



ISMMM

INSTITUTO SUPERIOR MINERO
METALURGICO DE MOA
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ

**Ingeniería Eléctrica
Facultad: Metalurgia
Electromecánica**

Trabajo de Diploma

**En opción al Título de
Ingeniero Eléctrico**

**Evaluación de cambio del alumbrado actual por
alumbrado LED en la empresa CEPRONIQUEL.**

Autor: Angel De la Rosa Matos.

Tutores: MSc. Adol Hernández Rojas.

MSc. Gabriel Hernández Ramírez.

Moa, Holguín
Junio del 2014
"Año 56 de la Revolución"



DECLARACION DE AUTOR

Yo Angel De la Rosa Matos, autor del presente trabajo de tesis, certifico la propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad académica que estime conveniente.

Autor: Angel De la Rosa Matos

Tutor: MSc. Adol Hernández Rojas
Ramírez

Tutor: MSc Gabriel Hernández



PENSAMIENTO

“Mientras no seamos un pueblo realmente ahorrativo, que sepamos emplear con sabiduría y con responsabilidad cada recurso, no nos podemos llamar un pueblo eternamente revolucionario”.

Fidel Castro Ruz



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia.



AGRADECIMIENTOS

Primero que todo a Dios, a mi esposa por su incondicional apoyo, a todos los que de una forma u otra han permitido la realización de este trabajo.



RESUMEN

En el siguiente trabajo se realiza un estudio para determinar la efectividad técnica económica de la sustitución del sistema de iluminación actual de la empresa de proyectos CEPRONIQUEL por tecnología LED.

En el Capítulo I, se realizó un análisis detallado en cuanto al basamento teórico del tema, así como los principales aspectos relacionados a las definiciones luminotécnicas y los métodos de cálculos existentes de los sistemas de alumbrado para interiores.

En el Capítulo II, se hizo énfasis de la situación actual del sistema de iluminación interna en la instalación; mediante la caracterización del alumbrado actual y la tecnología que se propone. Se evidencian las deficiencias en cuanto a la realización del mantenimiento de las luminarias y la calidad de los niveles de iluminación en algunos locales mediante las mediciones y la simulación.

En el Capítulo III, se marcó de manera concreta la solución del problema con la variante más económica posible, demostrando un ahorro de 26914,08 kW anual y un ahorro en la factura de \$ 9689,07 cuc. Además, se determinó un tiempo de recuperación de la inversión alrededor de 33 meses. Desde el punto de vista medioambiental contribuye al control de los factores contaminantes cumpliendo con las exigencias de las instituciones medioambientales a nivel mundial.



SUMMARY

In the following investigation, it determined the economic real technical of the situation of actual system illumination of the project CEPRONIQUEL for technology LED.

In chapter I it realize one detail analysis about the theory of the theme and the principal aspect in relation to the lighting definitions and methods of existence calculation of the system of lighted for internal.

In chapter II, it made emphasis of the real situation of lighting system internal in the installation through the characterization of real lighting and technology proposal. It evidence the deficiency the quality of the level of lighting in some local through measurement and the simulation.

In chapter III to accost in the specific way the solution of the problem with the economics of 26914.08 kW possible variant, to demonstrate invoice of \$ 9689.07 CUC besides it determinate a recuperation time of the inversion around of 33 months. Since of the environmental of view to contribute the control of the contaminates factors to fulfill with exigency of environmental institutions to the world wide level.



Índice de Contenido.	
Declaración de Autoría.....	II
Pensamiento.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Resumen.....	VI
SUMMARY.....	VII
Introducción.....	1
Capítulo I Marco Teórico – Metodológico de la Investigación.....	4
1.1 Introducción.....	4
1.2 Estado del Arte.....	4
1.3 Base Teórica.....	6
1.4 Definiciones.....	6
1.4.1 LED.....	6
1.4.2 Flujo Luminoso.....	7
1.4.3 Intensidad luminosa.....	7
1.4.4 Iluminancia.....	8
1.4.5 Luminancia.....	8
1.4.6 Rendimiento Luminoso o eficiencia luminosa.....	8
1.4.7 Sistema de Alumbrado.....	9
1.4.8 Clasificación de los sistemas de alumbrado.....	9
1.5 Métodos de los iluminación.....	10
1.5.1 Alumbrado General.....	10
1.5.2 Alumbrado General Localizado.....	10
1.5.3 Alumbrado Suplementario.....	11
1.6 Métodos de Cálculos Empleados.....	11
1.6.1 Método punto por punto.....	12
1.6.2 Método de los lúmenes para alumbrado interior.....	14
1.7 Conclusiones del Capítulo.....	18
Capitulo II Diagnostico de los Sistemas Instalados.....	19
2.1 Introducción.....	19
2.2 Descripción de la Empresa de Proyectos del Níquel.....	19



2.2.1 Situación Energética de la Empresa de Proyectos del Níquel.....	20
2.3 Caracterización del alumbrado que se utilizan en la actualidad...	20
2.4 Caracterización de las tecnologías de alumbrado a estudiar.....	23
2.4.1 Lámparas Fluorescentes.....	23
2.4.2 Lámparas LED.....	25
2.5 Sistema de iluminación Interna en CEPRONIQUEL.....	26
2.5.1 Levantamiento de luminarias.....	26
2.6 Mediciones de los niveles medios de iluminación (lux).....	28
2.6.1 Descripción del equipo de medición.....	28
2.7 Simulación del Local escogido.....	31
2.8 Principales problemas que afectan la eficiencia del sistema de alumbrado actual.....	34
2.9 Conclusiones del Capitulo.....	34
 Capitulo III Propuesta para mejorar la eficiencia energética en los sistemas de iluminación en CEPRONIQUEL.....	 36
3.1 Introducción.....	36
3.2 Cálculo de la Propuesta de Alumbrado.....	36
3.3 Sistema de iluminación propuesta en los locales de CEPRONIQUEL.....	38
3.3.1 Propuesta de luminarias LED según cálculo de los lúmenes.....	38
3.3.2 Simulación del local Civil1 empleando tecnología LED...40	
3.4 Beneficios de la iluminación LED.....	42
3.5 Selección de Lámparas.....	46
3.6 Valoración Económica.....	47
3.6.1 Ahorro Energético.....	48
3.6.2 Cálculo del ahorro en potencia en un mes.....	49
3.6.3 Cálculo del ahorro en potencia en un Año.....	49
3.7 Relación del precio de la propuesta de luminarias a implementar con su cantidad a comprar.....	50
3.8 Análisis económico.....	51



3.8.1 Valor actual neto (VAN).....	51
3.8.2 Tasa Interna de Rendimiento (TIR).....	51
3.8.3 Periodo de Recuperación (PR).....	52
3.9 Resultados Obtenidos.....	52
3.10 Impacto Medio Ambiental.....	53
3.11 Conclusiones del Capítulo.....	54
Conclusiones Generales.....	55
Recomendaciones.....	56
Bibliografía.....	57
Anexos.....	59



INTRODUCCIÓN

La actual crisis energética que somete al mundo, obliga hoy más que nunca a buscar alternativas en función de solventar el crecimiento de la demanda energética. Sin dudas, uno de los conceptos que más implica gastos energéticos en todas las ciudades del mundo es el sistema de alumbrado. Con el afán de reducir este efecto, en los últimos años varios países han desarrollado medidas a favor del ahorro, sobre la base de sustituir las tradicionales bombillas incandescentes. La creación de nuevas y más eficientes formas de alumbrado han revolucionado la industria, desde las lámparas de combustión hasta llegar a los sistemas de iluminación que se han desarrollado en la actualidad.

Por los últimos 150 años, la tecnología de la iluminación fue limitada principalmente a la fluorescencia y a la incandescencia. Hoy en día, el desarrollo de las tecnologías ha permitido contar con la más nueva tecnología de lámparas de estado sólido (LED), ahorrando más del 50% y hasta el 80 % de energía. Así, el reemplazo de los sistemas tradicionales por LED de nuevo diseño colaborará en la reducción del consumo mundial de la energía. A medida que la tecnología avance, se espera que la iluminación de estado sólido supere de forma amplia éstas y otras fuentes de luz, tanto en costo como en rendimiento.

En el campo de la iluminación, actualmente gran parte de la vida del hombre transcurre bajo el alumbrado artificial teniendo en cuenta que juega un papel fundamental y necesario en la satisfacción de las necesidades cotidianas, el desarrollo de los procesos productivos así como para el bienestar de su salud. De ahí la importancia que reviste el logro de las adecuadas para realizar una tarea con eficiencia y seguridad, en aras de garantizar el bienestar del elemento humano y velar que el costo integral de la instalación sea racional. Por ello, las empresas deben tener en cuenta que lo más importante para lograr la eficiencia energética no es sólo la existencia de un plan de ahorro de energía, sino contar con un adecuado sistema de iluminación que garantice el mejoramiento continuo del ser humano y la



reducción de los costos. En este sentido, la optimización en el uso de la energía conlleva a la modernización tecnológica, así como el control de los factores contaminantes.

Situación Problémica:

Producto a los cambios que tuvieron lugar en el país con motivos de la revolución energética en la empresa CEPRONIQUEL se sustituyeron luminarias de 40W por otras más eficientes pero no se realizó un estudio que demostrase que estas cumplen con las exigencias necesarias para el trabajo que se realiza en esta empresa.

En la actualidad, el alumbrado de estado sólido (LED) se considera la revolución más importante en tecnologías de iluminación, aunque los precios de esta tecnología es elevado; en la empresa CEPRONIQUEL existe interés por la misma en función de abatir costos de operación y buscar un sistema eficiente de iluminación, siendo necesario un estudio para evaluar su factibilidad en la empresa.

Problema de la investigación:

El desconocimiento de las características exactas de la tecnología de iluminación LED evita que se puedan evaluar los factores necesarios para determinar la efectividad técnica y económica de la misma de acuerdo a las normativas para la iluminación de centros de proyecto.

Hipótesis:

Si se realizara un estudio de los elementos que caracterizan los sistemas de alumbrados LED se podrían determinar los elementos técnicos esenciales para determinar la factibilidad económica del uso de estas en la empresa CEPRONIQUEL.

Objetivo General:

Determinar la efectividad técnica económica de la sustitución del sistema de iluminación actual de la empresa CEPRONIQUEL por tecnología LED.



Objetivos Específicos:

- Realizar una búsqueda bibliográfica que permita determinar las ventajas y desventajas de las tecnologías LED.
- Caracterizar el estado del sistema de iluminación en la empresa de proyecto CEPRONIQUEL.
- Determinar insuficiencias y necesidades en cuanto a la calidad de iluminación
- Evaluar técnico y económicamente la efectividad del cambio de alumbrado.

Campo de acción:

- Suministro eléctrico.

Objeto de estudio:

- Sistema de alumbrado de la empresa CEPRONIQUEL.

Tareas:

- Actualización del estado del arte sobre los sistemas de iluminación LED para edificaciones.
- Actualización del diagrama monolineal del sistema de alumbrado de la empresa CEPRONIQUEL.
- Simulación del espectro de iluminación utilizando luminarias LED para determinar el número de lámparas necesarias por locales
- Comprobación de la efectividad económica de la utilización de la iluminación LED.



CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO – METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.



1.1 Introducción

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

1.2 Estado del arte

Para un mejor entendimiento del objeto de estudio es preciso mencionar algunos trabajos precedentes sobre el tema en cuestión, con la finalidad de determinar mediante sus resultados las deficiencias y los aportes que brindan entorno al tema propuesto. Diferentes publicaciones se han realizado acerca del tema a investigar, demostrando la gran importancia y el impacto de este en la esfera socioeconómica. A continuación se muestran algunos de los más influyentes para realizar el trabajo.

(Coureaux, y otros, 2002) Este material constituye una guía metodológica para el proyectista eléctrico, puesto que recoge la información necesaria para la aplicación de un proyecto en un sistema de alumbrado, en el documento se brinda información así como conceptos primordiales luminotécnicos y los métodos de cálculo de iluminación para interior y exteriores. También hace referencia sobre los aspectos de contaminación luminosa y sus principales fuentes, además nos brinda las afectaciones al medio ambiente, describiendo los aportes de contaminación medio ambiental que representa la iluminación artificial y el impacto de sus desechos.



(Cavaller, y otros, 2010) En este trabajo se hace énfasis en la aplicación del alumbrado tipo LED en exteriores, dando a conocer ventajas y desventajas de la iluminación LED sobre las tradicionales técnicas de alumbrado. Además se expone el impacto medio ambiental que ocasionan estas viejas tecnologías y hace alusión sobre los parámetros que brindan los fabricantes; por lo que el documento sirve de guía para la selección de la iluminaria a escoger, teniendo en cuenta los diferentes parámetros luminotécnico como la temperatura de color, vida útil, entre otros. Por otra parte no tiene en cuenta la valoración económica a de la propuesta a invertir.

(Diaz, y otros, 2012) En este trabajo se recopila una variada gama de investigación afines al tema de estudio, los cuales son soportes a la investigación, así como también se desarrollaran las bases teóricas y definición de términos básicos.

(Galí Cavaller, 2010) Plantea la influencia de diferentes parámetros como la temperatura de funcionamientos de los LED o su temperatura de color, en la eficacia lumen/watio y en la vida útil del LED. También expone, como todos estos datos deben presentarse en la documentación técnica del producto o luminarias LED para facilitar una mejor clasificación de la misma.

(Gandolfo, 2010) En este documento se hace un breve resumen de la revolución de la tecnologías LED y su aplicaciones en la diferentes ramas de la iluminación, desde su aparición como fuentes de luz, hasta en los últimos años y de lo que se espera de ella en el futuro, incluyendo la nueva tecnología OLED (organic light-emitting diode; diodo orgánico emisor de luz)

(Perujo Ramos, y otros, 2010) Explica las diferentes tecnologías de aplicación de estas fuentes de luz de LED a los productos de iluminación de exterior y la correspondiente mejora del factor de utilización. Esta investigación dio a conocer los diferentes tipo de LED, como están formados, su funcionamiento, construcción interna y sus diferentes aplicaciones. En este caso este trabajo da a conocer un poco más sobre el estudio de la tecnología LED y la diferencia de este respecto a los otros sistemas de



iluminación que actualmente están siendo empleados en las industrias nacionales.

(Acosta, 2010) La investigación tiene como objetivo el diseño de un punto de luz para el alumbrado comercial, que utilizará la tecnología LED (diodo emisor de luz) para su funcionamiento. Este trabajo es de tipo experimental con diseño de campo, donde se utilizan la observación, encuesta, entrevistas y grabaciones, como instrumentos de recolección de datos, cuyos resultados arrojaron que la tecnología LED, rompe los paradigmas en cuanto a iluminación se refiere ya que es un sistema de alta tecnología que hoy día se utiliza, incluso en los centros comerciales de alto consumo energético en los cuales se evidenció una reducción en el mismo y se demostró su efectividad y su receptividad por los usuarios de este sistema de iluminación a través de la tecnología LED. El documento sirve como fuente de conocimiento y base de estudio para familiarizarse un poco más con esta nueva tecnología

1.3 Base Teórica.

Para el desarrollo de este capítulo es necesario abordar aspectos fundamentales a tener en cuenta como las definiciones luminotécnicas y los métodos de cálculo de iluminación más convenientes, según las condiciones arquitectónica y característica de cada local. A partir de la valoración de estos métodos se muestra un procedimiento general para el estudio o elaboración de proyectos de iluminación en interiores, teniendo en cuenta los requerimientos actuales más importantes. Entre los aspectos que deben satisfacer a los usuarios están la comodidad visual, rendimiento visual y otros.

1.4 Definiciones:

1.4.1 LED:

(Anfalum) LED es un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda (colores) cuando es polarizado correctamente. Un diodo es un dispositivo



que permite el paso de la corriente en una única dirección. El diodo y su correspondiente circuito eléctrico se encapsulan en una carcasa plástica, de resina epoxi o cerámica según las diferentes tecnologías. Este encapsulado consiste en una especie de cubierta sobre el dispositivo y en su interior puede contener uno o varios LED'S Un semiconductor es una sustancia cuya conductividad eléctrica puede ser alterada mediante variaciones de temperatura, por aplicación de campos, concentración de impureza... etc. El material semiconductor más común es el silicio, que se utiliza predominantemente para aplicaciones electrónicas. Para aplicaciones optoelectrónicas (aquellas en las que se genera luz) deben utilizarse otros materiales semiconductores como el InGaP (que emite luz ámbar y roja) o InGaN (que emite en la zona próxima al UV, luz verde y azul). Por este motivo, el material semiconductor empleado en la fabricación del chip es el responsable del color de la luz que emitirá.

1.4.2 Flujo luminoso:

El flujo luminoso (F) es la parte del flujo de la energía emitida por una fuente de luz al espacio por unidad de tiempo, que provoca una sensación luminosa. Esta magnitud permite apreciar la cantidad de luz emitida por una fuente, se mide en lumen (lm). Como es lógico la energía luminosa la energía luminosa que desprenden las fuentes de luz es producto de la energía eléctrica que ellas consumen. Sin embargo, toda esta energía eléctrica no se transforma en luz visible o flujo luminoso ya que existen pérdidas por calentamientos, radiación ultravioleta e infrarroja.

1.4.3 Intensidad luminosa: (I).

Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido (estereorradián). La unidad de medida es la candela (cd) y es igual a 1 lumen por estereorradián.

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

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

1.4.4 Iluminancia: (E).

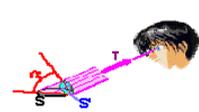
La cantidad de luz que llega a la superficie de trabajo, que es el flujo luminoso por unidad de superficie es la iluminación y se mide en lux (lx). Un lux es un lumen por metro cuadrado. Un luxómetro puede usarse para medir la iluminación, pero no mide la energía utilizada para producir esa luz, ni describe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

Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm / m².

1.4.5 Luminancia:

Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la CD/m². Ver tabla 1.1

Tabla 1.1 Definición de luminancia

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

Es importante destacar que sólo vemos luminancias, no iluminancias (Coureaux, y otros, 2002)

1.4.6 Rendimiento Luminoso o eficiencia luminosa:

Anteriormente, al hablar del flujo luminoso, se menciona que de la energía consumida por la lámpara no toda se transformaba en luz visible. Para hacernos una idea de la porción de energía útil, definimos el rendimiento luminoso como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas. La unidad es el lumen por watt (lm/W).



1.4.7 Sistemas de Alumbrado.

En una instalación de alumbrado, de acuerdo a como se hace llegar la luz al plano de trabajo se obtiene el sistema de alumbrado. Las luminarias, como elemento que entrega la luz en el área a iluminar es quien define, en primera instancia al sistema de alumbrado que se obtiene. La cantidad adecuada y buena calidad de la luz se puede obtener con diferentes sistemas de alumbrado, los cuales se han clasificado de acuerdo con la distribución luminosa vertical de las luminarias.

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

1.4.8 Clasificación de los sistemas de alumbrado:

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



ancha o estrecha para ser utilizadas de acuerdo con las dimensiones del local y garantizar la menor pérdida de luz en las paredes, esto lo hace más económico. Se recomienda en instalaciones de grandes alturas.

1.5 Métodos de iluminación.

1.5.1 Alumbrado general:

A través de este método se obtienen niveles de iluminación razonablemente uniformes en el área estudiada mediante un emplazamiento simétrico de las luminarias, siempre cuidando que la relación entre la separación y la altura de montaje se encuentre dentro de los límites establecidos por el fabricante sobre la base de las características de distribución luminosa de las luminarias. Ver figura 1.1

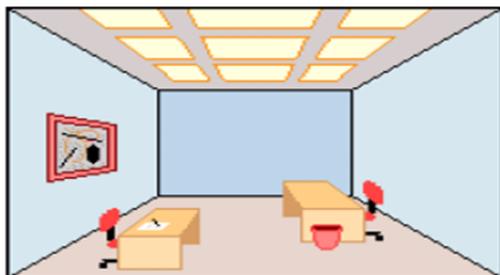


Figura 1.1 Método de Alumbrado General

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

1.5.2 Alumbrado General Localizado:

En este método las luminarias se colocan en zonas específicas de trabajo donde se necesitan altos niveles de iluminación y las áreas adyacentes reciben luz de estas. Ver la figura 1.2. Se recomienda la utilización de este método en locales con mayores requerimientos de iluminación que en el método anterior y donde las exigencias de uniformidad luminosa no sean tan rigurosas, aunque en general se recomienda relación de brillos. Los tipos de



luminarias utilizadas deben ser: directas, semidirectas o directas – indirectas, debido a la necesidad de la componente directa sobre el plano de trabajo.

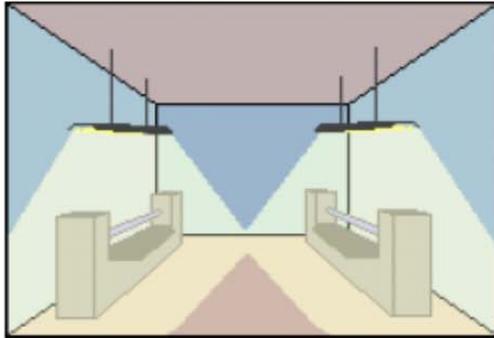


Figura 1.2 Método de alumbrado general localizado.

1.5.3 Alumbrado Suplementario:

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

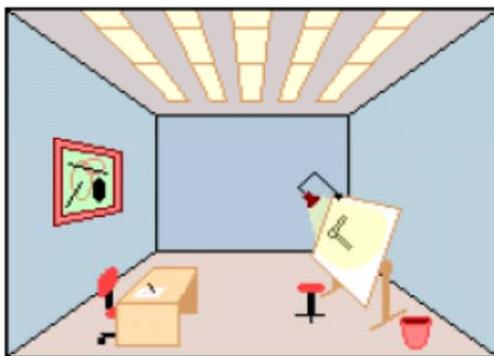


Figura 1.3 Método de alumbrado suplementario.

1.6 Métodos de cálculo empleados.

- Método punto por punto.
- Método de lúmenes

El cálculo de una instalación de alumbrado depende de muchos factores, al igual que el diseño la correcta valoración de los mismos posibilitara la toma de decisiones para alcanzar el fin propuesto con éxito. Al igual que otras aplicaciones técnicas, el cálculo de número de lámparas y luminarias para suministrar el nivel de iluminación requerido a una instalación puede requerir el uso de técnicas matemáticas complicadas o el uso de tablas, gráficas y fórmulas más sencillas. De hecho existen diferentes métodos abreviados para resolver este tipo de cálculo con distintos grado de exactitud y en dependencia del objeto que se desee alcanzar, los más importantes son:

1.6.1 Método punto por punto.

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

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

Para la determinación de la componente directa de la iluminación en puntos situados directamente debajo de la fuente de luminosa se aplica la Ley inversa de los cuadrados a través de las siguientes expresiones (1.1):

$$E = \frac{I}{H^2} \dots\dots\dots(1.1)$$

Es importante recordar que la validez de esta ley está condicionada al hecho de considerar a la fuente luminosa como puntual. Cuando los puntos en estudios se encuentran formando un cierto ángulo α respecto a la vertical, entonces se aplica la Ley del coseno (1.2).

$$E_H = \frac{I * \cos \alpha}{d^2} = \frac{I * \cos^3 \alpha}{H^2} \dots\dots\dots(1.2)$$

Si el punto en estudio está en un plano vertical, entonces se emplea la siguiente expresión (1.3):

$$E_v = \frac{I * \text{sen}\alpha}{d^2} = \frac{I * \text{cos}^2 \alpha * \text{sen}\alpha}{H^2} \dots\dots(1.3)$$

A través de las expresiones anteriores se determina, para cada caso particular, la contribución de la componente directa de una fuente de luz al punto de estudio. Para obtener el valor total de dicha componente es preciso considerar el aporte de todas las fuentes de luz, obteniéndose finalmente (1.4):

$$E_d = \sum_{i=1}^n E_{d_i} \dots\dots\dots(1.4)$$

Donde:

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

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

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

Además de determinar la componente directa de la iluminación proveniente de las fuentes luminosas, se puede estimar la componente indirecta, la cual es el resultado de las múltiples reflexiones de la luz en las superficies del local. Este componente se considera uniforme en todo el plano de trabajo (1.5).

$$E_{ind} = \frac{F_{luminarias}}{\sum_{n=1}^i A_n} * \frac{P_{med}}{1 - P_{med}} \dots\dots\dots(1.5)$$

Donde:

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

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

A_n -----Área de la superficie n, (m^2).

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

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

Donde:

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

$$P_{med} = \frac{\sum_{n=1}^i (P_n * A_n)}{\sum_{n=1}^i A_n} \dots\dots\dots(1.6)$$

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

Finalmente se puede obtener la iluminación inicial en el punto en estudio, según (1.7):

$$E_{tot_i} = E_d + E_{ind} \dots\dots\dots(1.7)$$

Donde:

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

También se puede obtener la iluminación mantenida en el punto tomando en cuenta el factor de perdida de luz (1.8)

$$E_{tot_m} = KPL * (E_d + E_{ind}) \dots\dots\dots(1.8)$$

Donde:

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

1.6.2 Método de los lúmenes para alumbrado interior.

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

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.

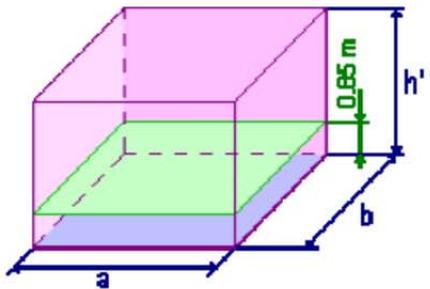


Figura 1.4 Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo

- 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, LED.) 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. Ver Figura 1.5 y tabla 1.2

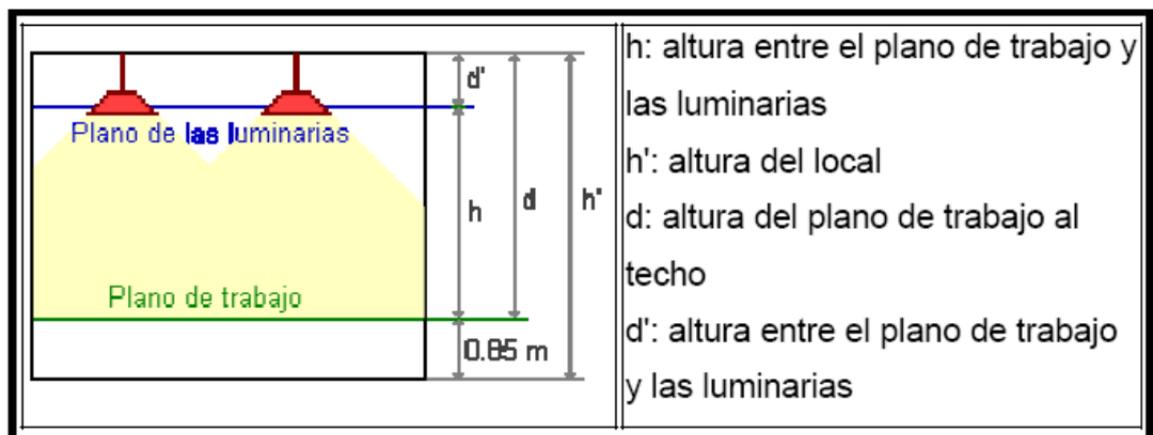


Figura 1.5 Altura del plano de trabajo.

Tabla 1.2 Relación entre el local y la altura de la luminaria.

Tipos de Locales	Altura de los Locales
Locales de altura normal (Oficinas, viviendas, aulas)	Lo más altos posible
Locales con iluminación Indirecta	Mínimo:



	$h = \frac{2}{3}(h' - 0.85)$
	Máximo: $h = \frac{4}{5}(h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4}(h' - 0.85)$ $h = \frac{3}{4}(h' - 0.85)$

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

Tabla 1.3 Cálculo del índice del local

Sistemas de iluminación	Índice de locales
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa.	$k = \frac{a * b}{h(a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 * a * b}{2(h + 0.85)(a + b)}$

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 1.3 Coeficiente de reflexión.

	Color	Factor de Reflexión (P)
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.

Tabla 1.4 Factor de utilización.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.28	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.6	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.48	.46	.41	.48	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.58	.53	.48	.56	.53	.48	.56	.53	.48
	5	.63	.58	.53	.61	.58	.53	.61	.58	.53
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.66	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.69	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

- Determinar el factor de mantenimiento (f_m) o conservación de la instalación.

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Tabla 1.5 Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de Mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Cálculos.

- Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la Fórmula (1.9).

$$\phi_T = \frac{E * S}{\eta * f_m} \dots\dots\dots(1.9)$$

Donde:

Φ_T ----Es el flujo luminoso total.

E ----Es la iluminancia media deseada.

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

η -----Es el factor de utilización.

f_m es el factor de mantenimiento.

Cálculo del número de luminarias(1.10).

$$N = \frac{\phi_T}{n * \phi_L} \dots\dots\dots (1.10)$$

Redondeado por exceso.

Dónde:

N ----Es el número de luminarias.

Φ_T ----Es el flujo luminoso total.

Φ_L ----Es el flujo luminoso de una lámpara.

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

1.7 Conclusiones del capítulo

Durante el transcurso del presente capítulo se ha explicado de manera detallada el basamento teórico del tema, así como los principales aspectos relacionados a las definiciones luminotécnicas y los métodos de cálculos existentes de los sistemas de alumbrado para interiores, dándole al interesado una introducción general sobre el tema que se pretende estudiar.

CAPÍTULO 2. DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS INSTALADOS



2.1 Introducción

Para la evaluación de la iluminación en cualquier institución es necesario un análisis detallado de la situación actual del estado de la iluminación en la instalación además de mediciones realizadas contando con las características particulares de cada lugar. En el presente capítulo se contó con la colaboración de especialistas eléctricos de la empresa de proyectos del níquel para la interpretación de los datos obtenidos.

2.2 Descripción de la Empresa de Proyectos del Níquel.

CEPRONÍQUEL surge como la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Grupo Empresarial CUBANIQUEL, creada para prestar Servicios Técnicos de Ingeniería, Consultoría y Dirección Integrada de Proyectos para la Industria del Níquel y su Infraestructura Asociada. Desde su creación en 1985 hasta nuestros días CEPRONÍQUEL ha evolucionado enfocándose en la entrega y realización de proyectos de mayor valor agregado, siempre orientados a las necesidades y requerimientos de sus Clientes y de acuerdo a las características específicas de sus procesos. Desarrolla desde el estudio básico de una necesidad específica en procesos metalúrgicos hasta la implementación completa de la solución tecnológica.

Dispone de una experiencia demostrada en la gerencia, desarrollo, control, puesta en marcha y operación de exitosos proyectos para Clientes en una gran diversidad de áreas como: ingeniería, minería, geología y dirección integrada de proyectos. Hoy, con más de 20 años de presencia en el mercado nacional e internacional CEPRONIQUEL, cuenta con una capacidad instalada de facturación anual aproximada de 4,0 MMP, un personal altamente calificado y tecnología de diseño de última generación.

Desde octubre del año 2002 logró la certificación de su Sistema de Gestión de la Calidad según la norma internacional ISO-9001:94, con las entidades

certificadoras Lloyd's Register Quality Assurance y la Oficina Nacional de Normalización. En octubre del 2003 realizó la transición a la norma ISO-9001:2000, manteniendo hasta nuestros días dicha certificación. En los últimos años la Empresa ha logrado mantener un crecimiento integral sostenido y una mejora continua de todos sus procesos, garantizando oportunamente la capitalización de sus recursos materiales y humanos. Cuenta con avanzadas tecnologías de la información que permiten la comunicación en línea entre diferentes especialidades y entre Clientes externos e internos.

2.2.1 Situación Energética de la Empresa de Proyectos del Níquel.

Dada la situación problemática existente en CEPRONÍQUEL debido a los cambios realizados en los sistemas de iluminación, en aras de mejorar el consumo de energía en el país y por directiva del estado se determinó sustituir las luminarias de 2x36 por luminarias de 2x32 logrando mejorar en cuanto a potencia, de una potencia instalada que se tenía de 27308 W, se logró reducir hasta 21926 W, con los cambios realizados se vio afectado el nivel de luminosidad de los locales ya que las lámparas de 36 W tienen un flujo luminoso de 3350 lm y las lámparas instalados de 32 W poseen un flujo luminoso de 2750 lm. Esta entidad como centro de proyecto requiere de un buen nivel de luminosidad que no ponga en riesgo la vida del ser humano, permitiendo a sus trabajadores la iluminación adecuada, para ver, observar, realizar diseños, desarrollar proyectos, cumpliendo con sus tareas en las mejores condiciones de confort, seguridad y eficacia en el gasto energético. En nuestro trabajo realizaremos una evaluación profunda del estado actual del alumbrado interior de la entidad para determinar la factibilidad técnica económica requerida, de no satisfacer las exigencias necesarias se realizará la propuesta adecuada a la solución de la problemática existente.

2.3 Caracterización del alumbrado que se utiliza en la actualidad

Los fabricantes de luminarias actuales, han desarrollado durante muchos años productos de muy alta eficiencia, pero si comparamos el producto actual con el que se utiliza hace treinta años, nos asombrarían los

resultados. Una lámpara de última generación ronda los 100 lúmenes/W mientras que una lámpara todavía hoy utilizada de vapor de mercurio a alta presión tiene una eficiencia de 50 lúmenes/W, es decir, se ha duplicado el rendimiento. De igual modo una luminaria actual dispone de reflectores con rendimientos del 80-85%, sistemas de regulación de lámpara que controlan la contaminación lumínica, etc. todo ello hace que sean elementos ya de por sí eficientes.

Es importante conocer los tipos de fuentes de luz (incandescentes, luz mixta, mercurio y sodio), en especial sus principales características, funcionamiento y la distribución espectral; esto nos ayudará a seleccionar el tipo de fuente a utilizar en los cambios hacia las mejoras del nivel de iluminación. Los conjuntos formados por luminaria y lámparas son altamente eficientes y mejores que los utilizados años atrás. Su evolución podría semejar a las mejoras continuas en la industria de automóviles, menor consumo, mayor prestaciones, más velocidad, más comodidad para los usuarios, mejor confort, en fin, grandes ventajas.

Estando ya agotadas las reservas de energía en materia de ahorro por eficiencia nos quedaría buscar en otras tecnologías con el objetivo de reducir los costos por conceptos de consumo, siendo la iluminación de estado sólido o LED una de las variantes que podemos explotar hoy en día. A partir de la aparición del Diodo con luz blanca, los conceptos de iluminación están migrando hacia modelos dotados de esta tecnología. La alta fiabilidad y larga vida del LED, junto con el bajo consumo eléctrico que precisa para su funcionamiento, hacen de la iluminación LED una de las grandes revoluciones del siglo XXI. La necesidad de reducir emisiones de CO₂ requiere de encontrar tecnologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente. Iluminar con tecnología LED ofrece reducciones en el consumo energético de entre un 50% y 80% frente a los sistemas de tradicionales en un mundo donde la iluminación supone el 20% del consumo energético mundial. Estas características nos obliga a conocer un poco más de su historia.

La iluminación está pasando por un momento histórico dentro del sector, marcado por la aparición de una tecnología: el diodo emisor de Luz, o más comúnmente conocido como LED. El primer descubrimiento en marcar la historia fue en el año 1962 cuando se desarrolla el primer LED comercial que solo emitía luz roja tenue, conocidos por todos por su utilización en la señalización, o de funcionamiento en dispositivos electrónicos. En 1972 luego de 10 años, se industrializa su producción. Pero no es hasta finales de los años 80 y principio de los 90 cuando se incrementa sustancialmente su rendimiento y se produce el hito más importante de esta tecnología, ya que además de los LED rojos, se desarrollan los materiales semiconductores para poder producir LED que emitan luz en otras longitudes de onda dentro del espectro visible como son los amarillos, verdes y sobre todo los azules que son la base para la generación de luz blanca mayoritariamente utilizada en las aplicaciones de iluminación general. Durante la década de los 90, siguió incrementando en rendimiento y durabilidad, logrando conquistar la industria del automóvil, así como la industria de Display o pantallas para dispositivos electrónicos comunes en telefonía, consolas, etc.

Finalmente, durante los últimos 10 años, los esfuerzos de los fabricantes se han volcado a incrementar exponencialmente el rendimiento de los LED blancos hasta conseguir finalmente revolucionar la industria de la iluminación mediante el desarrollo de productos o sistemas LED acabados, como pueden ser las lámparas, los módulos, las luminarias y las estructuras constructivas LED.

La tecnología LED es actualmente la más ecológica de todas las posibles fuentes de luz. En comparación con todos los sistemas existentes para iluminación es el sistema que menos energía consume. Además no contiene mercurio u otros materiales tóxicos, contaminantes o radiactivos. Puesto que no requiere generar puentes de plasma como la fluorescencia o calentar el mercurio como el neón, su encendido es prácticamente inmediato incluso a bajas temperaturas. La temperatura de funcionamiento es mucho más amplia, trabajando a temperaturas inferiores a 0° C sin ver afectada su intensidad.

Los LED no son solo utilizados como admirables indicadores lumínicos de color rojo o verde en los equipos electrónicos. El avance de la tecnología ha permitido que estos se estén utilizando como fuentes prácticas de iluminación. Los principales beneficios que brindan son, su larga vida útil, durabilidad y eficiencia. Cuando se maneja adecuadamente un LED de potencia puede entregar decenas de miles de horas sin una degradación de la luz entregada.

2.4 Caracterización de las tecnologías de alumbrado a estudiar.

Para una mejor comprensión del objeto de estudio es necesario caracterizar las lámparas fluorescentes emplean en la actualidad en la empresa CEPRONIQUEL, y a su vez la del estudio en cuestión.

2.4.1 Lámparas fluorescentes

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

Estas poseen la mejoría de no engendrar la luz desde un mismo punto focal, sino que lo hacen de forma suave y difusa por toda su extensión, sin producir resplandores ni sombras acentuadas. Por ello su luz aparece fresca y eficiente, reduciendo el esfuerzo visual. La limitación de uso de lámparas fluorescentes se encuentra sobre todo en su altura de montaje, ya que para alturas mayores de tres metros su aprovechamiento es reducido drásticamente.

Para operar una lámpara fluorescente es necesaria la presencia de un reactor o un balastro, apareciendo también para estos casos los balastros electrónicos. Generalmente los balastros se diseñan para operar a la vez un

par de lámparas. De acuerdo a su tecnología de arranque, las lámparas fluorescentes se dividen en tres grupos:

1. Arranque Instantáneo
2. Arranque rápido
3. Arranque por precalentamiento.

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

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

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

En la siguiente figura 2.1 representamos el balance energético para una lámpara fluorescente, en la cual se evidencia las pérdidas que sufre esta tecnología. Las pérdidas por calor representan el 71.5% de la energía eléctrica consumida por la lámpara, mientras que el 28% en luz visible. (Leonardo, 2011).

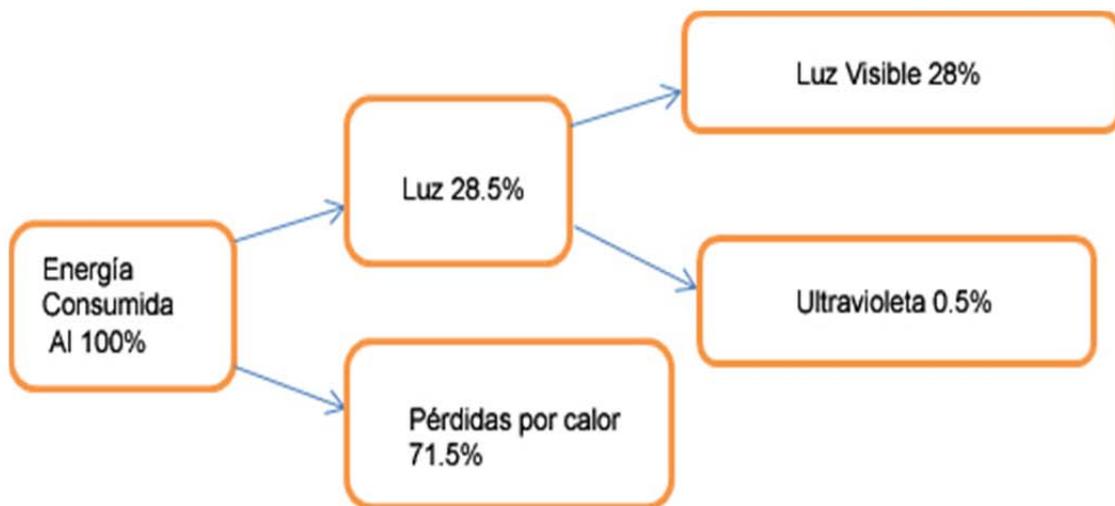


Figura 2.1 Balance energético de las lámparas fluorescentes

2.4.2 Lámparas LED

Los LED son básicamente pequeñas ampollitas que se ajustan en un circuito electrónico, y que desprenden luz debido al movimiento de electrones en un material semiconductor. Un diodo es el dispositivo semiconductor más simple que existe. Se construye uniendo una sección de un material cargado positivamente, con otra de material cargado en forma negativa, y con electrodos en cada extremo, para que de esta forma conduzcan electricidad (en la forma de electrones moviéndose libremente) en una dirección cuando se aplique voltaje al diodo. Los electrones se mueven en una serie de órbitas fijas alrededor del núcleo de los átomos. Cuando un electrón absorbe energía extra del voltaje introducido, salta a una órbita superior, y cuando regresa a la órbita inferior, emite la energía extra en forma de fotón.

A diferencia de los diodos comunes, en los que el material semiconductor absorbe la mayor parte de la lumínica antes de que ésta sea liberada, los LED están hechos para emitir una gran cantidad de fotones. El color de la luz de un LED obedece a la cantidad de energía en ese fotón, a su vez, la cantidad de energía se dependerá del material utilizado para las capas. En la figura 2.2 se pueden observar los espectros de diferentes lámparas de LED dependiendo del material de su construcción se muestra físicamente se construcción. (Leonardo, 2011).

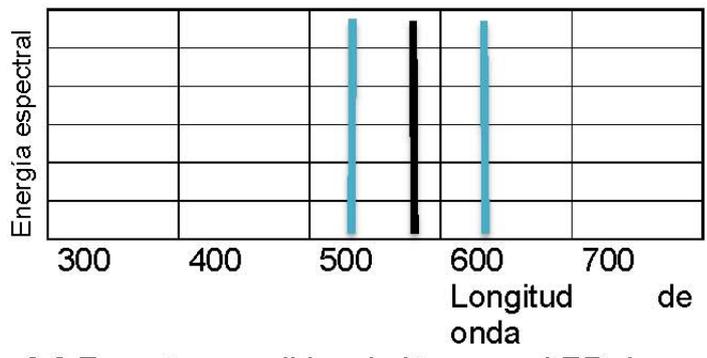


Figura 2.2 Espectros posibles de lámparas LED dependiendo del materia utilizado.

La luz de un LED es direccional, se puede ajustar en la dirección que se requiera. No contiene ningún material peligroso, como mercurio, al contrario de las otras tecnologías. Gracias a la alta calidad de los materiales que lo componen y a su larga vida útil requieren ser reciclados con menor frecuencia.

2.5 Sistema de iluminación Interna en CEPRONIQUEL.

Se realizó el levantamiento del sistema de iluminación de la empresa.

2.5.1 Levantamiento de luminarias.

En la figura 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 (Anexos 7, 8, 8 10) se muestran el levantamiento de las luminarias de los diferentes niveles del edificio de CEPRONIQUEL, dando muestra de cómo está instalado el sistema de iluminación interna en la empresa.

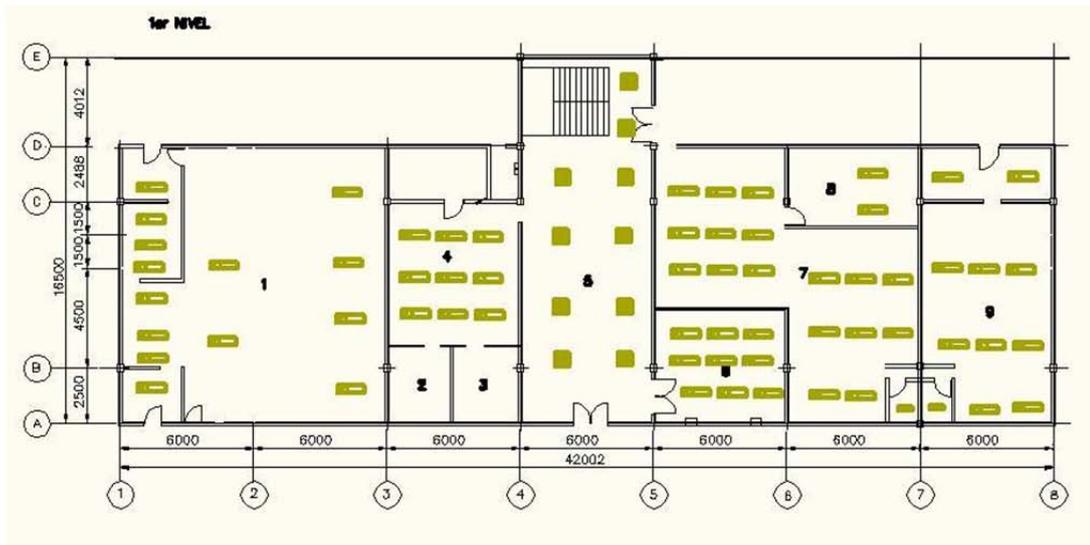


Figura 2.2 Sistema de iluminación 1er Nivel

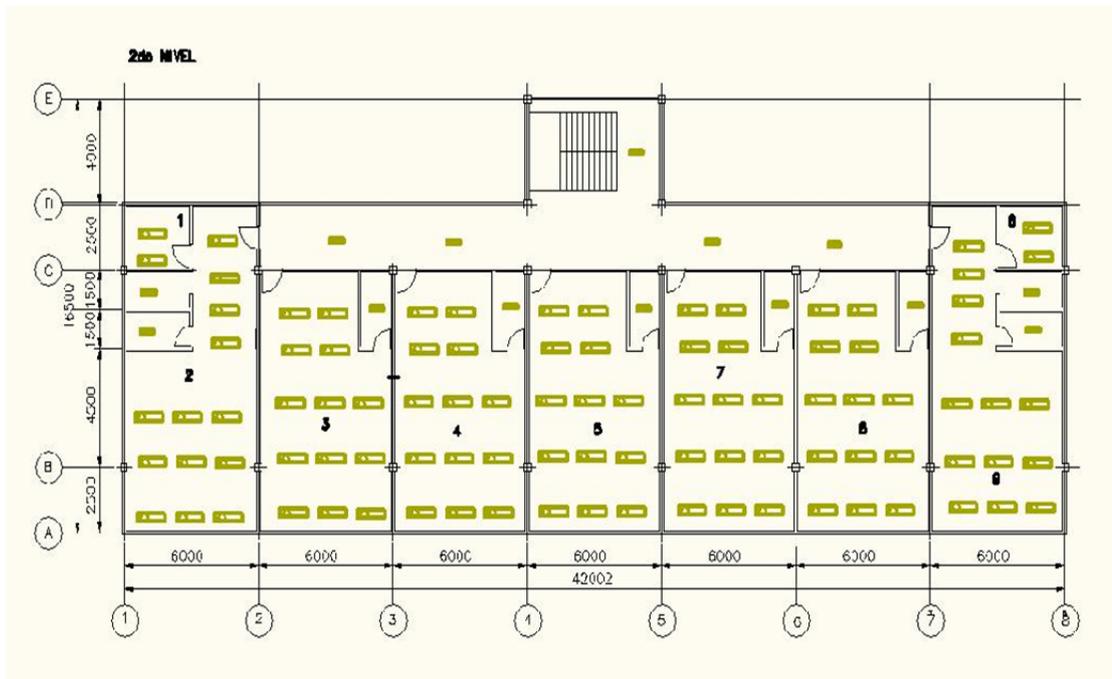


Figura 2.3 Sistema de iluminación 2do Nivel

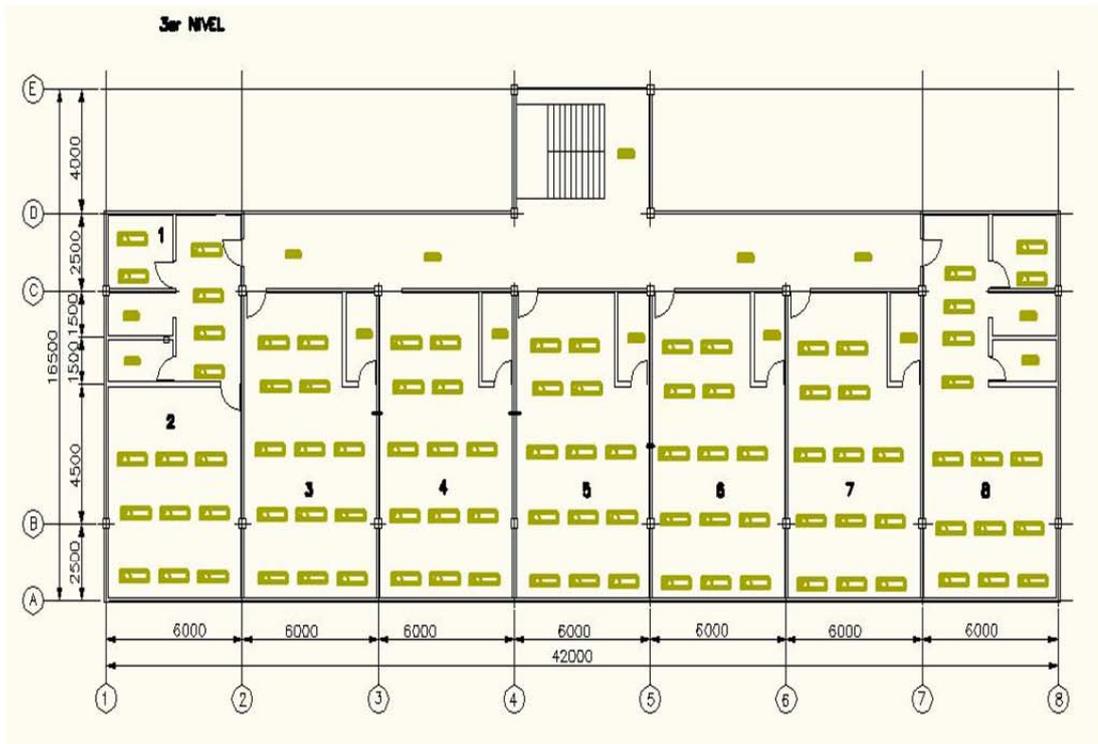


Figura 2.4 Sistema de iluminación 3er Nivel

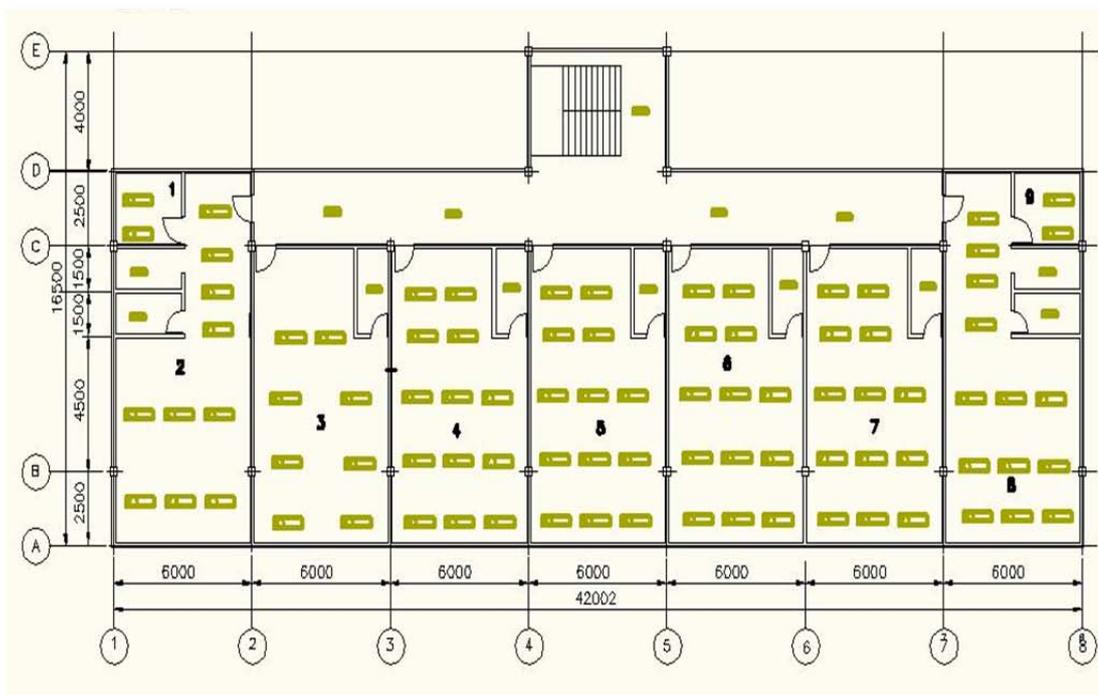


Figura 2.4 Sistema de iluminación 4to Nivel

Tipos de Luminarias

Lámparas de 1 *32 W, tipo IEG empotrada con difusor (H).Cant 24

Lámparas de 2 *32 W IEG empotrada con difusor (H).Cant 331

Lámparas de 4 *18 W.Cant 10

Lámparas de 1 *18 W. Cant 31

2.6 Mediciones de los niveles medios de iluminación (lux).

Las mediciones de lux se realizaron en el interior de la edificación en la empresa, fue realizado el trabajo según la metodología, obteniendo valores a los cuales se les calculó el valor medio y trabajar con el resultado obtenido. Para lograr la representatividad del trabajo experimental se obtuvo el valor medio, el cual se comprobó a través de un análisis estadístico previo.

2.6.1 Descripción del equipo de medición.

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

Marca: HIOKI.

Lux Máximo: 3420 lux.

Measurement Range: 0,00 ~ 19,99 / 199,9 / 1,999 / 19,990 / 199,900 Lx.

Para realizar las mediciones se tuvo en cuenta las dimensiones de cada local de la empresa, diferentes horario y estado del tiempo ver tabla 2.1, Anexo 2 y Anexo 3, se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento:

Locales con dos o más filas de luminarias colocadas de forma continua Ver fig. 2.5

1-Se realizaron cuatro mediciones (r,r,r,r) cercanas al centro del local y promedie dichos valores.

2-En el medio de cada lado del local a lo largo tome una medición (q), promedie ambos valores.

3- En cada lado a lo ancho del local realice una medición (t,t), promedie los cuatro valores.

4- En dos de las esquinas del local mida en los puntos señalados como (p) y promedie ambos valores.

5-Entonces iluminación media del local está dada por (1.11):

$$E_{med} = \frac{R_m * N * (M-1) Q_m * N + T_m (M-1) + P_m}{N * M} \quad (1.11)$$

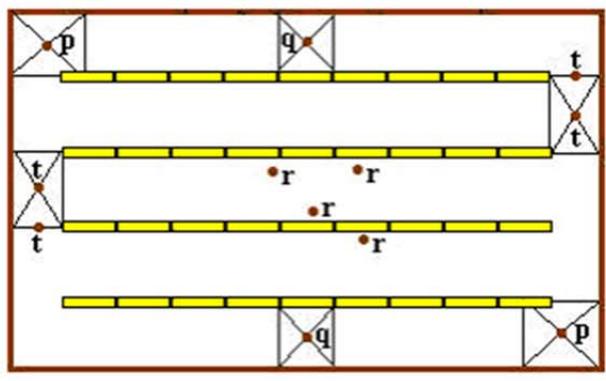


Figura. 2.5 Locales con dos o más filas de luminarias.

Dónde:

- Q_m ----- Promedio de las mediciones realizadas en los puntos q; (lux)
- P_m ----- Promedio de las mediciones realizadas en los puntos p; (lux)
- N ----- Número de luminarias a lo largo del local.
- E_{med} ----- Iluminación media de local; (lux)
- R_m ----- Promedio de las mediciones realizadas en los puntos r; (lux)
- T_m ----- Promedio de las mediciones realizadas en los puntos t; (lux)
- M ----- Número de luminarias a lo ancho del local.

Tabla. 2.1 Resumen de los resultados de las mediciones.

Local	N	M	P	Q	T	R	Emed	Ubicación
	N lum largo L	NL ancho L	Pm	Qm	Tm	Rm		
Construcción	4	3	295	395	255	410	370,8333	1er piso
Archivo T 1	3	3	180	365	177,5	295	271,6667	1er piso
Archivo T 2	3	3	125	215	72,5	182,5	158,8889	1er piso
Personal	3	3	55	130	77,5	107,5	100	1er piso
J.R Humano	1	2	45	45	37,5	65	41,25	1er piso
Mercado	3	3	415	610	397,5	605	538,8889	1er piso
Comedor	4	2	555	405	230	377,5	391,5625	1er piso
Recepción	6	2	600	1000	197,5	410	653,9583	1er piso
Puest. Mando	2	2	270	150	192,5	252,5	216,25	1er piso
J.Archivo	2	1	260	135	180	265	197,5	1er piso
J.de Personal	2	1	260	130	165	260	195	1er piso
Pasillo	5							

Geología	5	3	430	635	292,5	692,5	606,3333	2do piso
J. Minería	2	1	255	240	342,5	387,5	247,5	2do piso
MAmb- Minas	5	3	450	390	240	625	499,3333	2do piso
Topografía	5	3	305	480	272,5	627,5	519,3333	2do piso
Servicio Proy 2	5	3	205	430	237,5	557,5	457,3333	2do piso
Civil 3	5	3	310	565	285	592,5	525,3333	2do piso
Civil 1	5	3	260	355	222,5	405	357,6667	2do piso
Civil 2	5	3	200	170	150	262,5	218,6667	2do piso
J. Civil	2	1	280	265	460	440	272,5	2do piso
Eléctrica 2	5	3	625	705	325	685	638,3333	3er piso
Eléctrica 1	5	3	320	525	277,5	565	499,6667	3er piso
J. Eléctrica	2	1	330	360	277,5	425	345	3er piso
Informática	5	3	195	385	185	400	353,6667	3er piso
Mecanica1	5	3	215	355	260	537,5	430,3333	3er piso
Mecanica2	5	3	580	850	300	550	598,6667	3er piso
Tecnología	5	3	320	700	237,5	445	477	3er piso
S. Dtor. Adju.	2	2	250	255	295	437,5	309,375	3er piso
Dtor. Adjunto	3	2	660	240	450	420	405	3er piso
Contabilidad	5	3	790	750	180	300	436,6667	4to piso
J. Contabilidad	2	1	170	235	195	327,5	202,5	4to piso
Finanzas	5	3	500	445	245	382,5	388,6667	4to piso
Gestión 1	5	3	465	760	277,5	545	561,3333	4to piso
Gestión 2	5	3	360	445	202,5	437,5	403	4to piso
Calidad	5	3	430	820	265	382,5	486,6667	4to piso
S. Reuniones	4	3	370	265	135	512,5	375,8333	4to piso
Sec. Dtor.	4	1	145	160	160	242,5	156,25	4to piso
Dtor. Gral.	3	2	690	715	697,5	710	706,25	4to piso
Asesor Dtor	1	2	265	345	502,5	377,5	383,75	4to piso

Para acreditar estos resultados en las mediciones se realizó una simulación con el software profesional de iluminación LITESTAR 7.00, el cual permitió validar los resultados obtenidos en este capítulo en la figura 2.7, 2.8, .2.9, se

muestra la simulación hechas en el local escogido, las curvas de distribución de luminarias, el nivel de iluminación que se proyecta en los puestos de trabajo y el gráfico tridimensional del punto de luz respectivamente. En el local escogido, para la realización de la simulación se tuvo en cuentas el nivel de luminosidad de 500 lux, según las exigencias de las normas por ser un local donde se trabaja con medios informáticos, El nivel de iluminación en el local simulado resulto ser de una media de 431 lux.

2.7 Simulación del Local escogido

En la figura 2.6 se muestra una imagen en 3D del local simulado, así como en las figuras 2.7, 2.8, .2.9, se muestra la simulación hechas en el local escogido, las curvas de distribución de luminarias, el nivel de iluminación que se proyecta en los puestos de trabajo y el gráfico tridimensional del punto de luz respectivamente, se puedo comprobar que el nivel de iluminación de los locales es de una media de 431 lux, a pesar de no ser un nivel de iluminación bajo tiende con el trascurso del tiempo a disminuir por las propias características técnica de la tecnología existente, esto podría quedar solucionado si empleáramos tecnología LED.

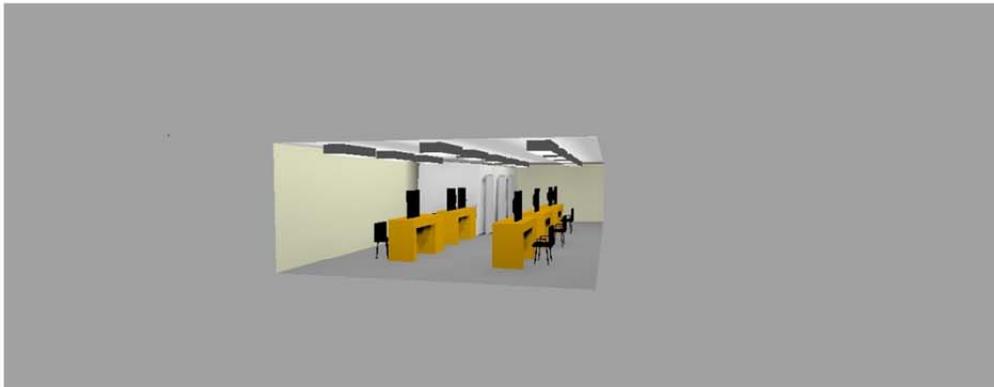


Figura 2.6 Departamento Civil 1

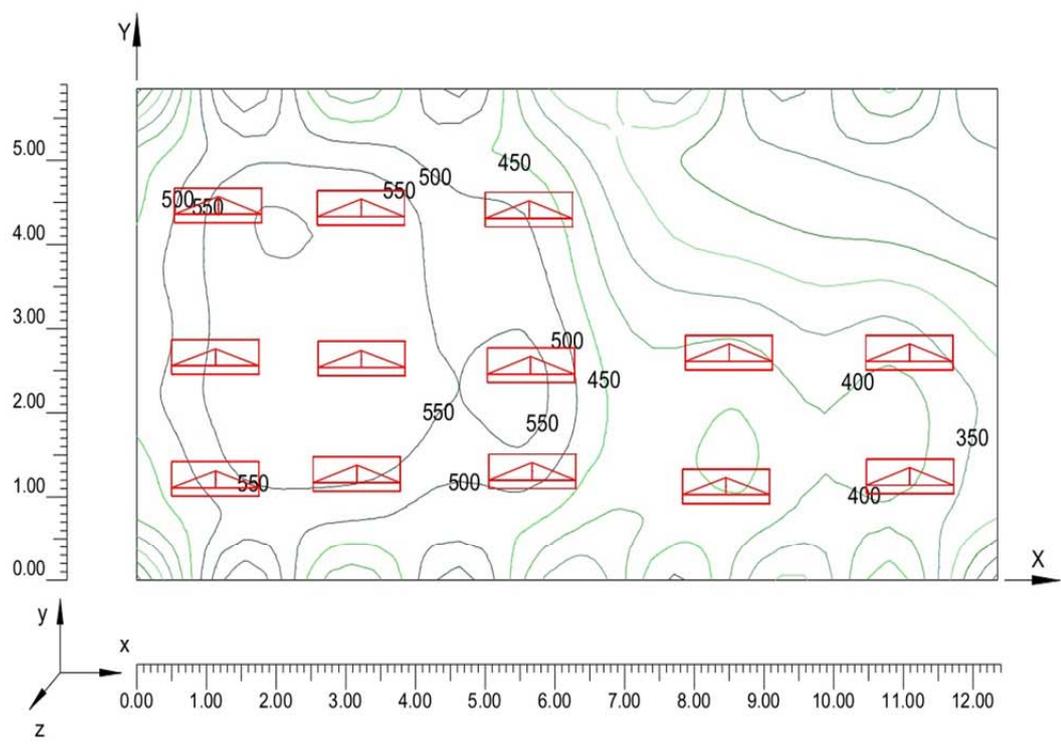


Figura 2.7 Curvas de Distribución de las Luminarias.

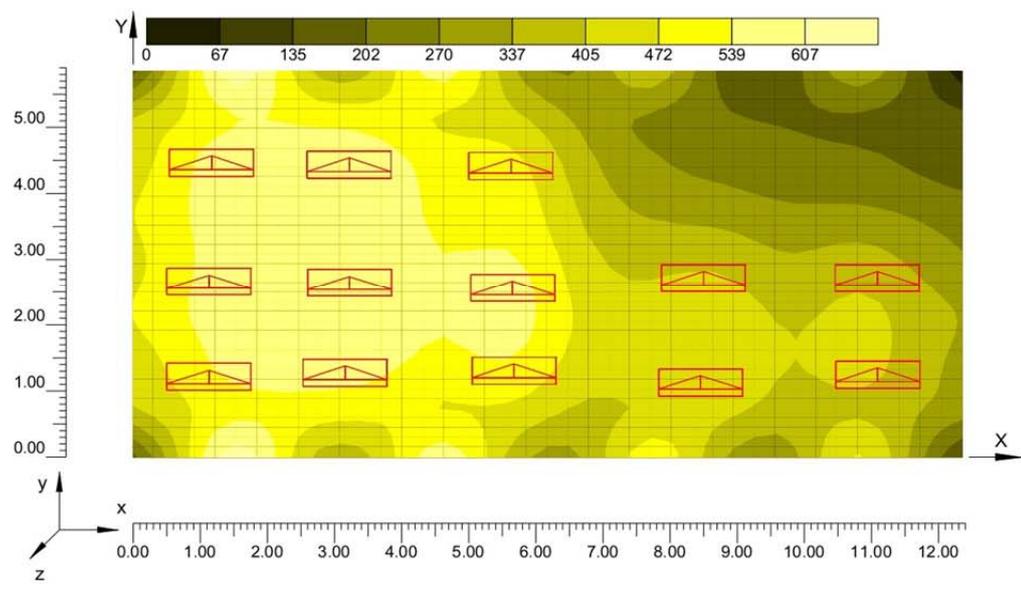


Figura 2.8 Nivel de iluminación que se proyecta sobre el plano de trabajo.

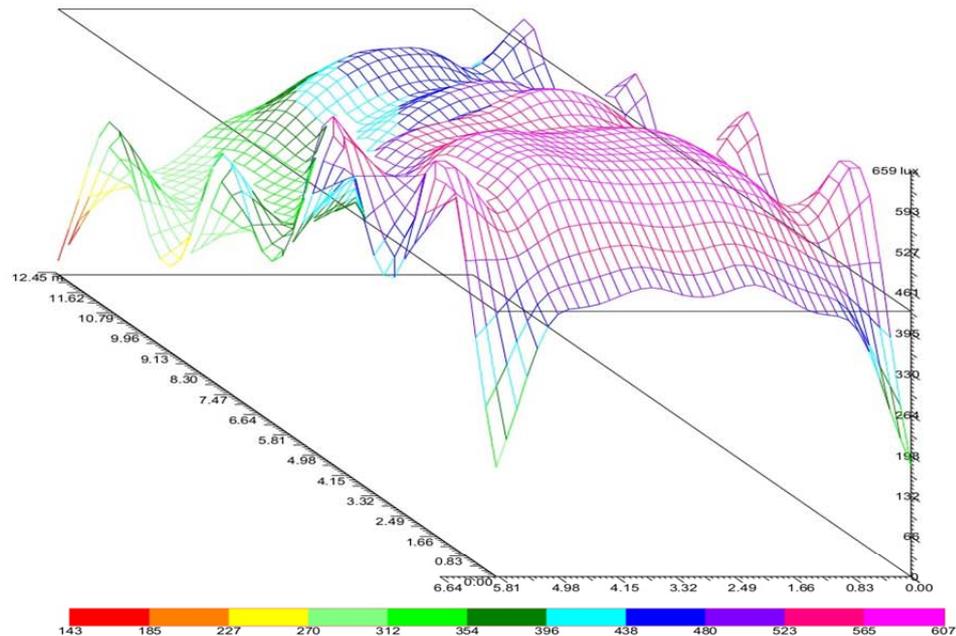


Figura 2.9 Gráfico tridimensional del punto de luz.

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

Con el levantamiento realizado en la empresa CEPRONIQUEL, se pudo comprobar algunas de las dificultades que afectan hoy en día el estado de la iluminación de los locales.

- Las pantallas protectoras sucias (Cubiertas de polvo)
- Los niveles de iluminación en casi todos los locales no cumplen con las normas cubanas.
- No se realiza el mantenimiento requerido a las luminarias.
- Existencia de lámparas con bajo flujo luminoso por perder su tiempo de vida útil.
- Necesidad de reducir costos

2.9 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se hizo énfasis de la situación actual del sistema de iluminación interna en la instalación; mediante la caracterización del

alumbrado actual y la tecnología que se propone con el objetivo de realizar una comparación técnica que justifique la implementación de la tecnología que se propone. Se evidencian las deficiencias en cuanto a la realización del mantenimiento de las luminarias y la calidad de los niveles de iluminación en algunos locales mediante las mediciones y la simulación.



CAPÍTULO 3. PROPUESTA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN CEPRONIQUEL.



3.1 Introducción

En este capítulo se pretende dar solución al problema expuesto en este trabajo, tomando la variante más económica y factible. Se realizaran todos los cálculos en cuanto a la valoración económica del trabajo a realizar para efectuar dichas mejoras en la iluminación.

3.2 Cálculo de la propuesta de Alumbrado

Para la realización del cálculo de alumbrado propuesto se utiliza la aplicación para manejar hojas de cálculo "Microsoft Excel", ajustando las formulas necesarias según el método de los lúmenes, en la tabla 3.1 se muestra el cálculo para el 2do Nivel, en los anexo 4 y 5 se muestra el cálculo para todo el edificio de CEPRONIQUEL, primeramente se realiza con la tecnología existente y posteriormente se realiza con la propuesta, quedando demostrado mediante los cálculos que con la implementación de la nueva propuesta se necesitaría menor cantidad de luminarias por locales logrado una mayor eficiencia técnica económica.

Tabla 3.1 Cálculo del Alumbrado en CEPRONIQUEL

Alt, Util												
2,7	LOCAL	LARGO	ANCHO	LUM X LA M	NIVEL LUMINOSO	LUMEN . X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	REND.	CANT . LUMIN	Tip o de L.
Cálculo para el 2 do Nivel con lámparas Fluorescentes 32W y 18 W												
J. de Dpto. Civil	2,35	2,85	2	500	2750	0,4770	0,75	0,51	0,56	3	IEL-H	
Baño de Dpto. Civil 1	1,35	2,85	1	100	1350	0,3393	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H	
Pantry de Dpto. Civil 1	1,35	2,85	1	100	1350	0,3393	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H	
Dpto. Civil 1	12,35	5,85	2	500	2750	1,4702	0,75	0,87	0,56	18	IEL-H	
Dpto. Civil 2	9,85	5,85	2	500	2750	1,3593	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H	
Dpto. Civil 3	9,85	5,85	2	500	2750	1,3593	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H	
Serv.	9,85	5,85	2	500	2750	1,359	0,75	0,87	0,56	14	IEL-	



Proyecto 2						3					H
Topografía	9,85	5,85	2	500	2750	1,359 3	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Minas y Medio Ambiente	9,85	5,85	2	500	2750	1,359 3	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Geología	12,35	5,85	2	500	2750	1,470 2	0,75	0,87	0,56	18	IEL-H
Baño de Geología	1,35	2,85	1	100	1350	0,339 3	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Pantry de Geología	1,35	2,85	1	100	1350	0,339 3	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
J. División Minera	2,35	2,85	2	500	2750	0,477 0	0,75	0,51	0,56	3	IEL-H
Cálculo para el 2 do Nivel con lámparas LED 26W y 10W											
J. de Dpto. Civil	2,35	2,85	2	500	2300	0,477 0	0,75	0,51	1	2	IEL-H
Baño de Dpto. Civil 1	1,35	2,85	1	100	900	0,339 3	0,75	0,51	1	1	IEL-H
Pantry de Dpto. Civil 1	1,35	2,85	1	100	900	0,339 3	0,75	0,51	1	1	IEL-H
Dpto. Civil 1	12,35	5,85	2	500	2300	1,470 2	0,75	0,87	1	12	IEL-H
Dpto. Civil 2	9,85	5,85	2	500	2300	1,359 3	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Dpto. Civil 3	9,85	5,85	2	500	2300	1,359 3	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Serv. Proyecto 2	9,85	5,85	2	500	2300	1,359 3	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Topografía	9,85	5,85	2	500	2300	1,359 3	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Minas y Medio Ambiente	9,85	5,85	2	500	2300	1,359 3	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Geología	12,35	5,85	2	500	2300	1,470 2	0,75	0,87	1	12	IEL-H
Baño de Geología	1,35	2,85	1	100	900	0,339 3	0,75	0,51	1	1	IEL-H
Pantry de Geología	1,35	2,85	1	100	900	0,339 3	0,75	0,51	1	1	IEL-H
J. División Minera	2,35	2,85	2	500	2300	0,477 0	0,75	0,51	1	2	IEL-H

Dónde:

Local: Nombre del Local

Largo: Largo del Local

Ancho: Ancho del Local

LUM x LAMP: Cantidad de Luminarias por Lámparas

Nivel Luminoso: Nivel luminoso necesario en los locales

LUMEN x LAMP: Lumen por lámparas

K: Índice del Local.

C.CONSERV: Coeficiente de conservación

C. ÚTIL: Calor útil

REND: Rendimiento de las luminarias



CANT. LUMIN: Resultado del cálculo, Cantidad de luminarias necesarias para lograr el nivel de iluminación exigido en los locales.

3.3 Sistema de iluminación propuesta en los locales de CEPRONIQUEL.

Se propone un sistema de iluminación con tecnología LED, para ello en el desarrollo del capítulo se profundizará en todo lo relacionado para la implementación de dicha tecnología.

3.3.1 Propuesta de luminarias LED según cálculo de lúmenes

En las figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 (Anexos 11, 12, 13, 14), se muestra una propuesta del sistema de iluminación de CEPRONIQUEL empleando tecnología LED.



Figura 3.1 Sistema de iluminación propuesta para 1er Nivel

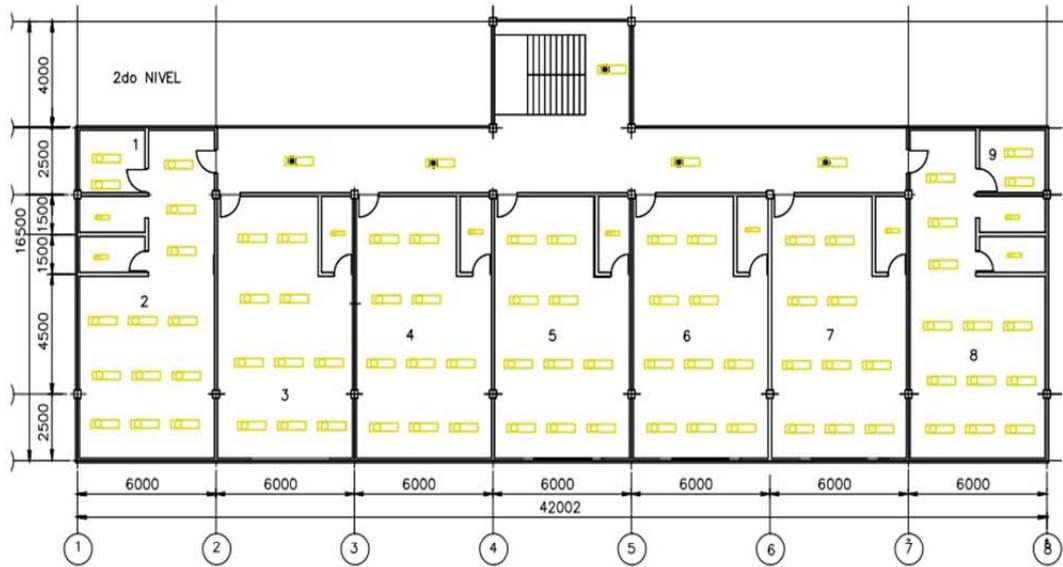


Figura 3.2 Sistema de iluminación propuesta para 2do Nivel

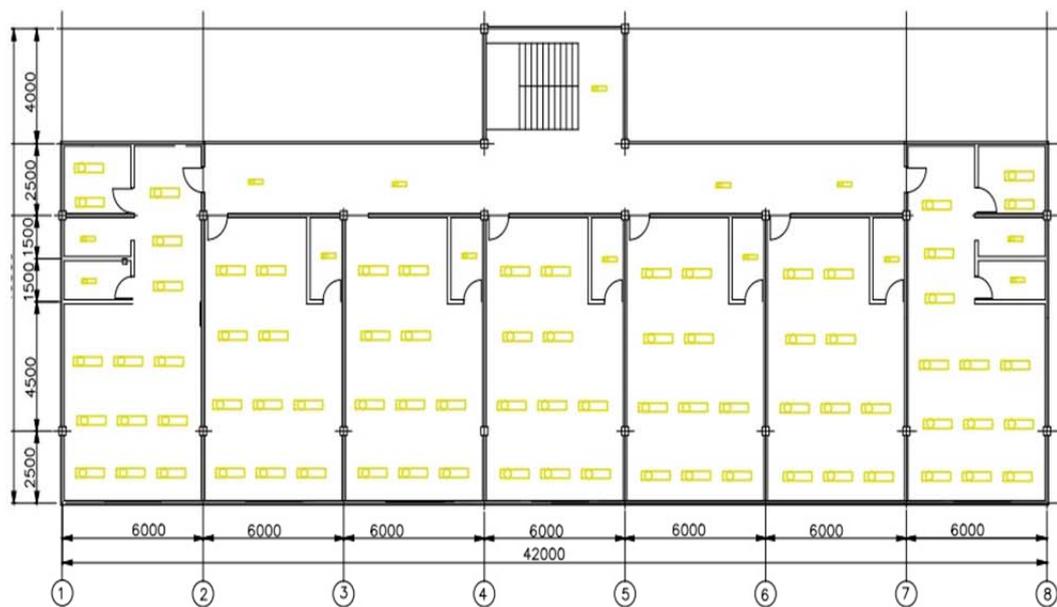


Figura 3.3 Sistema de iluminación propuesta para 3er Nivel

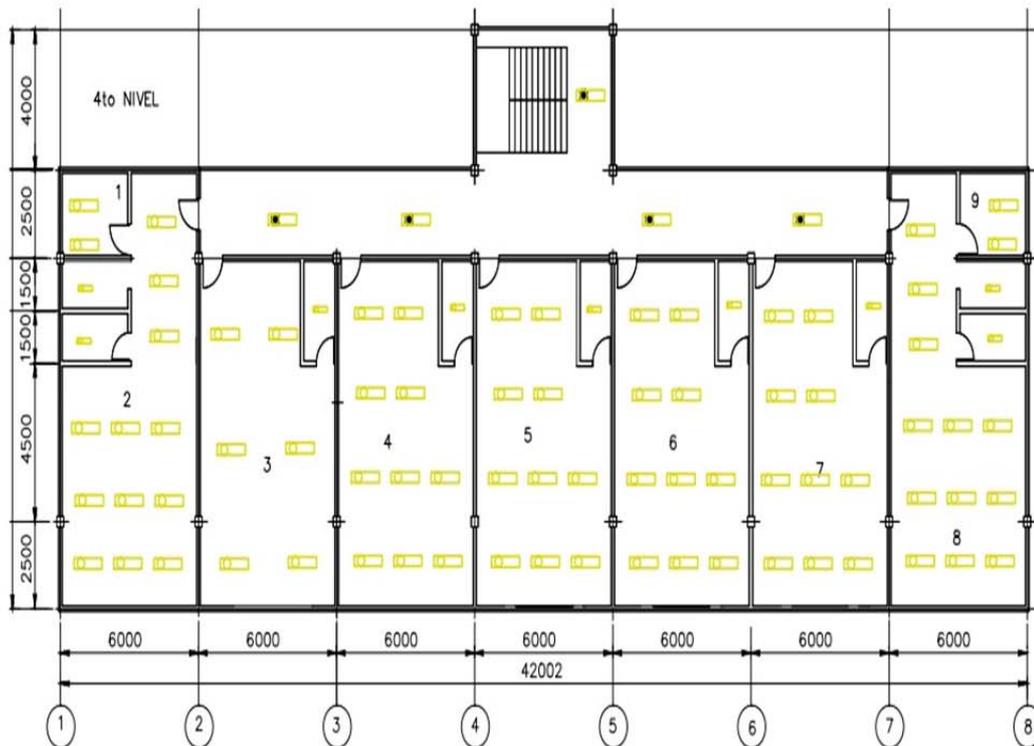


Figura 3.4 Sistema de iluminación propuesta para 4to Nivel

Tipos de Luminarias

Lámparas de 1 *26 W, tipo IEG empotrada con difusor (H).Cant 27

Lámparas de 2 *26 W IEG empotrada con difusor (H).Cant 276

Lámparas de 4 *10 W.Cant 13

Lámparas de 1 *10W. Cant 16

3.3.2 Simulación del local Civil1 empleando tecnología LED.

Para validar la propuesta se realizó la simulación del local anteriormente simulado en el capítulo dos, esta vez con tecnología LED, en las figuras 3.5, 3.6, 3.7 se muestran las curvas de distribución de luminarias, el nivel de iluminación que se proyecta en los puestos de trabajo y el gráfico tridimensional del punto de luz respectivamente. El nivel de iluminación en el local simulado resulto ser de una media de 439 lux, logrando una mayor iluminación en el local con menor cantidad de luminarias, queda evidenciado así la eficiencia la eficiencia de dicha tecnología. Como se explicó anteriormente en los locales donde se trabaja con medios informáticos la exigencia de luminosidad es de 500 lux, según las normas establecidas

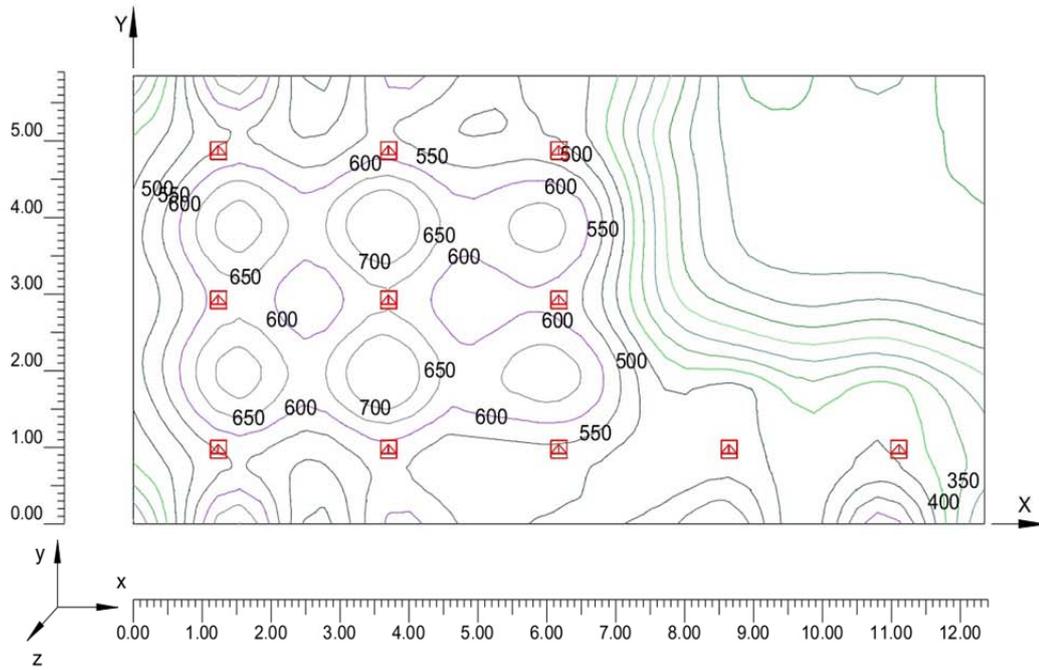


Figura 3.5 Curvas de Distribución de las Luminarias LED.

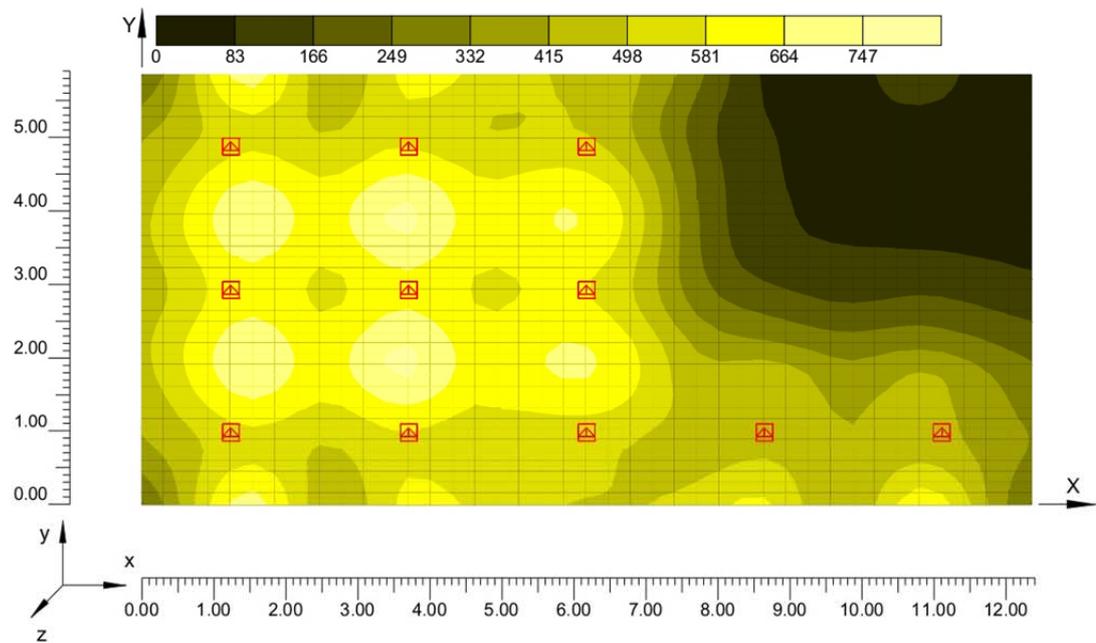


Figura 3.6 Nivel de iluminación que se proyecta sobre el plano de trabajo.

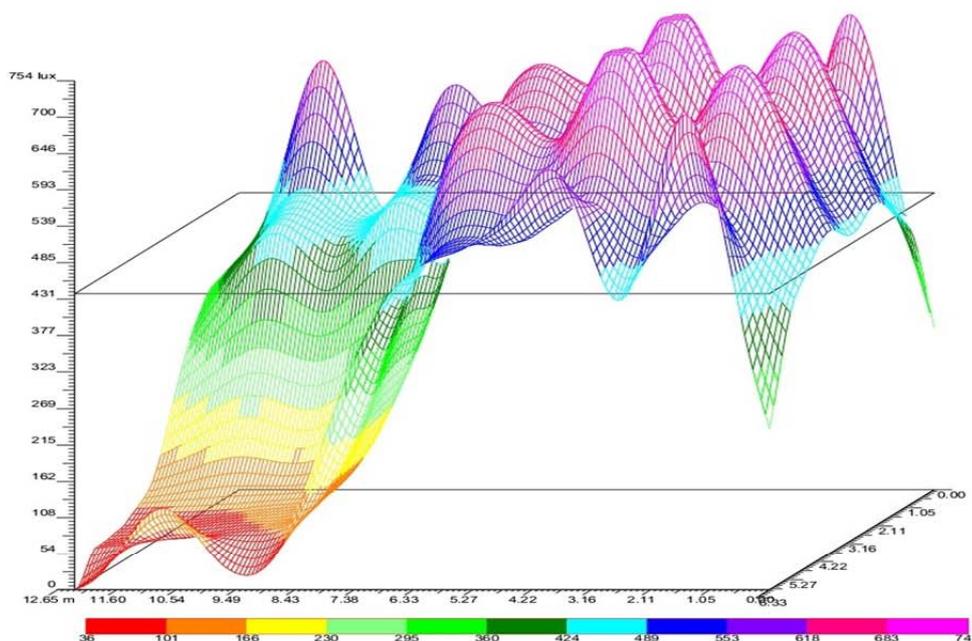


Figura 3.7 Grafico Tridimensional del punto de luz

3.4 Beneficios de la iluminación LED.

Con el paso de los años y el desarrollo de la tecnología, las Instalaciones modernas de alumbrado de interior, no quedaron detrás ya que no basta con suministrar sobre la superficie de trabajo una cantidad de luz que permita realizar la tarea a los usuarios, no es suficiente preguntarse si el trabajador podrá realizar la tarea en unas determinadas condiciones de iluminación, sino que es preciso conseguir que el operario esté en un entorno adecuado con el confort adecuado para realizar las tareas. Para ello se introducen los conceptos de visibilidad y acción visual, pero ni si quiera es suficiente con esto, hay que conseguir que la instalación de alumbrado sea lo más respetuosa posible con el medio ambiente, lo que es sinónimo de bajo consumo de energía y esto, a su vez, de ahorro energético.

La tecnología de iluminación de estado sólido ha avanzado mucho. En la actualidad podemos acondicionar e incorporarlos a un 90% de todos los dispositivos de iluminación actual. Gracias a su reducido tamaño, capacidad para generar luz y la variedad de colores que podemos generar, los LED son cada día más utilizados. Además, con respecto a la iluminación tradicional



de lámparas incandescentes o fluorescentes estos tienen ventajas que los hacen muy interesantes como sustitutos de la iluminación de la iluminación.

Principales ventajas de la iluminación LED.

➤ Alta eficiencia

La iluminación LED consume un 80-90% menos de electricidad que una bombilla corriente de similares características. Esto significa un 90% de ahorro en la factura eléctrica. Con las lámparas de LED se ha conseguido la mayor eficiencia lumínica, llegando hasta 130-150 lúmenes por vatio en las bombillas más eficientes, y a 80 lúmenes por vatios en las lámparas más populares. Como ejemplo la eficiencia lumínica de un halógeno es tan solo de 20 a 25 lúmenes por vatio.

➤ Muy bajo consumo

Los LED consumen menos por generar luz a partir de un proceso más eficiente. Por ejemplo la incandescencia se basa en calentar un filamento de tungsteno hasta que emita radiaciones visibles. Este proceso emite radiaciones infrarrojas (calor) que no resulta útil. El LED está basado en la electroluminiscencia, un fenómeno que no emite infrarrojos y por esto es más eficiente. Consumen 2.5 veces menos que una de bajo consumo convencional y 8.9 veces menos que una bombilla incandescentes de las de toda la vida, esto conlleva un impresionante ahorro económico, que puede llegar al 90% en la factura de la luz, y una rápida amortización de la inversión.

➤ Duración

Las lámparas LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas de fácil rotura y fallo por "fundido". No existe un punto en que cesen de fusionar, su degradación es gradual a lo largo de su vida. Se considera una duración entre 30.000 y 50.000 horas, hasta que su luminosidad decae por debajo del 70 %, eso significa entre 10 y 30 años en una aplicación de 10 horas diarias 300 días/años, reduciendo los costes de mantenimiento y remplazo.

➤ Calidad de la luz emitida



El CRI o índice aleatorio de calor, nos proporciona una medida de la calidad de la luz, las bombillas LED poseen un CRI alrededor de 90, consiguiendo que se aprecien mucho más los matices de la luz. La obtenida por fluorescentes y bombillas llamadas de bajo consumo, además de no ser instantáneas en su encendido, poseen una luz muy poco natural, con un CRI muy bajo en torno a 44.

➤ Baja tensión

La posibilidad de alimentarse a 12 y 24 volt. Reduce los riesgos de electrocución, además el cableado puede ser netamente inferior en sección, ahorrando dinero en las instalaciones.

➤ Baja emisión de calor.

Al consumir poca energía las bombillas LED emiten poco calor. Es la llamada luz fría. Por ejemplo una bombilla halógena gasta de 50W, 45 aproximadamente en emisión de calor, esto supone un gasto extraordinario en aire acondicionado, siendo necesarios unos 70W adicionales para deshacerse del calor generado por esa bombilla.

➤ Respuesta instantánea.

El encendido y apagado de las lámparas LED es rapidísimo, a diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos; lo que los hace muy útiles en sistemas de apagado y encendido por detección de movimiento.

➤ Regulable

Algunos de nuestros modelos LED son regulables, permitiendo el control del gasto energético y la creación del ambiente deseado.

➤ Ecológicos

Los LED no producen calor, son dispositivos semiconductores de estado sólido, al no emitir radiaciones infrarrojas o ultravioletas, no incide en el deterioro de obras de arte, cuadros, mercancía expuesta en tiendas, expositores de alimentación, etc. También, reduce costes de electricidad en lugares donde se utilizan aire acondicionado, al no emitir calor adicional, los



aparatos logran la temperatura deseada en menor tiempo, y una vez estabilizada la temperatura están funcionando sin tener que generar extra de aire frío, además que son totalmente reciclable y ecológicos los mismos no contienen mercurio, ni materiales tóxicos como las lámparas fluorescentes.

➤ Resistencia.

Las lámparas LED son mucho más resistentes a los golpes, e incluso aquellas que poseen bulbo de cristal pueden seguir funcionando si este se rompe.

➤ Emergencia

Su bajo consumo las hace ideales para sistemas de iluminación de emergencia mediante un sistema de baterías o de generador auxiliar, por lo que pueden ahorrar en sistemas paralelos de iluminación. Se harán imprescindibles en hospitales y lugares que requieran una iluminación a prueba de fallos.

➤ Versatilidad.

Todo tipo de colores, incluso la mezcla de ellos mediante los LED RGB. Todo tipo de lámparas, tubos, paneles planos, tiras LED, farolas LED, focos industriales, etc.

➤ Menores emisores de CO₂.

Según el Ministerio de Energía de USA (DOE), la iluminación consume el 22% de la electricidad producida en los EE.UU., por lo que la expansión del uso de las lámparas bombillas LED podría ahorrar una gran cantidad de las emisiones de CO₂, el gas al que se considera responsable del calentamiento global.

➤ Mantiene su rendimiento luminoso para variaciones de frecuencia y de tensión de alimentación del orden del 20%.

➤ No parpadean

➤ No la afectan los ciclos de encendido y apagado.

➤ No necesitan arrancar por lo que no requieren complejos circuitos especiales que consuman energía y agreguen motivos de falla.



- No emiten rayos ultravioletas. Por lo que atraen menos insectos.
- No necesitan de circuitos adicionales para aprovechar toda la energía suministrada por la red eléctrica (Factor de potencia 095) potencia :> 0.95)
- Ideales para uso en ambientes explosivos por su bajísima temperatura de funcionamiento y la ausencia de balastro o generadores.

3.5 Selección de la Lámpara

Para una correcta selección de la lámpara se tuvo en cuenta, el precio y las características técnicas de las mismas, realizando valoración según la disponibilidad económica de la empresa. Basado en lo antes expuesto se escogieron lámparas:

TUBO 150 LEDs T8 150 cm-26W

- ✓ 150 LEDs T8-26W
- ✓ Diámetro 150 cm (rectilíneos)
- ✓ Temperatura de calor 6500K.
- ✓ Potencia 26W
- ✓ Porta Lámpara IEL-H
- ✓ Longitud 150 cm
- ✓ Flujo luminoso 2300 lm
- ✓ Posición de funcionamiento: Cualquiera
- ✓ Tiempo de duración (horas): = \geq 50.000h.

T8 LED Tube 600MM 10W

- ✓ Tubo LED T8-10W
- ✓ Diámetro 600 mm (rectilíneos)
- ✓ Temperatura de calor 5000K.
- ✓ Potencia 10W
- ✓ Porta Lámpara IEL-H
- ✓ Longitud 600 mm



- ✓ Flujo luminoso 900 lm
- ✓ Posición de funcionamiento: Cualquiera
- ✓ Tiempo de duración (horas): $= \geq 50.000h$.

3.6 Valoración Económica

En este epígrafe realizaremos un análisis del impacto económico y medio ambiental de la tecnología propuesta mostrando los resultados frente al análisis de las tecnologías de alumbrado existentes en CEPRONIQUEL. En la esfera económica nos apoyamos en el VAN, TIR y PR, las cuales son herramientas para un mejor análisis estadístico del tema en cuestión. En el desarrollo de este rotulo aremos alusión a sus características.

Para la valoración económica realizada. Se tuvieron en cuenta el análisis con a tecnología existente y con las propuestas tecnológica LED, Se sugiere utilizar las propuestas dividido a que:

Poseen mejor apariencia que las actuales, acorde con el cambio de imagen que se busca y en estos tiempos. Si se desea lograr una efectividad del sistema de iluminación, sería bueno aprovechar para sustituir las luminarias que estéticamente son mucho mejores y dan mayor confort visual.

Quizás dentro un par de años, acorde con el desarrollo tecnológico de la iluminación y dentro de la necesidad mundial del ahorro energético no estando ajenas a ello CEPRONIQUEL, estas luminarias viejas se verán anticuadas, cada día serán menos eficientes, no estarían acorde con los avances que presentan las empresas que utilizan la última tecnología, causando daños a la economía de la entidad y el país, las luminarias LED son energéticamente más eficientes que las existentes, por ende si utilizáramos LED disminuiríamos la facturación mensual y se contribuye de forma positiva con la economía nacional

Las existentes requieren de un mayor ciclo de horas de mantenimientos en comparación a las nuevas, generando ahorro en mano de obra y disminuyendo molestias a los usuarios en lo referido al daño de las luminarias ya que las LED pesen una mayor vida útil y durabilidad.



3.6.1 Ahorro Energético

Para justificar el posible cambio de tecnología es necesario revisar el ahorro en base de consumo teniendo en cuenta el correcto número de lámparas que deberían existir en los locales de interior (ver Anexo 5) esto queda justificado mediante el cálculo realizado por el método de los lúmenes, en este caso se plantea un remplazo donde se logra la iluminación necesaria en los locales de interior según la normas establecidas.

Para conocer el consumo real por concepto de iluminación primero calculamos las luminarias existentes y luego las propuestas, encontrando así el ahorro que significaría el remplazo.

Para la fluorescente de 32 W y 18 W en un mes

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 32W x 34 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 686 x 34 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 5.597.760 W

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 18W x 25 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 71 x 25 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 426.000 W

PT Fluorescentes (Consumida en el Mes)= 6.023.760 W

Para LED de 26 W y 10 W en un mes

P (Consumida en un mes)= # de luminaria LED 26W x 26 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 579 x 26 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 3.612.960 W

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 18W x 10 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 70 x 10 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 168.000 W



PT LED (Consumida en un Mes)= 3.780.920 W

3.6.2 Cálculo del ahorro en potencia en un mes.

Para obtener el ahorro por concepto de potencia restamos a la potencia total obtenida de las lámparas fluorescentes, el total de W obtenido con el cálculo de las LED.

PT Fluorescentes (Consumida en el Mes)= 6.023.760 W

PT LED (Consumida en un Mes)= 3.780.920 W

Ahorro de Energía= 6.023.760 W – 3.780.920 W

Ahorro de Energía= 2.242.840 W

A continuación en la figura 3.8 se representa gráficamente la realización del cálculo obtenido.

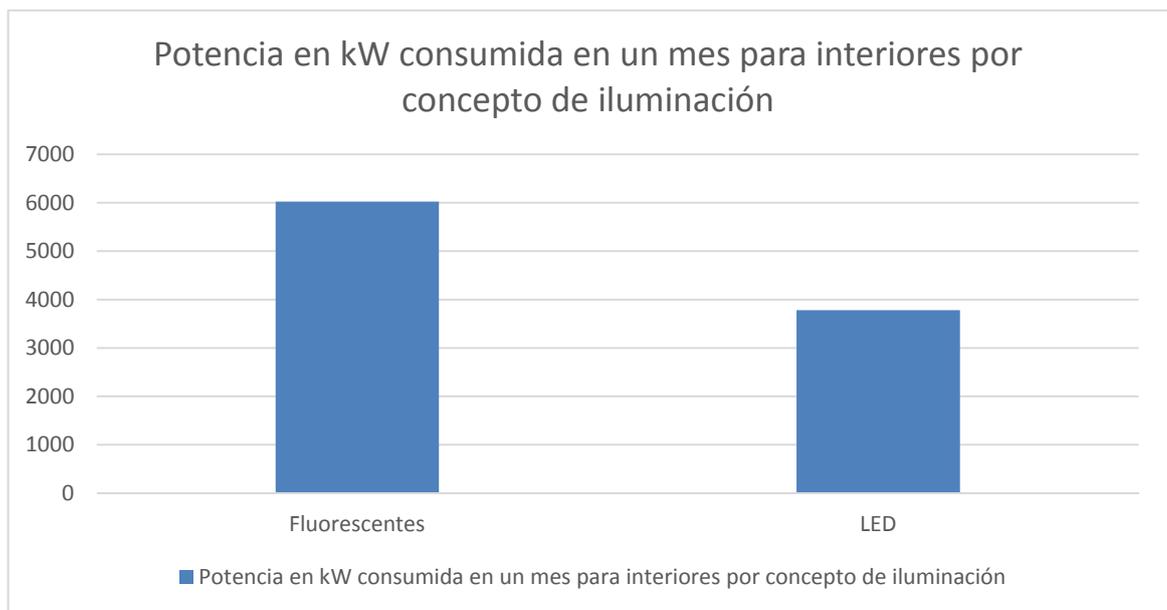


Figura 3.8 Comportamiento de la carga de un mes para interiores

3.6.3 Cálculo del ahorro en potencia en un año

Para obtener el ahorro por concepto de potencia en un año multiplicamos por 12 las dos potencias y restamos a la potencia total obtenida de las lámparas fluorescentes, el total de W obtenido con el cálculo de las LED

PT Fluorescentes (Consumida en el Año)= 6.023.760 W * 12

PT Fluorescentes (Consumida en el Año)= 72.285.120 W

PT LED (Consumida en un Año)= 3.780.920 W * 12

PT LED (Consumida en un Año)= 45.371.040 W

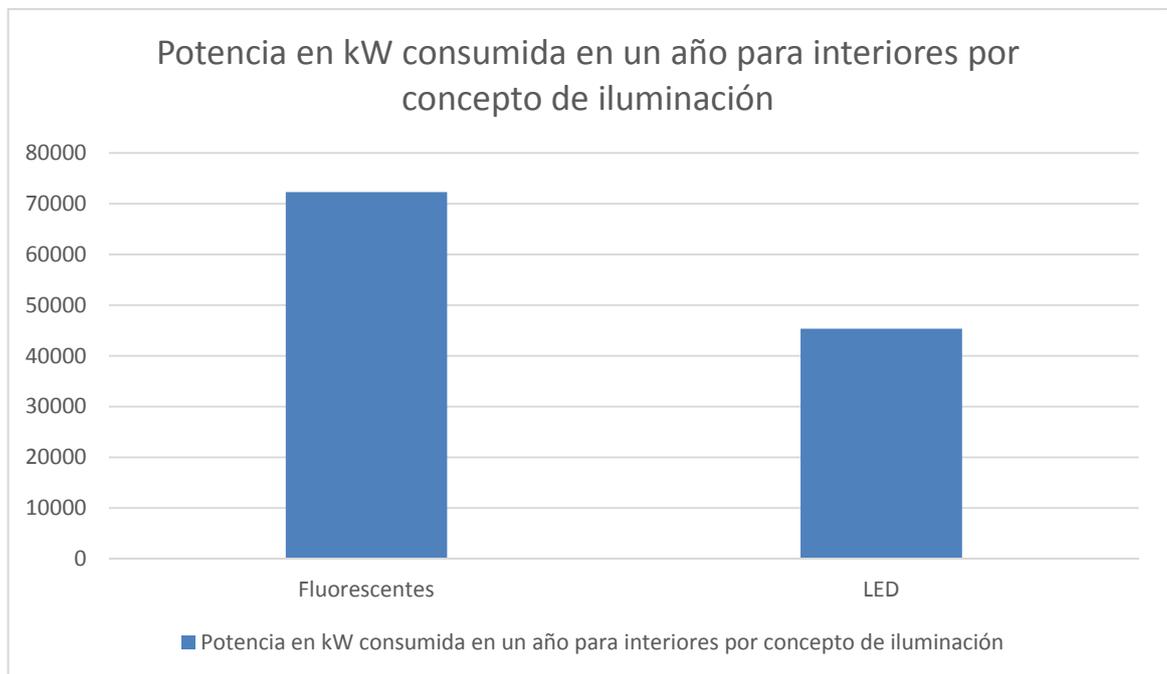


Figura 3.9 Comportamiento de la carga de un año para interiores

Ahorro de energía (un año) = 72.285.120 W - 45.371.040 W

Ahorro de energía (un año) = 26.914.080 W

Ahorro anual en CUC = (Ahorro anual/1.000) * tarifa de la empresa.

Ahorro anual en CUC = (26.914.080 W/1.000) * tarifa de la empresa

Ahorro anual en CUC = 26.914,08 kW * 0.36

Ahorro anual en CUC = \$ 9.689,07

3.7 Relación del precio de la propuesta de luminarias a implementar con su cantidad a comprar.

Es necesario decir que el precio de estas lámparas se localizó en internet, debido a esto puede variar en el futuro, dependiendo de los fabricantes que se ajustan a las variaciones del mercado.

Tabla 1 Número de lámparas con sus precios.

Lámparas LED	Precio unitario CUC	Cantidad	Total del Monto



TUBO 150 LEDs T8 150 cm- 26W	\$ 60	579	\$ 34.740
TUBO PL 2G11 LED T8-10W	\$ 13.10	70	\$ 917
Total	\$ 35.657		

3.8 Análisis económico

Para la evaluación de la gestión económica nos apoyamos en el VAN, TIR y PR, las cuales son herramientas eficientes para el análisis estadístico del tema en cuestión

3.8.1 Valor actual neto (VAN)

Para calcular el VAN de un proyecto cualquiera se calcula simplemente el valor actual de las entradas futuras al costo apropiado de capital y del resultado se resta el desembolso original.

El criterio para aceptar o rechazar de acuerdo con el VAN expresado por medio de símbolo es el siguiente:

$0 \geq \text{VAN}$ Acepta

$0 < \text{VAN}$ Rechazar

Es importante destacar que el VAN no solo es un indicador que permite hacer un "ranking" de varios proyectos. Mide además el valor o excedente generado por el proyecto, por encima de lo que será producido por los mismos fondos si la inversión se colocase en un plazo fijo con interés igual a la tasa de descuento.

3.8.2 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La tasa interna de rendimiento o tasa de rendimiento como se llama a veces para abreviar, es la tasa de descuento capaz de igualar la serie de ingresos futuros con el desembolso original. Dicho de otro modo, es aquella tasa de descuento que da al proyecto una VAN de cero. Expresado en símbolo, la TIR vendría siendo lo que la empresa recupera por cada peso de invertido, se la TIR calculada resulta ser de 42% eso significaría que la empresa ganaría 42 centavos por cada peso invertido.



3.8.3 Período de Recuperación (PR).

El periodo de recuperación es una medida de la rapidez con que el proyecto reembolsara el desembolso original de capital. Este periodo es el número de años que la empresa tarda en recuperar el desembolso original mediante las entradas de efectivo que produce el proyecto.

Los proyectos que ofrezcan un periodo de recuperación inferior a cierto número de años (n) determinado por la empresa, se aceptaran. Los que ofrezcan un periodo mayor que el número de años determinado se rechazaran dependiendo de la necesidades de la entidad.

3.9 Resultados obtenidos

El cálculo para la valoración económica mediante el VAN, TIR, PR, se realiza con la aplicación para manejar hojas de cálculo en Excel "Microsoft Excel", la cual se utiliza normalmente en tareas financieras y contables. Este software ya contiene implícito fórmulas que calculan el VAN, y el TIR. Para el computo se tuvieron tomaron fijos por el periodo de tiempo del estudio los flujos de cajas y los intereses, debido a que este proyecto es atípico, es una inversión de reemplazo por lo que no genera ganancias sino ahorro.

El valor actualizado neto es el resultado de sumar todos los años del proyecto para tener cual es la masa de dinero que se tendrá al término de la vida útil del proyecto evaluado en el día de hoy. Esto resultaría una suma algebraica, teniendo en cuenta que el dinero pierde valor en el tiempo, y a cada año se afecta por un factor decreciente, que depende de la tasa de actualización que se estime. Esta tasa con frecuencia se toma un 15%. En la figura (3.10) se muestra los resultados obtenidos tras haber realizado los cálculos.



DESCRIPCION	2014	2015	2016	2017	2022	2023	TOTAL
Ingresos							
Costos							
Costos sin Inversión (2)	\$ 26.023	26.023	26.023	26.023	26.023	26.023	260.226
Costos con Inversión (1)	\$ 16.334	16.334	16.334	16.334	16.334	16.334	163.336
Incremento de los Costos (1-2)	\$ (9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	-96.891
Resumen Estado de Resultado del Proyecto, US\$'000							
ESTADO DE RESULTADO							
	2014	2015	2016	2017	2022	2023	Total
Ingresos	\$ 9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	\$ 96.891
Costo de Operación	\$ (9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	\$ (96.891)
Utilidad de Operaciones	\$ 19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	\$ 193.781
Utilidades Brutas	\$ 19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	\$ 193.781
Reservas para contingencias @ 5 %	\$ 969	969	969	969	969	969	\$ 9.689
Utilidades Imponibles	\$ 18.409	18.409	18.409	18.409	18.409	18.409	\$ 184.092
Sobre Utilidades	\$ 6.443	6.443	6.443	6.443	6.443	6.443	\$ 64.432
Utilidad Neta	\$ 11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	\$ 119.660
Flujo de Caja							
	2014	2015	2016	2017	2022	2023	TOTAL
Utilidad Neta del Proyecto	\$ 11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	\$ 119.660
Mas Reservas para Contingencias	\$ 969	969	969	969	969	969	\$ 9.689
Efectivo Neto	\$ 12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	\$ 129.349
Inversiones	\$ 35.657						\$ 35.657
Flujo de Caja Neto del Proyecto	\$ (22.722)	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	\$ 93.692
Flujo de Caja Acumulado	\$ (22.722)	(9.787)	3.148	16.083	80.757	93.692	
Tasa Interna de Retorno (TIR) 55,9%							
Tasa de Descuento	0,0%		15,0%				
Valor Actualizado Neto (VAN)	\$ 93.692		\$ 33.911				
Periodo de Recuperación	2 Años 9 meses						

Figura 3.10 Evaluación Económica

3.10 Impacto medio ambiental

Los impactos ambientales del proyecto son a nivel de local y a nivel general. En cuanto a lo que tiene que ver con el impacto local lo principal es que:

- ✓ Las lámparas no contienen mercurio u otros materiales tóxicos, por lo que no son contaminantes o radiactivos.
- ✓ Al tener una mayor vida útil la tecnología LED, es menor la cantidad de residuos que genera, esto es mucho menor que las fluorescentes.
- ✓ Las lámparas de LED no necesitan de gases para su operación, al contrario que las fluorescentes, por lo que se puede decir que son ventajosas para el medio ambiente, ya que estos gases contaminantes de las lámparas fluorescentes generan impacto al momento de dañarse y también al finalizar su periodo de vida por lo general no se cuenta con un buen sitio de disposición final para ellas.



- ✓ Al ser más eficientes en el uso de la energía el impacto sobre las fuentes de donde se obtiene la energía es menor. Menos impacto sobre ríos y fuentes de agua.

A nivel general se tiene que:

- ✓ Las lámparas no contienen mercurio u otros materiales tóxicos, por lo que no son contaminantes o radiactivos.
- ✓ No emiten radiaciones infrarrojas o ultravioletas.
- ✓ Por necesitar menos o ningún mantenimiento se generan ahorros en combustibles para desplazamientos y se usan menos componentes como cables, soldaduras, ceras, pomadas y otros recursos que son contaminantes.
- ✓ Necesitan menos números de componentes constitutivos de las lámparas en comparación con las fluorescentes, esto influye en menor impacto a la hora de la extracción de los elementos para la construcción de las lámparas.
- ✓ No producen contaminación lumínica, no emite radiaciones UV o IR, por lo que no atrae insectos.

3.11 Conclusiones del Capítulo

En este capítulo se presentó una propuesta del sistema de alumbrado a implementar, mediante el cálculo según método de los lúmenes y la validación del mismo con la simulación de uno de los locales. Además se realizó la selección de las lámparas, se plantearon los beneficios de esta tecnología y se demostró la factibilidad técnica económica de su implementación mediante el análisis del impacto económico y medio ambiental.



CONCLUSIONES GENERALES

1. Se comprobó que las lámparas LED son más eficientes que las fluorescentes debido a que consumen un 90 % menos de energía.
2. Se realizó un estudio de las características y condiciones del estado actual del sistema de iluminación interna en los locales de la empresa.
3. Se determinó que existen dificultades en la realización del mantenimiento de las luminarias y los niveles de iluminación en algunos locales no cumplen con las normas de seguridad establecidas.
4. La valoración técnica, económica y medioambiental demostró la factibilidad de su implementación práctica:
 - ✓ Desde el punto de vista técnico: Posee una larga vida útil, es resistente a los golpes y de respuesta instantánea, etc...
 - ✓ Desde el punto de vista económico: Se genera un ahorro de 26914,08 kW anual y un ahorro en la factura de \$ 9689,07 cuc. El tiempo de recuperación de la inversión es de alrededor 33 meses
 - ✓ Desde el punto de vista medioambiental, contribuye al control de los factores contaminantes mitigando la emisión de gases efecto invernadero a la atmósfera y cumpliendo con las exigencias de las instituciones medioambientales a nivel mundial.



RECOMENDACIONES

1. Aplicar esta tecnología al sistema de iluminación exterior en la empresa.
2. Extender la implementación de esta tecnología a otras empresas con similares características.
3. Continuar el estudio de esta tecnología empleando sistemas inteligentes.

**BIBLIOGRAFÍA****TRABAJOS CITADOS**

[En línea] <http://edison.upc.edu/curs/llum>.

[En línea] <http://www.globaluz.es>.

[En línea] <http://www.airisled.es>.

Acosta, David. 2010. 2010. Diseño de un sistema de iluminación con tecnología LED.2010.

Anfalum, Jorge Juan. Asociación Española de fabricantes de Iluminación. [En línea] [Citado el: 06 de 04 de 2014.] <http://www.anfalum.com>.

Cavaller, Francisco y otros. 2010. Madrid : s.n., 2010. Como seleccionar y comparar luminarias LED para aplicaciones de alumbrado.

Coureaux, Monckey y Israel, Omar. 2002. Santiago de Cuba : s.n., 2002. Iluminación Artificial.

Díaz, Cariluz y otros. 2012. 2012. Tecnología LED como alternativa de solución para el ahorro energético 2012.

Dorremocha Herranz, Carlos y Martorell Ollé, Josep. La iluminación con LED y el problema de la contaminación lumínica .

Francisco Cavaller, Gali. 2010. Madrid : s.n., 2010. La influencia o importancia de la temperatura en los LEDs.

Galí Cavaller, Francisco. 2010. Madrid : s.n., 2010. La influencia o importancia de la temperatura en los LED.

Gandolfo, Mar. 2010. Madrid : s.n., 2010. LED's un futuro sostenible, avance tecnológico en los próximos años.

Guerrero Cruz, Leandro. 2013. Viabilidad del uso de luminarias LED en la empresa Comandante Che Guevara. Moa, Holguín : s.n., 2013.

Martínez Proenza, Orlay. 2010. Eficiencia del Sistema de Iluminación de CEPRONIQUEL y su integración con los Sistemas inteligentes. Moa, Holguín : s.n., 2010. 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, interior.

Millán Alvarez, Eustorgio y Israel, Mockey Courelaux. 2003. 2003. Metodología para el estudio de instalaciones de alumbrado viario 2003.



Perujo Ramos, Miguel Angel y Garcia Baños, Ana. 2010. Madrid : s.n., 2010. Fotometría luminarias LED.

Philips. Catalogo de Inspiración e Información, Descripción de productos y soluciones. [En línea] [Citado el: 06 de 04 de 2014.] <http://www.philips.com/LED>.

Rivera Abaunza, Luis Leonardo. 2011. Ibagué : s.n., 2011. Análisis comparativo de parámetros generales entre las lámparas de alumbrado público de vapor de sodio y las tecnologías LED.


ANEXOS 1: LEVANTAMIENTO DE LÁMPARAS INSTALADAS EN LOS DISTINTOS NIVELES INTERNO.

Nivel		Tipos de lámparas	Cantidad	Potencia (W)	Pot. Total (W)	Voltaje (V)	Corriente (I)
1er nivel	Construcción	Lámpara de 2* 32 W	4	68	272	120	2,2667
1er nivel	Baño	Lámpara de 1* 18 W	1	25	25	120	0,2083
1er nivel	Impresión y Ploteo	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
1er nivel	Archivo T 1	Lámpara de 2* 32 W	9	68	612	120	5,1000
1er nivel	Baño Archivo T1	Lámpara de 1* 18 W	1	25	25	120	0,2083
1er nivel	Archivo T 2	Lámpara de 2* 32 W	8	68	544	120	4,5333
1er nivel	Recurso Humanos	Lámpara de 2* 32 W	9	68	612	120	5,1000
1er nivel	Baño	Lámpara de 1* 18 W	1	25	25	120	0,2083
1er nivel	J.R Humano	Lámpara de 2* 32 W	1	68	68	120	0,5667
1er nivel	Mercado	Lámpara de 1* 32 W	9	34	306	120	2,5500
1er nivel	Comedor	Lámpara de 2* 32 W	14	68	952	120	7,9333
1er nivel	Pasillo	Lámpara de 4* 18 W	10	100	1000	120	8,3333
1er nivel	Economía	Lámpara de 2* 32 W	3	68	204	120	1,7000
1er nivel	Baño	Lámpara de 1* 18 W	1	25	25	120	0,2083
1er nivel	J. Archivo	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
1er nivel	Puesto de Mando	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
					5078	120	42,316667
2do nivel	Geología	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
2do nivel	Baño de Geologia	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
2do nivel	Pantry de Geologia	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
2do nivel	J. Minería	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
2do nivel	MAmb Mina	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
2do nivel	Baño de Mamb Mina	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083



2do nivel	Topografía	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
2do nivel	Baño de Topografía	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
2do nivel	Servic Proy	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
2do nivel	Baño de Proy	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
2do nivel	Arquitectura	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
2do nivel	Baño de Arquitectura	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
2do nivel	Civil 1	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
2do nivel	Baño de Civil 1	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
2do nivel	Civil 2	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
2do nivel	Baños Civil 2	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
2do nivel	Panty Civil 2	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
2do nivel	J. Civil	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
2do nivel	Pasillo	Lámpara de 1* 32 W	5	34	170	120	1,4167
					6855	120	57,125
3er nivel	Eléctrica	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
3er nivel	Baño de Eléctrica	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	Pantry de Eléctrica	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	J Eléctrica	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
3er nivel	Eléctrica e Instrumentación	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
3er nivel	Baño Elec e Intrum	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	Informática	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
3er nivel	Baño de Informática	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	Mecanica1	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
3er nivel	Baño de Mecánica 1	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	Mecanica2	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
3er nivel	Baño de Mecánica 2	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	Tecnología	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667



3er nivel	Baño de tecnología	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	S. División	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
3er nivel	Baños	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	Pantry de S. División	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
3er nivel	Dtor. División	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
3er nivel	Pasillo	Lámpara de 1* 32 W	5	34	170	120	1,4167
					6855	120	57,1250
4to nivel	Contabilidad	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
4to nivel	Pantry Contabilidad	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	Baño de Contabilidad	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	J. Contabilidad	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
4to nivel	Finanzas	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
4to nivel	Baño de Finanzas	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	Gestión 1	Lámpara de 2* 32 w	13	68	884	120	7,3667
4to nivel	Baño de Gestión 1	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	Gestión 2	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
4to nivel	Baño de Gestión 2	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	Calidad	Lámpara de 2* 32 W	13	68	884	120	7,3667
4to nivel	Baño de Calidad	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	S. Reuniones	Lámpara de 2* 32 W	8	68	544	120	4,5333
4to nivel	Baño S. Reuniones	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	Dtor Gral	Lámpara de 2* 32 W	10	68	680	120	5,6667
4to nivel	Pantry Dtor Gral	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	Baño Dtor Gral	Lámpara de 1*18 W	1	25	25	120	0,2083
4to nivel	Asesor Dtor	Lámpara de 2* 32 W	2	68	136	120	1,1333
4to nivel	Pasillo	Lámpara de 1* 32 W	5	34	170	120	1,4167
					6311	120	52,5917
Total					25099	120	209,1583



Anexo 2 Mediciones en horario de la mañana

Local	1er Piso																		Emed
	N i lum largo	M NL ancho L	P			Q			T					R					
			P1	P2	Pm	Q1	Q2	Qm	T1	T2	T3	T4	Tm	R1	R2	R3	R4	Rm	
Construcción	4	3	240	350	295	590	200	395	430	230	220	140	255	530	340	350	420	410	370,8333
Archivo T 1	3	3	270	90	180	520	210	365	200	210	120	180	177,5	370	290	280	240	295	271,6667
Archivo T 2	3	3	50	200	125	90	340	215	70	70	50	100	72,5	210	200	160	160	182,5	158,8889
Recurso Hum	3	3	50	60	55	140	120	130	40	60	70	140	77,5	100	140	120	70	107,5	100
J.R Humano	1	2	40	50	45	50	40	45	30	40	45	35	37,5	70	60	80	50	65	41,25
Finanza	3	3	580	250	415	700	520	610	510	360	460	260	397,5	630	720	480	590	605	538,8889
Comedor	4	2	390	720	555	660	150	405	260	360	120	180	230	320	580	290	320	377,5	391,5625
Pasillo	6	2	1000	200	600	1500	500	1000	300	180	120	190	197,5	500	340	420	380	410	653,9583
Economia	2	2	380	160	270	120	180	150	170	140	220	240	192,5	250	210	260	290	252,5	216,25
J.Archivo																			
J. de Personal																			
2do Piso																			
Geología	5	3	440	420	430	620	650	635	180	290	310	390	292,5	580	590	770	830	692,5	606,3333
J.Minería	2	1	300	210	255	280	200	240	360	310	250	450	342,5	390	360	290	510	387,5	247,5
M Amb- Minas	5	3	360	540	450	400	380	390	200	290	250	220	240	600	640	610	650	625	499,3333
Topografía	5	3	330	280	305	780	180	480	170	260	330	330	272,5	680	480	670	680	627,5	519,3333
Servicio Proy 2	5	3	120	290	205	310	550	430	240	210	230	270	237,5	590	650	490	500	557,5	457,3333
Arquitectura	5	3	370	250	310	660	470	565	400	330	260	150	285	700	550	600	520	592,5	525,3333
Civil 1	5	3	230	290	260	250	460	355	160	180	300	250	222,5	490	220	550	360	405	357,6667
Civil 2	5	3	110	290	200	120	220	170	130	150	160	160	150	200	270	300	280	262,5	218,6667
J.Civil	2	1	240	320	280	220	310	265	270	900	320	350	460	450	430	500	380	440	272,5
3er Piso																			
Automatica	5	3	760	490	625	650	760	705	310	320	300	370	325	680	720	680	660	685	638,3333
Eléctrica	5	3	270	370	320	470	580	525	300	290	220	300	277,5	510	610	620	520	565	499,6667
J.Eléctrica	2	1	410	250	330	370	350	360	270	220	290	330	277,5	480	440	400	380	425	345
Informatica	5	3	220	170	195	460	310	385	260	60	210	210	185	410	460	400	330	400	353,6667
Mecanica1	5	3	170	260	215	340	370	355	280	240	290	230	260	580	530	460	580	537,5	430,3333
Mecanica2	5	3	510	650	580	910	790	850	360	320	240	280	300	580	520	610	490	550	598,6667
Tecnología	5	3	350	290	320	790	610	700	230	220	230	270	237,5	510	480	450	340	445	477
S.División	2	2	280	220	250	240	270	255	160	350	350	320	295	360	470	490	430	437,5	309,375
Dtor.División	3	2	320	1000	660	300	180	240	380	650	320	450	450	350	430	500	400	420	405
4to Piso																			
Contabilidad	5	3	1000	580	790	820	680	750	220	260	100	140	180	380	310	270	240	300	436,6667
J.Contabilidad	2	1	160	180	170	230	240	235	130	270	150	230	195	290	310	320	390	327,5	202,5
UAE	5	3	200	800	500	230	660	445	110	210	480	180	245	340	360	480	350	382,5	388,6667
Gestión 1	5	3	360	570	465	680	840	760	270	280	240	320	277,5	520	410	610	640	545	561,3333
Gestión 2	5	3	330	390	360	520	370	445	240	250	190	130	202,5	540	470	410	330	437,5	403
Calidad	5	3	440	420	430	840	800	820	330	230	220	280	265	410	430	430	260	382,5	486,6667
S.Reuniones	4	3	290	450	370	210	320	265	120	180	130	110	135	490	520	510	530	512,5	375,8333
Sect Dircc	4	1	200	90	145	190	130	160	150	170	170	150	160	230	210	260	270	242,5	156,25
Dtor Gral	3	2	380	1000	690	530	900	715	430	800	660	900	697,5	1000	620	640	580	710	706,25
Asesor Dtor	1	2	230	300	265	300	390	345	300	750	790	170	502,5	300	500	410	300	377,5	383,75



Anexo 4 Cálculo de alumbrado lámparas fluorescentes 32 W y 18 W.

Alt, Util											
2,7											
											Nivel +0.00
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT . L.	N. LUMINO SO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumin. Necesarias	Tipo de L.
1er Nivel											
Comedor	12,35	11,85	2	60	2750	2,239784206	0,75	0,96	0,56	4	IEL-H
Jefe de RH	2,35	4,41	2	500	2750	0,567800789	0,75	0,51	0,56	4	IEL-H
Pantry G.	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Personal	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,8	0,56	16	IEL-H
Recepcion	16,35	5,85	4	300	2750	1,595720721	0,75	0,8	0,56	8	IEL-H
Mercado	5,025	5,85	1	500	2750	1,001149425	0,75	0,72	0,56	18	IEL-H
Archivo T1	7,176	5,85	2	500	2750	1,193612774	0,75	0,8	0,56	11	IEL-H
Archivo T2	8,702	5,85	2	500	2750	1,295652373	0,75	0,8	0,56	14	IEL-H
Baño Archivo T2	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Puesto de Mando	3,65	5,85	2	500	2750	0,83245614	0,75	0,63	0,56	7	IEL-H
Jefe de Archivo	2,425	5,85	2	500	2750	0,634944612	0,75	0,51	0,56	6	IEL-H
Contrucción	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,8	0,56	16	IEL-H
Baño de Contrucción	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
2 do Nivel											
J. de Dpato Civil	2,35	2,85	2	500	2750	0,477029915	0,75	0,51	0,56	3	IEL-H
Baño de Dpato Civil 1	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Pantry de Dpato Civil 1	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Dpato Civil 1	12,35	5,85	2	500	2750	1,470238095	0,75	0,87	0,56	18	IEL-H
Dpato Civil 2	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Dpato Civil 3	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Serv. Proyecto 2	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Topografía	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Minas y Medio Ambiente	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Geología	12,35	5,85	2	500	2750	1,470238095	0,75	0,87	0,56	18	IEL-H
Baño de Geología	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Pantry deGeología	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
J. Division Minera	2,35	2,85	2	500	2750	0,477029915	0,75	0,51	0,56	3	IEL-H



3er Nivel											
Dtor Adjunto	2,35	2,85	2	500	2750	0,477029915	0,75	0,51	0,56	3	IEL-H
Baño S. del Dtor Adjunto	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Pantry S. del Dtor Adjunto	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
S. del Dtor Adjunto	12,35	5,85	2	500	2750	1,470238095	0,75	0,87	0,56	18	IEL-H
Tecnología	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Mecanica 1	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Mecanica 2	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Informática	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Elect. e Intumentacion 2	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Elect. e Intumentacion 1	12,35	5,85	2	500	2750	1,470238095	0,75	0,87	0,56	18	IEL-H
Baños Elect. e Intr. 1	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Pantry Elect. e Intr. 2	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
J. Dtapo. Elect. e Intr	2,35	2,85	2	500	2750	0,477029915	0,75	0,51	0,56	3	IEL-H
4to Nivel											
Asesor de Dtor Gral	2,35	2,85	2	500	2750	0,477029915	0,75	0,51	0,56	3	IEL-H
Baño del Dtor. Gral	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Pantry del Dtor. Gral	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Dirección General	12,35	5,85	2	500	2750	1,470238095	0,75	0,87	0,56	18	IEL-H
Salon de Reuniones	9,85	5,85	2	300	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	9	IEL-H
Calidad	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Gestion 1	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Gestion 2	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Finanzas	9,85	5,85	2	500	2750	1,359341826	0,75	0,87	0,56	14	IEL-H
Contabilidad	12,35	5,85	2	500	2750	1,470238095	0,75	0,87	0,56	18	IEL-H
Baño de Contabilidad	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
Pantry de Contabilidad	1,35	2,85	1	100	1350	0,339285714	0,75	0,51	0,56	1	IEL-H
J de Contabilidad	2,35	2,85	2	500	2750	0,477029915	0,75	0,51	0,56	3	IEL-H



Anexo 5 Cálculo de alumbrado lámparas LED26 W y 10 W.

Alt, Util												
2,7												
LOCAL	LARGO	ANCHO	CANT . L.	N. LUMINO SO	LUM. X LAMP.	K	C.CONSERV.	C.UTIL	Rend.	Cant. Lumn.	Tipo de L.	
3er Nivel												
Comedor	12,35	11,85	2	60	2300	2,239784206	0,75	0,96	1	3	IEL-H	
Jefe de RH	2,35	4,41	2	500	2300	0,567800789	0,75	0,51	1	3	IEL-H	
Pantry G.	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H	
Personal	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,8	1	10	IEL-H	
Recepcion	16,35	5,85	4	300	900	1,595720721	0,75	0,8	1	13	IEL-H	
Mercado	5,025	5,85	1	500	2300	1,001149425	0,75	0,72	1	12	IEL-H	
Archivo T1	7,176	5,85	2	500	2300	1,193612774	0,75	0,8	1	8	IEL-H	
Archivo T2	8,702	5,85	2	500	2300	1,295652373	0,75	0,8	1	9	IEL-H	
Baño Archivo T2	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H	
Puesto de Mando	3,65	5,85	2	500	2300	0,83245614	0,75	0,63	1	5	IEL-H	
Jefe de Archivo	2,425	5,85	2	500	2300	0,634944612	0,75	0,51	1	4	IEL-H	
Contrucción	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,8	1	10	IEL-H	
Baño de Contrucción	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H	
2 do Nivel												
J. de Dpto Civil	2,35	2,85	2	500	2300	0,477029915	0,75	0,51	1	2	IEL-H	
Baño de Dpto Civil 1	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H	
Pantry de Dpto Civil 1	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H	
Dpto Civil 1	12,35	5,85	2	500	2300	1,470238095	0,75	0,87	1	12	IEL-H	
Dpto Civil 2	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H	
Dpto Civil 3	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H	
Serv. Proyecto 2	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H	
Topografía	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H	
Minas y Medio Ambiente	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H	
Geología	12,35	5,85	2	500	2300	1,470238095	0,75	0,87	1	12	IEL-H	
Baño de Geología	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H	
Pantry de Geología	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H	
J. Division Minera	2,35	2,85	2	500	2300	0,477029915	0,75	0,51	1	2	IEL-H	



3er Nivel											
Dtor Adjunto	2,35	2,85	2	500	2300	0,477029915	0,75	0,51	1	2	IEL-H
Baño S. del Dtor Adjunto	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H
Pantry S. del Dtor Adjunto	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H
S. del Dtor Adjunto	12,35	5,85	2	500	2300	1,470238095	0,75	0,87	1	12	IEL-H
Tecnología	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Mecanica 1	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Mecanica 2	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Informática	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Elect. e Intumentacion 2	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Elect. e Intumentacion 1	12,35	5,85	2	500	2300	1,470238095	0,75	0,87	1	12	IEL-H
Baños Elect. e Intr. 1	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H
Pantry Elect. e Intr. 2	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H
J. Dtapo. Elect. e Intr	2,35	2,85	2	500	2300	0,477029915	0,75	0,51	1	2	IEL-H
4to Nivel											
Asesor de Dtor Gral	2,35	2,85	2	500	2300	0,477029915	0,75	0,51	1	2	IEL-H
Baño del Dtor. Gral	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H
Pantry del Dtor. Gral	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H
Dirección General	12,35	5,85	2	500	2300	1,470238095	0,75	0,87	1	12	IEL-H
Salon de Reuniones	9,85	5,85	2	300	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	6	IEL-H
Calidad	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Gestion 1	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Gestion 2	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Finanzas	9,85	5,85	2	500	2300	1,359341826	0,75	0,87	1	10	IEL-H
Contabilidad	12,35	5,85	2	500	2300	1,470238095	0,75	0,87	1	12	IEL-H
Baño de Contabilidad	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H
Pantry de Contabilidad	1,35	2,85	1	100	900	0,339285714	0,75	0,51	1	1	IEL-H
J de Contabilidad	2,35	2,85	2	500	2300	0,477029915	0,75	0,51	1	2	IEL-H

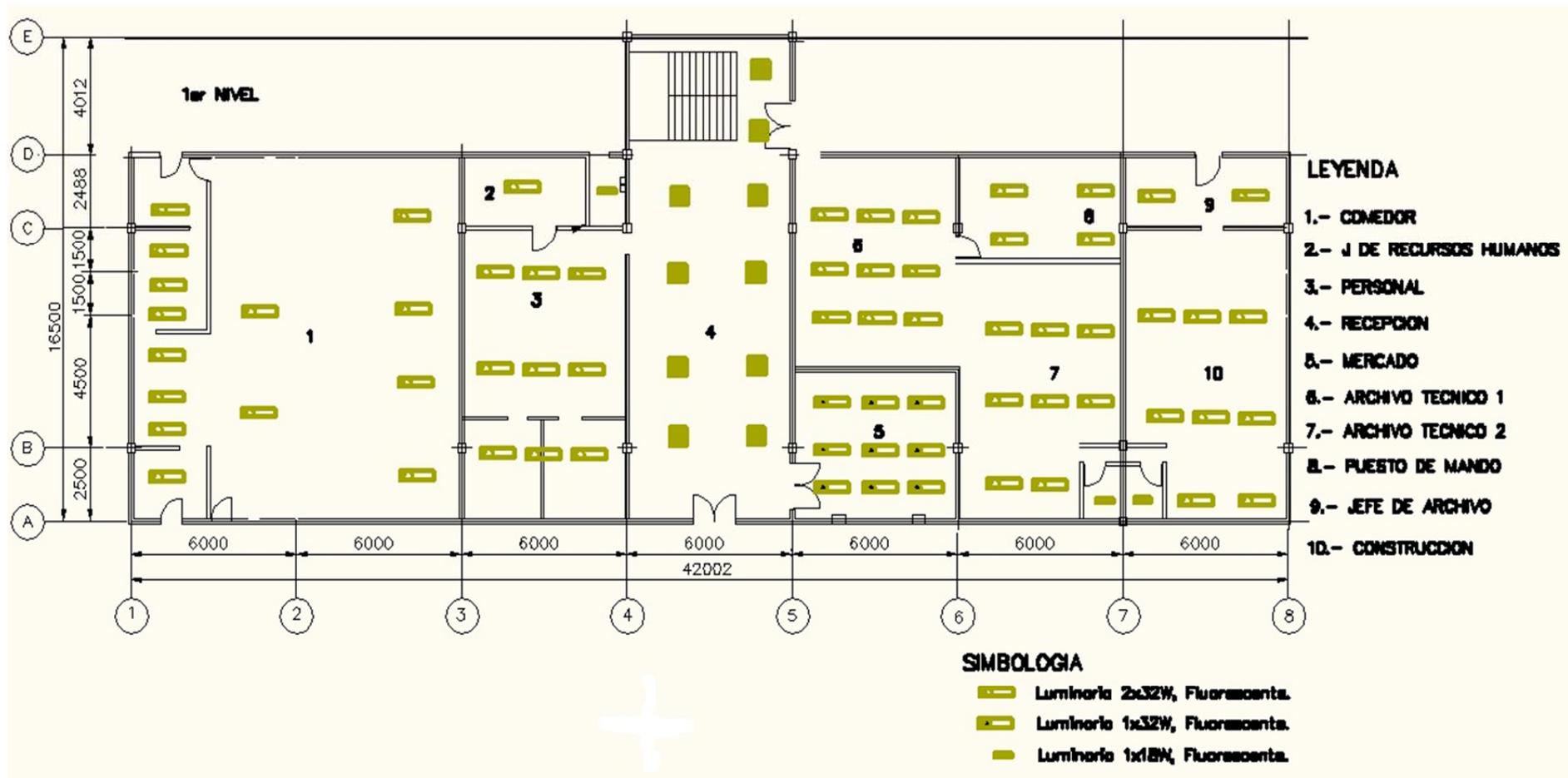


Anexo 6 Ingresos, Estado de resultado y flujo de caja

DESCRIPCION	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTAL
Ingresos											
Costos											
Costos sin Inversión (2) \$	26.023	26.023	26.023	26.023	26.023	26.023	26.023	26.023	26.023	26.023	260.226
Costos con Inversión (1) \$	16.334	16.334	16.334	16.334	16.334	16.334	16.334	16.334	16.334	16.334	163.336
Incremento de los Costos (1-2) \$	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	-96.891
Resumen Estado de Resultado del Proyecto, US\$x'000											
ESTADO DE RESULTADO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total
Ingresos \$	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	9.689,07	\$ 96.891
Costo de Operación \$	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	(9.689)	\$ (96.891)
Utilidad de Operaciones \$	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	\$ 193.781
Utilidades Brutas \$	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	19.378	\$ 193.781
Reservas para contingencias @ 5 % \$	969	969	969	969	969	969	969	969	969	969	\$ 9.689
Utilidades Imponibles \$	18.409	18.409	18.409	18.409	18.409	18.409	18.409	18.409	18.409	18.409	\$ 184.092
Sobre Utilidades \$	6.443	6.443	6.443	6.443	6.443	6.443	6.443	6.443	6.443	6.443	\$ 64.432
Utilidad Neta \$	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	\$ 119.660
Flujo de Caja	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTAL
Utilidad Neta del Proyecto \$	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	11.966	\$ 119.660
Mas Reservas para Contingencias \$	969	969	969	969	969	969	969	969	969	969	\$ 9.689
Efectivo Neto \$	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	\$ 129.349
Inversiones \$	35.657										\$ 35.657
Flujo de Caja Neto del Proyecto \$	(22.722)	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	12.935	\$ 93.692
Flujo de Caja Acumulado \$	(22.722)	(9.787)	3.148	16.083	29.018	41.952	54.887	67.822	80.757	93.692	
Tasa Interna de Retorno,(TIR) 55,9%											
Tasa de Descuento	0,0%		15,0%								
Valor Actualizado Neto, (VAN)	\$ 93.692		\$33.911								
Periodo de Recuperación	2 Años	9 meses									

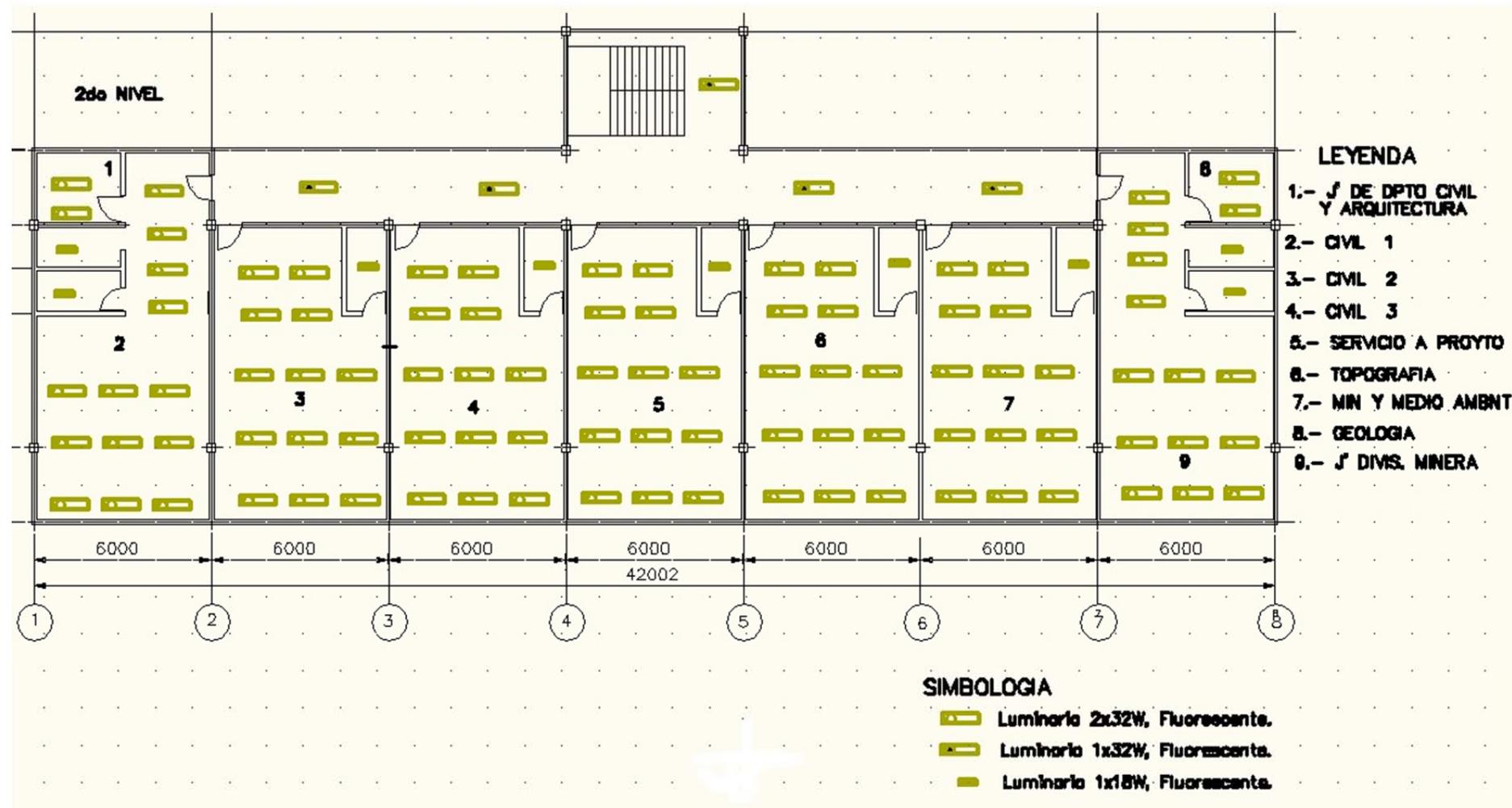


Anexo 7 Sistema de iluminación interna 1er Nivel con lámparas fluorescente



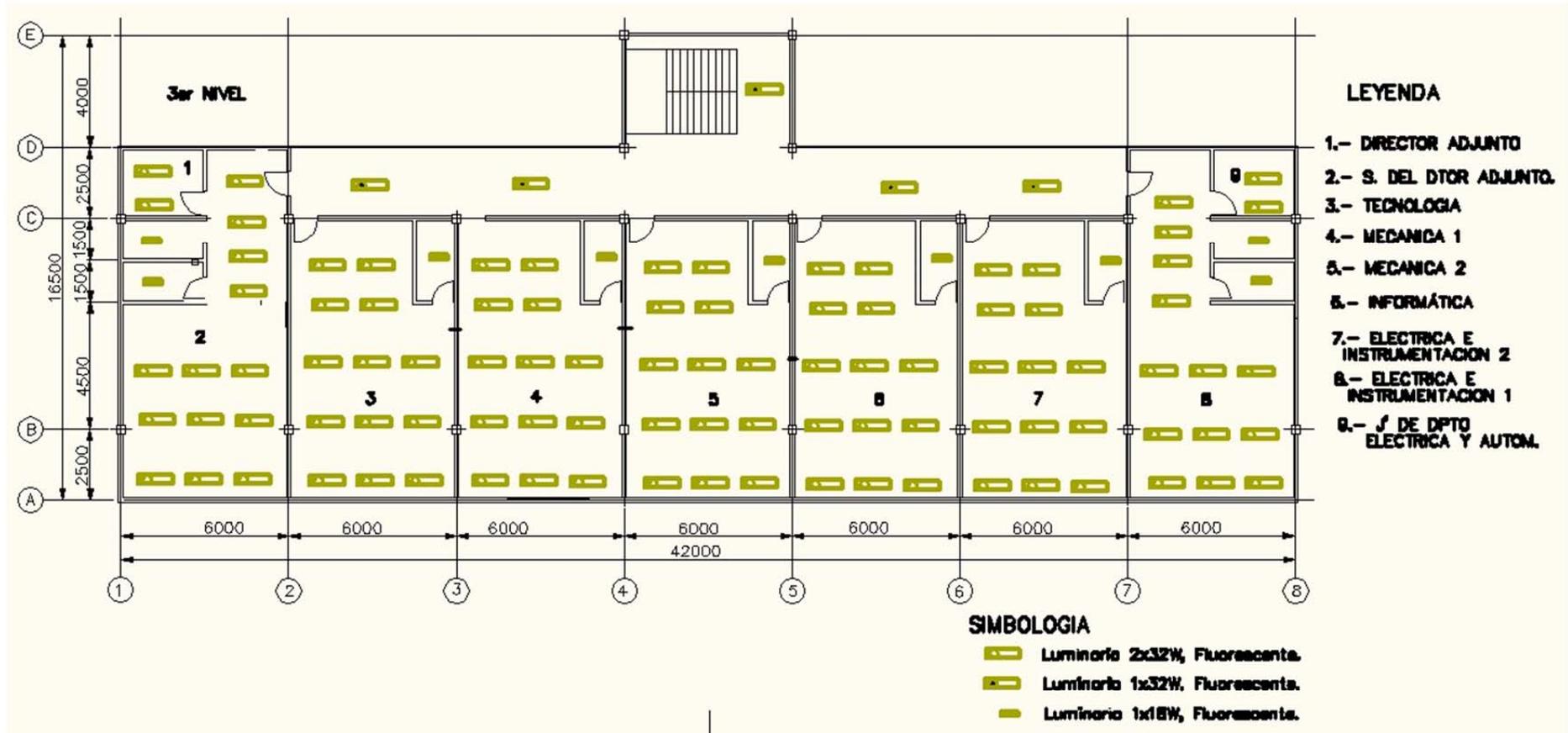


Anexo 8 Sistema de iluminación interna 2do Nivel con lámparas fluorescente



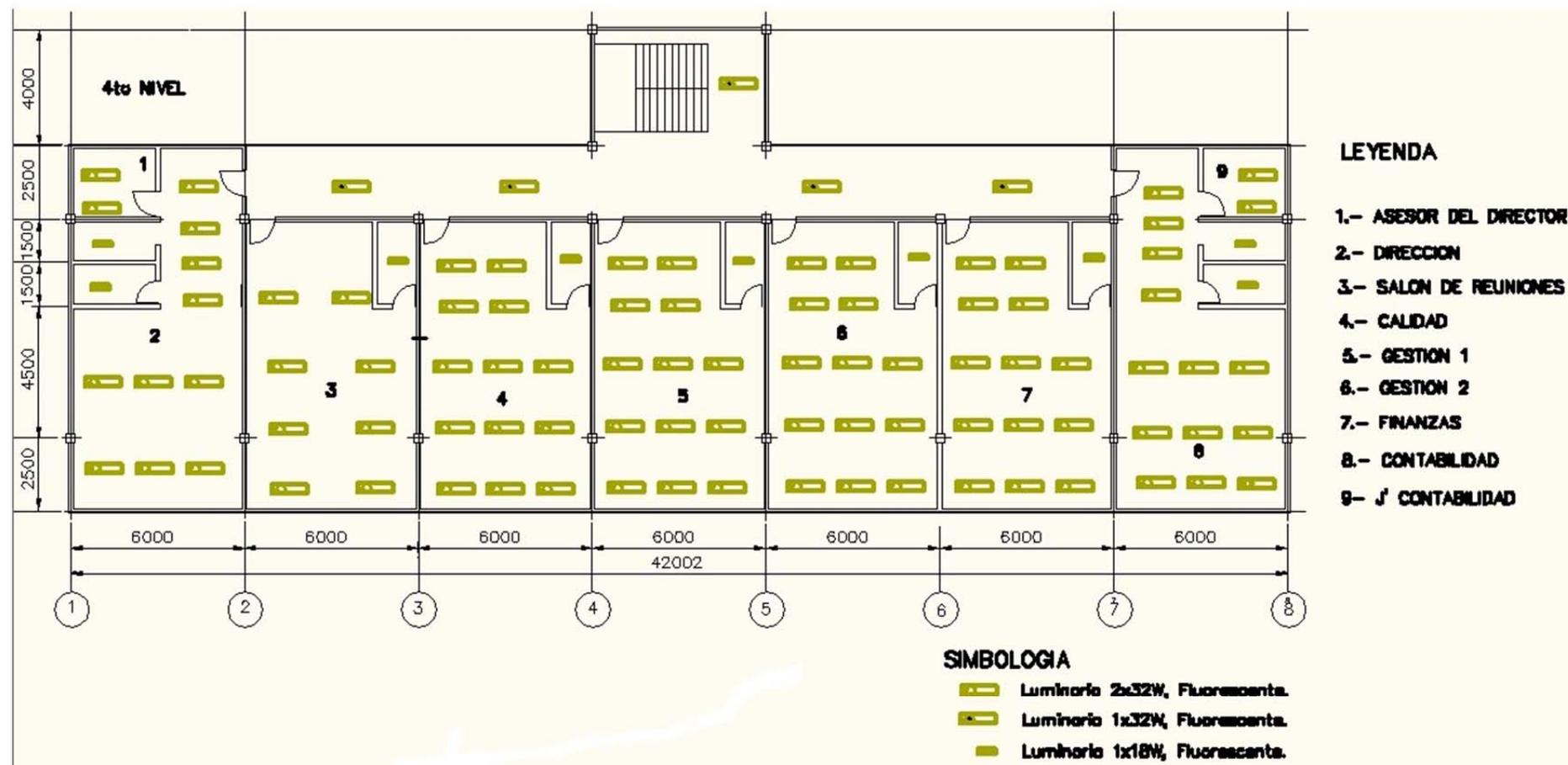


Anexo 9 Sistema de iluminación interna 3er Nivel con lámparas fluorescente



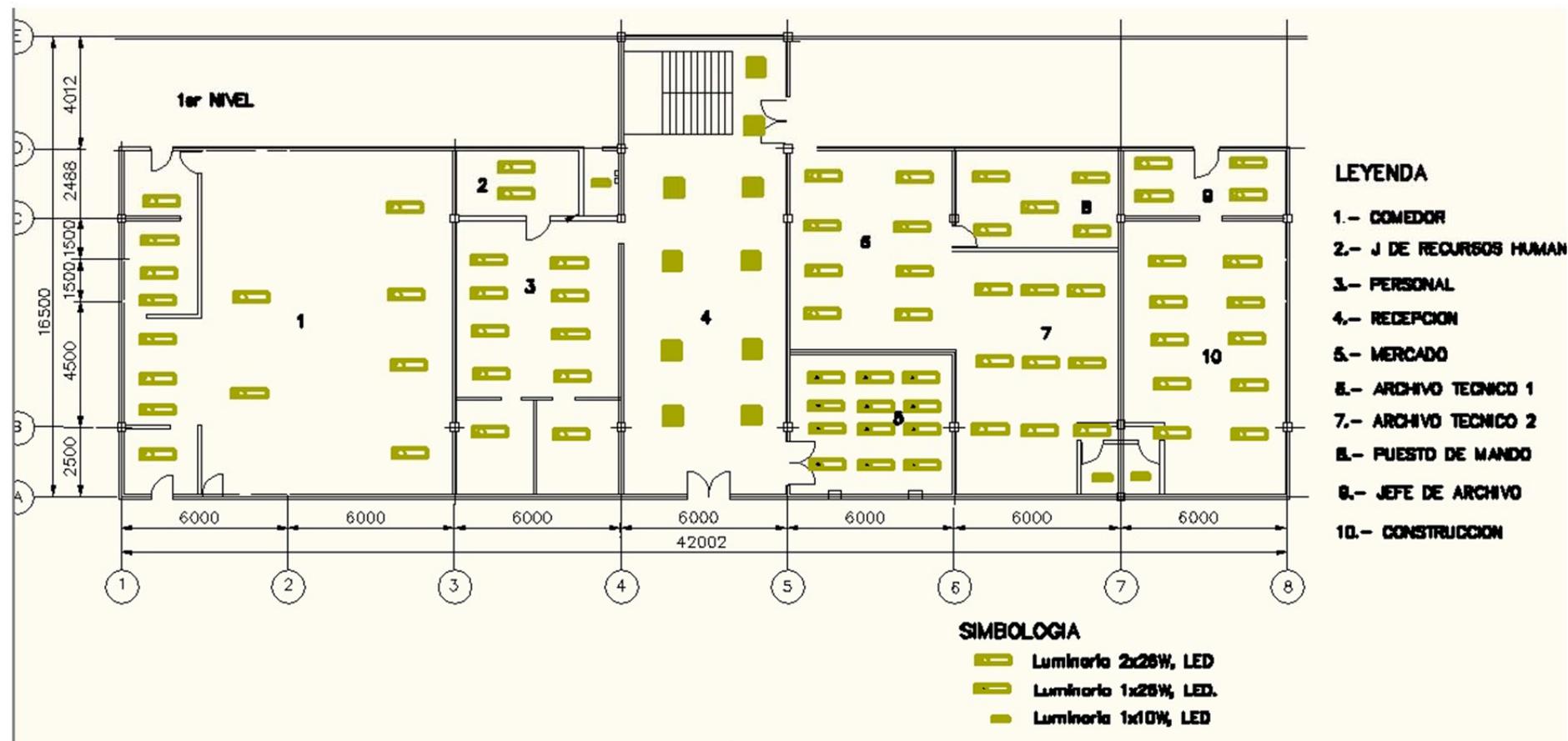


Anexo 10 Sistema de iluminación interna 4to Nivel con lámparas fluorescente



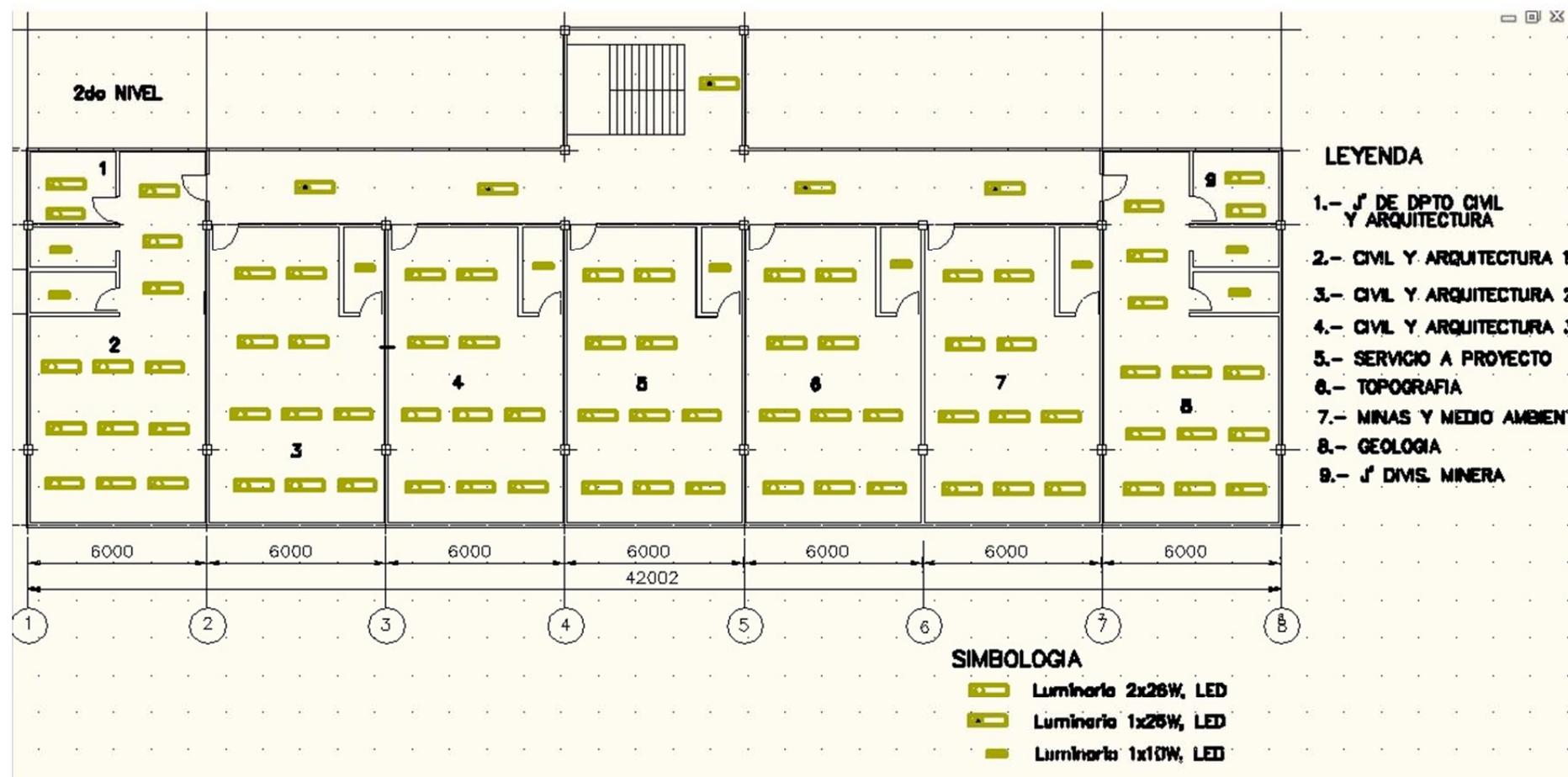


Anexo 11 Sistema de iluminación interna propuestas 1er Nivel con lámparas LED



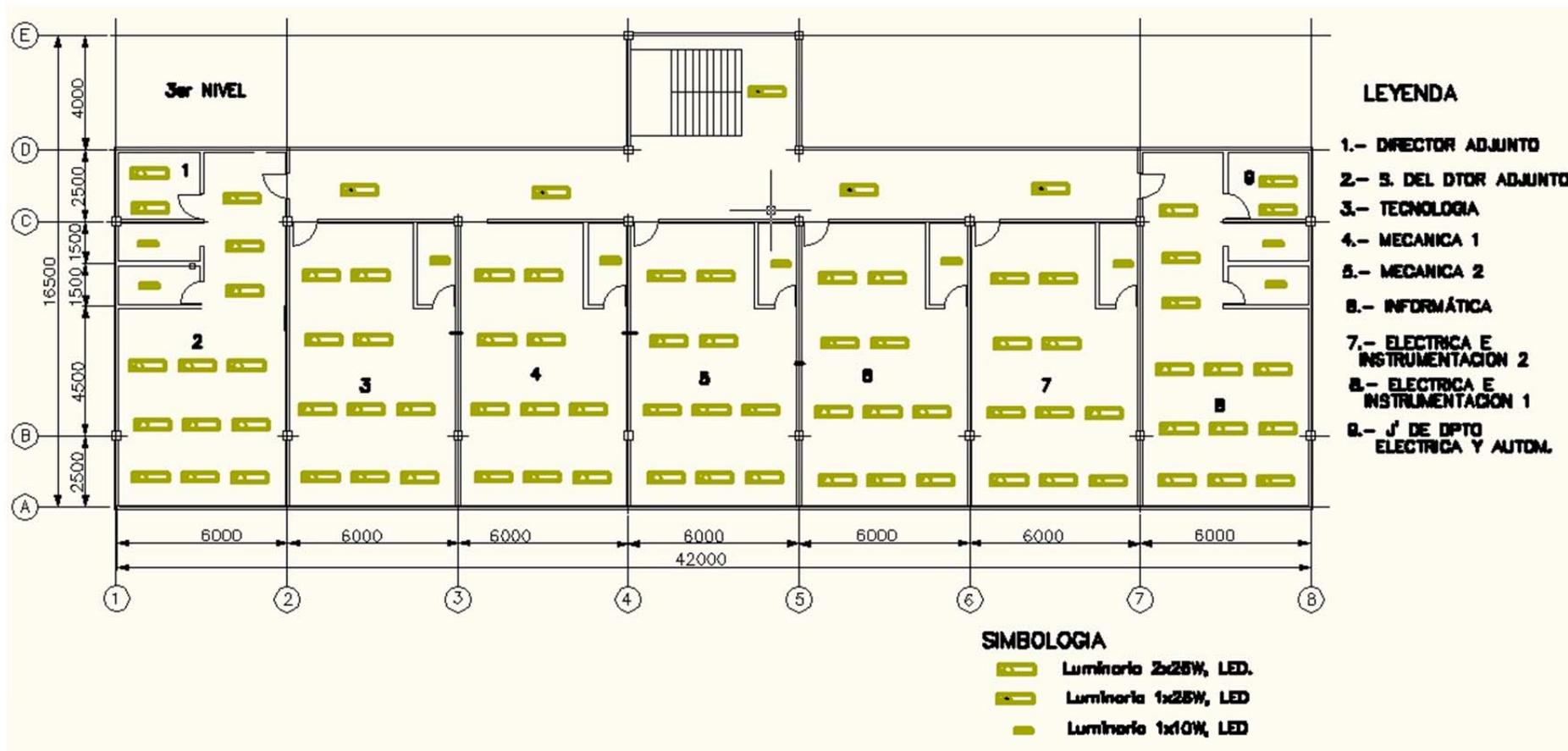


Anexo 12 Sistema de iluminación interna propuestas 2do Nivel con lámparas LED





Anexo 13 Sistema de iluminación interna propuestas 3er Nivel con lámparas LED





Anexo 14 Sistema de iluminación interna propuestas 4to Nivel con lámparas LED

