara de inducción donde se compacta todo el sistema electrónico en su interior.
- 2000** Iluminación con LED.

Tendencias Futuras

- Incremento y diversificación de lámparas de descarga en potencias reducidas, en las distintas familias de ellas.
- Encontrar nuevas formas de conservación de los acabados de luminarias contra la agresión del medio ambiente.
- Perfeccionamiento de la electrónica de potencia para su implementación en equipos de alimentación y sistemas de regulación y control de iluminación.
- Implementar los últimos avances de la computación en el diseño de los sistemas automatizados de iluminación y el control de la energía. Utilización de la línea de energía como línea de órdenes interactiva (NEURO-CHIPS).

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

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

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

¿Qué es un LED?

LED viene de las siglas en inglés Lighting Emitting Diode (Diodo emisor de Luz). El LED es un diodo semiconductor que al ser atravesado por una corriente eléctrica emite luz. La longitud de onda de la luz emitida y por tanto el color depende básicamente de la composición química del material semiconductor utilizado.

Cuando la corriente atraviesa el diodo se libera energía en forma de fotón. La luz emitida puede ser visible, infrarroja o casi ultravioleta.

Los LEDs convencionales están realizados sobre la base de una gran variedad de materiales semiconductores inorgánicos.

El alumbrado LED o de estado sólido constituye el avance más significativo en el campo de la iluminación desde la invención de la luz eléctrica hace más de un siglo. Con una libertad de diseño sin precedentes en cuanto a color, dinamismo miniaturización, integración arquitectónica y eficiencia energética, las posibilidades que se abren eran hasta ahora inimaginables.

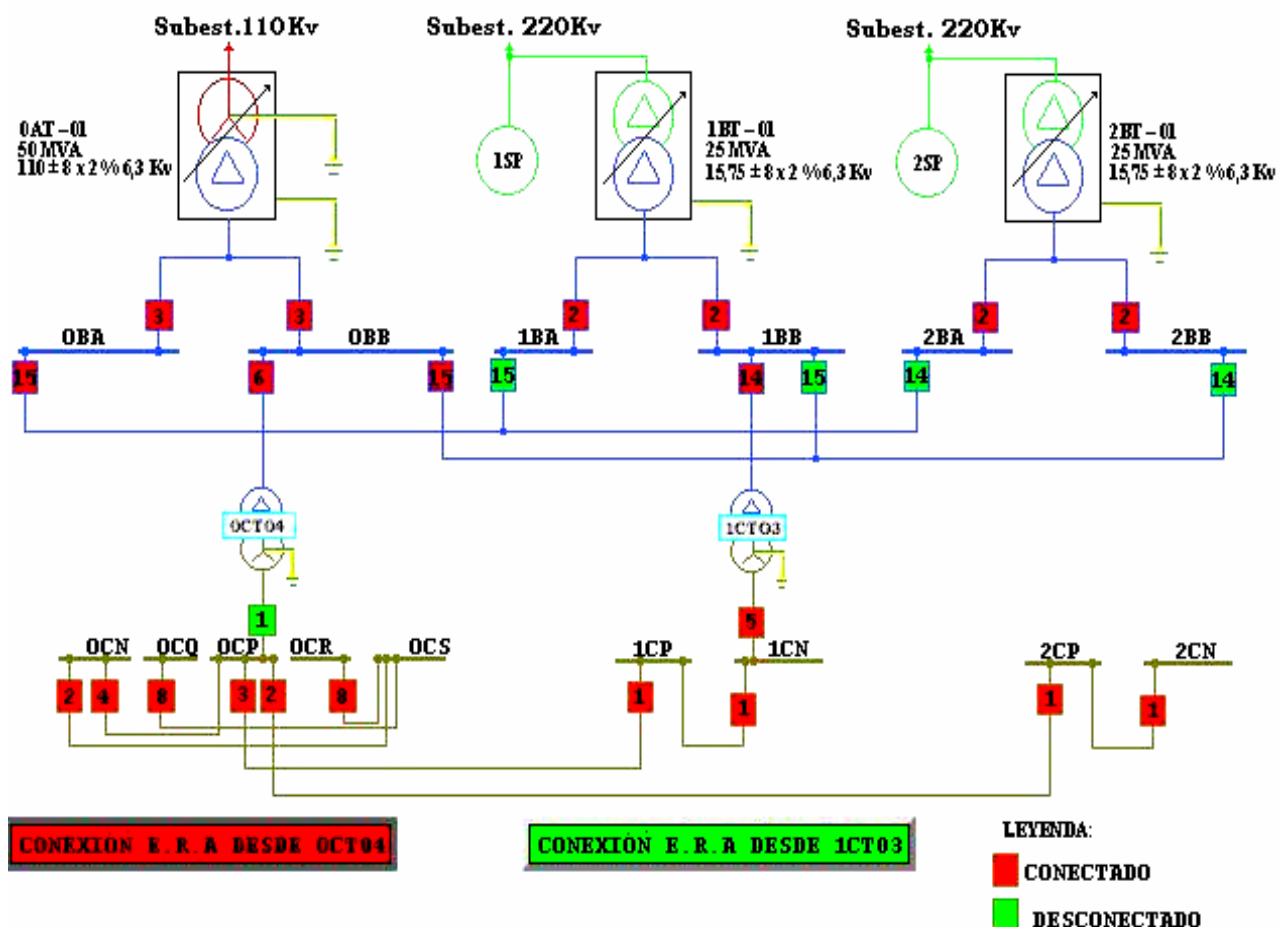
2.3. Diagnóstico del sistema de iluminación instalado.

Análisis del estado actual del sistema.

El sistema 3 PEN 380V, 60Hz esta compuesto por un conjunto de subestaciones con diversas funciones; dentro de la cual se encuentra alimentar los consumidores de alumbrados y climatización, los que a continuación se explican:

1. OCT 03 - Transformador que alimenta sección OCN.
2. OCT 04 - Transformador que alimenta sección OCP.
3. OCT 11 - Transformador que alimenta sección OCQ.
4. OCT 12 - Transformador que alimenta sección OCR.
5. OCT 13 - Transformador que alimenta sección OCS.
6. 1CT 03 - Transformador que alimenta secciones 1CN+1CP.
7. 2CT 03 - Transformador que alimenta secciones 2CN+2CP.

Figura #1: Esquema del sistema de alumbrado y climatización (variante # 1.)



Las secciones de barras OCN y OCP son comunes para las dos unidades de generación; además de alimentar consumidores de alumbrado y climatización OCP sirve de reserva automática a las secciones de barra 1CP y 2CP, así como son comunes las secciones de barras OCQ, OCR; OCS, esta última sirve de entrada de reserva automática a OCN, OCQ ó OCR.

La sección OCN está compuesta por 17 paneles, la misma tiene una potencia de 1380KW, capacidad de 2210A y tensión de 380V, se alimenta normalmente desde el transformador OCT 03 a través del panel OCN 01, además puede ser

enlazada por el panel OCN 02 con la sección de barra OCS ó por el panel OCN 04 a la sección de barra OCP.

La sección OCP se compone de 10 paneles, su potencia es de 522kW, capacidad de 989A y tensión de 380V, se alimenta normalmente a través del interruptor que se encuentra en panel OCP 01, desde el transformador OCT 04, dicha sección sirve como fuente de reserva a las secciones de barras 1CP y 2CP, los enlaces se realizan por los interruptores que se encuentran instalados en los paneles OCP 02 y OCP 03 respectivamente, además puede ser enlazada con la sección de barra OCN, a través del panel OCP 04 y el interruptor del panel OCN 04.

La sección OCQ está compuesta por ocho paneles, con potencia de 1283KW, capacidad de 2025A y tensión de 380V esta sección de barra se alimenta normalmente desde el transformador OCT 11 a través del interruptor OCQ 01 y se puede enlazar con la sección de barra OCS por el interruptor del panel OCQ 08.

La sección OCR la forman ocho paneles y su potencia es de 615KW, capacidad de 1166A con una tensión de 380V, la misma se alimenta normalmente desde el transformador OCT 12 por el interruptor que se encuentra en el panel OCR 01, esta sección de barra se puede enlazar con la sección OCS, a través del interruptor del panel OCR 08.

La sección OCS la componen cuatro paneles, tiene una potencia de 1500kW, capacidad de 2186A y una tensión de 380V, esta se alimenta normalmente por el panel OCS desde el transformador OCT 13 y sirve de reserva a las secciones de barras OCQ, OCR OCN.

La sección 1CN se compone de seis paneles, con una potencia de 350KW, capacidad de 665A, su tensión es de 380V, esta sección de barra se alimenta normalmente por el interruptor del panel OCN 05 desde el transformador 1CT 03, y enlazada con la sección 1CP compuesta por cinco paneles, con capacidad para 240KW, capacidad de 456A y tensión de 380V, a través del interruptor del panel 1CN 01, además se puede enlazar con la sección común OCP por el interruptor 1CP 01.

La sección 2CN está compuesta por seis paneles, con una potencia de 350kW, capacidad de 665A, su tensión es de 380V, esta sección de barra se alimenta normalmente por el interruptor del panel OCN 05 desde el transformador 2CT 03, y enlazada con la sección 2CP compuesta por cinco paneles, con capacidad para 240kW, capacidad de 456A y tensión de 380V, a través del interruptor del panel 2CN 01, además se puede enlazar con la sección común OCP por el interruptor 2CP 01.

Tabla 2.1. Clasificación de la carga de acuerdo al por ciento que representan del total.

Tipo de carga	Cantidad (W)	% del total
Alumbrado	331140	58.3
Climatización	132185	23.3
Otros consumidores	104431	18.4
Total	567756	

Como se puede observar en la tabla 1 los consumidores que predominan fundamentalmente son de alumbrado, lo que explica el porque en el horario de la madrugada la potencia reactiva toma carácter capacitivo, ya que el alumbrado exterior e interior en la empresa tiene acoplado elementos como condensadores para mejorar el bajo factor de potencia de sus reactores.

Tabla. 2.2. Nivel de carga de los transformadores.

Nombre	Tiempo			S					P					Q		
del	de Med	Stotal	Smedia	Spico	Fechap	Horap	Ptotal	Pmedia	Ppico	Fechap	Horap	Qttotal	Qmedia	Qpico	Fechap	Horap
Transf.	(Hrs)	(KVAh)	(KVA)	(KVA)		(Hr)	(KWh)	(KW)	(KW)		(Hr)	(Kvarh)	(Kvar)	(Kvar)		(Hr)
OCT04B	11,85	404,44	33,99	49,72	06-07-03	23:00	380,05	31,94	44,94	06-07-03	23:24	-42,29	-3,56	1,43	06-07-03	12:12
OCT04G	23,87	3161,7	131,73	186,28	06-07-03	0:19	3071,1	127,96	185,41	06-07-03	0:19	177,17	7,38	59,54	05-07-03	13:47
OCT03B	7,4	701,97	94,22	106,04	07-07-03	3:16	677,57	90,95	102,91	07-07-03	3:28	-42,91	-5,76	15,48	07-07-03	7:58
1CT03G	15	1027,8	68,22	114,89	03-07-03	9:20	1014,0	67,30	106,67	03-07-03	9:20	-27,52	-1,83	40,80	03-07-03	9:20
2CT03B	2,95	53,00	17,67	20,81	07-07-03	9:30	39,62	13,21	15,51	07-07-03	9:30	-34,22	-11,60	0,00		
2CT03G	24	3923,4	162,57	235,04	04-07-03	10:53	3837,9	159,08	220,72	04-07-03	10:53	345,90	14,33	80,57	04-07-03	10:53

Sistema de Iluminación

El circuito de alumbrado fue diseñado en los primeros tiempos con una excelente eficiencia en cuanto a niveles de iluminación, al paso del tiempo conllevó a que al sistema no se le haya dado un mantenimiento consecutivo, lo que provocó que el grupo de mantenimiento se vio obligado a desmontar las luminarias que se encontraban en pésimas condiciones y ubicando estas en otro lugar propicio. El número de lámparas desmontado fue mucho mayor que el restaurado dejando así una gran capacidad libre en los transformadores alimentadores de este sistema de alumbrado.

Características del sistema de alumbrado instalado.

Tabla 2.3 Locales del edificio de UEB de producción de la CTE

No	Área	Equipos instalados	Potencia
1	Laboratorio Químico (Pasillo)	1 lámpara fluorescente 40 W	40 W
2	Laboratorio Químico (local calorímetro)	5 lámparas fluorescente 40W	200 W
3	Laborat. Químico (local aceite y petroleo)	5 lámparas fluorescente 40 W	200 W
4	Laboratorio Químico (local de aceite)	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
5	Laboratorio Químico (cuarto de balanza)	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
6	Laboratorio Químico (local de agua)	9 lámparas fluorescente 40W	360 W
7	Laboratorio Químico (oficina jefe laborat.)	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
8	Laboratorio de calibración	7 bombillos ahorradores 18 W	182 W
9	Local de brigada de automática	8 bombillos ahorradores 26 W	208 W
10	Pasillo del segundo piso	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
11	Local del grupo técnico eléctrico	17 lámparas fluorescente 40W	680 W
12	Local de planificación	16 lámparas fluorescente 40W	640 W
13	Oficina del director de producción	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
14	Oficina secretaria del director de producción	1 lámparas fluorescente 40W	40 W
15	Local grupo de ing. de producción	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
16	Local salón de reuniones	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
17	Dirección de automatización (secretaria)	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
18	Local director UEB automática	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
19	Pantri UEB de automática	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
20	Local del director UEB de mantenimiento	3 lámparas fluorescente 40W	240 W
21	Local de informática	3 lámparas fluorescente 40W	240 W
22	Grupo técnico automático	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
23	Local grupo de explotación	9 bombillos ahorradores 26 W	234 W

Tabla 2.4. Locales de la DIP de la CTE.

No	Áreas	Equipos Instalados	Potencia
1	Oficina del area tecnica	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
2	Oficina de aseguramiento de la DIP	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
3	Oficina del área de gestión económica	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
4	Salon de reuniones	5 lámparas fluorescente 40W	200 W
5	Oficina de la sec. del director de la DIP	2 lámparas fluorescente 40W	80 W

Tabla2.5. Locales del edificio socio-administrativo

No	Áreas	Equipos instalados	Potencia
1	Oficina de personal	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
2	Oficina auxiliar de fuerza de trabajo	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
3	Oficina de secretaria recursos humanos	1 lámparas fluorescente 40W	40 W
4	Oficina directora de recursos humanos	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
5	oficina del jefe de personal	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
6	Oficina de especialista de cuadro	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
7	Oficina de secretaria del director general	5 lámparas fluorescente 40W	200 W
8	Oficina del director general	6 lámparas fluorescente 40W y 4 bombillos ahorradores de 7 W	268 W
9	Salón de reuniones	11 lámparas fluorescente 40W	440 W
10	Oficina de auditoria	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
11	Oficina del PCC	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
12	Oficina del sindicato	1 lámparas fluorescente 40W y 5 bombillos ahorradores de 7 W	75 W
13	Oficina de protección al medio ambiente	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
14	Oficina del grupo energético	5 lámparas fluorescente 40W	200 W
15	Oficina de aseguramiento de la calidad	2 lámparas fluorescente 40W y 4 bombillos ahorradores de 7 W	107 W
16	Oficina de contratación	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
17	Pizarra telefónica	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
18	Local de edición	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
19	Grupo de compra	7 lámparas fluorescente 40W	280 W
20	Oficina de gestión de mantenimiento y conservación a las instalaciones	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
21	Grupo de contabilidad	9 lámparas fluorescente 40W	360 W
22	Oficina de transporte	1 lámparas fluorescente 40W	40 W
23	Oficina de finanzas	1 lámparas fluorescente 40W y 4 bombillos ahorradores de 7 W	68 W
24	Oficina de seguridad y protección	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
25	Oficina de jefe de seguridad y protección	4 lámparas fluorescente 40W	160 W

26	Oficina de secretaria de jefe de economía	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
27	Oficina de jefe UEB economía	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
28	Aula 1 de capacitación	6 lámparas fluorescente 40W	240 W
29	Aula 2 de capacitación	6 lámparas fluorescente 40W	240 W
30	Aula 3 de capacitación	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
31	Oficina de especialista de capacitación	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
32	Oficina auxiliar de capacitación	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
33	Pantri de capacitación	2 lámparas fluorescente 40W	80 W

El resto de los locales se recogen en el **anexo 1**

Tabla 2.6. Resumen de las lámparas existente.

Tipo de lámpara	Cantidad
Fluorescente 40 W	324
Lámpara de Sodio y Mercurio 250 W, 400 W	196
Bombillo ahorradores 5, 7 ,18, 22 y 26 W	321

Dimensiones y niveles de iluminación de las diferentes áreas.

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 calculo el valor medio y con el resultado se trabajo en el calculo. 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 mediciones en 165 local.

Tabla 2.7. Locales del edificio de UEB de producción de la CTE

No	Área	Largo M	Ancho M	Altura M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Laboratorio Químico (Pasillo)	15.0	1.64	3.57	60	45	15
2	Laboratorio Químico (local calorímetro)	6.15	3.00	3.57	190	170	130
3	Lab. Químico (local aceite y petróleo)	6.30	5.70	3.57	295	84	38
4	Laboratorio Químico (local de aceite)	6.30	2.70	3.57	150	125	78
5	Laborat. Químico (cuarto de balanza)	3.90	2.40	3.57	160	100	85
6	Laboratorio Químico (local de agua)	8.40	6.00	3.57	192	155	70
7	Laborat. Químico (oficina jefe laborat.)	7.35	3.00	3.57	145	100	45
8	Laboratorio de calibración	9.00	7.92	4.10	130	80	40
9	Local de brigada de automática	9.70	6.00	4.10	48	40	35
10	Pasillo del segundo piso	24.0	1.62	3.57	85	62	35
11	Local del grupo técnico eléctrico	9.30	7.80	4.10	220	180	100
12	Local de planificación	11.40	7.0	4.10	400	185	160
13	Oficina del director de producción	6.90	3.10	3.57	400	180	80
14	Oficina sec. del director de producción	4.50	2.40	3.57	65	42	35
15	Local grupo de ingeniería de producción	6.90	3.00	4.10	195	115	35
16	Local salón de reuniones	5.26	5.42	3.57	275	230	160
17	Dirección de automatización (secretaria)	2.70	2.40	3.57	210	150	130
18	Local director UEB automática	4.20	3.60	3.57	220	200	190
19	Pantri UEB de automática	2.40	1.20	3.57	215	180	160
20	Local del direct.UEB de mantenimiento	6.90	2.40	3.57	183	98	53
21	Local de informática	6.00	2.51	3.57	135	90	58
22	Grupo técnico automático	8.70	6.90	4.10	120	110	95
23	Local grupo de explotación	8.10	6.00	4.10	90	68	46

Tabla 2.8. Locales del edificio socio-administrativo

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Oficina de personal	6.10	3.32	3.85	140	100	63
2	Oficina auxiliar de fuerza de trabajo	3.60	3.00	3.85	158	80	50
3	Oficina de secretaria recursos humanos	2.10	2.70	2.83	68	50	38
4	Oficina directora de recursos humanos	3.90	2.70	2.83	190	112	40
5	oficina del jefe de personal	4.20	2.50	2.96	320	250	180
6	Oficina de especialista de cuadro	4.20	3.00	2.96	190	120	80
7	Oficina de secretaria del director general	6.30	3.00	2.96	150	135	90
8	Oficina del director general	6.40	6.10	2.96	190	135	90
9	Salón de reuniones	6.00	5.70	2.96	200	160	80
10	Oficina de auditoria	4.20	3.00	2.96	120	65	50
11	Oficina del PCC	4.20	3.00	2.96	180	150	75
12	Oficina del sindicato	5.70	2.40	2.96	200	150	60
13	Oficina de protección al medio ambiente	4.20	2.45	2.96	70	62	45
14	Oficina del grupo energético	6.30	3.00	2.96	190	120	100
15	Oficina de aseguramiento de la calidad	6.30	2.70	2.96	205	112	74
16	Oficina de contratación	4.55	2.70	2.96	200	150	60
17	Pizarra telefónica	3.00	3.00	2.96	200	120	60
18	Local de edición	6.30	2.50	2.96	270	190	80
19	Grupo de compra	8.40	4.50	2.96	600	260	170
20	Oficina de gestión mtto. y conservación a instalaciones	6.30	3.00	2.96	200	160	110
21	Grupo de contabilidad	8.40	6.00	2.96	250	135	80
22	Oficina de transporte	3.60	2.40	2.96	525	300	280
23	Oficina de finanzas	6.30	3.00	2.96	200	180	108
24	Oficina de seguridad y protección	4.25	2.45	2.96	152	127	55
25	Oficina de jefe de seguridad y protección	6.30	2.70	2.96	220	190	97
26	Oficina de sec. de jefe de economía	3.50	3.30	2.96	245	200	190
27	Oficina de jefe UEB economía	5.10	3.30	2.96	300	200	190
28	Aula 1 de capacitación	6.00	5.90	2.93	280	195	85
29	Aula 2 de capacitación	6.30	5.85	2.93	1800	655	447
30	Aula 3 de capacitación	7.95	6.00	2.93	450	300	150
31	Oficina de especialista de capacitación	5.60	4.20	4.00	200	180	150
32	Oficina auxiliar de capacitación	3.15	3.15	4.00	160	130	110
33	Pantri de capacitación	3.15	2.45	4.00	160	150	120

Tabla 2.9 Locales de la DIP de la CTE.

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Largo M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Oficina del área técnica	4.42	3.00	2.70	230	195	90
2	Oficina de aseguramiento de la DIP	5.22	3.60	2.70	120	95	80
3	Oficina del área de gestión económica	3.94	2.87	2.70	260	210	65
4	Salon de reuniones	6.13	3.94	2.70	210	200	96
5	Oficina de la secret. del director DIP	3.00	2.92	2.70	120	97	70

Bloques de producción

Tabla 2.9 Locales subestación de 220 KV

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Local de protecciones	4.00	4.00	4.50	70	42	25
2	Oficina del jefe de explotación eléctrica	3.8	4.64	3.53	140	105	88
3	Local de operadores de la sub.	16.5	3.00	3.53	140	112	83
4	Local de paneles eléctricos	19.5	12.0	3.53	39	30	19
5	Cuarto de baterías	5.93	5.71	4.50	30	22	12
6	Local de corriente directa	9.80	7.15	4.50	95	47	22
7	Área exterior	135.0	100.0	-----	60	48	30
8	Local de compresores	12.08	5.80	7.50	85	57	38

El resto de las mediciones se recogen en el **anexo 2**.

A continuación se mostraran imágenes para que se tenga una mejor idea de como se encuentra el estado actual de la iluminación, con niveles muy bajo.





Figura 2: Estado actual del sistema de alumbrado.

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

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

A continuación se mostrarán las simulaciones realizadas.

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

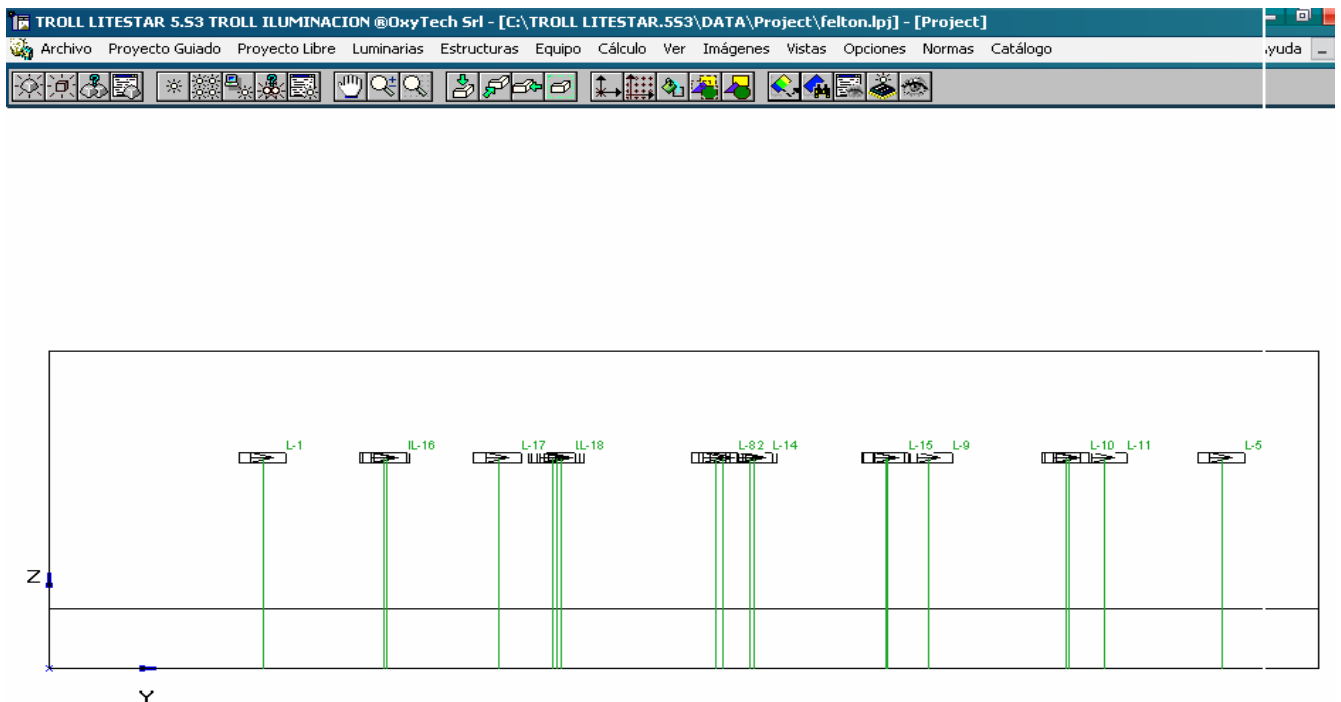


Figura 3. Pantalla principal de software TROLL LISTETAR 5.5s

Simulación Subestación 6 kV Unidad 2



Figura 4. Estado actual de la iluminación en el local.

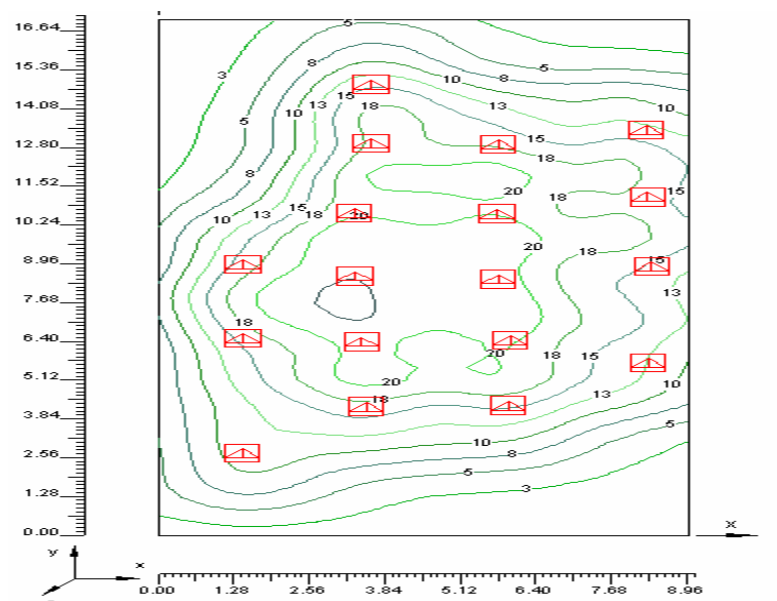


Figura 5: Vista superior de la ubicación de las luminarias .

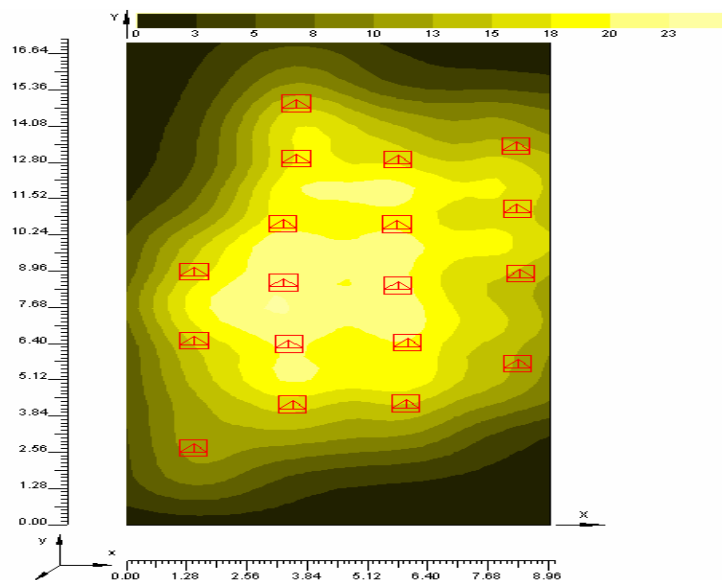


Figura 6: Representación de la distribución de la luz

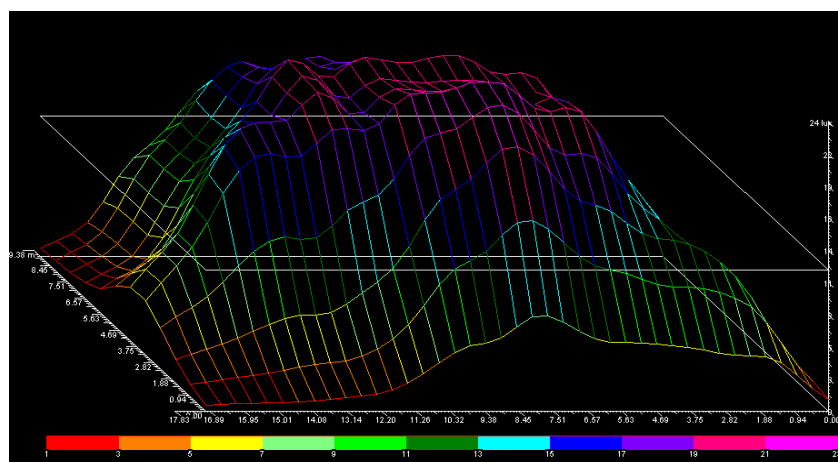


Figura 7: Proyección de los puntos de luz.

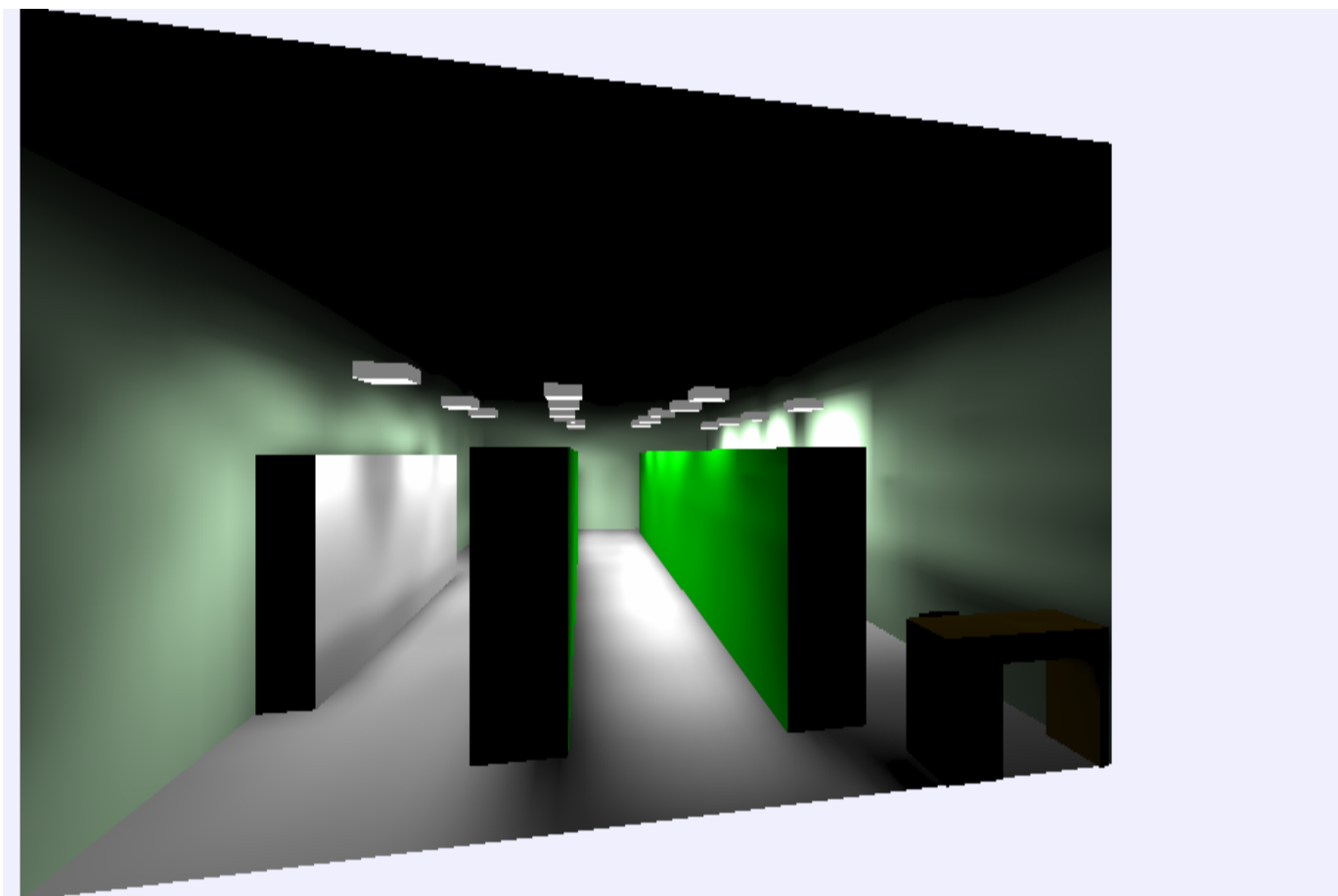


Figura 8: Simulación del estado actual del local.

Simulación Sala de Control



Figura 9: Estado actual del local.

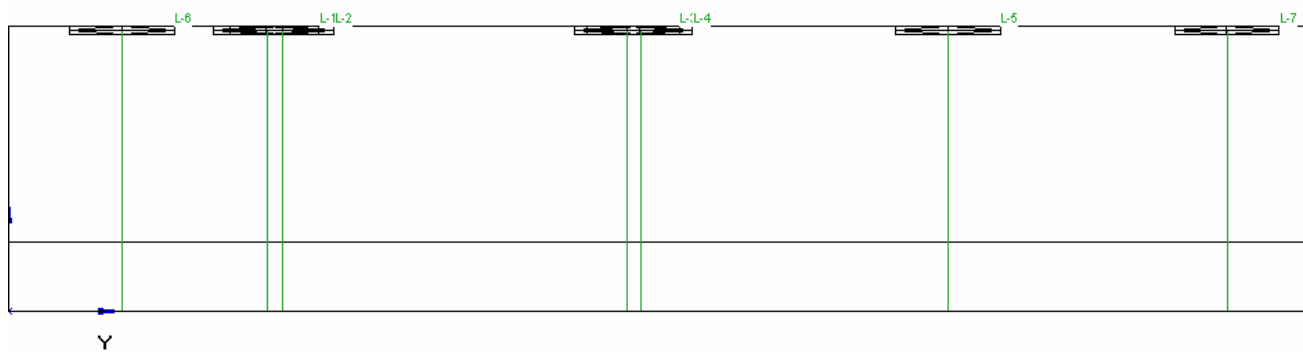


Figura 10: Vista frontal de la ubicación de las luminarias en el Taller.

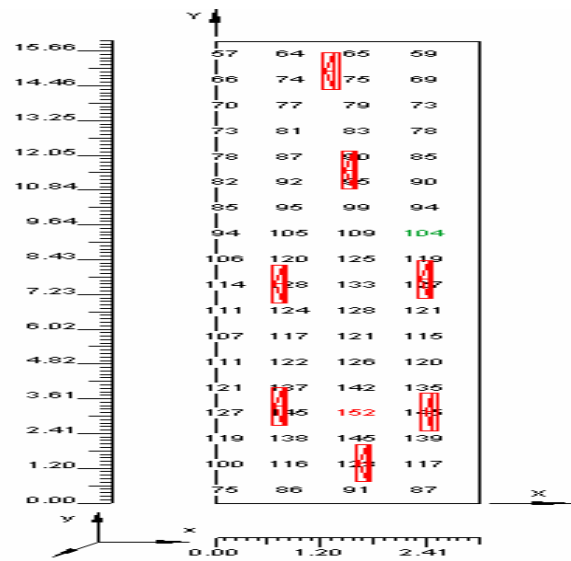


Figura 11: Representación de la distribución de los puntos de luz.

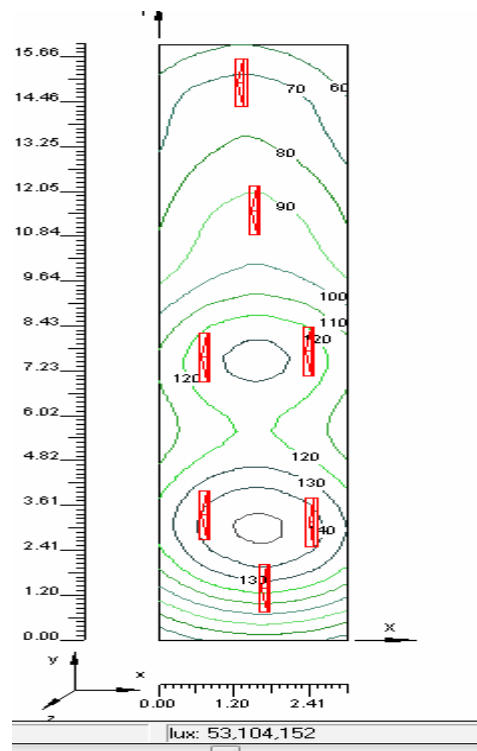


Figura 12: Representación de los puntos de luz.

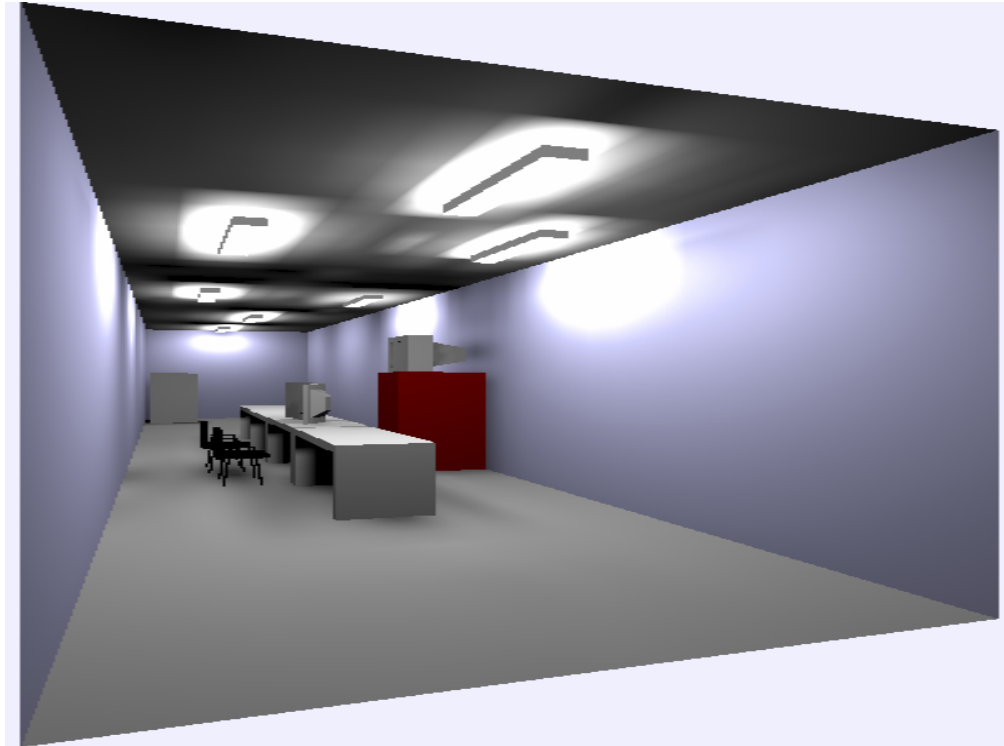


Figura 13: Simulación del estado actual de Mando Eléctrico.

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

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

- Transformadores subcargados, provocando pérdida de energía
- La existencia de lámparas con bajo rendimiento energético. Lámpara de mercurio.
- Muy bajos niveles de iluminación en casi todos los locales.
- La falta de luminarias completas (ausencia de pantallas protectoras, etc.)
- Falta de lámparas y sustitución de las rotas.
- La disposición de las luminarias en algunos casos no es la adecuada.



- El uso de diferentes tipos de lámparas y luminarias para una misma instalación causando sombra y deslumbramiento.
- La altura de las lámparas en algunos casos no se corresponde con su flujo, ejemplo en segundo impulso y turbina.
- No se realiza el mantenimiento requerido a las luminarias.
- La presencia de asimetría por la ubicación desbalanceada de las lámparas en las diferentes fases.
- Lámparas con bajo flujo luminoso por perder su tiempo de vida útil.
- La potencia consumida no se corresponden con los m^2 a iluminar.
- La presencia de bombillos ahorradores de 5 W con un flujo de 200 lux, los cuales son insuficiente para este tipo de instalación.

2.4. Conclusiones

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

CAPITULO III

Eficiencia Energética en los Sistemas de Iluminación

Introducción.

Propuesta para mejorar eficiencia energética en los Sistemas de Iluminación.

Valoración económica.

Conclusiones.

3.1 Introducción.

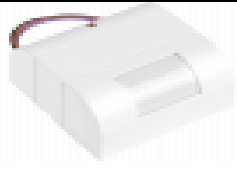
En este capítulo se propondrán dar solución al problema existente en el sistema de alumbrado tomando la variante más económica y factible. Se realizarán todos los cálculos en cuanto a valoración económica del trabajo a realizar para efectuar dichas mejoras en la iluminación.

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

En los sectores económicos de la industria y los servicios, la iluminación corresponde a más del 5% del consumo de energía. En las oficinas y en el comercio la relación es aún mayor. En grandes empresas industriales, los gastos de energía dedicados a iluminación pueden ser mayores o menores dependiendo del tipo de producción y de su intensidad en energía. En todos los sectores es necesaria una verificación de la eficiencia de la energía en las instalaciones de iluminación, ya que en casi todos los casos existe un potencial de optimización.

A continuación daremos a conocer diferentes equipamientos que son utilizados como tendencias actuales en el ahorro en sistemas de iluminación, que en Cuba están muy poco generalizados.

Descripción de nuevos Equipos de Iluminación

   WPIR CX-100 / CX-100-1 CX-100-3 CI-200 / CI-12 CI-24  CB-100	Detectores de tecnología PIR WPIR Detector de presencia de techo y pared. Cobertura 28m² - 110° CX-100 Detector de presencia de techo o pared. Cobertura 112m² - 90° CX-100-1 Detector de presencia de techo o pared. Cobertura 27m lineales CX-100-3 Detector de presencia de techo o pared. Cobertura 37m lineales CI-200 Detector de presencia de techo. Cobertura 112m² - 360° CI-12 Detector de presencia de techo para HVAC y BAS 12VDC CI-24 Detector de presencia de techo para HVAC y BAS 24 VDC o VAC CB-100 Detector de presencia para intemperie y bajas temperaturas. Cobertura 112 m² - 90°
  W-500A W-1000A W-2000A W-2000H WT-600 WT-1100 WT-2200 WT-2250	Detectores ultrasónicos W-500A Detector de presencia de techo. Cobertura 46 m² - 360° W-1000A Detector de presencia de techo. Cobertura 93 m² - 360° W-2000A Detector de presencia de techo. Cobertura 186 m² - 360° W-2000H Detector de presencia de techo. Cobertura 27 m lineales - 360° WT-600 Detector de presencia de techo o pared con relé, cobertura 56m² - 360° WT-1100 Detector de presencia de techo o pared con relé, cobertura 102m² - 360° WT-2200 Detector de presencia de techo o pared con relé, cobertura 204m² - 360° WT-2250 Detector de presencia de techo o pared con relé, cobertura 27m lineales - 360°

 DT-200 DT-200-1 LS100XA B230E-P	Detector de tecnología dual DT-200 Detector de presencia de techo o pared. Cobertura 112m² - 90° DT-200-1 Detector de presencia de techo o pared. Cobertura 27 m lineales Light Saver LS-100XA Interruptor crepuscular con histéresis. Rango 108-2152 luxes Power Pack B230E-P Unidad transformador/relé 220 VAC 60Hz. Se utiliza para alimentar a la mayoría de los detectores y controlar cargas de hasta 20A de balasto.
 WS	Interruptor automático de pared modelo WS. Controla el alumbrado basado en niveles de ocupación (sensibilidad al movimiento) y de luz ambiental. Al momento de la ocupación, las luces sólo se prenderán si la cantidad de luz natural es menor que el monto pre-fijado (seleccionado por el usuario). Una vez prendidas, las luces se apagarán luego que el espacio haya sido desocupado. La cobertura o alcance que tiene este aparato, así como también otras características técnicas
 792 plus	Interruptores horarios astronómicos. Estos interruptores astronómicos permiten el control de la iluminación con una programación muy sencilla e instalación mínima, simplemente introduciendo la longitud y la latitud del emplazamiento geográfico de la aplicación y la fecha en la que nos encontremos, el interruptor astronómico calcula automáticamente las horas de puesta y salida del sol, siendo estas las horas en las que el dispositivo encenderá y apagará la iluminación respectivamente. Como ventaja añadida, estos relojes no precisan de ningún tipo de mantenimiento.
 TWS-1M	Interruptor crepuscular. Umbral de luz de 5 lux a 300 lux Potencia máxima: 1000W incandescencia, 500 W halógenos, 250 W fluorescencia Tensión de conexión: 240V / 50 Hz Protección exterior

 IT-100-PC	Registrador de iluminación IT-100-PC Registrador de iluminación y ocupación, almacenando dichos datos. Incluye software para PC en ambiente Windows PC-Cable Cable conector para art. IT-100 - PC. Se utiliza para conectar el Registrador Intelitimer con la PC
--	---

Tubos fluorescentes TL-80

Una mezcla de fósforos de tierras raras combinados en un tubo de una pulgada de diámetro hacen posible que los tubos TL – 80 produzcan una emisión de luz de 3.050 lúmenes, eficacia mayores de 100 lúmenes por wattios (LPW) y un índice de rendimiento de color de 85 %. Los nuevos tubos fluorescentes TL-80 combinan las mejores características de alta emisión de luz, mantenimiento del flujo luminoso y rendimiento de color que los convierten en la elección ideal para ser usados en la iluminación de nuevas instalaciones o como sustituto de tubos convencionales en sistemas existentes. Se encuentran disponibles en cualquier tamaño (2', 3', 4' y 5') con temperaturas de color (3000 °K, 3500 °K y 4100 °K).

Características

- Reducción del consumo de energía eléctrica y de los costos operativos, los tubos tienen una potencia de trabajo de 32 W, ahorrándose 8 W, con respecto al tubo convencional.
- Eficacia luminosa, mayor de 100 LPW, uso más eficiente de la energía y menor costo.
- Alta emisión de luz e incremento en los niveles de iluminación, proporcionando mayor visibilidad, por lo cual se pueden sustituir 2 tubos convencionales por 1 tubo TL-80, con el mismo índice de iluminación. Esto trae como consecuencia la disminución de la cantidad de luminarias requeridas. Una mayor eficiencia se consigue cuando se unen el tubo TL-80 con el balasto electrónico de operación paralela.



Aplicación

La familia TL – 80 es ideal para edificios de oficinas, tiendas, hospitales y otras aplicaciones donde el ahorro de energía eléctrica y la calidad en la iluminación sean factores importantes. Los tubos F17T8 y F32T8 de la familia TL – 80 son ideales para su uso en sustitución de tubos existentes en luminarias convencionales de 2' x 2' y 2' x 4', respectivamente.



Figura 3. 1: Tubos fluorescentes

Balastos electrónicos

Al igual que los transformadores electromagnéticos, son la fuente de alimentación para las lámparas fluorescentes, pero debido a los avances tecnológicos presentan mejoras notables con respecto a los balastos convencionales.

Características:

- Ahorran energía: Garantizan mayor eficiencia lumínica a un menor consumo de potencia, ya que han sido diseñados para maximizar la corriente a suministrar a la lámpara y minimizar las pérdidas de energía o la disipación de potencia en el balasto mismo. No consume potencia cuando todas las lámparas del circuito están quemadas. La potencia de trabajo de un balasto electrónico es de 2 W, traduciéndose en un ahorro de 14 W, con respecto al tradicional.
- Conexión paralela: Diseñado para operación en conexión paralela, lo que implica funcionamiento independiente de cada lámpara. Si una lámpara o tubo fluorescente se quema el otro permanece encendido.

- Mayor vida útil, protección térmica: Los balastos electrónicos están provistos internamente de una protección térmica, la cual desconecta al balasto cuando trabaja en condiciones de operación en las que se exceda la temperatura permisible. Esta protección térmica prolonga la vida útil del balasto y evitará posibles accidentes en una edificación.
- Alto factor de potencia: Igual a 0.99
- Menos ruido: Los equipos eléctricos, incluyendo la mayoría de los balastos para lámparas fluorescentes, producen ruido. El ruido del balasto se convertirá en molestia cuando el mismo exceda al nivel de ruido propio de un ambiente de trabajo. Debido a sus características de diseño y principio de funcionamiento, los balastos electrónicos producen 70 % menos ruido que los balastos electromagnéticos.
- Eliminación del "parpadeo" en las lámparas fluorescentes: Asociado también al diseño de estado sólido del balasto electrónico, el mismo proporciona a su salida un voltaje a frecuencias que oscilan en el rango de los 20 a 35 KHz. Por esta cualidad, el molesto "parpadeo" u oscilación que observamos en las lámparas, es eliminado, mejorando el confort visual.

Los tubos TL – 80 debido a su corriente de operación de 0,265 amperios requieren de balastos especiales que son diferentes de los balastos convencionales usados para tubos T12. Esto es aplicable a cualquier tubo de una pulgada. Existen balastos electromagnéticos o electrónicos para su uso con tubos T8 en voltajes de 120 V ó 277 V, que son ofrecidos por varios fabricantes. Sin embargo, una eficiencia de más de 100 LPW sólo es conseguida cuando se unen el tubo TL – 80 con balastos electrónicos de operación paralela. Esta es la combinación perfecta: Tubo TL – 80 balastos electrónicos en paralelo para construir el sistema TL – 80.

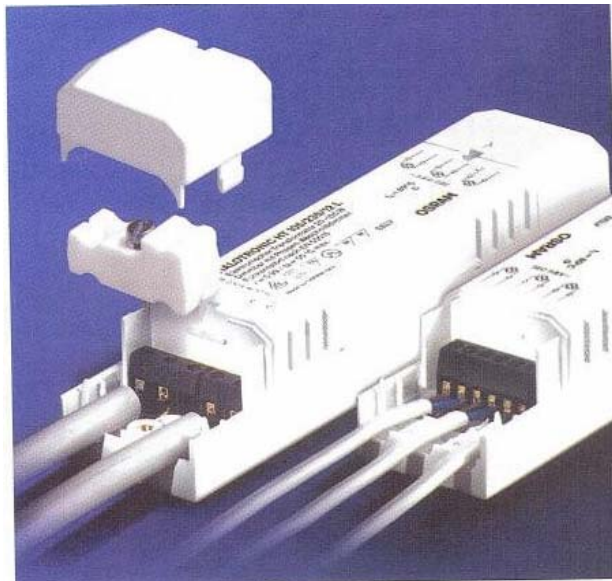


Figura 3. 2: Balasto para la familia TL – 80

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.

¿Por qué usar equipos electrónicos de fluorescencia?

Ahorro Energético

Usar equipos electrónicos supone un ahorro aproximado de un 25% de energía comparado con el equipo electromagnético tradicional equivalente. Este ahorro se consigue gracias a que los equipos funcionan a alta frecuencia y a que tienen menores pérdidas térmicas. El ahorro no sólo tiene efecto en una reducción de gastos de electricidad, sino que ayuda a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Con los equipos electrónicos también se obtiene un importante ahorro energético en climatización ya que el calor generado por los equipos es menor.

Más vida útil en lámparas

El uso de equipos electrónicos con arranque por precaldeo hace que las lámparas duren un 50% más que con equipos electromagnéticos tradicionales. En aplicaciones con muchos encendidos diarios, por ejemplo con detectores de presencia, la vida útil de la lámpara puede llegar a ser hasta un 300% mayor. Esta ventaja se traduce en más comodidad y ahorro al alargar los periodos de mantenimiento. Desde el punto de vista medioambiental es una gran ventaja ya que se reduce el volumen de lámparas a reciclar.

Más seguridad

Los equipos electrónicos se desconectan automáticamente cuando la lámpara llega al final de su vida útil. De esta manera se evitan sobrecargas eléctricas y los molestos parpadeos que se producen cuando un equipo convencional trata de arrancar

Tabla 3.2. Ejemplo de catalogo de equipo electrónicos.

HF - REGULATOR 1-10V PL-C/T			
HF-R 1-10V 118 PL-C/T	90867430	1 x PL-C/T 18W	AI
HF-R 1-10V 126-42 PL-C/T	90876630	1 x PL-C/T 26/32/42W	AI
HF-R 1-10V 218 PL-C/T	90869830	2 x PL-C/T 18W	AI
HF-R 1-10V 226-42 PL-C/T	90878030	2 x PL-C/T 26/32/42W	AI

Las lámparas de sodio de alta presión

Las lámparas de sodio de alta presión siempre se han asociado a una larga vida útil y una eficacia excepcional. Estas características adquieren una nueva dimensión con las lámparas MASTER SON PIA de Philips. La característica que hace notables a las lámparas MASTER SON PIA es la Antena Integrada de Philips (PIA) de wolframio sinterizado que sustituye a la antena bi-metálica de las lámparas de sodio a alta presión convencionales eliminando las partes móviles.

Con el deseo de seguir las diversas actividades humanas en el exterior una vez llegada la noche, el hombre desde hace más de 20.000 años ha desarrollado y fabricado diversos dispositivos para alumbrar la oscuridad. En la actualidad. En los últimos años se ha ido incorporando a los lugares más emblemáticos de las lámparas MasterCity White (luz blanca de buena calidad en la reproducción de los colores) que en las potencias de 70 W a 250 W es comparable energéticamente con el sodio alta presión. Desde ahora Philips ofrece un nuevo avance en el alumbrado, desarrollado sobre estas sólidas bases para responder a los retos del siglo XXI: la familia COSMÓPOLIS.

Las ventajas de Cosmópolis en cuanto a la reducción de costes y rendimiento son impresionantes:

- Elevadísima eficiencia energética, con una reducción de consumo energético del 10% frente a las lámparas de sodio (SON), 30% frente a MASTER Colour y hasta el 150% frente a las de vapor de mercurio (HPL).
- Vida útil prolongada y fiable, CosmoWhite (12.000 h.) con un mantenimiento lumínico del 80%.

- Aumento de la eficacia luminosa gracias a la mejora en el diseño de la lámpara y tipo de halogenuros sin que se produzca una pérdida de nivel de luz durante la vida.
- Mejora de la seguridad y del ambiente.

Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado.

Ahorro de energía automático.

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

Tabla 3.4. Ejemplo de catalogo de controladores.

Controladores para fluorescencia



SISTEMA ACTILUME

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



LCC 1653/00



IRT 8098/00



IRT 8099/00



LRM 8118/00

Para la determinación de los niveles de iluminación, se deben tener varios criterios importantes pues los lugares definidos no necesitan igual iluminación, en este caso conocemos los niveles medios en servicio actuales, se comprobará área por área con las normas establecidas y se realizarán los aumentos para cada caso con la utilización de lámpara más eficiente con respecto al flujo luminoso y mayor rendimiento lm/W.

Dentro de las características a tener en cuenta tenemos:

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

Para el ahorro se va a considerar:

- El Equipo de control de Iluminación propuesto, cuantos kWh se dejan de consumir por estar horas de más encendido el sistema.
- Las lámparas más eficientes propuesta, cuantos kWh se dejan de consumir si utilizaran lámparas menos eficientes. Ej. Mercurio de 250 W, fluorescentes de 40 W.

Lámparas seleccionadas.

Lámparas de Sodio de alta Presión MASTER SON PLA PLUS con encendido directo a la red y con las características siguientes:



- ✓ 220V, 60 Hz, SON PHILIPS 150 W.
- ✓ Flujo luminoso 150 W (lm) = 17500
- ✓ Base E-40
- ✓ Dimensiones (mm): L = 226, D = 91
- ✓ Temperatura del color (Kelvin) = 1950
- ✓ Lumen/ Watt 150 W = 97.00
- ✓ Tiempo de duración (horas) = 24000

Lámparas Fluorescentes PHILIPS MASTER TLD ECO.

- ✓ T.F diámetro igual a 26 mm (rectilíneos)
- ✓ Código: F-5236-2C
- ✓ Potencia: 32 Watt
- ✓ Portalámpara: G-13.
- ✓ Peso: 3.8 Kg. y 2.1 Kg.
- ✓ Longitud: 1264
- ✓ Brida F-5012: fijación a pared de acero inoxidable
- ✓ Flujo luminoso: 3150 Lm.
- ✓ Posición de funcionamiento: cualquiera.
- ✓ Equipo eléctrico: reactancia + cebador.

Para la determinación de los tipos de lámparas y la luminaria a utilizar se revisaron varios aspectos que tienen estrecha relación con la CTE, ya que en estos casos se deben tener presentes las valoraciones de los trabajadores responsables de la iluminación, criterios acerca de los equipos que se encuentran prestando servicio actualmente y de ellas extraer las mejores variantes, se tuvieron en cuentas las lámparas más utilizadas en la actualidad. Muchos tipos de lámparas que opcionalmente se pueden utilizar, en absoluto deben ser empleadas, sino aquellas requeridas por el proyecto arquitectónico y su rendimiento energético

Valorando todos estos aspectos se eligieron



- Equipos de Iluminación propuestos:
 - 180 Lámparas de Sodio alta presión.
 - 344 Lámparas fluorescentes 32 W.
 - 172 Balastos electrónicos.
 - 344 Reflectores especulares.

Realizando el cambio del equipamiento existente por lámpara más eficiente energéticamente no se alcanza el nivel de iluminación recomendado por las normas cubanas.

Se debe incrementar:

- 31 Lámparas de Sodio alta presión.
- 56 Lámparas fluorescentes 32 W.
- 28 Balastos electrónicos.
- 114 Reflectores especulares.

Total de equipamiento propuesto para sustituir y incrementar.

- 211 Lámparas de Sodio alta presión.
- 372 Lámparas fluorescentes 32 W.
- 186 Balastos electrónicos.
- 372 Reflectores especulares

Simulaciones de las nuevas propuestas.

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

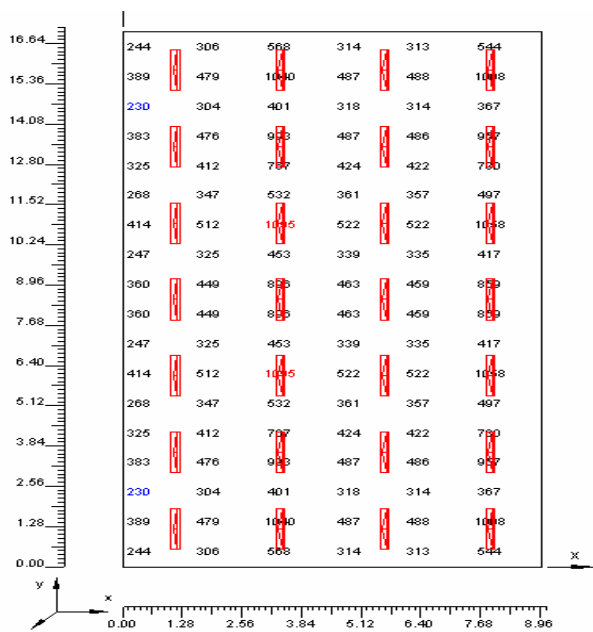


Figura 3. 3: Distribución de los lux que llegan a 6kV Unidad 1.

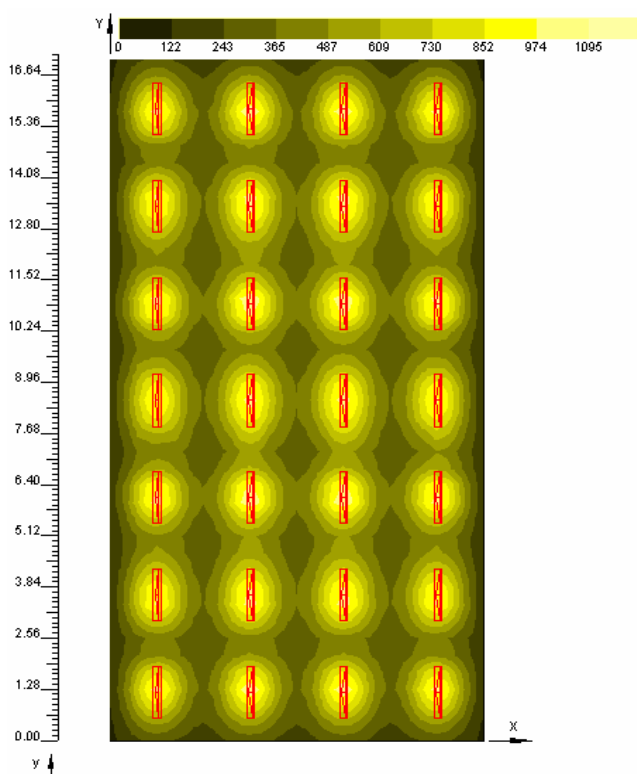


Figura 3. 4: Diagrama isolux

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

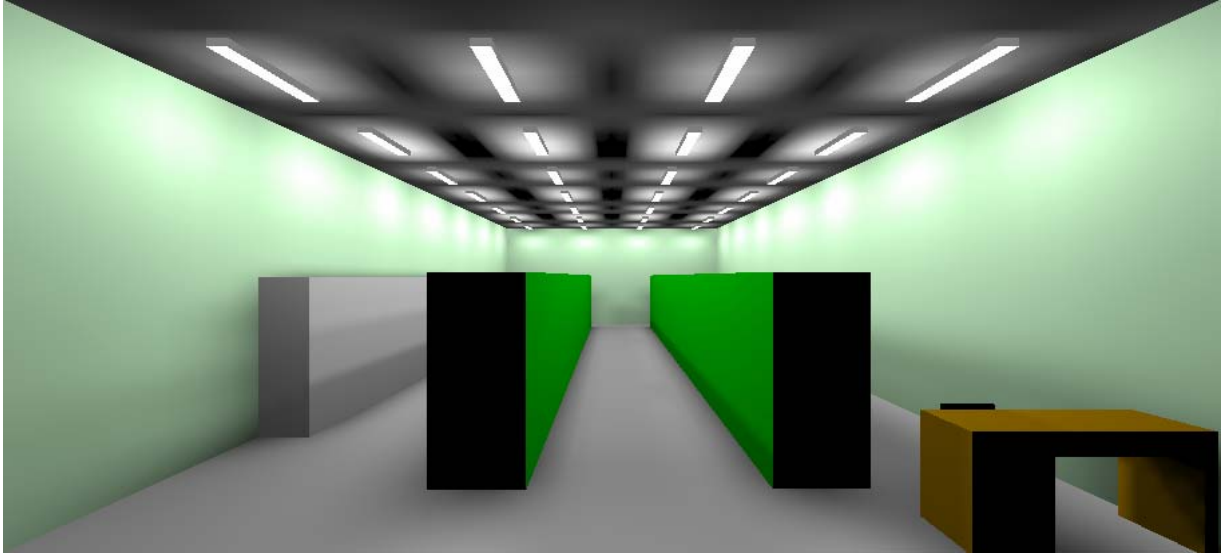


Figura 3. 5: Simulación con la propuesta realizada.

Simulación de Mando Eléctrico.

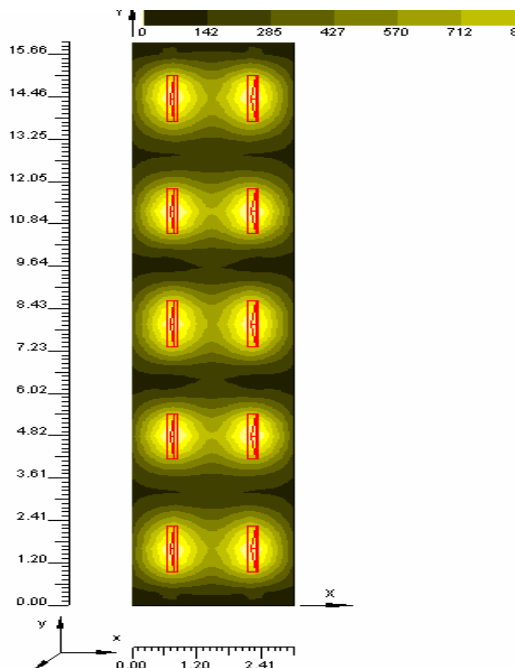


Figura 3. 6: Distribución de los lux que llegan Mando Eléctrico

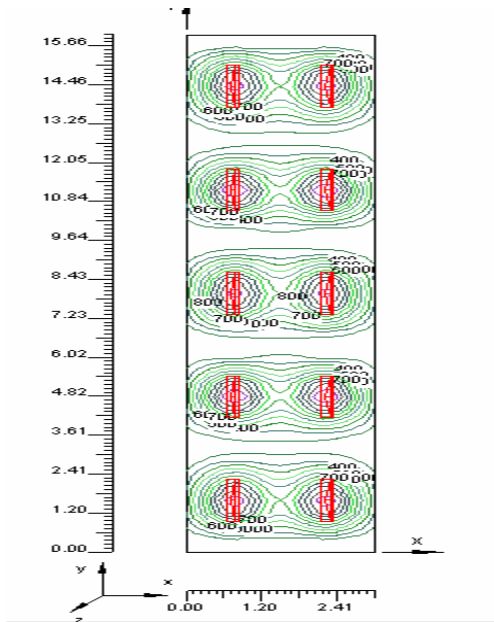


Figura 3. 7: Diagrama isolux



Figura 3. 8: Simulación con la propuesta realizada

3.4 Valoración económica.

La valoración económica se realizara por las propuestas realizadas en el epígrafe anterior.

Cálculo económico realizado por LITESTAR 5.S3

Cálculo Económico - Resultados

Costes Anuales		
Coste Anual Capital		
Instalación	1564.73	
Luminaria	49816.00	
Total	51380.73	
Gastos Corrientes Anuales		
Lámparas	1762.92	
Energía Eléctrica	57695.55	
Limpieza	1437.00	
Total	60895.47	
Coste Anual Total	112276.20	

Coste Luminarias	45026.00
Coste Lámparas	4790.00
Coste Tot. Material	49816.00
Capital Invertido Total	52163.10
Potencia Instalada por m ²	3.99
Coste Anual por m ²	3.74

OK Anular

Figura 3. 8: Pantalla para realizar calculo económico con software.

Pronostico de ahorro:

Se tiene en cuenta:

- Las mayorías de las lámparas se encuentran encendidas aproximadamente las 24 horas del día.
- Se ahorra 100 W por el cambio de lámparas de mercurio de 250 W y se ahorra 250 por las de 400 W.
- Se ahorra 8 W por sustituir Lámparas fluorescente de 40 W por 32 W.
- Se ahorra 14 W por colocar Balastros electrónicos.
- Si consideramos que una termoeléctrica para generar 1MWh es necesario 0.262 TN de fuel oil.



- El precio del fuel oil en el mercado mundial su variación es diaria, en el corte realizado el 1 de mayo del 2010, 1 barril = 136 USD.
 - 1T = 6.5 barriles
 - 1T = 884 USD
- Se devalúa el 18 % valor del USD para obtener el valor del CUC.

Ahorro por lámparas más eficientes propuesta

- 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.

324 luminarias viejas x 95 W x 24 horas/días x 30 días = 22.1 MWh.

372 luminarias nuevas x 66,66 W x 24 horas/días x 30 días = 17.8 MWh.

Con una diferencia de 4.3 MWh.

196 lámparas viejas x 400 W x 24 horas/días x 30 días = 56.4 MWh.

211 Lámpara nuevas x 150 W x 24 horas/días x 30 días = 22.7 MWh.

Con una diferencia de 33.7 MWh.

Ahorro Total de 38 MWh.

Ahorro 6460 CUC Mensual.

Ahorro 77520 CUC anual.

Beneficio económico por ahorro de energía.

A partir de las mediciones existente; es evidente que en el sistema de suministro de energía de las subestaciones de alumbrado y climatización de la CTE Lidio Ramón Pérez de Felton, los siete (7) transformadores que lo componen se encuentran subcargados a un nivel muy bajo, incluso cuando un transformador

asumía la carga de todo este sistema y en momentos de máxima demanda no superaba el 24 % de su capacidad nominal

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

Basándonos en las mediciones antes referidas se calcularon las pérdidas totales de transformación dando como resultado que en 24 horas cada transformador de 1.6 MVA que este en servicio con un nivel de carga tan pequeño pierde por transformación 78,72 kWh y en el caso del transformador de 1MVA las pérdidas son de 66,10 kWh, partiendo de estos datos se calcula el ahorro de energía por perdida en transformación en un año de cada transformador:

$$Pt(1.6MVA)=78,72\text{kWh. día}$$

$$Pt(1MVA)= 66,10 \text{ kWh.día}$$

$$Pt(1.6MVA)=78,72 \text{ kWhdía} \times 365 \text{ días}=28732, \text{ kW/año.}$$

$$Pt(1MVA)= 66,10 \text{ kW/hdía} \times 365 \text{ días}=24126,5 \text{ kW/año.}$$

Pt – pérdida total para un año en cada transformador.

Si tenemos en cuenta que las variantes de la nueva propuesta plantea sacar de servicio cuatros(4) transformadores de 1.6 MVA podemos calcular la perdida total en un año:

$$Pta(1.6MVA)=28732,8 \text{ k Wh/año} \times 4=114931,2 \text{ kWh/año}=114,931 \text{ MW/año.}$$

Todo lo anterior significa que un solo transformador puede asumir fácilmente toda la carga de Alumbrado y Climatización y que se ahorrarían anualmente unos 1522,83 USD por cada transformador de 1,6 MVA que no se utilice innecesariamente y unos 1278,70 USD por cada transformador de 1 MVA.

El cálculo económico realizado se efectuó sobre la base de que el precio promedio del MWh para la empresa es de unos 53,00 USD. Lo que conlleva a

ahorrar por este concepto al sacar de servicio 4 transformadores de 1.6 MVA 6091,34 USD anualmente.

Ahorro total por las propuesta realizadas 18951.26 USD en CUC el valor sería de 15161.00

Ahorro por el nuevo sistema de iluminación 92681 CUC

Variantes de Propuestas

Se analizaran dos variantes, la primera se propone repotenciar con lo que hay actualmente instalado y la segunda proponer un sistema de iluminación nuevo.

VARIANTE I

Tabla 3.5 Relación de precio del equipamiento propuesto Variante I.

Recursos	Precio unitario (C.U.C)	Cantidad	Total
Lámpara fluorescente 32 W	1.20	372	446.4
Lámpara V.S.A.P 150 W	10.55	211	2226.05
Balastos electrónicos	4.82	186	903.96
Reflectores	1.33	372	494.76
Pintura anticorrosivo gris	2 * litro	70	140
Total CUC			4211.17

Tiempo de Amortización

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

$$= 4211.17 / 92681$$

$$= 0.1 \text{ años}$$

VARIANTE II

Tabla 3.6 Relación de precio del equipamiento propuesto Variante I.

Recursos	Precio Unit (C.U.C)	Cantidad	Total
Proyectores con lámpara V.S.A.P 150 W	152.32	211	32139.52
Luminarias para lámparas fluorescentes	14.92	372	5550.24
Total			37689.76

Tiempo de Amortización

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

$$= 60762.07 / 92681$$

$$= 4 \text{ meses}$$

Como se puede apreciar el tiempo de amortización de la primera Variante es inferior a un año, en el caso de la segunda es de 4 meses demostrándose la factibilidad de la inversión.

3.5. Conclusiones.

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



Conclusiones

- Se mejoró la Eficiencia Energética en los Sistemas de iluminación a través del ahorro de energía eléctrica con 38 MWh al año por cambio de lámparas y 114,931MW al año por pérdidas en transformadores
- Se realizaron los cálculos mediante los softwares de iluminación TROLL LITESTAR.5S3 y 7.00, INDALWIN, FACALU RSL y OXY TECH 2004
- Se demostró de manera detallada los beneficios económicos que se obtiene con la implementación de los controles de iluminación.
- La metodología utilizada se sustenta en bases científicas, que permite hacer un análisis integral de los sistemas de iluminación teniendo en cuenta las deficiencias en la proyección del mismo.



Recomendaciones

- Que se evalúe por parte de la Dirección de la CTE los resultados obtenidos en este trabajo para su aplicación.
- Utilizar los resultados de este trabajo para la formación de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica en la asignatura de Suministro Eléctrico II.

Bibliografía

1. Alemany Barreras, A. Climatología, iluminación y acústica. Aplicación en la arquitectura. ISPJAE. Departamento de ediciones. 1986.
2. Alumbrado con proyectores <http://Bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema9/9-4.htm>.2001.
3. Alumbrado de exteriores. <http://Bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema9/9-4.htm>.1999.
4. Análisis del Sistema de iluminación Viaria del municipio Moa 2005.Yunier Cabrera, Delroy George. Arambula González, R- Tesis Profesional- Procedimientos de diseños para iluminar exteriores –Universidad Iberoamericana México -1995.
5. Anales del sistema de iluminación de la EMCE CTE Lidio Ramón Pérez. Eddy Duran Córdoba. 2008
6. Arámbula González, R- Tesis Profesional- Procedimientos de diseños para iluminar Exteriores – Universidad Iberoamericana México- 1995.
7. Catálogo de iluminación Effere (1995).
8. Catálogo General de iluminación Indalux 1995.
9. Catálogo General de la Luz Osran. 1998/1999.
10. Catalogo Philips tarifa. 2008.
11. Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997).
12. Contaminación lumínica .[http://www 14.brinkster.com./luminica/](http://www14.brinkster.com./luminica/).1998.
13. Contaminación lumínica. [http:// www14.brinkster. com. /lumínica/](http://www14.brinkster.com./lumínica/).1998.
- 14.Eficiencia de los sistemas de iluminación Moa 2002. Odalis Robles Laurencio.
- 15.Eficiencia del Sistema de Iluminación Exterior para garantizar la seguridad en la Empresa Ernesto Che Guevara de la Serna 2004. Oscar Figueroa.
- 16.Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Moa 2007.Suraima Pavón Herrera, Yarima Marisma frometa.



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



35. Revista Ingeniería de la Iluminación (reimpresión) Mayo, Junio 1967.
36. Sistema eléctrico para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez. Sistemas de Iluminación.
<http://www.octanorm.es/silumina.htm>.2000



Relación de Anexos

Anexo 1. Características del sistema de alumbrado instalado.

Anexo 2. Dimensiones y niveles de iluminación de las diferentes áreas.

Anexo 3. Mediciones en los transformadores

Anexo 1

Características del sistema de alumbrado instalado.

Locales del edificio de UEB de producción de la CTE

No	Área	Equipos instalados	Potencia
1	Laboratorio Químico (Pasillo)	1 lámpara fluorescente 40 W	40 W
2	Laboratorio Químico (local calorímetro)	5 lámparas fluorescente 40W	200 W
3	Laborat. Químico (local aceite y petroleo)	5 lámparas fluorescente 40 W	200 W
4	Laboratorio Químico (local de aceite)	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
5	Laboratorio Químico (cuarto de balanza)	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
6	Laboratorio Químico (local de agua)	9 lámparas fluorescente 40W	360 W
7	Laboratorio Químico (oficina jefe laborat.)	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
8	Laboratorio de calibración	7 bombillos ahorradores 18 W	182 W
9	Local de brigada de automática	8 bombillos ahorradores 26 W	208 W
10	Pasillo del segundo piso	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
11	Local del grupo técnico eléctrico	17 lámparas fluorescente 40W	680 W
12	Local de planificación	16 lámparas fluorescente 40W	640 W
13	Oficina del director de producción	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
14	Oficina secretaria del director de producción	1 lámparas fluorescente 40W	40 W
15	Local grupo de ing. de producción	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
16	Local salón de reuniones	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
17	Dirección de automatización (secretaria)	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
18	Local director UEB automática	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
19	Pantri UEB de automática	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
20	Local del director UEB de mantenimiento	3 lámparas fluorescente 40W	240 W
21	Local de informática	3 lámparas fluorescente 40W	240 W
22	Grupo técnico automático	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
23	Local grupo de explotación	9 bombillos ahorradores 26 W	234 W

Locales de la DIP de la CTE.

No	Areas	Equipos Instalados	Potencia
1	Oficina del area tecnica	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
2	Oficina de aseguramiento de la DIP	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
3	Oficina del área de gestión económica	4 lámparas fluorescente 40W	160 W

4	Salon de reuniones	5 lámparas fluorescente 40W	200 W
5	Oficina de la sec. del director de la DIP	2 lámparas fluorescente 40W	80 W

Locales del edificio socio-administrativo

No	Áreas	Equipos instalados	Potencia
1	Oficina de personal	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
2	Oficina auxiliar de fuerza de trabajo	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
3	Oficina de secretaria recursos humanos	1 lámparas fluorescente 40W	40 W
4	Oficina directora de recursos humanos	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
5	oficina del jefe de personal	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
6	Oficina de especialista de cuadro	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
7	Oficina de secretaria del director general	5 lámparas fluorescente 40W	200 W
8	Oficina del director general	6 lámparas fluorescente 40W y 4 bombillos ahorradores de 7 W	268 W
9	Salón de reuniones	11 lámparas fluorescente 40W	440 W
10	Oficina de auditoria	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
11	Oficina del PCC	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
12	Oficina del sindicato	1 lámparas fluorescente 40W y 5 bombillos ahorradores de 7 W	75 W
13	Oficina de protección al medio ambiente	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
14	Oficina del grupo energético	5 lámparas fluorescente 40W	200 W
15	Oficina de aseguramiento de la calidad	2 lámparas fluorescente 40W y 4 bombillos ahorradores de 7 W	107 W
16	Oficina de contratación	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
17	Pizarra telefónica	3 lámparas fluorescente 40W	120 W
18	Local de edición	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
19	Grupo de compra	7 lámparas fluorescente 40W	280 W
20	Oficina de gestión de mantenimiento y conservación a las instalaciones	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
21	Grupo de contabilidad	9 lámparas fluorescente 40W	360 W
22	Oficina de transporte	1 lámparas fluorescente 40W	40 W
23	Oficina de finanzas	1 lámparas fluorescente 40W y 4 bombillos ahorradores de 7 W	68 W
24	Oficina de seguridad y protección	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
25	Oficina de jefe de seguridad y protección	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
26	Oficina de secretaria de jefe de economía	4 lámparas fluorescente 40W	160 W

27	Oficina de jefe UEB economía	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
28	Aula 1 de capacitación	6 lámparas fluorescente 40W	240 W
29	Aula 2 de capacitación	6 lámparas fluorescente 40W	240 W
30	Aula 3 de capacitación	8 lámparas fluorescente 40W	320 W
31	Oficina de especialista de capacitación	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
32	Oficina auxiliar de capacitación	2 lámparas fluorescente 40W	80 W
33	Pantri de capacitación	2 lámparas fluorescente 40W	80 W

Bloques de producción

Locales subestación de 220 KV

No	Áreas	Equipos instalados	Potencia
1	Local de protecciones	1 lámparas fluorescente 36W	36 W
2	Oficina del jefe de explotación eléctrica	4 lámparas fluorescente 40W	160 W
3	Local de operadores de la sub.	15 lámparas fluorescente 40W	600 W
4	Local de paneles eléctricos	11 lámparas fluorescente 40W y 15 bombillos ahorradores de 18 W	710 W
5	Cuarto de baterías	8 bombillos ahorradores de 18 W	94 W
6	Local de corriente directa	6 lámparas fluorescente 40W	240 W
7	Área exterior	17 bombillos de mercurio de 250 W	4250 W
8	Local de compresores	9 lámparas fluorescente 40W	360 W

Locales de subestación de 6 KV

No	Área	Equipos instalados	Potencia
1	Local de 6 KV propio unidad 1	15 bombillos ahorradores de 7 W y 3 de 18 W	159 W
2	Local de 6 KV común	14 bombillos ahorradores de 7 W y 7 de 18 W	224 W
3	Local de 6 KV propio unidad 2	15 bombillos ahorradores de 7 W y 7 de 26 W	287 W

Locales de agregados 1,2y3

No	Áreas	Equipos instalados	Potencia
----	-------	--------------------	----------

1	Local del operador de primer impulso	6 bombillos ahorradores de 18 W	108 W
2	Local de bombas de petroleo	12 bombillos de mercurio de 250 W	3000 W
3	Local de paneles eléctricos de primer impulso	6 bombillos ahorradores de 18 W	108 W
4	Local del operador de caldera auxiliar	3 bombillos ahorradores de 18 W y 6 de 26 W	210 W
5	Local de compresores de uso de planta	2 bombillos de mercurio de 250 W y 1 de sodio de 250 W	750 W
6	Local de generadores diesel	3 bombillos de sodio de 250 W	750 W
7	Local de subestación de ODC - ODD	9 lámparas fluorescente de 40 W	360 W
8	Local de paneles eléctricos de los diesel	5 bombillos ahorradores de 26 W y 1 lámpara fluorescente de 40 W	170 W
9	Local de bombas de petroleo segundo impulso	8 bombillos de mercurio de 250 W y 1 ahorrador de 26 W	2026 W

Locales del edificio de mandos térmicos

No	Área	Equipos instalados	Potencia
1	Local de subestación de 380 V unidad 1	24 bombillos ahorradores de 18 W y 2 lámparas fluorescente de 40 W	512 W
2	Local subestación de 380 V unidad 2	16 bombillos ahorradores de 18 W y 2 lámparas de 40 W	368 W
3	Local subestación de 380 V común	8 bombillos ahorradores de 18 W y 2 lámparas fluorescente de 40 W	224 W
4	Local de subestación de OCN-OCP	25 lámparas fluorescente de 40 W	1000 W
5	Local de cuarto de batería	16 bombillos ahorradores de 18 W	288 W
6	Local de corriente directa unidad 1	12 bombillos ahorradores de 26 W	312 W
7	Local de corriente directa unidad 2	10 bombillos ahorradores de 26 W y 4 lámparas fluorescente de 40 W	420 W
8	Local de paneles automáticos unidad 1 nivel 9.10 M	10 lámparas fluorescente de 40 W	400 W
9	Local de paneles automáticos unidad 2 nivel 9.10 M	6 lámparas fluorescente de 40 W	240 W

10	Local paneles automáticos nivel 14.10 M	9 lámparas fluorescente de 40 W	360 W
11	Local operadores control unidad bloque 1	20 lámparas fluorescente de 40 W	800 W
12	Local operadores control unidad bloque 2	11 lámparas fluorescente de 40 W	440 W
13	Local de operadores de cuadro eléctrico	9 lámparas fluorescente de 40 W	360 W
14	Local de grupo ingeniería superior automática	13 lámparas fluorescente de 40 W	520 W
15	Local del jefe de turno principal	8 lámparas fluorescente de 40 W	320 W

Áreas de caldera unidad 1

No	Áreas	Equipos instalados	potencia
1	Primer nivel	5 bombillos de mercurio de 250 W y 6 de sodio 250 W y 14 bombillos ahorradores de 26 W	3114 W
2	Segundo nivel	4 bombillos de mercurio de 250 W y 8 de sodio 250 W y 10 bombillos ahorradores de 26 W	3260 W
3	Tercer nivel	3 bombillos de mercurio de 250 W y 6 de sodio 250 W y 11 bombillos ahorradores de 26 W	2536 W
4	Cuarto nivel	5 bombillos de mercurio de 250 W y 5 de sodio 250 W y 9 bombillos ahorradores de 26 W	2734 W
5	Quinto nivel	5 bombillos de mercurio de 250 W y 7 de sodio 250 W y 9 bombillos ahorradores de 26 W	3234 W
6	Sexto nivel	5 bombillos de mercurio de 250 W y 2 de sodio 250 W y 6 bombillos ahorradores de 26 W	1906 W
7	Séptimo nivel	2 bombillos de mercurio de 250 W	500 W
8	Escalera caldera lado derecho	10 bombillos ahorradores de 18 W	180 W
9	Escalera caldera lado izquierdo	12 bombillos ahorradores de 18 W	216 W
10	Local del operador de caldera	2 lámparas fluorescente 40 W	80 W

Locales de los almacenes de la CTE.

No	Áreas	Equipos instalados	Potencia
1	Almacén 1	17 bombillos de sodio 250 W	4250 W
2	Almacén 2	11 bombillos de sodio 250 W	2750 W
3	Teatro	11 lámparas fluorescente de 40 W	440 W

Áreas de caldera unidad 2

No	Áreas	Equipos instalados	potencia
1	Primer nivel	9 bombillos de mercurio de 250 W y 11 de sodio 250 W y 8 bombillos ahorradores de 26 W	5208 W
2	Segundo nivel	7 bombillos de mercurio de 250 W y 4 de sodio 250 W y 10 bombillos ahorradores de 26 W	3010 W
3	Tercer nivel	2 bombillos de mercurio de 400 W, 3 de 250 W y 4 de sodio 250 W y 13 bombillos ahorradores de 26 W	2488 W
4	Cuarto nivel	6 bombillos de mercurio de 400 W y 5 de sodio 250 W y 4 bombillos ahorradores de 26 W	3754 W
5	Quinto nivel	7 bombillos ahorradores de 26 W y 1 lámpara fluorescente de 40 W	222 W
6	Sexto nivel	6 bombillos de mercurio de 400 W y 6 bombillos ahorradores de 26 W	2556 W
7	Séptimo nivel	3 bombillos de mercurio de 250 W	750 W
8	Escalera caldera lado derecho	8 bombillos ahorradores de 18 W	144 W
9	Escalera caldera lado izquierdo	10 bombillos ahorradores de 18 W	180 W
10	Local del operador de caldera	2 lámparas fluorescente 40 W	80 W

Áreas de equipos auxiliares y turbina unidad 1

No	Áreas	Equipos instalados	Potencia
1	Área de bomba de alimentar	6 bombillos de mercurio de 250 W	1500 W
2	Área de bomba de condensado 1 etapa	2 bombillo de sodio de 250 W	500 W
3	Área de bombas de condensado 2 etapa	3 bombillos de mercurio de 250 W	750 W
4	Área de calentadores de alta presión y ramas de condensado	2 bombillo de mercurio de 250 W	500 W
5	Área de bomba de enfriamiento	1 bombillo de sodio de 250 W y 1 de mercurio de 250 W	500 W
6	Área de bomba de circulación	2 bombillo de mercurio de 250 W	500 W
7	Área de hidrogeno	3 bombillo de sodio de 250 W y 1 de mercurio de 250 W	1000 W
8	Área de aceite de sellaje	2 bombillo de mercurio de 250 W	500 W
9	Área de agua estatórica	1 bombillo de mercurio de 250 W	250 W
10	Área de calentadores de baja presión	3 bombillo de sodio de 250 W y 1 de mercurio de 250 W	1000 W
11	Área de ventiladores extractores de gases y eyectores	3 bombillo de sodio de 250 W y 2 de mercurio de 250 W	1250 W
12	Área de cabezal de vapor uso de planta	1 bombillo de sodio de 250 W y 1 de mercurio de 250 W	500 W
13	Área de turbina	13 bombillo de mercurio de 400 W	5200 W
14	Local del operador de turbina	2 lámparas fluorescente 40 W	80 W
15	Local del operador de equipos auxiliares	2 lámparas fluorescente 40 W	80 W

Áreas de equipos auxiliares y turbina unidad 2

No	Áreas	Equipos instalados	Potencia
1	Área de bomba de alimentar	5 bombillos de mercurio 250 W	1250 W
2	Área de bomba de condensado primera etapa	2 bombillo de mercurio 250W	500 W
3	Área de bombas de condensado segunda etapa	1 bombillos de mercurio 250 W	250 W
4	Área de calentadores de alta presión y ramas de condensado	3 bombillo de mercurio 250 W	750 W
5	Área de bomba de enfriamiento	2 bombillo de sodio de 250 W	500 W
6	Área de bomba de circulación	2 bombillo de mercurio 250 W	500 W
7	Área de hidrogeno	2 bombillo de mercurio 250 W	500 W
8	Área de aceite de sellaje	2 bombillo de mercurio 250 W	500 W
9	Área de agua estatórica	1 bombillo de sodio de 250 W y 1 de mercurio de 250 W	500 W
10	Área de calentadores de baja presión	4 bombillo de mercurio 250 W	1000 W
11	Área de ventiladores extractores de gases y eyectores	2 bombillo de mercurio 250 W	500 W



12	Área de cabezal de vapor uso de planta	3 bombillo de mercurio 250 W	750 W
13	Área de turbina	12 bombillo de mercurio 400 W	4800 W
14	Local del operador de turbina	2 lámparas fluorescente 40 W	80 W
15	Local del operador de equipos auxiliares	2 lámparas fluorescente 40 W	80 W

Locales del área de tratamiento químico del agua

No	Áreas	Equipos instalados	Potencia
1	Local de los operadores	12 lámparas fluorescente de 40 W	480 W
2	Local de análisis	3 lámparas fluorescente de 40 W	120 W
3	Local paneles eléctricos OCN-OCL	4 bombillos ahorrador de 18 W	72 W
4	Área de bombas de agua cruda	1 bombillo de mercurio de 250 W	250 W
5	Área de solución de sosa	2 bombillo de mercurio de 250 W	500 W
6	Área de bombas de agua sin mineral	2 bombillo de mercurio de 250 W	500 W
7	Área de bombas de ácido	1 bombillo de mercurio de 250 W	250 W
8	Local de almacenaje de amoníaco	6 bombillos ahorrador de 18 W	108 W
9	Local de sulfito	1 bombillo de mercurio de 250 W	250 W
10	Local de almacenaje de cal	1 bombillo de mercurio de 500 W	500 W
11	Local de disolución de cal	1 bombillo ahorrador de 24 W	24 W
12	Local de casa de aceite	8 bombillo ahorrador de 18 W	144 W

Anexo 2

Dimensiones y niveles de iluminación de las diferentes áreas.

Locales del edificio de UEB de producción de la CTE

No	Área	Largo M	Ancho M	Altura M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Laboratorio Químico (Pasillo)	15.0	1.64	3.57	60	45	15
2	Laboratorio Químico (local calorímetro)	6.15	3.00	3.57	190	170	130
3	Lab. Químico (local aceite y petróleo)	6.30	5.70	3.57	295	84	38
4	Laboratorio Químico (local de aceite)	6.30	2.70	3.57	150	125	78
5	Laborat. Químico (cuarto de balanza)	3.90	2.40	3.57	160	100	85
6	Laboratorio Químico (local de agua)	8.40	6.00	3.57	192	155	70
7	Laborat. Químico (oficina jefe laborat.)	7.35	3.00	3.57	145	100	45
8	Laboratorio de calibración	9.00	7.92	4.10	130	80	40
9	Local de brigada de automática	9.70	6.00	4.10	48	40	35
10	Pasillo del segundo piso	24.0	1.62	3.57	85	62	35
11	Local del grupo técnico eléctrico	9.30	7.80	4.10	220	180	100
12	Local de planificación	11.40	7.0	4.10	400	185	160
13	Oficina del director de producción	6.90	3.10	3.57	400	180	80
14	Oficina sec. del director de producción	4.50	2.40	3.57	65	42	35
15	Local grupo de ingeniería de producción	6.90	3.00	4.10	195	115	35
16	Local salón de reuniones	5.26	5.42	3.57	275	230	160
17	Dirección de automatización (secretaria)	2.70	2.40	3.57	210	150	130
18	Local director UEB automática	4.20	3.60	3.57	220	200	190
19	Pantri UEB de automática	2.40	1.20	3.57	215	180	160
20	Local del direct.UEB de mantenimiento	6.90	2.40	3.57	183	98	53
21	Local de informática	6.00	2.51	3.57	135	90	58
22	Grupo técnico automático	8.70	6.90	4.10	120	110	95
23	Local grupo de explotación	8.10	6.00	4.10	90	68	46

Locales del edificio socio-administrativo

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Oficina de personal	6.10	3.32	3.85	140	100	63
2	Oficina auxiliar de fuerza de trabajo	3.60	3.00	3.85	158	80	50
3	Oficina de secretaria recursos humanos	2.10	2.70	2.83	68	50	38
4	Oficina directora de recursos humanos	3.90	2.70	2.83	190	112	40
5	oficina del jefe de personal	4.20	2.50	2.96	320	250	180
6	Oficina de especialista de cuadro	4.20	3.00	2.96	190	120	80
7	Oficina de secretaria del director general	6.30	3.00	2.96	150	135	90
8	Oficina del director general	6.40	6.10	2.96	190	135	90
9	Salón de reuniones	6.00	5.70	2.96	200	160	80
10	Oficina de auditoria	4.20	3.00	2.96	120	65	50
11	Oficina del PCC	4.20	3.00	2.96	180	150	75
12	Oficina del sindicato	5.70	2.40	2.96	200	150	60
13	Oficina de protección al medio ambiente	4.20	2.45	2.96	70	62	45
14	Oficina del grupo energético	6.30	3.00	2.96	190	120	100
15	Oficina de aseguramiento de la calidad	6.30	2.70	2.96	205	112	74
16	Oficina de contratación	4.55	2.70	2.96	200	150	60
17	Pizarra telefónica	3.00	3.00	2.96	200	120	60
18	Local de edición	6.30	2.50	2.96	270	190	80
19	Grupo de compra	8.40	4.50	2.96	600	260	170
20	Oficina de gestión mtto. y conservación a instalaciones	6.30	3.00	2.96	200	160	110
21	Grupo de contabilidad	8.40	6.00	2.96	250	135	80
22	Oficina de transporte	3.60	2.40	2.96	525	300	280
23	Oficina de finanzas	6.30	3.00	2.96	200	180	108
24	Oficina de seguridad y protección	4.25	2.45	2.96	152	127	55
25	Oficina de jefe de seguridad y protección	6.30	2.70	2.96	220	190	97
26	Oficina de sec. de jefe de economía	3.50	3.30	2.96	245	200	190
27	Oficina de jefe UEB economía	5.10	3.30	2.96	300	200	190
28	Aula 1 de capacitación	6.00	5.90	2.93	280	195	85
29	Aula 2 de capacitación	6.30	5.85	2.93	1800	655	447
30	Aula 3 de capacitación	7.95	6.00	2.93	450	300	150
31	Oficina de especialista de capacitación	5.60	4.20	4.00	200	180	150
32	Oficina auxiliar de capacitación	3.15	3.15	4.00	160	130	110
33	Pantri de capacitación	3.15	2.45	4.00	160	150	120

Locales de la DIP de la CTE.

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Largo M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Oficina del área técnica	4.42	3.00	2.70	230	195	90
2	Oficina de aseguramiento de la DIP	5.22	3.60	2.70	120	95	80
3	Oficina del área de gestión económica	3.94	2.87	2.70	260	210	65
4	Salon de reuniones	6.13	3.94	2.70	210	200	96
5	Oficina de la secret. del director DIP	3.00	2.92	2.70	120	97	70

Bloques de producción

Locales subestación de 220 KV

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Local de protecciones	4.00	4.00	4.50	70	42	25
2	Oficina del jefe de explotación eléctrica	3.8	4.64	3.53	140	105	88
3	Local de operadores de la sub.	16.5	3.00	3.53	140	112	83
4	Local de paneles eléctricos	19.5	12.0	3.53	39	30	19
5	Cuarto de baterías	5.93	5.71	4.50	30	22	12
6	Local de corriente directa	9.80	7.15	4.50	95	47	22
7	Área exterior	135.0	100.0	-----	60	48	30
8	Local de compresores	12.08	5.80	7.50	85	57	38

Locales de subestación de 6 KV

No	Área	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Local de 6 KV propio unidad 1	17.10	9.30	4.52	32	13	06
2	Local de 6 KV común	17.10	9.30	4.52	30	10	05
3	Local de 6 KV propio unidad 2	17.10	9.30	4.52	45	32	10

Locales de agregados 1,2y3

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de		
					Max.	Med.	Min.
1	Local del operador de primer impulso	6.00	5.70	5.00	39	30	19

2	Local de bombas de petróleo	42.40	11.46	9.45	20	10	05
3	Local de paneles eléctricos de 1 impulso	12.0	6.00	5.00	73	51	33
4	Local del operador de caldera auxiliar	5.70	5.70	5.00	80	60	40
5	Local de compresores de uso de planta	26.50	12.20	7.50	90	40	20
6	Local de generadores diesel	18.50	12.50	7.50	80	50	30
7	Local de subestación de ODC - ODD	12.50	12.00	5.00	95	78	39
8	Local de paneles eléctricos de los diesel	8.50	8.50	5.00	80	56	35
9	Local de bombas de petróleo 2 impulso	46.70	14.50	9.45	10	05	02

Locales del edificio de mandos térmicos

No	Área	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Local subestación de 380 V unidad 1	19.20	10.90	5.00	60	33	10
2	Local subestación de 380 V unidad 2	19.20	10.90	5.00	190	50	20
3	Local subestación de 380 V común	19.20	4.15	5.00	130	45	18
4	Local de subestación de OCN-OCP	18.25	16.40	5.00	110	86	62
5	Local de cuarto de batería	12.10	13.20	3.00	40	34	12
6	Local de corriente directa unidad 1	19.20	11.50	5.00	58	30	08
7	Local de corriente directa unidad 2	19.20	11.50	5.00	40	20	05
8	Local de paneles aut. unidad 1 9.10 M	18.0	13.50	5.00	105	70	22
9	Local de paneles aut. unidad 2 9.10 M	18.0	13.50	5.00	100	80	18
10	Local paneles automat. nivel 14.10 M	14.50	13.50	3.53	102	90	20
11	Local operadores control unidad 1	18.0	3.00	3.53	275	200	50
12	Local operadores control unidad 2	18.0	3.00	3.53	180	115	50
13	Local de operadores de cuadro eléct.	18.0	6.50	3.53	111	72	45
14	Local de grupo ing. superior automat.	13.50	6.50	3.53	190	105	73
15	Local del jefe de turno principal	8.00	6.00	3.53	92	50	10

Áreas de caldera unidad 1

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Primer nivel	35.90	32.80	8.10	70	50	25
2	Segundo nivel	35.90	32.80	4.00	180	70	50
3	Tercer nivel	35.90	32.80	4.00	150	80	40
4	Cuarto nivel	35.90	32.80	6.73	100	80	45
5	Quinto nivel	35.90	32.80	3.46	60	35	15
6	Sexto nivel	20.30	29.40	5.73	95	60	40
7	Séptimo nivel	20.30	29.40	5.73	85	63	34
8	Escalera caldera lado derecho	2.00	1.00	37.7	53	40	24

9	Escalera caldera lado izquierdo	2.00	1.00	37.7	55	42	27
10	Local del operador de caldera	4.10	2.35	3.10	150	120	90

Áreas de caldera unidad 2

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Primer nivel	35.90	32.80	8.10	100	70	42
2	Segundo nivel	35.90	32.80	4.00	200	145	82
3	Tercer nivel	35.90	32.80	4.00	120	70	48
4	Cuarto nivel	35.90	32.80	6.73	115	82	65
5	Quinto nivel	35.90	32.80	3.46	45	30	28
6	Sexto nivel	20.30	29.40	5.73	70	56	38
7	Séptimo nivel	20.30	29.40	5.73	42	38	25
8	Escalera caldera lado derecho	2.00	1.00	37.75	47	31	18
9	Escalera caldera lado izquierdo	2.00	1.00	37.75	51	42	21
10	Local del operador de caldera	4.10	2.35	3.10	155	127	93

Áreas de equipos auxiliares y turbina unidad 1

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Área de bomba de alimentar	14.50	15.00	12.10	430	121	35
2	Área de bomba de condensado 1 etapa	5.70	5.10	12.10	45	25	15
3	Área de bombas de condensado 2 etapa	6.30	4.50	12.10	140	90	50
4	Área de CAP. y ramas de condensado	11.10	9.70	8.10	80	31	25
5	Área de bomba de enfriamiento	7.50	3.30	3.40	215	125	88
6	Área de bomba de circulación	6.90	3.90	-----	500	198	65
7	Área de hidrogeno	7.50	5.70	11.30	160	91	69
8	Área de aceite de sellaje	6.30	5.10	3.15	285	186	48
9	Área de agua estatórico	6.90	5.70	3.15	115	42	21
10	Área de calentadores de baja presión	12.0	10.50	5.05	128	115	30
11	Área de vent. Extract. de gases y eyectores	11.10	8.70	12.10	115	80	50
12	Área de cabezal de vapor uso de planta	11.10	4.50	12.10	160	85	35
13	Área de turbina	53.40	21.00	16.0	60	42	15
14	Local del operador de turbina	5.00	2.35	3.10	150	120	90
15	Local del operador de equipos auxiliares	4.10	2.35	3.10	158	124	95

Áreas de equipos auxiliares y turbina unidad 2

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Área de bomba de alimentar	14.50	15.0	12.10	450	120	40
2	Área de bomba de condensado 1 etapa	5.70	5.10	12.10	40	20	10
3	Área de bomba de condensado 2 etapa	6.30	4.50	12.10	130	80	40
4	Área de CAP. y ramas de condensado	11.10	9.70	8.10	60	35	20
5	Área de bomba de enfriamiento	7.50	3.30	3.40	220	140	80
6	Área de bomba de circulación	6.90	3.90	-----	450	200	70
7	Área de hidrogeno	7.50	5.70	11.30	142	88	55
8	Área de aceite de sellaje	6.30	5.10	3.15	290	150	56
9	Área de agua estatórica	6.90	5.70	3.15	120	50	25
10	Área de calentadores de baja presión	12.0	10.50	5.05	110	142	37
11	Área de Vent. Ext. de gases y eyect.	11.10	8.70	12.10	100	70	35
12	Área de cabezal de vapor uso de planta	11.10	4.50	12.10	140	58	30
13	Área de turbina	71.40	21.00	16.00	40	18	10
14	Local del operador de turbina	5.00	2.35	3.10	147	116	84
15	Local del operador de equipos aux.	4.10	2.35	3.10	143	110	80

Locales del área de tratamiento químico del agua

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de lux		
					Max.	Med.	Min.
1	Local de los operadores	12.20	4.44	3.00	200	135	110
2	Local de análisis	7.35	2.70	3.00	120	103	74
3	Local paneles eléctricos OCN-OCL	9.10	3.90	5.00	40	20	12
4	Área de bombas de agua cruda	11.06	7.90	2.86	30	16	07
5	Área de solución de sosa	15.50	8.60	3.50	300	95	40
6	Área de bombas de agua sin mineral	12.00	9.30	3.50	20	15	10
7	Área de bombas de acido	10.07	5.10	2.60	35	26	19
8	Local de almacenaje de amoniaco	12.40	6.60	3.50	20	10	07
9	Local de sulfito	8.90	7.85	3.50	40	20	10
10	Local de almacenaje de cal	12.80	5.95	5.00	50	32	20
11	Local de disolución de cal	5.72	5.95	5.00	47	20	17
12	Local de casa de aceite	14.80	12.30	5.00	95	62	37

Locales de los almacenes y el teatro de la CTE

No	Áreas	Largo M	Ancho M	Alto M	Cantidad de		
					Max.	Med.	Min.
1	Almacén 1	42.00	30.00	12.50	200	130	45
2	Almacén 2	36.00	18.00	12.50	180	110	42
3	Teatro	12.30	9.00	2.95	180	150	100

Locales del edificio de UEB de producción de la CTE

No	Área	Tipo	Dimensiones		Cant
			Largo Cm	Ancho Cm	
2	Laboratorio Químico (local calorímetro)	Ventana de cristal	145	116	1
3	Laborat. Quím. (local aceite y petroleo)	Ventana de cristal	145	116	2
4	Laboratorio Químico (local de aceite)	Ventana de cristal	145	116	1
6	Laboratorio Químico (local de agua)	Ventana de cristal	145	116	2
7	Laboratorio Quím. (Oficina jefe laborat.)	Ventana de cristal	145	116	1
8	Laboratorio de calibración	Ventana de cristal	145	116	4
9	Local de brigada de automática	Ventana de cristal	145	116	5
11	Local del grupo técnico eléctrico	Ventana de cristal	145	86	5
12	Local de planificación	Ventana de cristal	145	116	5
13	Oficina del director de producción	Ventana de cristal	145	116	2
15	Local grupo de ing. de producción	Ventana de cristal	114	86	1
20	Local del director UEB de mtto	Ventana de cristal	114	86	1
21	Local de informática	Ventana de cristal	145	116	1
22	Grupo técnico automático	Ventana de cristal	145	116	4
23	Local grupo de explotación	Ventana de cristal	145	116	3

Locales del edificio socio-administrativo

No2	Local de edición	Tipo	Dimensiones		Cant.
			Largo Cm	Ancho Cm	
19	Grupo de compra	Ventana de cristal	145	116	4
20	Oficina de gestión de mantenimiento y conservación a las instalaciones	Ventana de cristal	145	116	2
21	Grupo de contabilidad	Ventana de cristal	145	116	4

22	Oficina de transporte	Ventana de cristal	114	86	1
23	Oficina de finanzas	Ventana de cristal	114	86	2
24	Oficina de tec. seguridad y protección	Ventana de cristal	145	116	2
25	Oficina de jefe de seguridad y protecc.	Ventana de cristal	145	116	2
26	Oficina de sec. de jefe de economía	Ventana de cristal	145	116	1
27	Oficina de jefe UEB economía	Ventana de cristal	145	116	2
28	Aula 1 de capacitación	Ventana de cristal	145	116	2
29	Aula 2 de capacitación	Ventana de cristal	145	116	2
30	Aula 3 de capacitación	Ventana de cristal	145	116	2

Locales de agregados 1,2y3

No	Áreas	Tipo	Dimensiones		Cant.
			Largo Cm	Ancho Cm	
1	Local del operador de primer impulso	Ventana de cristal	145	116	2
2	Local de bombas de petroleo	Ventana de cristal	140	65	47
5	Local de compresores de uso de planta	Ventana de cristal	140	65	12
6	Local de generadores diesel	Ventana de cristal	140	65	12
9	Local de bombas de petroleo 2 impulso	Ventana de cristal	140	65	14

Locales del área de tratamiento químico del agua

No	Áreas	Tipo	Dimensiones		Cant.
			Largo Cm	Ancho Cm	
1	Local de los operadores	Ventana de cristal	145	116	2
2	Local de análisis	Ventana de cristal	114	86	1
8	Local de almacenaje de amoniaco	Ventana de cristal	114	86	1
12	Local de casa de aceite	Ventana de cristal	140	65	14

Locales subestación de 220 KV

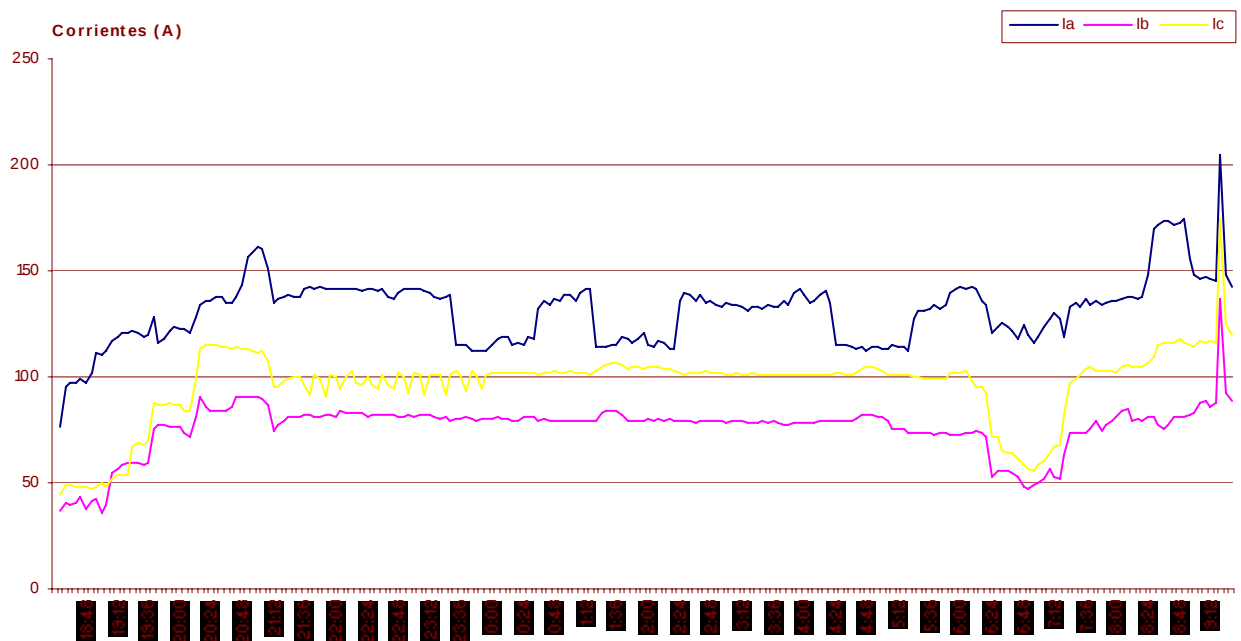
No	Áreas	Tipo	Dimensiones		Cant.
			Largo Cm	Ancho Cm	
1	Local de protecciones	Ventana de cristal	117	63	4
2	Oficina del jefe de explotación eléctrica	Ventana de cristal	231	90	2
3	Local de operadores de la sub.	Ventana de cristal	231	90	15
4	Local de paneles eléctricos	Ventana de cristal	231	90	20
5	Cuarto de baterías	Ventana de cristal	101	101	5



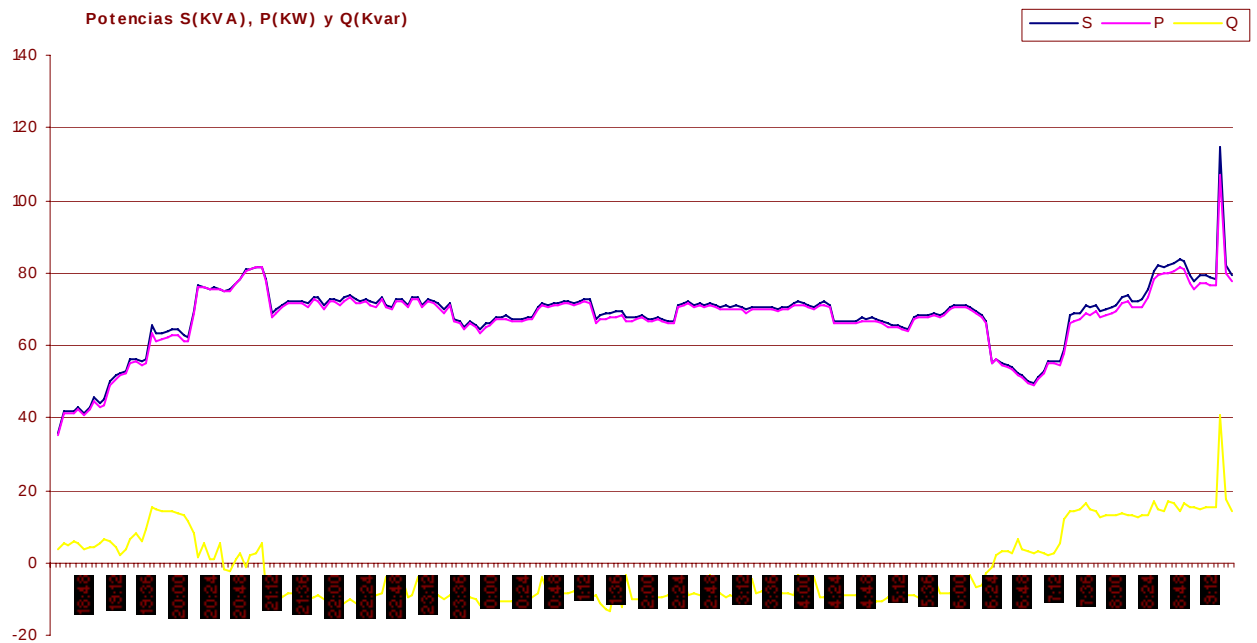
6	Local de corriente directa	Ventana de cristal	101	101	8
8	Local de compresores	Ventana de cristal	140	65	15

Locales de los almacenes de la CTE.

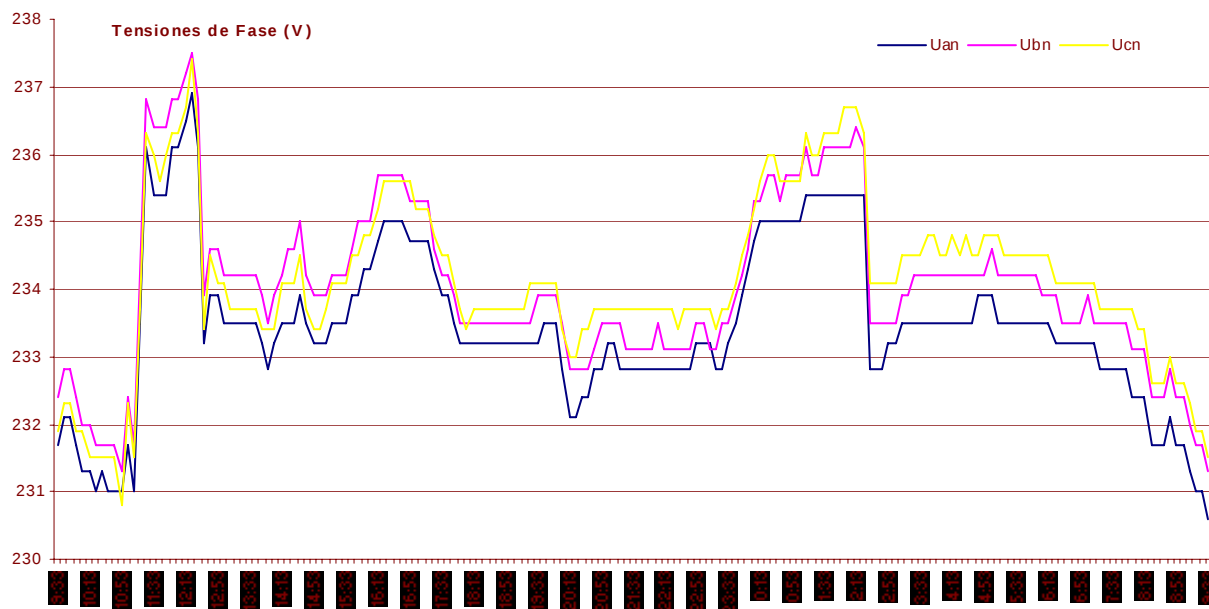
No	Áreas	Tipo	Dimensiones		Cant.
			Largo Cm	Ancho Cm	
1	Almacén 1	Ventana de cristal	140	65	24
2	Almacén 2	Ventana de cristal	140	65	20



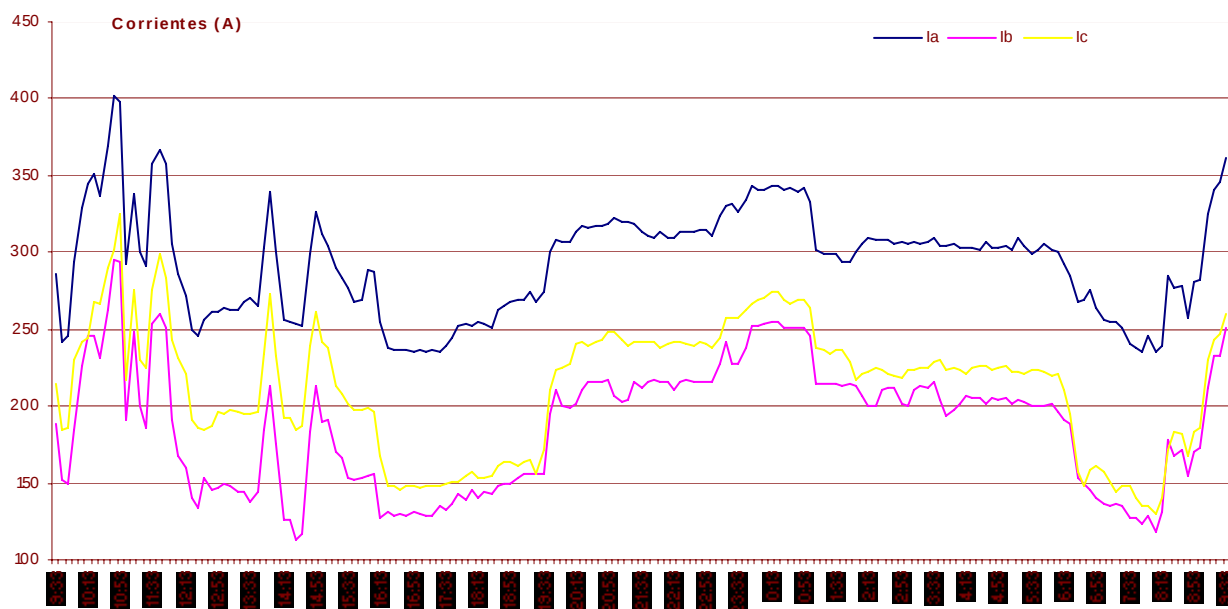
Comportamiento de las corrientes en el secundario del transformador 1CT03G.



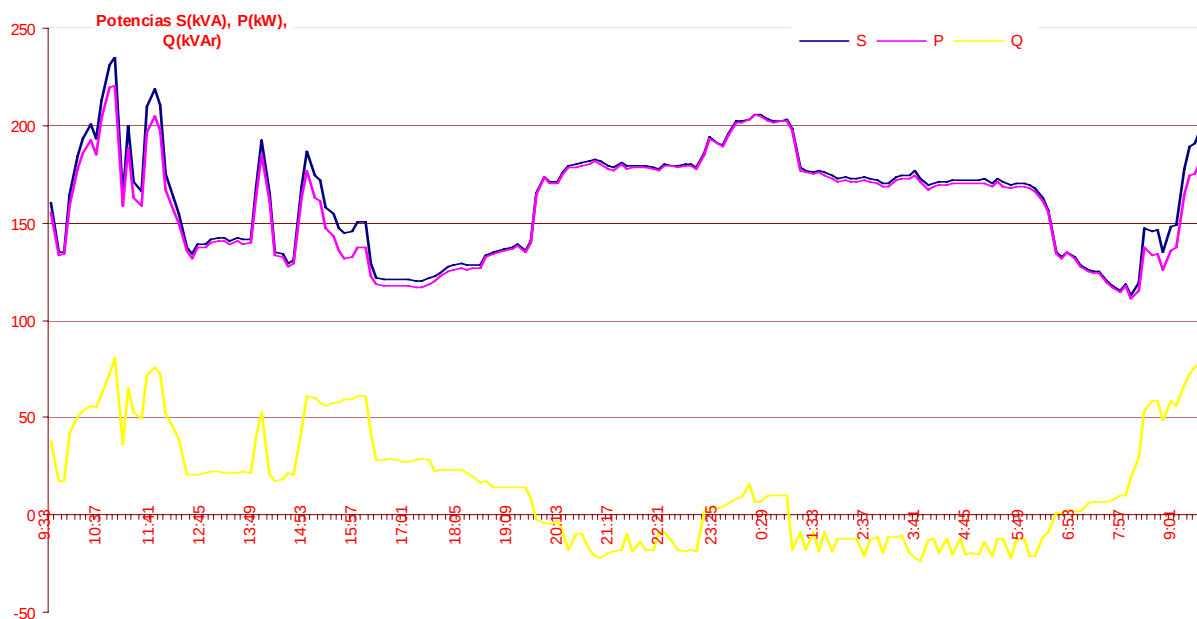
Comportamiento de las potencias totales en el transformador 1CT03G.



Comportamiento de las tensiones de fase en el secundario del transformador 2CT03G.

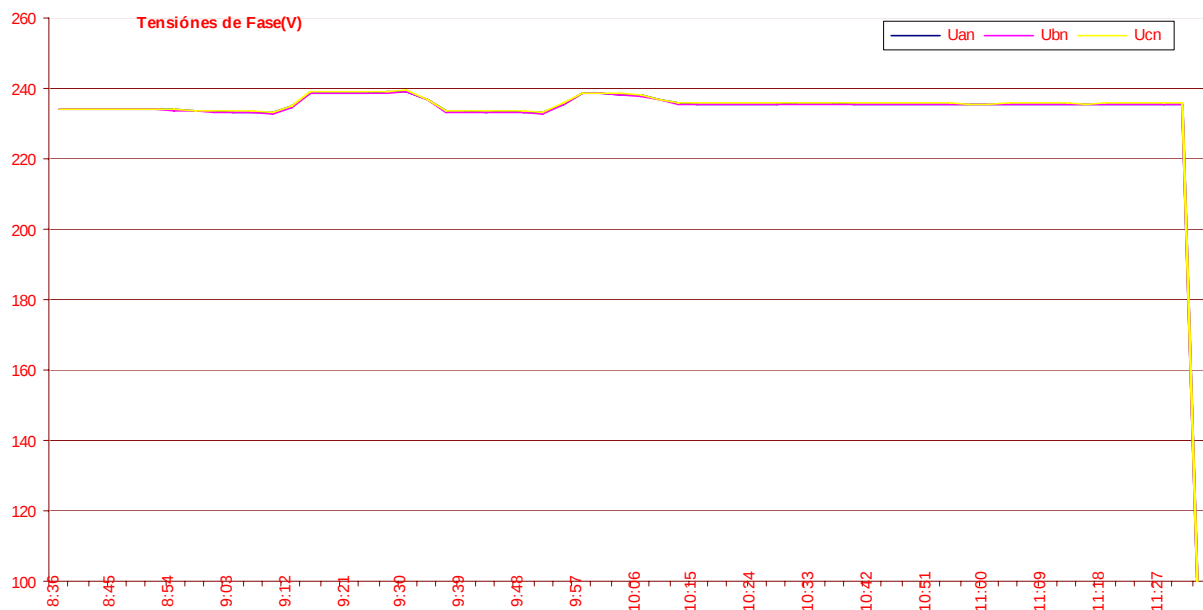


Comportamiento de las corrientes en el secundario del transformador 2CT03G.



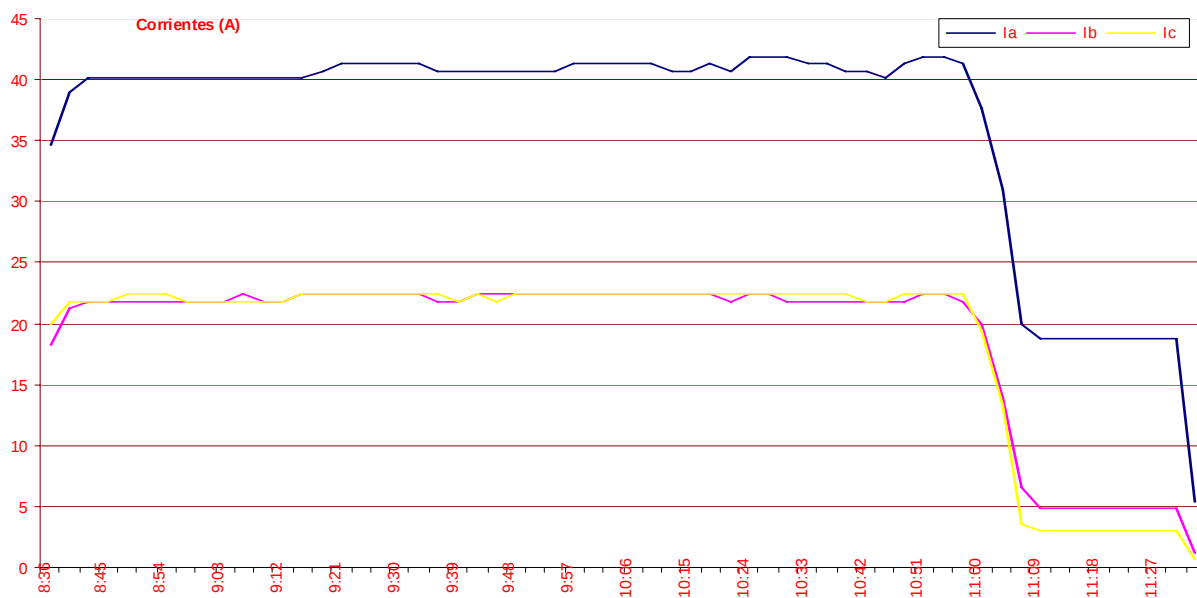
Comportamiento de las potencias totales en el transformador 2CT03G.

1

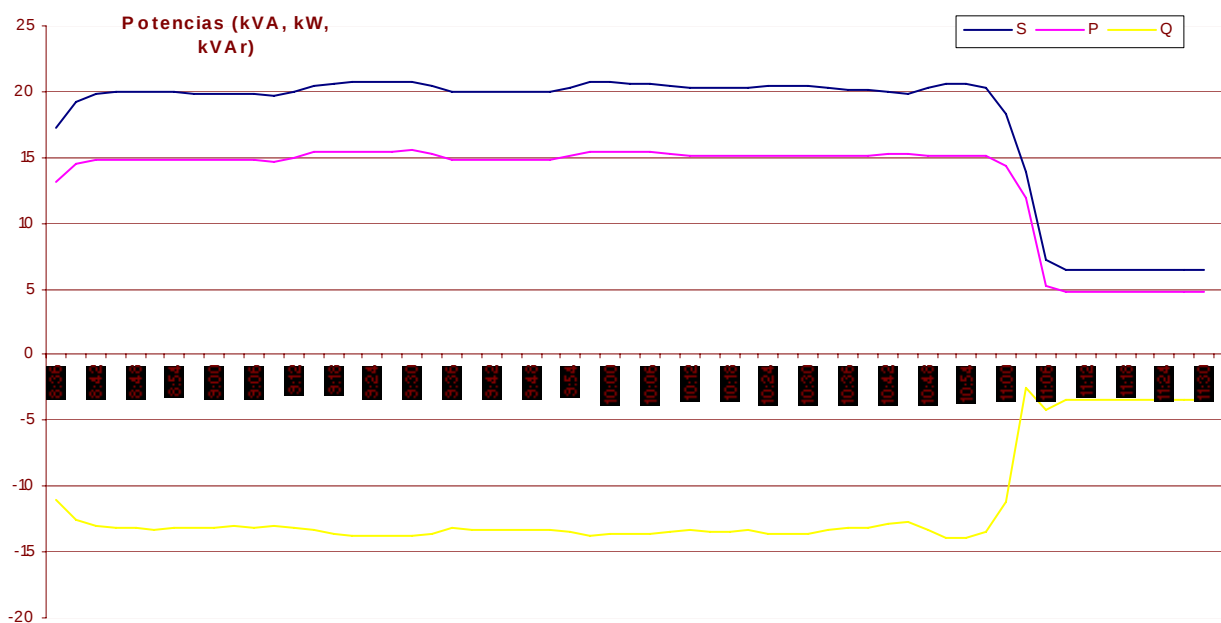




Comportamiento de las tensiones de fase del transformador 2CT03B



Comportamiento de las corrientes en el secundario del transformador 2CT03B



Comportamiento de las potencias totales del transformador 2CT03B