

Parámetros fundamentales para una iluminación energéticamente eficiente en oficinas y áreas de trabajo

*Ana, Barboza D.**
*Juan, González L.***
*Sandra, Viada A.***
*Axa, Rojas**

Resumen

En Venezuela, el consumo energético por A/A e iluminación representa más del 60% para oficinas, por lo cual es necesario iluminar eficientemente. Para ello, este estudio tiene como objetivo, determinar los parámetros fundamentales para un sistema eficiente de iluminación de oficinas; se tomó como caso de estudio y módulo experimental el Rectorado de la Universidad del Zulia haciendo un diagnóstico de la situación actual de iluminación respecto a un edificio referente cuyo diseño de iluminación es eficiente; en ambos casos, se aplicó una encuesta a usuarios, investigando su bienestar relacionado con iluminación. Se registraron variables como: flujo luminoso, iluminancia, temperatura de color, deslumbramiento, reflectividad, índice de reproducción cromática y consumo energético. A partir del análisis comparativo, el edificio

* Universidad del Zulia. Facultad de Arquitectura y Diseño, División de Estudios para Graduados, Programa de Maestría en Arquitectura y Diseño. anabarboza26@gmail.com

** Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.

rectoral resultó ser ineficiente y sus usuarios desinformados respecto al confort e iluminación eficiente. Por tanto, se recomienda actualizar la Norma COVENIN 1993, respecto a parámetros fundamentales evaluados en este estudio, estableciendo valores deseables según tipos de espacio.

Palabras clave: Iluminación eficiente, parámetros fundamentales, oficinas.

Basic Parameters for Energy-Efficient Lighting in Offices and Work Areas

Abstract

In Venezuela, air conditioning and lightning for offices represents over 60% of energy consumption, so it is necessary to illuminate efficiently. The objective of this study was to determine basic parameters for an efficient office lighting system. The LUZ Directorate building was taken as a case study and experimental module; a diagnosis of the current lighting situation was performed in the aforementioned building whose lighting design is efficient. In both buildings, a survey was applied to users to investigate their well-being related to lighting. Variables such as luminous flux, illuminance, color temperature, glare, reflectivity, color rendering index and energy consumption were registered. Based on the comparative analysis, the Directorate building was inefficient and its users were misinformed regarding comfort and efficient lighting. Hence, the study recommends updating the 1993 COVENIN Regulation regarding the basic parameters assessed in this study by establishing desirable values according to types of space.

Keywords: Efficient lighting, basic parameters, offices.

Introducción

Actualmente, Venezuela encabeza la lista de los países latinoamericanos con mayor consumo per cápita de energía eléctrica y agua. Para el año 2008, la nación contabilizó 4126 KWh/habitante; para el 2009, Venezuela había superado los 4370 KWh/habitante (Diploos, Política Exterior Venezuela <http://diploos.com/>, 2010). El explosivo incremento en el consumo energético, conduce a un conflicto con el concepto de desarrollo

sustentable, conocido como trilema energético, caracterizado por tres elementos fundamentales: las limitaciones de los recursos energéticos, los factores económicos y los efectos ambientales asociados a la transformación y el consumo energético (Camporeale y col., 2002). Desde que la sociedad ha comenzado a sentir las dificultades para proveerse de energías por efecto de sequías o agotamiento de los recursos naturales, expresiones como utilización eficiente de la energía y uso racional de la misma, se escuchan y escriben a menudo (Flores, 2010).

La utilización eficiente de la energía implica que se emplee la menor cantidad posible de la misma para lograr un fin específico, como por ejemplo iluminar un recinto acorde a los requerimientos visuales de la función que se ejecute en él (Durán, 2008). La iluminación es un factor importante en el diseño interior y exterior de un área. Ésta ha dejado de tener como única función propiciar buenas condiciones de seguridad y visibilidad (Barboza, 2010).

El mayor porcentaje de consumo energético en una edificación en Venezuela, se produce a través de los sistemas de aire acondicionado y de iluminación. En oficinas, el consumo de energía generado por esos sistemas representa más del 60% (Sosa y col., 2004).

El consumo energético excesivo en iluminación se debe al empleo de tecnología ineficiente en equipos y bombillos, como por ejemplo la utilización masiva de bombillos incandescentes, los cuales ofrecen sólo un 10% en emisión lumínica y 90% en emisión calórica, esto produce un aumento en la cantidad de puntos necesarios a ser colocados en el espacio para satisfacer las necesidades de iluminación del mismo, así como también una mayor generación de calor, que ocasiona un desgaste de los equipos de enfriamiento artificial del aire del espacio (Durán, 2008). Debido a esto, las estrategias de eficiencia energética deben estar dirigidas a establecer técnicas de diseño arquitectónico apropiadas, en las que se promueva la utilización de equipos de iluminación eficientes, unidos al empleo de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar (Sosa y col., 2004), que además propicien el bienestar y la productividad de sus usuarios en un ambiente de trabajo sano, seguro y ergonómico.

Esta investigación se planteó como objetivo, establecer los parámetros fundamentales para el logro de un sistema eficiente de iluminación de oficinas y áreas de trabajo, utilizando como proyecto piloto el edificio Rec-

toral de LUZ. Para ello, se realizó un diagnóstico de la situación actual, respecto al nivel de confort lumínico de sus usuarios. Dicho diagnóstico, permitió detectar deficiencias en el sistema existente a través de la comparación con el desempeño de un edificio diseñado con criterios de iluminación eficiente. A través de este estudio, se obtuvieron resultados, referidos a cuáles son los parámetros fundamentales a aplicar en el diseño eficiente de iluminación en oficinas. Parámetros estos, que permiten proponer y establecer valores y criterios de diseño de iluminación, utilizando sistemas energéticamente eficientes para ambientes de oficinas con el fin de complementar los estudios realizados por el Programa ECOLUZ de la Universidad del Zulia, que puedan ser llevados a los organismos competentes a nivel institucional y complementar la normativa elaborada por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), cuya última actualización fue en el año 1993.

1. Metodología

1.1. Descripción del entorno físico del proyecto

El edificio Rectoral de LUZ constituye una de las obras más destacadas en la ciudad de Maracaibo, debido a su forma, altura e importancia como edificio institucional. Se localiza en la Av. Universidad, dentro del Campus de la Universidad del Zulia (figura 1).



FIGURA 1. Edificio Rectoral de la Universidad del Zulia
(Toma propia, 2012).

1.2. Población y muestra

Para establecer la población y muestra de la investigación se tomaron un módulo de control y un módulo experimental. Al final de la investigación se realizaron comparaciones entre un módulo y otro con el fin de demostrar la efectividad de la aplicación de parámetros fundamentales de diseño de iluminación y criterios de diseño establecidos en las normas nacionales e internacionales.

1.2.1. Módulo de control

Este módulo consiste en un espacio de oficinas de morfología rectangular y dimensiones de 3 m de altura, 13,50 m de ancho 5 m de largo y 0,80 m de altura del plano de trabajo, ubicado en la Prolongación de la Avenida Las Américas, Edificio Brunini Sector Los Monos, en Puerto Ordaz, estado Bolívar, sede de las oficinas principales de la empresa Suministro de Materiales Eléctricos C.A SUMECA. En este módulo, se localizan una oficina tipo celda (presidencia) y el resto del espacio se configura en una oficina tipo colmena (área de cubículos). En este espacio, se desempeñan un total de 14 personas en un horario de 8 horas, comprendido entre las 8 am a 12 m y 2 pm a 6 pm. Al ser una empresa dedicada al suministro de materiales eléctricos y proyectos de iluminación, el espacio fue concebido bajo criterios de eficiencia energética en esta materia que proporcione confort a todos los empleados, utilizando la más alta tecnología disponible para lograr tal fin (figura 2)".



FIGURA 2. Planta distribución espacios y luminarias en el módulo de control
(Fuente: Seib, 2008).

En este sentido, el diseño de iluminación fue realizado siguiendo los lineamientos establecidos en el I.E.S.N.A Lighting Handbook (2002); las Normas COVENIN no fueron tomadas en cuenta debido a que la última revisión de las mismas se realizó en el año 1993, considerándose muy antiguas para los requerimientos lumínicos deseados (Seib, 2008). En este caso, se colocaron 10 luminarias a 3 m de altura, éstas poseen una óptica diseñada para proveer iluminación volumétrica; de esta manera se obtiene un espacio más amplio, uniformidad en el campo visual, sensación de bienestar para los empleados y minimización del efecto caverna. De igual manera, las luminarias empleaban solo 2 tubos fluorescentes T8 de 32 W lo cual garantiza una reducción del mantenimiento y la depreciación, ahorro energético y prolongación de la vida útil de los recursos y equipos utilizados (Seib, 2008) (figuras 3 y 4).



FIGURA 3. Modelo Luminaria empleada en edificio referencia
(Fuente: Lithonia Lighting, 2008).

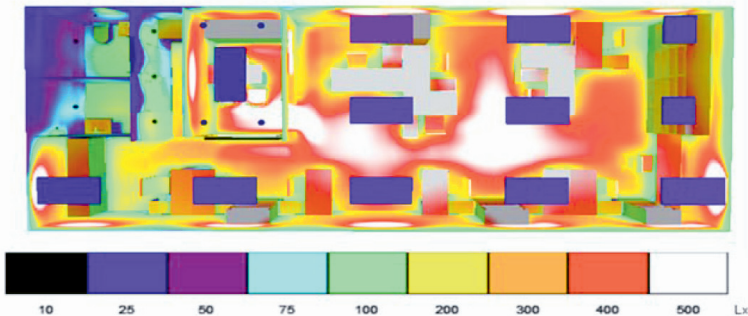


FIGURA 4. Diagrama de colores falsos con su respectiva escala lumínica correspondiente al diseño de iluminación planteado para las oficinas de SUMECA (Seib, 2008).

1.2.2. Módulo experimental

La población tomada para la aplicación de la metodología está constituida por todas las áreas de trabajo interiores del edificio Rectoral de la Universidad del Zulia, siendo la muestra las plantas que funcionan como Secretaría, Rectorado y Vicerrectorado Académico, seleccionadas debido a la cantidad de personal que albergan, por los diversos tipos de espacios que contienen y su importancia dentro de la edificación.

1.3. Evaluación de los parámetros fundamentales

Iriarte (2010) plantea la realización de un diagnóstico energético en el sistema de iluminación a través de las siguientes fases:

1.3.1. Fase 1: Reconocimiento de las condiciones de iluminación para llevar a cabo el reconocimiento, se realizó un recorrido por todas las áreas del centro de trabajo donde los empleados realizan sus tareas visuales, así como también se recopiló información técnica que incluyó:

- Planos de infraestructura donde se especifique la distribución de las áreas de trabajo y del sistema de iluminación.
- Registro fotográfico de las áreas a evaluar.
- Plan de mantenimiento de las luminarias, el cual se utiliza para tener una perspectiva general de la situación de la instalación, así como verificar su cumplimiento.
- Condiciones del lugar o plano de trabajo: tarea realizada, color del plano de trabajo, geometría del lugar, color de piso, color de las paredes, color de techo, número de ventanas, sombras, contrastes, etc.
- Datos generales de luminarias: número de luminarias, tipo de luminaria, número de lámparas, marca de las lámparas, potencia de las lámparas, número de luminarias defectuosas (se toma como luminaria defectuosa aquella que presente una o más lámparas inoperativas), número de luminarias en mal funcionamiento (luminarias que presenta una o más lámparas con efecto estroboscópico o con flujo luminoso bajo, observable a simple vista), posición relativa al techo (colgante o empotrada), altura respecto al piso, altura con respecto al plano de trabajo.

1.3.2. Fase 2: Registro de los valores de los parámetros fundamentales en el sitio.

En esta fase se llevó a cabo un diagnóstico energético en el sistema de iluminación, para determinar los potenciales de ahorro de energía en dichos sistemas.

1.3.2.1. Flujo luminoso

Consiste en la cantidad de luz que sale desde la fuente, la cual está condicionada por el coeficiente o factor de balasto con el que opere la luminaria.

Este parámetro fue determinado a través de la siguiente fórmula:

$$\Phi_R = \Phi * FB$$

Φ_R : Flujo luminoso real.

Φ : Flujo luminoso de la lámpara según especificaciones del fabricante.

FB: Factor de Balasto (San Martín Páramo, 2003).

1.3.2.2. Iluminancia

Iriarte (2010) planteó que con la información obtenida durante el proceso de reconocimiento, se estableciera la ubicación de los puntos de medición de las áreas de trabajo seleccionadas. El procedimiento seguido fue el siguiente:

- Cuando se utiliza iluminación artificial, se debe verificar que las luminarias tengan media hora de operatividad como mínimo, antes de registrar los valores de iluminación puntual.
- En cuanto a la ubicación de los puntos de medición, estos deben ser seleccionados en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo.
- En los pasillos o escaleras, el plano de trabajo a evaluar debe ser un plano horizontal a 75 cm sobre el nivel del piso, realizando mediciones en los puntos medios entre luminarias contiguas. El equipo utilizado para estos procedimientos será un Luxómetro marca EXTECH, modelo 403125.

1.3.2.3. Coeficiente de reflectancia de las superficies en áreas y puestos de trabajo

Para evaluar este parámetro, se registraron los colores de piso, techo, paredes y plano de trabajo y su coeficiente de reflectancia fue consultado en la tabla respectiva establecida por Camporeale y col. (2002).

1.3.2.4. Temperatura de color e índice de reproducción cromática

Ambos parámetros fueron evaluados revisando las especificaciones otorgadas por el fabricante de las fuentes lumínicas.

1.3.2.5. Uniformidad

Según Iriarte (2010), este parámetro se refiere a los límites de heterogeneidad del campo luminoso. Según San Martín Páramo (2003), para determinar el factor de uniformidad sobre el plano de trabajo se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_u = \frac{E_{\min}}{E_{\text{med}}}$$

E_{\min} = Nivel de Iluminancia Mínimo.

E_{med} = Nivel de Iluminancia Medio.

F_u = Factor de Uniformidad.

1.3.2.6. Eficiencia energética del sistema de iluminación

Un sistema de iluminación está compuesto por 3 elementos fundamentales, que son:

- Luminaria: Se evaluó la información fotométrica, así como también el material y piezas que la componen.
- Lámpara: se evaluó a través de la identificación de su tecnología la cantidad de lúmenes emitidos por Watt consumido, así como también de su vida útil, nivel de depreciación y porcentaje de generación de calor.

$$\text{Lúmenes}/(\text{Watts consumidos}) = \text{eficiencia } \mu$$

- Equipo auxiliar: Se evaluó a través de la identificación de los elementos que lo componen (balasto, ignitor, condensador, según el caso),

detectando el tipo de tecnología, la vida útil, el factor de balasto, el factor de potencia, y su influencia en el grado de descarga lumínica de la lámpara.

1.3.2.7. Consumo energético

Este dato fue evaluado determinando los tipos, cantidades y consumos unitarios de las luminarias, con el fin de obtener el consumo energético total de cada espacio evaluado.

1.3.2.8. Excesos en el tiempo operativo del sistema de iluminación

Fueron evaluados realizando una resta de la cantidad de horas registradas como período de uso diario del espacio respecto a la cantidad de horas que se encuentra operativo el sistema de iluminación, destacando el consumo energético en total de dicho sistema.

$$H_{\text{exc}} = H_1 - H_2$$

H_{exc} : Horas de exceso.

H_1 : Horas operativas del sistema de iluminación.

H_2 : Horas de la jornada laboral diaria.

La evaluación del sistema de iluminación, se realizó tomando en cuenta los lineamientos existentes en la Gaceta Oficial N°39.694, del 13 de junio del 2011, N°77, artículo 3, parte 3, referente al uso racional y eficiente de la energía en sistemas de iluminación interior y exterior en organismos públicos. Esta información será registrada en la planilla de evaluación correspondiente.

1.3.2.9. Instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos para esta fase de la investigación, constituyó una planilla de registro de información.

1.3.3. Fase 3: Encuesta a los usuarios del espacio

La percepción de los usuarios fue incorporada, mediante la repartición de dos modelos de encuestas vía web y en físico, en los módulos de control y experimental, respectivamente a la totalidad de los usuarios de cada módulo, con el fin de establecer la forma en la que los factores lumínicos inciden en las actividades laborales y el nivel de bienestar o incomodidad generada en los usuarios de dichos espacios.

1.3.4. Fase 4: Procesamiento y evaluación de resultados

Los resultados obtenidos en la fase 2 fueron registrados, contabilizados, verificados y comparados con las normas nacionales e internacionales, referidas a dichos parámetros. En relación a los resultados obtenidos en la fase 3, se realizó el registro, la contabilización, elaboración de gráficos referenciales y el análisis estadístico correspondiente; éstos fueron comparados entre los obtenidos del estudio en el edificio rectoral y los obtenidos en el edificio con diseño de iluminación eficiente usado como referencia. Esta prueba piloto fue realizada con el fin de establecer las bases para llevar a cabo futuros diseños de iluminación en oficinas y áreas de trabajo, donde se realice un ahorro energético eficaz sin sacrificar las necesidades lumínicas del espacio y el bienestar físico y mental de los trabajadores del mismo. Dicho análisis, fue realizado utilizando el programa Microsoft Excel 2010.

Por otra parte, los procesos ejecutados para la medición, evaluación y procesamiento de datos obtenidos en el sitio, serán utilizados como base para la metodología de evaluación de la Iluminación en el Programa de Auditorías Energéticas de la Comisión ECOLUZ. La consideración de cada uno de estos parámetros, será determinante para realizar un diagnóstico efectivo de las condiciones de iluminación y consumo energético de una edificación destinada a oficinas y áreas de trabajo, aplicable no solo al edificio rectoral sino a todos los edificios administrativos de la Universidad del Zulia.

2. Resultados y discusión

A partir de la metodología aplicada para determinar cuáles son los parámetros fundamentales que inciden en la iluminación eficiente en oficinas, se procesaron y analizaron los datos recolectados en campo directamente a través de encuestas efectuadas a los sujetos investigados y monitoreo del entorno, mediante la aplicación de diferentes instrumentos de recolección, para luego proceder a evaluar los parámetros fundamentales. También se realizó un diagnóstico energético en el sistema de iluminación, para determinar los potenciales de ahorro de energía en el mismo, considerando las lámparas, luminarias, la iluminancia, el deslumbramiento, la reflexión, la eficiencia luminosa y el mantenimiento.

Los pasos seguidos para la evaluación fueron los siguientes: reconocimiento de las condiciones de iluminación, revisión de planos de infraestructura donde se especificó la distribución de las áreas de trabajo y del sistema de iluminación, registro fotográfico de las áreas evaluadas, plan de mantenimiento de las luminarias, el cual se utiliza para tener una perspectiva general de la situación de la instalación, así como verificar su cumplimiento, condiciones del lugar o plano de trabajo: tarea realizada, color del plano de trabajo, geometría del lugar, color de piso, color de las paredes, color de techo, contrastes, entre otros, datos generales de luminarias: número de luminarias, tipo de luminaria, número de lámparas, marca de las lámparas, potencia de las lámparas, número de luminarias defectuosas (se toma como luminaria defectuosa aquella que presente una o más lámparas inoperativas), número de luminarias en mal funcionamiento (luminarias que presenta una o más lámparas con efecto estroboscópico o con flujo luminoso bajo, observable a simple vista), posición relativa al techo (colgante o empotrada), altura respecto al piso, altura con respecto al plano de trabajo.

2.1. Condiciones de iluminación del módulo experimental

En términos generales, se observa que en las tres áreas evaluadas dentro del edificio rectoral, se utilizó un sistema de iluminación consistente en luminarias de tipo especular de tres tubos fluorescentes T8 de 32 W cada uno. De igual forma, este sistema es combinado con la entrada de iluminación natural a través de ventanales dispuestos en algunas áreas, los cuales se encuentran parcialmente recubiertos con papel ahumado.

Según las observaciones realizadas en sitio y en los planos de infraestructura, se destaca una disposición del sistema de iluminación discordante con las necesidades morfológicas del mismo, al estar colocadas varias luminarias justo encima de los tabiques y los perfiles de aluminio que los sostienen, lo cual indica que el sistema de iluminación se colocó antes que el mobiliario (figura 4).



FIGURA 4. Disposición errada de las luminarias en Secretaría

2.2. Parámetros fundamentales de la iluminación del sitio

2.2.1. Flujo luminoso

La fuente lumínica consistía en luminarias especulares de tres tubos fluorescentes tipo T8 de 32 W cada una, en las que cada tubo tiene una emisión de 2700 lúmenes, generando un total de 8100 lúmenes de salida. Adicionalmente, debe considerarse el factor de balasto, que en este caso fue 0,85 y aplicando la fórmula para conocer el valor del flujo luminoso real se obtendría lo siguiente:

$$\begin{aligned} \Phi &= 2700 \text{ Lm} * 3; \Phi = 8100 \text{ Lm} \\ & \text{(Totalización del flujo luminoso de los tres tubos T8)} \\ \Phi_R &= \Phi \cdot \text{FB}; \Phi_R = 8100 \text{ Lm} \cdot 0,85 \\ \Phi_R &= 6885 \text{ Lm} \end{aligned}$$

El resultado anterior demostró, que existe una pérdida de 1215 Lm, lo cual representa un 15% del total del flujo luminoso inicial.

2.2.2. Iluminancia

Los valores de iluminancia obtenidos en promedio y a nivel de plano de trabajo según la cantidad de mediciones realizadas fueron los siguientes:

Según las Normas COVENIN (1993), se establece que los valores de iluminancia ideales para oficinas y áreas de trabajo se encuentran entre los 200 y 300 Luxes promedio, mientras que en I.E.S.N.A. Lighting Handbook (2000) se establecen valores entre 400 y 700 Luxes promedio para este tipo de espacios, por lo cual, los valores de iluminancia de los espacios analizados del edificio Rectoral no se encuentran dentro del rango estipulado. Todo esto indica que los usuarios se ven obligados a realizar esfuerzos mayores e innecesarios para visualizar los objetos dentro del espacio en cuestión.

2.2.3. Coeficiente de reflectancia de las superficies en áreas y puestos de trabajo (tablas 1, 2 y 3).

TABLA 1. Coeficientes de reflectancia en el área de Secretaría

Ubicación	Definición	Acabado	Capacidad de reflectividad
Área de cubículos de trabajo	Paredes perimetrales	Pintura de caucho blanca	70-75%
	Tabiquería	Tabique forrado en tela gris claro	45-70%
	Planos de trabajo	Escritorio de formica blanco	70-75%
	Suelo	Granito pulido	45-70%
Despacho Secretaría	Paredes perimetrales	Pintura de caucho color beige	50-70%
	Plano de Trabajo	Escritorio con tope de mármol negro	4-6%
	Suelo	Granito pulido	45-70%
Cocina	Paredes perimetrales	Pintura de caucho blanca	70-75%
	Plano de Trabajo	Tope de granito gris oscuro	10-20%
	Suelo	Granito pulido	45-70%

TABLA 2. Coeficientes de reflectancia en el área de Rectorado

Ubicación	Definición	Acabado	Capacidad de reflectividad
Área de cubículos de trabajo	Paredes perimetrales	Pintura de caucho blanca	70-75%
	Tabiquería	Tabique forrado en tela gris claro	45-70%
	Planos de trabajo	Escritorio de formica blanco	70-75%
Despacho de Rector	Suelo	Granito pulido	45-70%
	Paredes perimetrales	Pintura de caucho color beige	50-70%
	Plano de Trabajo	Escritorio con tope de mármol negro	4-6%
Cocina	Suelo	Granito pulido	45-70%
	Paredes perimetrales	Pintura de caucho blanca	70-75%
	Plano de Trabajo	Tope de granito gris oscuro	10-20%
	Suelo	Granito pulido	45-70%

TABLA 3. Coeficientes de reflectancia en el área de Vicerrectorado Académico

Ubicación	Definición	Acabado	Capacidad de reflectividad
Área de cubículos de trabajo	Paredes perimetrales	Pintura de caucho blanca	70-75%
	Tabiquería	Tabique forrado en tela gris claro	45-70%
	Planos de trabajo	Escritorio con tope de madera clara	30-50%
	Suelo	Granito pulido	45-70%

TABLA 3 (Continuación)

Ubicación	Definición	Acabado	Capacidad de reflectividad
Despacho de Vicerrectora Académica	Paredes perimetrales	Pintura de caucho color verde claro	45-70%
	Plano de Trabajo	Escritorio con tope de madera clara	30-50%
Cocina	Suelo	Granito pulido	45-70%
	Paredes perimetrales	Pintura de caucho blanca	70-75%
	Plano de Trabajo	Tope de granito gris oscuro	10-20%
	Suelo	Granito pulido	45-70%

Según el estudio realizado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España (2001), el factor de reflexión existente en las paredes y tabiquería de los espacios estudiados, se encuentran en los niveles adecuados (40% a 70%) mientras que en el suelo dicho coeficiente (45% a 70%) es mayor a los niveles planteados (10% y 30%) es por ello que se generan zonas de brillo en la superficie del mismo.

2.2.4. Temperatura de color

La temperatura de color de las lámparas se registró en 6500K (luz fría); según el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España (2001) se recomiendan valores entre 2700 K y 4000 K para estos espacios.

2.2.5. Índice de reproducción cromática

El índice de reproducción cromática es distinto en varias áreas, en algunas de ellas éste se registra en un 80%, en otras en un 70% y en otras no aparece especificado. Según el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España (2001) y el Comité Técnico de Normalización Europeo (2002), el índice de reproducción cromática debe estar en un 80% como mínimo.

2.2.6. Uniformidad

Esta se manifiesta numéricamente en la medida que el factor que la representa se acerca al número 1 que indica que existe un 100% de uniformidad; dentro de los resultados obtenidos se evidencia una desigualdad contundente en dos espacios de Secretaría, seis en el Rectorado y cuatro en Vicerrectorado Académico, manifestada en valores de uniformidad inferiores a 0,50 es decir un 50%. Estos resultados numéricos, se hacen visibles mediante altos contrastes lumínicos en el espacio.

2.2.7. Eficiencia energética del sistema de iluminación

- Luminaria: Las luminarias existentes en el rectorado son del tipo especular de tres tubos fluorescentes tipo T8 de 32 W. Camporeale y col. (2002), establecen que dichas luminarias están compuestas por unos espéculos o louvers, los cuales consisten en aditamentos que forman parte de la luminaria y que están ubicados normalmente en la parte inferior de la misma. Su distribución luminosa es bastante concentrada.
- Lámpara: La eficacia de cada tubo fluorescente de 32 W está en 84,75 Lm/W, siendo su depreciación un 10% con respecto a los lúmenes iniciales emitidos por dicha lámpara.
- Equipo auxiliar: Cada luminaria existente en las instalaciones del rectorado posee un equipo auxiliar definido como balasto electrónico, el cual trabaja en altas frecuencias (20 a 40 KHz), de esta forma la vida de la lámpara se extiende notablemente por su arranque instantáneo. Dichos balastos pertenecen al fabricante Osram, cuyo coeficiente es de 0,85, lo que se traduce como el aprovechamiento del 85% del flujo luminoso de una lámpara.

2.2.8. Consumo energético

La Secretaría, el Rectorado y el Vicerrectorado Académico generan consumos de 1762, 1840 y 3110 KWh al mes respectivamente; estos valores tan altos no se justifican debido a la existencia de valores de iluminancia muy bajos que no cubren los requerimientos mínimos exigidos por la Norma COVENIN 1993 para dichas aplicaciones.

2.2.9. Excesos en el tiempo operativo del sistema de iluminación

El horario de encendido del sistema de iluminación se corresponde con la jornada laboral del edificio. Sin embargo, algunos usuarios de dichos espacios, afirmaron que en varias ocasiones, deben quedarse en su cubículo de trabajo por más tiempo para cumplir con asignaciones de carácter urgente, en ese caso permanecen encendidas todas las luminarias de ese nivel, sin importar la ausencia de empleados trabajando en el resto de las áreas, esto se opone también a los lineamientos de la Gaceta Oficial 39.694 (2011) en la que se expone como punto importante el ajuste de los niveles de iluminación a los planteados en la Norma COVENIN 2249:93, así como también al aprovechamiento de la luz natural exterior con el fin de ahorrar energía.

2.3. Medición del nivel de satisfacción de los usuarios en relación a las condiciones lumínicas del sitio

Al revisar los resultados obtenidos en el módulo de control y según la distribución de luminarias módulo experimental, la cantidad de luminarias podría disminuirse en un 50% lo cual implica en una reducción del consumo energético del 50%. Así mismo, la utilización de nuevas tecnologías en iluminación con tubos fluorescentes T8 permiten la utilización de menor cantidad de tubos por luminaria, lo cual implica un ahorro en los costos de mantenimiento del sistema. Por otro lado, según los datos recopilados a través de las encuestas, se evidenció que la mayoría de los usuarios del módulo experimental categorizaron como buena la iluminación de este espacio, lo cual demuestra un desconocimiento generalizado de la importancia de este aspecto en el diseño interior y de sus repercusiones en la salud física de los usuarios. Sin embargo, existe un porcentaje importante de personas que calificaron como regular o mala la iluminación del sitio, esto está atribuido a molestias visuales y corporales que se generan al final de la jornada laboral.

2.3.1. Módulo de control

La iluminación del espacio fue considerada por sus usuarios como buena en un 100%, también manifestaron no presentar dificultades para leer y escribir, así como tampoco se han generado accidentes laborales;

esto demuestra que pueden lograrse paralelamente un consumo de energía mucho menor sin sacrificar la satisfacción de sus usuarios y su nivel de confort para ejecutar sus labores. En el módulo de control, 5 usuarios manifestaron padecer sufrir patologías visuales, las cuales fueron generadas genéticamente.

2.3.2. Módulo experimental

El instrumento de recolección de datos fue repartido a un total de cuarenta usuarios de las áreas de Secretaría, Vicerrectorado Académico y Rectorado, siendo trece, diecisiete y diez personas respectivamente en cada departamento. Las condiciones lumínicas de cada uno de estos sitios, fueron calificadas por los usuarios como Buena, en un 61,54%, 76,47% y 60%, y como regular en un 38,46%, 23,53% y 30%, por los empleados de Secretaría, Vicerrectorado Académico y Rectorado respectivamente, y en un 10% como deficiente por los empleados del Rectorado específicamente.

Con respecto a las actividades de lectura y escritura, en las instalaciones del Secretaría, se reportaron cuatro personas que presentaron dificultad para realizarlas; en el Vicerrectorado Académico se reportaron cinco personas y en el Rectorado tres personas, de las cuales dos señalaron que la causa consistía en exceso de luz en Secretaría, tres y dos indicaron que la causa se trataba de deficiencias en la iluminación, en las áreas de Vicerrectorado Académico y Rectorado, respectivamente.

Con respecto a las patologías visuales, en el área de Secretaría, Rectorado y Vicerrectorado Académico, se reportaron diez, once y seis personas respectivamente, cuya fecha de aparición es muy anterior al inicio de sus labores en las instalaciones en dichos espacios, por lo cual, las condiciones lumínicas de los mismos no están vinculadas directamente con el origen de dichas patologías; más sin embargo, pueden acarrear un agravamiento las mismas a corto, mediano o largo plazo.

En relación a los accidentes laborales, solo se reportaron dos personas que los han sufrido, específicamente en las áreas de Secretaría y Rectorado, ambos casos han sido descritos como accidentes menores ocasionados por la incapacidad para distinguir objetos y obstáculos en el espacio.

Por otra parte en el área de Secretaría siete usuarios manifestaron presentar anomalías físicas al final de la jornada laboral, cuatro de

ellos expresaron presentar ardor en los ojos y dolor de cabeza, dos de ellos afirmaron presentar dificultad para distinguir los objetos y seis de ellos indicaron presentar molestias en la nuca y/o columna vertebral, debido a la adopción de posturas inadecuadas para tratar de distinguir los objetos en su área de trabajo. En el área de Rectorado, tres de los diez usuarios encuestados manifestaron presentar anormalidades físicas al final de la jornada laboral, tres de ellos indicaron presentar ardor en los ojos y molestias en la nuca y en la columna vertebral, uno de ellos expresó presentar dolor de cabeza y otro manifestó presentar dificultad para distinguir objetos. En el área de Vicerrectorado Académico, se reportaron cuatro personas que afirmaron presentar anormalidades luego de la jornada laboral, todos ellos manifestaron presentar molestias en la nuca y columna vertebral, tres de ellos expresaron presentar ardor en los ojos, uno de ellos indicó presentar dolor de cabeza y otro de ellos manifestó presentar dificultad para distinguir objetos. Estas anormalidades presentes entre los usuarios de las distintas áreas, constituyen síntomas de la fatiga visual, por lo cual se requiere de atención médica inmediata y la planificación de exámenes ocupacionales para los empleados.

Debido a lo antes expuesto, un sistema de iluminación eficiente, no sólo se trata de aquel que permita ahorrar energía, sino que a sus vez satisfaga los requerimientos lumínicos del área en cuestión y propicie que sus usuarios experimenten confort y sean más productivos en la ejecución de sus labores minimizando la posibilidad de que éstos sufran algún tipo de patología visual o accidente laboral.

Conclusiones

- Los parámetros fundamentales para una iluminación energéticamente eficiente en oficinas son el flujo luminoso, la iluminancia, la eficacia y la reflectancia. La eficiencia energética viene dada al lograr las condiciones óptimas de estos parámetros, así como también un bienestar físico y mental en los usuarios del espacio, consumiendo la mínima cantidad de energía posible.
- Los factores lumínicos que inciden directamente en el desempeño de los usuarios del espacio son la iluminancia, el índice de reproducción cromática, la temperatura de color, la uniformidad y el porcen-

taje de deslumbramiento al generar sensaciones de agrado o molestia en los mismos, condicionando su nivel de confort e incluso su productividad dentro del área de trabajo.

- Al revisar la experiencia en el módulo de control, la cantidad de luminarias podría disminuirse al implementar nuevas tecnologías en iluminación con tubos fluorescentes T8, las cuales permiten la utilización de menor cantidad de tubos por luminaria, lo cual implica un ahorro en los costos de mantenimiento del sistema.
- Según los datos recopilados a través de las encuestas, se evidenció que la mayoría de los usuarios del módulo experimental categorizaron como buena la iluminación de este espacio, a pesar de las molestias que presentan al final de la jornada laboral, las cuales son síntomas de la fatiga visual. Todo esto demuestra un desconocimiento generalizado de la importancia de este aspecto en el diseño interior, así como también sus repercusiones en la salud física de los usuarios. Sin embargo, existe un porcentaje considerable de personas que calificaron como regular o mala la iluminación del sitio, esto está atribuido a molestias visuales y corporales que se generan al final de la jornada laboral.

Recomendaciones

- Se recomienda la elaboración de una propuesta que permita cumplir con los requerimientos lumínicos acordes a las funciones realizadas, lo cual conllevará a generar un ahorro en energía, material y mano de obra.
- Se recomienda la planificación de charlas y conferencias al personal del edificio Rectoral de LUZ acerca de la eficiencia energética tanto en iluminación, como en equipos de aire acondicionado, entre otros, a fin de que adquieran conciencia en relación a estos aspectos y puedan ponerla en práctica en sus actividades diarias.
- Se recomienda el planteamiento de exámenes periódicos para evaluar la salud de los usuarios de los espacios del edificio Rectoral, a fin de llevar un control y poder detectar el desarrollo de alguna nueva anomalía en los mismos. La periodicidad de dichos exámenes será planteada por el médico ocupacional de la institución.

- Se recomienda realizar una revisión exhaustiva de la normativa COVENIN referente a la iluminación de áreas de trabajo, para lo cual se deben elaborar y desarrollar estudios e investigaciones que conlleven al establecimiento de valores mínimos de uniformidad, índice de reproducción cromática, nivel de deslumbramiento y temperatura de color recomendada para cada espacio.

Referencias

- Camporeale, P. y Dutt, G. (2002). *Manual de Iluminación Eficiente*. Universidad Tecnológica Nacional y Efficient Lighting Initiative (ELI). Buenos Aires, Argentina.
- C.I.E: Commission Internationale De L'éclairage (1995). "Publicación CIE nº 118: CIE collection in colour and vision". Viena, Austria.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (1993). "Norma Venezolana 2249-93: Iluminancias en tareas y áreas de trabajo". Caracas, Venezuela.
- Diploos, Política Exterior Venezuela <http://diploos.com/> (2010). "Venezuela es el país latinoamericano con mayor consumo per cápita de electricidad y agua". Entrevista a Cristóbal Francisco, viceministro de agua del Ministerio del Ambiente.
- Durán, L. (2008). "Iluminación Eficiente (Ahorro de Energía)". Santiago de Chile, Chile.
- Flores, N. (2010). *Guía Teórica-Eficiencia Lumínica 2010*. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela nº38.236 (2011). "Uso racional y eficiente de la energía eléctrica en Organismos Públicos". Caracas, Venezuela.
- Illuminating Engineering Society of North America I.E.S.N.A. (2002). *Lighting Handbook*. 10ma Edición. Nueva York, E.E.U.U.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2008). "Iluminación en los Centros de Trabajo". Madrid, España.
- Iriarte, A. (2010). "Manual de procedimientos para realizar auditorías energéticas en edificios no residenciales, oficinas y locales comerciales". Trabajo especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- Lithonia Lighting (2008). "ES8, High Performance T8 Lighting" Acuity Brands Lighting Inc. Catálogo nº134.29. Conyers, E.E.U.U.

Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía y Comité Español de Iluminación (2001). "Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación (Oficinas)". Madrid, España.

San Martín Páramo, R. (2003). *Manual de Luminotecnia*. OSRAM. Madrid, España.

Sosa, M. y Siem, G. (2004). "Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes". FONACIT, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) y Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.