

ESTUDIO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Implementación de sistemas ahorradores de energía en edificio Insafocoop

Autor:

Aristides Orellana
www.AristidesOrellana.com

Diciembre 2015



Tabla de Contenidos

1.	Introducción.....	<u>3</u>
2.	Objetivos.....	<u>4</u>
3.	Sistemas de Iluminación.....	<u>4</u>
	3.1 Conceptos básicos.....	<u>4</u>
	3.2 Tipos de lámparas.....	<u>5</u>
	3.2.1 Lámparas fluorescentes tubulares (tubos fluorescentes).....	<u>5</u>
	3.2.2 Lámparas LED.....	<u>5</u>
	3.3 Etiqueta de eficiencia energética.....	<u>6</u>
	3.4 Tipos de luminarias.....	<u>6</u>
	3.4.1 Luminarias con reflector.....	<u>6</u>
	3.4.2 Luminarias con difusor.....	<u>7</u>
4.	Factores de Calidad y Diseño.....	<u>7</u>
	4.1 Niveles de iluminación requeridos y uniformidad.....	<u>9</u>
	4.2 Observaciones.....	<u>10</u>
	4.3 Propiedades de color.....	<u>11</u>
	4.4 Índices energéticos.....	<u>12</u>
5.	Oportunidades de eficiencia energética en edificio Insafocoop.....	<u>13</u>
	5.1 Iluminación natural.....	<u>13</u>
	5.2 Cambio de tipo de luminarias.....	<u>14</u>
	5.2.1 Ahorro energético debido a los sistemas de control (switch, interruptores).....	<u>15</u>
6.	Evaluación de proyecto(primer planta edificio Insafocoop).....	<u>16</u>
	6.1 Alumbrado General.....	<u>16</u>
	6.2 Fase 1: Recambio uno a uno de las luminarias.....	<u>17</u>
	6.3 Proyecto 2: incorporación de un sistema de control(Pasillo y auditorio) (fase 1).....	<u>18</u>
7.	Conclusiones y Recomendaciones.....	<u>20</u>

1. Introducción.

Comúnmente la iluminación utilizada en la industria, comercio y en las residencias representa cerca de un 20% del consumo de energía eléctrica.

Los sistemas de iluminación presentan buenas oportunidades de implementar soluciones de eficiencia energética. Debido a que éstas son aplicadas localmente y normalmente no es necesario intervenir mayormente en las instalaciones eléctricas.

Las inversiones asociadas a los sistemas de iluminación son recuperadas generalmente entre tres meses y cinco años, lo cual dependerá directamente de la cantidad de horas de uso y del tipo de tecnología utilizada.

En el presente escrito se pretende brindar la información teórica necesaria para fundamentar los cambios propuestos a el sistema de iluminación del edificio Insafocoop, acorde a el decreto No.89, artículo 130.

Las tecnologías que se proponen para disminuir el consumo energético son: incremento de uso de luz natural mediante el uso de un sistema óptico, cambio de la tecnología de las lámparas e implementación de un sistema de control. De este modo se realiza un análisis breve para cada propuesta y se hace una evaluación económica, incluyendo los indicadores de retorno de la inversión VAN y TIR.

2. Objetivos

-Desarrollar una herramienta básica para el diseño de un sistema de iluminación en el edificio Insafo-coop. Enfocado principalmente en el uso racional de energía.

-Presentar las diversas tecnologías para los sistemas de iluminación disponibles en el mercado local.

-Realizar una evaluación técnico-económico de diversas opciones de iluminación.

Sistemas de iluminación

Se componen de la instalación eléctrica y las luminarias. El objetivo principal es la de iluminar áreas que de otra forma no reciben luz natural.

3. Sistemas de Iluminación

3.1 Conceptos básicos

Lámpara: son utensilios que proporcionan luz artificialmente. Ejemplos de lámparas en el edificio insafocoop son las ampollitas y los tubos fluorescentes.

Luminarias: Son las estructuras que contienen a las lámparas y las conectan a la red eléctrica. Así como también, se encargan de procesar la luz por medio de difusores y filtros para controlar su dirección e intensidad.

Flujo luminoso: Es el número de fotones por unidad de área sobre tiempo que una lámpara emite. Su unidad de medida es el lumen(lm).

Eficiencia de una lámpara: representa la cantidad de fotones que es capaz de entregar la lámpara por unidad de potencia. Esta medida es proporcionada por el fabricante en Lm/W (Lumens de salida por cada Watt de entrada).

Cabe destacar el factor que determina la capacidad de emitir luz a una potencia dada es la eficiencia. De esta manera una lámpara led de menor potencia, al tener una mayor eficiencia que una incandescente brindara mayor cantidad de luz (flujo luminoso).

Rendimiento de la luminaria: Es la cantidad de luz neta que recibe el lugar a iluminar. Es expresado en porcentaje.

Índice de reproducción cromática (IRC o Ra): Capacidad de una lámpara de reproducir los colores de objetos fielmente, siendo la ideal la de la luz natural. Su unidad de medida son los grados kelvin.

3.2 Tipos de lámparas

3.2.1 Lámparas fluorescentes tubulares (tubos fluorescentes)

Poseen bajo consumo de energía, larga duración y buena reproducción de color. Son las usadas actualmente por el edificio Insafocoop.

Los tres tipos de tecnologías disponibles de lámparas fluorescentes tubulares son las siguientes:

- Tecnología T-10
- Tecnología T-8
- Tecnología T-5

Siendo la T-10 la de menor eficiencia y la T-5 la de mayor. La clasificación anterior se basa en el diámetro de la lámpara. Por ejemplo, las lámparas T-10 poseen un diámetro de 10/8 pulgadas, T-8 poseen un diámetro de 8/8.



Figura 1. Clasificación de tubos fluorescentes según su diámetro.

3.2.2 Lámparas LED

Esta tecnología ha pasado de ser usada solo en tableros electrónicos, semáforos a ser usada en pantallas de computadora e iluminación artificial.

La luz es emitida por diodos semiconductores los cuales se encuentran dentro del bombillo o tubo. Su reproducción cromática tiene aproximadamente un rango de 70 y 85 (4000 y 6500K).

De todas las lámparas disponibles en el mercado estas son las que tienen un mayor rendimiento.

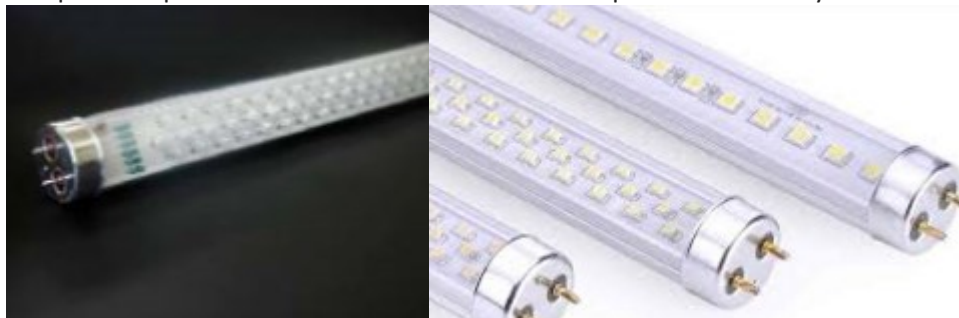


Figura 2. Lámpara led tubular.

Antes de optar por una tecnología en específico se deben estudiar las siguientes características:

- Temperatura de color
- Eficiencia

- Vida útil
- Aplicación
- Potencia
- Flujo luminoso
- IRC (Índice de reproducción cromática)

3.3 Etiqueta de eficiencia energética

Todas las lámparas incandescentes y fluorescentes cuentan con una etiqueta de eficiencia energética, cuyo objetivo es el de brindar una guía en la fase de diseño de un sistema de iluminación.

La etiqueta se compone de barras de diferentes colores, con las letras desde la A hasta la G. Denotando la letra A la opción más eficiente.

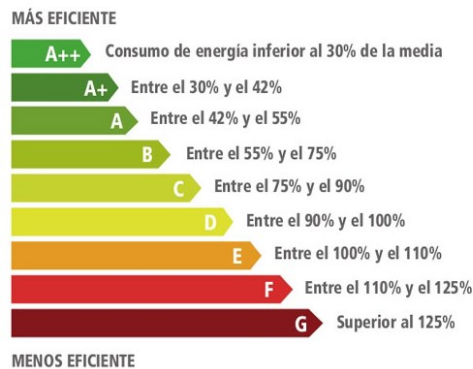


Figura 3. Letra y color para cada porcentaje de eficiencia energética en lámparas fluorescentes e incandescentes.

3.4 Tipos de luminarias

A continuación, se muestran los tipos de luminarias más utilizadas en el sector industrial.

3.4.1 Luminarias con reflector

Están constituidas por una estructura principal que brinda soporte a las lámparas y redirige la luz en todas direcciones. Son comúnmente empleadas en oficinas, salas de estar, pasillos, bodegas, etc.



Figura 4. Luminarias con reflector.

Cabe destacar que su rendimiento varía entre un 70 y 85%. Se nota que esta característica podría reducir aún más los gastos del edificio insafocoop, al procurar de incrementar la eficiencia del sistema de iluminación, en contraste con el incremento del número de luminarias.

3.4.2 Luminarias con difusor

Se usan para alumbrado general. Su característica principal es que emiten luz que no genera sombra y con un bajo grado de deslumbramiento. Son usadas en oficinas.

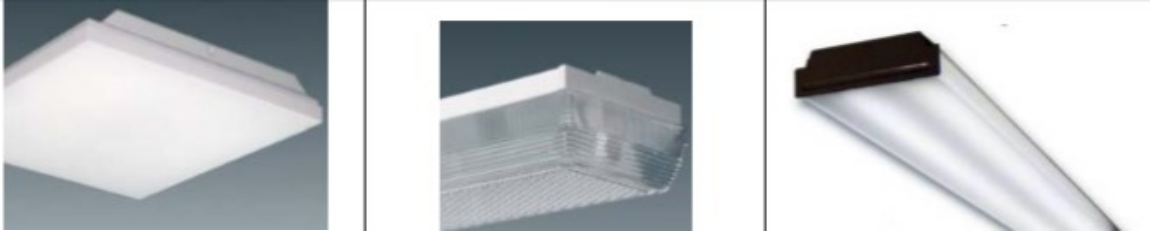


Figura 5. Luminarias con difusor.

4. Factores de calidad y diseño

Las condiciones del ambiente a considerar más importantes en el que será implementada la luminaria son:

- Humedad
- Temperatura
- Higiene del lugar (cocinas, bodegas)

De esta manera, el tipo de luminaria a utilizar en un proyecto de iluminación dependerá de su ubicación, si es ambiente interior (oficinas) o exterior (estacionamientos).

Así como también, el grado de protección que un aparato eléctrico tiene ante las condiciones del ambiente antes mencionadas está clasificado por un índice de protección (IP).



Figura 6. Código internacional de protección de aparatos eléctricos.

La descripción del código IP se muestra a continuación:

Tabla 1. Nivel de protección efectivo para objetos sólidos.

Nivel	Tamaño del objeto entrante	Efectivo contra
0	—	Sin protección
1	>50 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 50 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
2	>12.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 12,5 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
3	>2.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 2,5 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
4	>1 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 1 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento.
6	Protección fuerte contra polvo	El polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia

Tabla 2. Nivel de protección efectivo para objetos líquidos(agua).

Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados esperados
0	Sin protección.	Ninguno	El agua entrará en el equipamiento.
1	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto)
2	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada. (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Chorros de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
6	Chorros muy potentes de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100kN/m ² durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
7	Inmersión completa en agua.	El objeto debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua.
8	Inmersión completa y continua en agua.	El equipamiento eléctrico / electrónico debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.	No debe entrar agua

4.1 Niveles de iluminación requeridos y uniformidad

Los niveles mínimos de iluminación establecidos por la normativa nacional, de acuerdo a las actividades que se realizan en el edificio insafocoop son los siguientes:

Tabla 3. Valores de iluminación según Decreto No. 89, Artículo 130, Sección 2, considerando el ambiente dentro del edificio Insafocoop.

				C: OFICINAS			
LUGAR O ACTIVIDAD				Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Archivos,	copiadoras,	áreas	de	300	19	80	
circulación							
Lectura,	escritura,	mecanografía,		500	19	80	Acondicionar las pantallas de visualización
proceso de datos							
Dibujo técnico				750	16	80	
Diseño asistido (CAD)				500	19	80	Acondicionar las pantallas de visualización
Salas de reunión				500	19	80	
Puestos de recepción				300	22	80	
Almacenes				200	25	80	
A: ZONAS DE CIRCULACIÓN Y ÁREAS GENERALES INTERIORES							
LUGAR O ACTIVIDAD				Em ⁽¹⁾	UGR ⁽²⁾	Ra ⁽³⁾	Observaciones ⁽⁴⁾
Zonas de circulación							
Pasillos y vías de circulación				100	28	40	A nivel del suelo. Si hay circulación de vehículos, aumentar a 150 lux
Escaleras normales y escaleras mecánicas				150	25	40	
Muelles de carga/descarga				150	25	40	
Salas de descanso, primeros auxilios y sanitarios							
Comedores				200	22	80	
Salas de descanso				100	22	80	
Salas de ejercicios físicos				300	22	80	
Vestuarios, servicios y aseos				100	25	80	
Enfermería				500	19	80	
Sala de atención médica				500	19	90	Temperatura de color Tc³ 4000° K
Salas de Control							
Salas de calderas, interruptores, etc.				200	25	60	
Centralistas, salas de fax				500	19	80	
Salas de almacén y cámaras refrigeradas							
Almacenes				100	25	60	200 lux si están ocupados continuamente
Áreas de embalado				300	25	60	
Áreas de almacenamiento en estanterías							
Pasillos sin trabajadores				20	-	40	
Pasillos con trabajadores				200	22	60	
Puestos de control				200	22	60	

Donde:

1. **Em** - Nivel medio de iluminación mantenido sobre el área de trabajo, en lux.
2. **UGR** - Índice unificado de deslumbramiento ("Unified Glare Rating") obtenido con arreglo al procedimiento dado por CIE en su publicación N°. 117. (Para un determinado sistema de iluminación puede ser suministrado por la empresa instaladora).
3. **Ra** - Índice de rendimiento en color de la fuente de luz (suministrado por el fabricante). El valor máximo de Ra es de 100.

4.2 Observaciones

- Entre otros requisitos de un sistema de iluminación, se encuentra el de la temperatura de color de las fuentes de luz, T_c , expresada en grados Kelvin. Este parámetro hace referencia a la tonalidad de la luz. (Decreto No.89 artículo 130)

Según el Artículo 133 del decreto No.89 capítulo 2, la iluminancia que deberá tener un trabajo o tarea según su complejidad deberá ser la siguiente:

Tabla 4. Niveles mínimos de iluminación para los trabajos o tareas

Tarea	Luminancia en cd/m^2
Demasiado difícil	Más de 122.6
Muy difícil	35.0 – 122.6
Difícil	12.3 – 35.0
Ordinaria	5.3 – 12.3
Fácil	Menos de 5.3

Según el **artículo 134** los requisitos respecto a la iluminación son:

Se aumentará la iluminación en máquinas peligrosas, lugares de tránsito con riesgos de caída y escaleras y salidas de emergencias. Se deberá graduar la luz en lugares con acceso a zonas de distinta intensidad luminosa.

- a) *Cuando exista iluminación natural se evitarán en los pasillos las sombras que dificulten las operaciones a ejecutar.*
- b) *La intensidad luminosa en cada zona de trabajo será uniforme evitando los reflejos y deslumbramiento al trabajador.*
- c) *Se realizará una limpieza periódica y la renovación en caso necesario de superficie iluminante para asegurar su constante transparencia.*
- d) *El área de las superficies iluminantes representará como mínimo un sexto de la superficie del suelo del local.*

Iluminación artificial:

Art. 135.- *En zonas de trabajo que carecen de iluminación natural, ésta sea insuficiente o se proyecten sombras que dificulten las operaciones laborales, se empleará la iluminación artificial. La distribución de los niveles de iluminación, en estos casos será uniforme y se deberán seguir las siguientes medidas:*

1. *Cuando la índole del trabajo exija la iluminación intensa en un lugar deseado, se combinará la iluminación general con otra local complementaria, adaptando a la labor que se ejecuta y dispuesta de tal modo que evite deslumbramientos.*

2. *La relación entre los valores mínimos y máximos de iluminación medida en lux, nunca será inferior a 0.80 para asegurar la uniformidad de la iluminación de los locales, evitando contrastes fuertes.*

3. *Para evitar deslumbramientos:*

a) *No se emplearán lámparas desnudas a alturas menores de cinco metros del suelo, exceptuando este requisito a aquellas que en el proceso de fabricación se les haya incorporado de modo eficaz protección deslumbrante.*

- b) En ángulo formado por el rayo luminoso procedentes de una lámpara descubierta con la horizontal del ojo del trabajador no será inferior a 30 grados.
- c) Se utilizarán para el alumbrado localizado reflectores opacos que oculten completamente al ojo del trabajador la lámpara, cuyo brillo no deberá ocasionar tampoco deslumbramiento por reflexión.
- d) No deberán emplearse fuentes de luz que produzcan oscilaciones en la emisión del flujo luminoso.

4. En los locales con riesgo de exposición por el género de sus actividades, a sustancias almacenadas o ambientes peligrosos, la iluminación será antideflagrante. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión.

5. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:

- a) Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
- b) Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
- c) Siempre que fuese posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos, se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
- d) La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- e) Se procurará mantener unos niveles y contrastes de iluminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de iluminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- f) No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar a efectos estroboscópicos.
- g) Las superficies de paredes y techos de los locales de trabajo deberán pintarse de preferencia de colores claros, a fin que absorban la menor cantidad de luz y contribuyan a la uniformidad de la iluminación.

4.3 Propiedades de color

Temperatura de color:

Si la temperatura de color fuese inferior a 3300K se tendrá una luz cálida, entre 3300K y 500K se tendrá un blanco neutro y más de 5000K se tendrá un blanco frío.

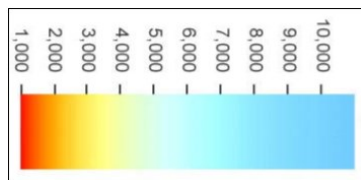


Figura 7. Escala de temperatura y color.

Según el tipo de actividad se recomienda el tipo de luz siguiente:

Tabla 3. Temperaturas de color recomendadas segun aplicaciones.

Tono de luz. Temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos. < 3000 K.	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso. Salas de espera. Oficinas tipo Reunión. Oficinas tipo Celda. Zonas con usuarios de avanzada edad. Áreas de esparcimiento. Bajos niveles de iluminación.
Tonos neutros. 3300 - 5000 K.	Lugares con importante aportación de luz natural. Tareas visuales de requisitos medios. Oficinas tipo Colmena. Oficinas tipo Celda.
Tonos fríos. > 5000 K.	Entornos decorados con tonos fríos. Altos niveles de iluminación. Para enfatizar la impresión técnica. Tareas visuales de alta concentración.

4.4 Índices energéticos

El índice de eficiencia energética (IEE) es un factor que permite comparar el consumo de energía entre un proyecto y otro. De esta forma se puede mantener el proyecto de iluminación en un cierto rango de eficiencia. La unidad de medida es el watt por metro cuadrado (W/m² - 100 Lux).

Al evaluar el proyecto se verifica el IEE para el conjunto del proyecto mediante el cociente entre la potencia eléctrica total proyectada y la superficie considerada.

El IEE depende de:

- Dimensiones de recinto a iluminar
- Disposición de luminarias
- Nivel de iluminancia
- Eficiencia de lámparas e iluminarias

El IEE es un rango entre un valor optimo y uno máximo. (menor consumo energético y máximo consumo)

En un proyecto de iluminación se debe tener procurar no sobrepasar el IEE máximo, sino se lograra esto se recomienda replantearlo hasta lograr un rango aceptable.

5. Oportunidades de eficiencia energética en edificio Insafocoop

A continuación, se presentarán las propuestas a implementar para brindar al edificio Insafocoop de una mayor eficiencia energética. Se describirá el motivo de la propuesta y brevemente su implementación. Los planos presentados corresponden al plano eléctrico solamente de la fase 1.

Según el artículo 130 del Decreto No.89 se requiere:

Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos, se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.

5.1 Iluminación natural

Este tipo de iluminación se basa en un tipo de energía renovable y es gratis al ser obtenida del sol. Al poseer el salvador un clima tropical y recibir un alto flujo solar a lo largo del año, es recomendable utilizar este tipo de iluminación lo más posible.

El sol provee una luz con un alto IRC (100) y el nivel de iluminación es mayor entre 11 am y 2 pm, alcanzando en este periodo un nivel de luz del 100%, en los intervalos de 9am a 11am y 2pm a 6pm el nivel de luz varía de 30% a 90% dependiendo el perfil geográfico .

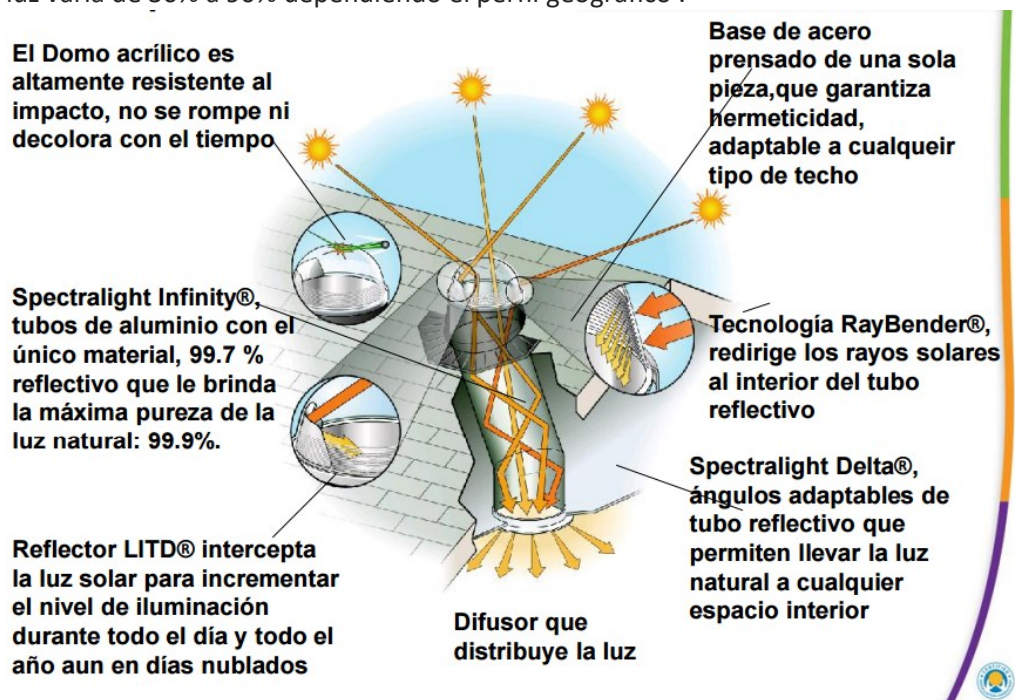


Figura 7. Funcionamiento de solatube (iluminación natural).

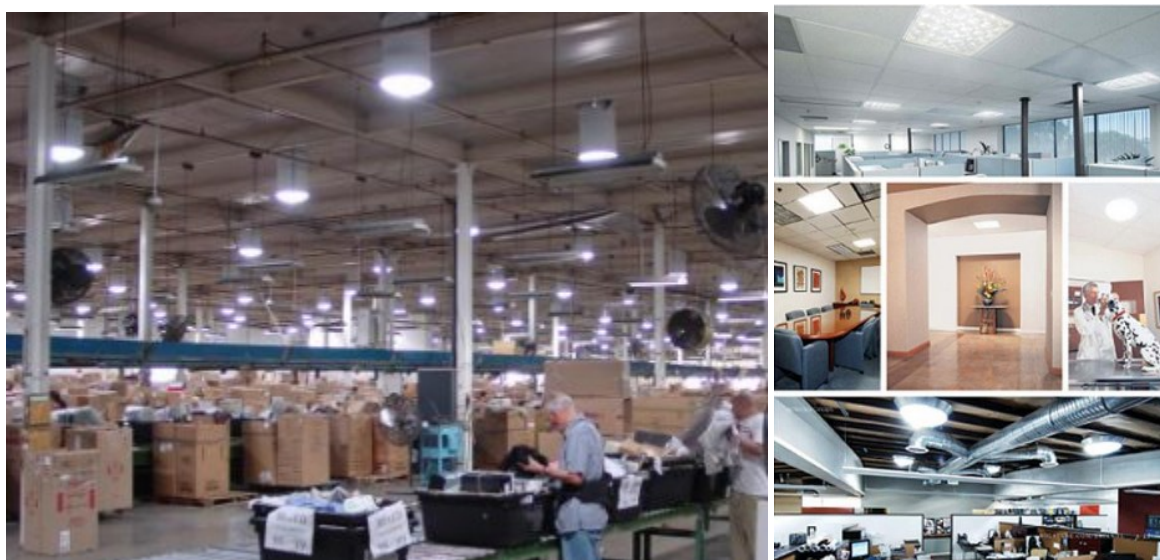


Figura 8. Iluminación natural proveida por solatube con cielos abiertos y cerrados.

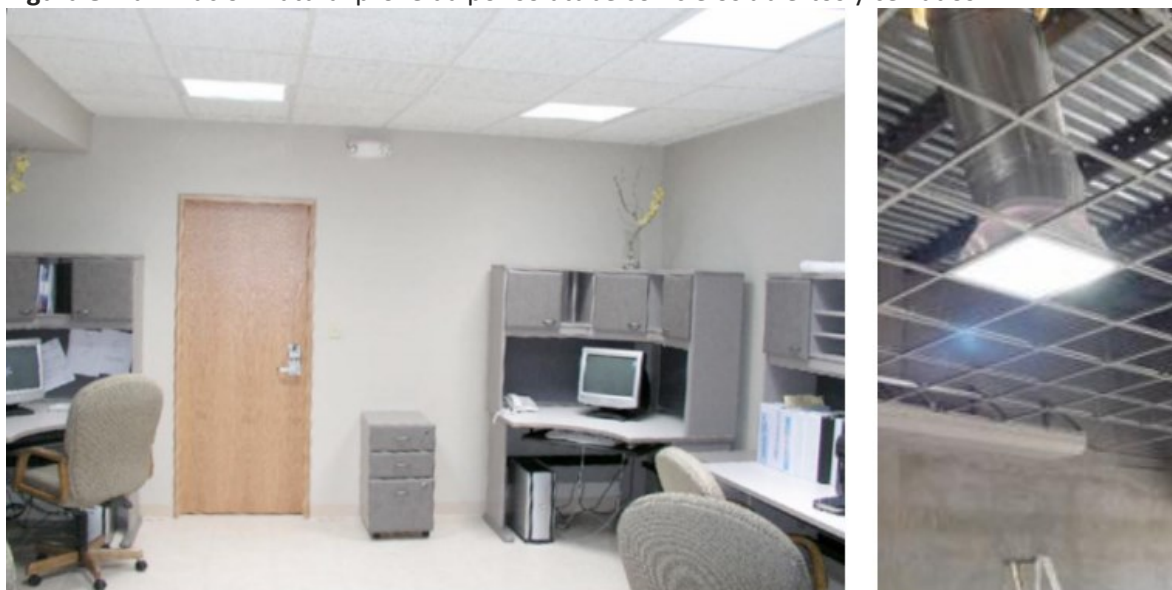


Figura 9. Solatube en Oficinas.

Este tipo de iluminación puede complementarse con sistemas artificiales y controlarse por medio de sistemas de regulación:

- Digital: La iluminación se enciende y apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación.
- Analógico: El sistema de iluminación artificial va incrementando su intensidad a medida la iluminación natural disminuye.

5.2 Cambio de tipo de luminarias

Esta es la alternativa que se implementará como primera fase (se adjuntan los planos eléctricos). Cabe notar que es la más fácil de llevarse a cabo, debido a que no es necesario modificar drásticamente la instalación eléctrica existente.

Antes de llevarse a cabo esta acción, es necesario conocer los tipos de tecnologías utilizados en una instalación, esto con el objetivo de determinar la eficiencia de las luminarias utilizadas, y buscar en el mercado local una tecnología con una mayor eficiencia.

5.2.1 Ahorro energético debido a los sistemas de control (switch, interruptores)

5.2.1.1 Control de luminarias mediante interruptores manuales

Un simple interruptor manual es una poderosa herramienta para ahorrar energía. Los trabajadores pueden apagar el alumbrado durante su ausencia en una dependencia, horas de comidas, etc. Por ejemplo, en la primera planta del edificio insafocoop se pudo observar como las luminarias de la recepción y el pasillo principal, todas eran encendidas con un solo interruptor. Se puede intuir que mediante la implementación de más interruptores se obtendría un mayor ahorro energético.

Algunas características que deben tener los interruptores son:

- Los interruptores deben estar perfectamente etiquetados, indicando sobre qué instalación o circuito actúa cada uno, y separados entre sí, para que el usuario no sienta la tentación de activar varios de ellos con un solo movimiento de la mano.
- Las luminarias deben estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas de aquellas situadas en el lado opuesto.

5.2.1.2 Interruptores temporizados

El control de iluminación mediante interruptores temporizados es un sistema más radical que los manuales. Las lámparas son apagadas desde un panel central a la misma hora cada día, coincidiendo con los tiempos libres. Los usuarios son libres de reencender aquellas lámparas que consideren necesarias. En este sistema, la participación de los empleados es esencial, ya que deben involucrarse en el ahorro energético y comprender la importancia que el consumo tiene en el medio ambiente.

5.2.1.3 Control de iluminación artificial mediante detectores de presencia.

Los detectores de presencia responden a la ausencia de personas en el local con el apagado del alumbrado artificial.

Existen cuatro tipos de detectores de presencia:

- Infrarrojos
- Acústicos por ultrasonidos
- Acústicos por microondas
- Híbridos de los dos anteriores

Estos sistemas pueden originar el apagado de la instalación que controlan, si a pesar de la presencia de alguna persona en el interior, esta permanece durante un periodo de tiempo en actitud estática.

6. Evaluación de proyecto de eficiencia energética

Dentro del sector industrial el consumo de energía proveniente de los sistemas de iluminación se intensifica en la zona de oficinas.

Este es el lugar donde se requieren sistemas de iluminación que otorguen elevados índices de reproducción de color, además de altos niveles de confort.

A continuación, se presenta el proyecto que busca la optimización de energía de los sistemas de iluminación utilizados en la primera planta del edificio Insafocoop. Este procedimiento se extrapola a las otras 2 plantas.

6.1 Alumbrado General

Tabla 4. Características técnicas de las luminarias. (Recepción y pasillo)

Tipo		Características técnicas	Cantidad	Potencia total(kW)
		Tipo de lámpara: Tubo fluorescente Cantidad de lámparas: 4 Potencia de lámpara: 20W Tipo de balastro: electrónico Perdidas de balastro: 10W Potencia luminaria: 90W	9	0.810

Tabla 5. Características técnicas de las luminarias. (Alumbrado general)

Tipo		Características técnicas	Cantidad	Potencia total(kW)
		Tipo de lámpara: Tubo fluorescente Cantidad de lámparas: 4 Potencia de lámpara: 40W Tipo de balastro: electrónico Perdidas de balastro: 10W Potencia luminaria: 170W	27	4.6

Tabla 6. Características técnicas de las luminarias. (Baños)

Tipo	Características técnicas	Cantidad	Potencia total(kW)
 Foco fluorescente	Tipo de lámpara: Foco fluorescente Cantidad de lámparas: 1 Potencia de lámpara: 14 W Potencia luminaria: 14W	5	0.070

El sistema de iluminación de la primera planta está conformado por 41 luminarias, con una potencia conectada de **5.48Kw**

Los sistemas de iluminación son utilizados 12 meses por año, de lunes a sábado y en horario continuo. Lo que se traduce en aproximadamente 2110 horas anuales.

6.2 Fase 1: Recambio uno a uno de las luminarias.

El primer proyecto consiste en realizar un cambio uno a uno de las luminarias utilizadas, se trata de actualizar a la tecnología Led. El cambio consiste en utilizar sólo luminarias que contengan tubos led de 17W. La siguiente tabla muestra una descripción de las luminarias propuestas al tipo de alumbrado.

Tabla 7. Características técnicas de las luminarias. (Recepción y pasillo)

Tipo	Características técnicas	Cantidad	Potencia total(kW)
 Luminaria	 Lámpara T8 Tipo de lámpara: Tubo led Cantidad de lámparas: 4 Potencia de lámpara: 17 W Tipo de balastro: - Perdidas de balastro: - Potencia luminaria: 68W	36	2.45

Tabla 8. Características técnicas de las luminarias. (Baños)

Tipo	Características técnicas	Cantidad	Potencia total(kW)
 Luminaria	 Lámpara T8 Tipo de lámpara: Tubo led Cantidad de lámparas: 1 Potencia de lámpara: 6.2 W Tipo de balastro: - Perdidas de balastro: - Potencia luminaria: 6.2W	5	0.031

El sistema de iluminación está conformado por 41 luminarias, con una potencia conectada de **2.48KW**

Tabla 9. Ahorro de energía con la implementación de la fase 1

Consumo de energía caso base	85.075 KWh/año
Consumo de energía fase 1	41.841 KWh/año
Ahorro de energía	43.234 KWh/año
Disminución de consumo de energía en los sistemas de iluminación	50.8%

Con la implementación de la fase 1 se ha conseguido disminuir el consumo de energía de los sistemas de iluminación en un 50.8%. Los niveles de iluminancia se mantienen.

6.2.1 Evaluación financiera (Primera planta)

La evaluación financiera consiste en considerar los ahorros en los costos de energía, y el costo referido a los sistemas de iluminación como la inversión inicial. A continuación, se presentan los principales indicadores:

VAN	\$181.76
TIR	2.9%
Período de retorno de la inversión	3 años

Indicadores obtenidos según:

Costo de tubo led (6500k, T8) 14-17W: 21\$

Inversión inicial: costo de tubos led + costo focos led = $\$21 \times (4 \times 36) + \$5 \times 8 = \$3064$

Tasa de retorno = 0

Costo Kwh = 0.20\$

Gasto actual /mes= 177.41\$

Gasto led/mes = 87.25\$ **Ahorro/mes = 90.16\$**

6.3 Proyecto 2: incorporación de un sistema de control(Pasillo y auditorio) (fase 1)

El segundo proyecto consiste en incorporar un sistema de control automático a los sistemas de iluminación propuestos en el primer proyecto, que utilice las luminarias solamente cuando un individuo las utilice.

La alternativa más adecuada es la de utilizar luminarias con sensores de presencia, los cuales activen las luminarias solo cuando una persona entre a la habitación o área y se apaguen dentro de un tiempo establecido.

6.3.1 Evaluación financiera

Cantidad de luminarias en auditorio y pasillo = 18

Consumo mensual tubo led= 213.84 Kwh

Consumo mensual tubo led con sensor= 149.688 Kwh (al estar encendidas un 70% del tiempo)

Costo tubo led con sensor = 30\$

Valor añadido sobre inversión de fase 1 = 180\$

Gasto /mes = \$72.70

Ahorro/mes = 104.71\$

Se observa que la inversión con la incorporación del sistema de control se recupera aproximadamente en el mismo tiempo que solamente con el proyecto 1(cambio a tecnología led). Obteniendo un ahorro extra de **14.55\$/mes** luego de la recuperación de la inversión inicial.

7. Conclusiones y recomendaciones

Los sistemas de iluminación presentan interesantes alternativas para optimizar el consumo de energía en oficinas, llegando, en algunos casos, a disminuir el consumo entre un 2 y 8% del consumo total de energía eléctrica.

A mayores ahorros de energía, más elevadas son las inversiones requeridas, cada caso debe ser analizado desde un punto de vista económico (si se recuperara la inversión inicial en un tiempo razonable).

Es posible ahorrar mucha más energía si se emplean softwares de modelación luminotécnica, los cuales permiten determinar el número exacto de las luminarias a utilizar para obtener niveles de iluminación y confort adecuados.

Con la implementación de los Proyectos 1 y 2 evaluados en el presente estudio, se consigue disminuir el consumo de energía eléctrica en un 50.8% y 60%, respectivamente. Además, dado la calidad de las luminarias propuestas, se logra incrementar los niveles de confort visual sin degradación en el tiempo.

Las inversiones asociadas a los sistemas de iluminación de los proyectos evaluados son recuperadas en periodos aproximadamente de 3 años. Esto último dependerá directamente de la cantidad de horas de uso y del tipo de tecnología utilizada.

Es recomendable la implementación de sistemas de iluminación natural como los provistos por solatube, sin embargo, dado el costo de los sistemas de espera un retorno de la inversión en un tiempo que excede a los impuestos al inicio del estudio.