

## Optimización de la iluminación de la planta alta de un edificio académico para eficiencia energética

RODRÍGUEZ-URIBE, Juan Carlos†, SERRANO-ARELLANO, Juan\*, MACÍAS-MELO, Edgar Vicente', SANTOS-LAZARO Elías David'

*División de Arquitectura, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan-ITESHU-TecNM. Dom. Conocido S/N, El Saucillo, Huichapan, Hgo, México. C.P. 42411*

*'División de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Vhsa, Centro, Tabasco, C.P. 86040, México*

Recibido Abril 4, 2017; Aceptado Junio 7, 2017

### Resumen

Se realizó un estudio de la iluminación del tercer nivel (planta alta) de un edificio académico de una institución de educación superior. El edificio de estudio fue construido de forma tradicional satisfaciendo la necesidad inicial de establecer un internado sin embargo con el tiempo se adaptó el edificio convirtiéndolo en un edificio académico, la modificación de las funciones del edificio se llevaron a cabo sin realizar un estudio detallado de iluminación de las intensidades o de la correcta ubicación de las mismas, por lo que se realizó un levantamiento arquitectónico del mismo para poder analizarlo a través de una simulación. Las intensidades de iluminación se encontraron en todas las áreas que integran el tercer nivel del edificio académico a través del programa de simulación de luminarias. En los resultados se encontró que se podía reducir el consumo de energía en un 15%. Esto representó una gran reducción en el consumo de energía eléctrica. Posteriormente, se realizaron mediciones en las zonas de uso para comprobar los resultados de las intensidades encontradas y se verificaron los resultados con las simulaciones. Se mostró que estas herramientas de análisis benefician enormemente el uso eficiente de la energía y ayudan a la sustentabilidad energética.

### Iluminación, luminarias y sustentabilidad

**Citación:** RODRÍGUEZ-URIBE, Juan Carlos, SERRANO-ARELLANO, Juan, MACÍAS-MELO, Edgar Vicente, SANTOS-LAZARO Elías David. Optimización de la iluminación de la planta alta de un edificio académico para eficiencia energética. Revista del Desarrollo Tecnológico 2017, 1-2: 52-59

### Abstract

A study of lighting of the third level (upper floor) of an academic building of an institution of conducted. The study building was built in a traditional way satisfying the initial need to establish an internship however over time the building was adapted to be converted into an academic building, modification of the functions of the building were making without a detailed study of lighting Of the intensities or of the correct location of the same, reason why an architectural survey of the same one was made to be able to analyze it through a simulation. Lighting intensities were found in all areas through the luminaire simulation program. The results showed that energy consumption could be reduced by 15%. This represented a great reduction in the consumption of electrical energy. Subsequently, measurements were made in the zones of use to check the results of the intensities found and the results were verified with the simulations. These analytical tools were shown to greatly benefit from the efficient use of energy and help with energy sustainability.

### Lighting, luminaire, sustainability

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: lmhernan@uacam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Actualmente cerca del 80% de los puestos laborales de una empresa son realizados dentro de oficinas por ello es importante contar con espacios que brinden comodidad y confort, para lograr este cometido uno de los factores más importantes se encuentra dentro de la etapa de iluminación [1]. Las luminarias son un recurso del cual se puede tener fácil disponibilidad y control, pero necesitan inversiones significativas en equipo y mantenimiento [2]. En la actualidad el consumo de energía eléctrica en las edificaciones mediante luminarias se encuentra entre el 18% y 20% del consumo total, es por eso que la importancia de una correcta ubicación y selección de luminarias impactará de forma directa en el consumo de energía en la vivienda o edificio. Por eso es importante tener un control sobre la cantidad de luminarias que necesitamos para alumbrar correctamente el entorno de trabajo, la falta de luminarias reduciría la visibilidad afectando así el desempeño del trabajador, mientras que un exceso de éstas incrementa el costo y tiempo en mantenimiento, de la misma forma puede provocar destellos molestos.

En busca de tener una mejor eficiencia y un ahorro en el consumo energético que se emplea en cuanto a luminarias en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan (ITESHU) se propone analizar el tercer nivel del edificio académico “tres niveles”, esta planta cuenta con los siguientes espacios arquitectónicos: seis cubículos para docentes, pasillo y un aula de dibujo. El área de dibujo es la que debe contar con mayor número de luxes que al de las demás áreas de la planta ya que así lo establece la norma oficial mexicana para las condiciones de iluminación en los centros de trabajo [3].

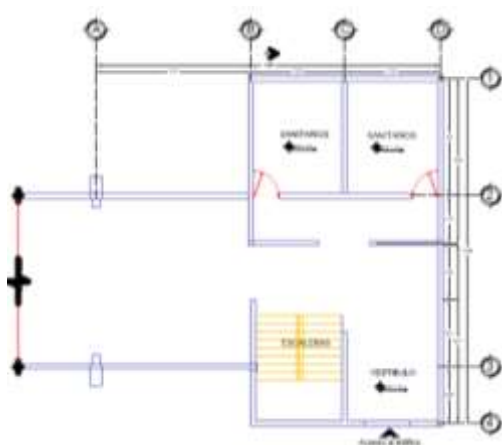
Se usará el programa DiaLux para hacer el análisis de las luminarias que se encuentran instaladas y verificar si cumplen con los requerimientos mínimos de la norma oficial mexicana para las condiciones de iluminación en los centros de trabajo [3] y si la planta arquitectónica en general cumple con la norma en densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificaciones no residenciales [4]. En caso de no contar con los requerimientos se debe hacer un rediseño de iluminación, buscando: exista una buena proporción de visibilidad para poder tener un grado solicitado en cuanto a precisión y velocidad en el desarrollo de las tareas, niveles de iluminación que reduzcan los esfuerzos al trabajar, por último, condiciones lumínicas que proporcionen seguridad con el mobiliario y un deslumbramiento e incapacidad visual mínimas [5]. En este artículo se abarcará el levantamiento arquitectónico del tercer nivel del edificio académico “tres niveles”, y su exportación al programa de simulación de luminarias con el objetivo de realizar la simulación energética del espacio arquitectónico.

## Metodología

### Levantamiento arquitectónico de la edificación

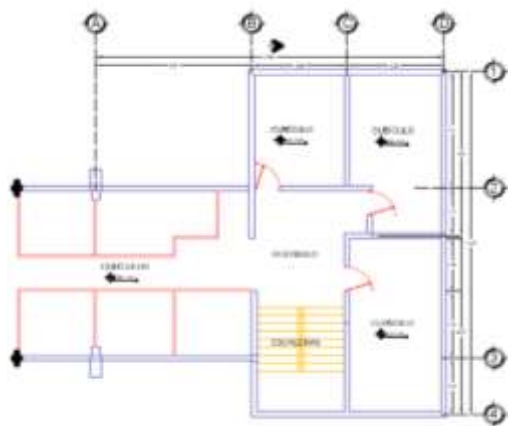
La edificación se encuentra en el estado de Hidalgo en el municipio de Huichapan, el área de estudio es un edificio de tres niveles y para su análisis se realizó un levantamiento arquitectónico de la construcción. Para la exportación del levantamiento al software fue necesario dibujarlo en un software de tipo CAD, en el cual, se dibujaron los planos de las tres plantas arquitectónicas por separado. Con las medidas obtenidas en el levantamiento se realizaron los planos eléctricos de dichas plantas, así como, un plano con la distribución de los objetos que se encuentran en cada planta.

En las Figuras 1, 2 y 3 se muestran los planos arquitectónicos de las tres plantas arquitectónicas correspondientes al edificio académico “tres niveles” que será objeto de análisis de iluminación.



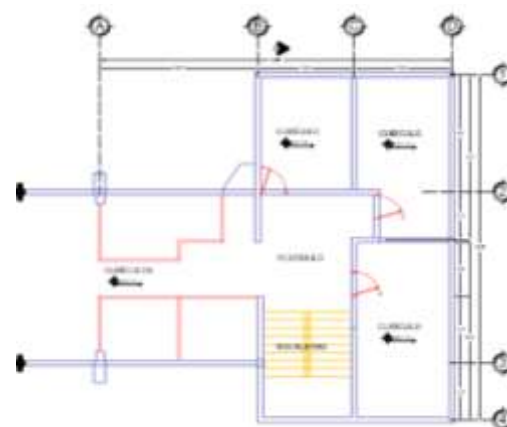
**Figura 1** Plano de la planta arquitectónica correspondiente al primer nivel del edificio académico de “tres niveles”

*Fuente (Elaboración: propia)*



**Figura 2** Plano de la planta arquitectónica correspondiente al segundo nivel del edificio académico de “tres niveles”

*Fuente (Elaboración: propia)*



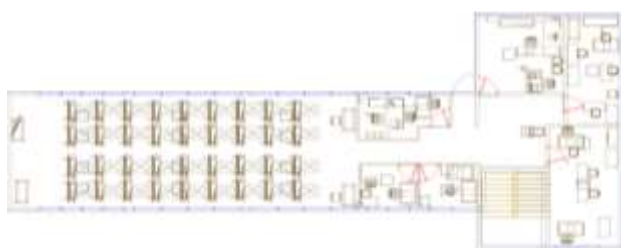
**Figura 3** Plano de la planta arquitectónica correspondiente al tercer nivel del edificio académico de “tres niveles”

*Fuente (Elaboración: propia)*

Solamente realizaremos el análisis de la simulación energética al espacio correspondiente al tercer nivel (planta alta) del edificio académico “tres niveles”.

### Envío de datos (plantas arquitectónicas) a programa de simulación DiaLux

El plano de la planta arquitectónicas correspondiente al tercer nivel (planta alta) del edificio académico “tres niveles” fue exportada al programa de simulación (DiaLux) donde se trabajó para su renderización en 3D, una vez finalizado esto se colocaron los muebles correspondientes a cada espacio arquitectónico de acuerdo a las actividades que se realizan en él, así como también se ubicaron los distintos vanos (puertas y ventanas) correspondientes a cada espacio respetando sus dimensiones. Con el objetivo de que los resultados sean los más parecidos a los reales. En la Figura 4 observamos una representación gráfica de la tercera planta arquitectónica del edificio en estudio, en la representación identificamos el distinto mobiliario correspondiente a cada espacio arquitectónico.



**Figura 4** Plano de la planta arquitectónica del tercer nivel del edificio académico de “tres niveles” con su correspondiente mobiliario

Fuente (Elaboración: propia)



**Figura 5** Vista en isométrico 3D de la planta arquitectónica del tercer nivel del edificio académico de “tres niveles” con sus correspondientes mobiliarios y vanos arquitectónicos (puertas y ventanas)

Fuente (Elaboración: propia)

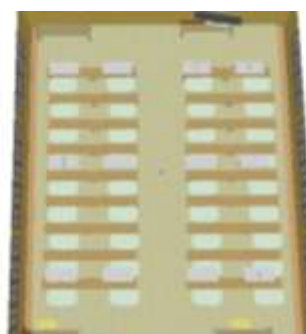
Es necesario tener en cuenta que las luminarias en los cubículos normalmente son instaladas en el techo, con un modelo regular en líneas rectas, la distribución de las luminarias debe coincidir con el módulo de las ventanas, con la finalidad de proporcionar un nivel de luminosidad conveniente para las salas de mayores dimensiones. Debe tenerse cuidado en que las luminarias cumplan los requisitos de nivel de iluminación, uniformidad, deslumbramiento y los de uso racional de energía [6].

### Áreas de análisis

En el análisis de la planta arquitectónica del tercer nivel del edificio académico identificamos las áreas principales de actividades éstas son: el salón de dibujo (donde se imparte clases a los alumnos de la carrera de arquitectura) y los cubículos para docentes.

En la Figura 6 observamos una representación en planta del salón de dibujo, aquí observamos las condiciones de frontera en cuanto a la delimitación del espacio físico así como el mobiliario presente en este espacio arquitectónico.

El espacio cuenta con 36 restiradores de dibujo con sus respectivos bancos, así como 4 mesas de trabajo y 1 televisión; el espacio está delimitado físicamente por 3 secciones de ventanas y un muro de concreto.



**Figura 6** Vista en planta del salón de dibujo. (con su mobiliario y envolvente física)

Fuente (Elaboración: propia)

En la Figura 7 identificamos algunos de los cubículos presentes en la planta arquitectónica del tercer nivel del edificio de “tres niveles” los cuales en su mayoría cuentan con el siguiente mobiliario: por lo menos dos mesas en cada cubículo y una silla. En total en esta planta hay 6 cubículos, la mitad cuenta con sus paredes de concreto, mientras que los otros son de aluminio con grandes ventanas que permiten tener mayor iluminación.



**Figura 7** Vista en planta de los cubículos (con su mobiliario y envolvente física)

Fuente (Elaboración: *propia*)

### Colocación de luminarias

Antes de comenzar con la colocación de las luminarias debemos tener en cuenta cual será nuestro plano útil, que en este caso como las actividades son limitadas a la lectura, escritura, dibujo en computadoras, etc., el plano horizontal de trabajo (plano útil) tendrá una altura que puede oscilar de 0.75 a 0.85 por encima del piso, y la altura en techos puede llegar hasta los 3 metros. Por último, hay que tomar en cuenta a la uniformidad ( $E_{\min}/E_{\text{prom}}$ ), esto con la finalidad de impedir las molestias causadas por los cambios abruptos de luminancia. El cociente del valor del nivel de iluminación existente en la zona donde se realiza tareas y el alumbrado del plano útil no debe ser inferior a los establecidos en la Tabla 1 [6].

Iluminación de tarea (lx)	Iluminación de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o menor a 750	500
500	300
300	200
Menor o igual a 200	$E_{\text{tarea}}$
Uniformidad ( $E_{\min}/E_{\text{prom}}$ )	
Mayor o igual a 0.5	Mayor o igual a 0.4

**Tabla 1** Relación del coeficiente de uniformidad de iluminación

Fuente (Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. (2010). Capítulo 4. Diseños y cálculos de iluminación interior. 77-115)

Tomado en cuenta lo anterior se puede proceder a la colocación de luminarias en la edificación, manteniendo los niveles mínimos de iluminación establecidos en la norma oficial mexicana NOM-025-STPS-2008 Tabla 2 [3].

Área de trabajo	Tarea a realizar	Niveles mínimos de iluminación
Requerimiento visual simple	Almacenaje rudo, recepción y despacho	200
Distinción moderada de detalles	Aulas y oficinas.	300
Distribución clara de detalles	Salas de cómputo, áreas de dibujo y laboratorios.	500
Distinción final e detalles	Talleres de alta precisión.	750

**Tabla 2** Requerimientos mínimos de iluminación por área de trabajo

Fuente (Basada en norma oficial mexicana NOM-025-STPS-2008)

Como se muestra en la tabla anterior, se debe contar con entre 300 y 500 luxes para áreas dedicadas a estudios, así como, centros de cómputo

Para determinar la densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificaciones no residenciales que no debemos rebasar usaremos la norma oficial mexicana NOM-007-ENER-2014 Tabla 3 [4].

Tipo de edificio	DPEA(W/m <sup>2</sup> )
Oficinas	12
Escuelas o instituciones educativas	14
Bibliotecas	15

**Tabla 3** Densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificaciones no residenciales

Fuente (norma oficial mexicana NOM-007-ENER-2014)



**Resultados**

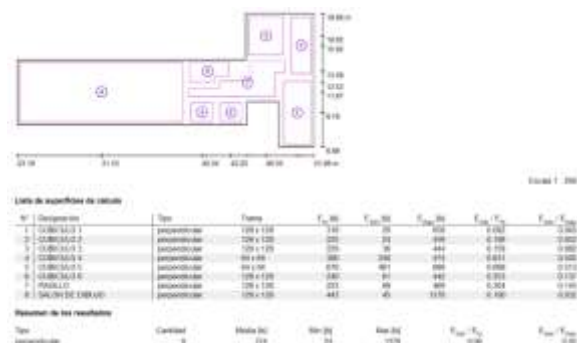
La planta arquitectónica del tercer nivel del edificio de "tres niveles" cuenta con la cantidad de 42 luminarias de tipo incandescente las cuales presentan un total de 106,470 (lm), una potencia total de 1,344 (W) y una densidad de potencia eléctrica para alumbrado de 6.94 W/m<sup>2</sup>. En la Figura 8 observamos los resultados obtenidos en el plano útil del proyecto.



**Figura 8** Resumen de resultados en el plano útil del proyecto

Fuente (Elaboración: propia)

Las superficies de cálculo nos muestran que ninguno de los cubículos cumple con la iluminancia mínima, y solo dos de cumplen con la uniformidad (cubículo 4 y 5), mientras el salón de dibujo y el cubículo 5 logran sobrepasar la iluminancia máxima, por último, el pasillo logra cumplir con la iluminancia mínima, aunque su uniformidad es de 0.3 cuando debería alcanzar los 0.4. Lo anterior lo podemos distinguir en la Figura 9.



**Figura 9** Resultados de las superficies cálculo

Fuente (Elaboración: propia)

La Figura 10 muestra una Vista Ray-Trace de la tercera planta arquitectonica del edificio academico "tres niveles" con las luminarias encendidas.



**Figura 10** Vista Ray-Trace de la planta arquitectonica del tercer nivel del edificio academico "tres niveles" con las luminarias encendidas

Fuente (Elaboración: propia)

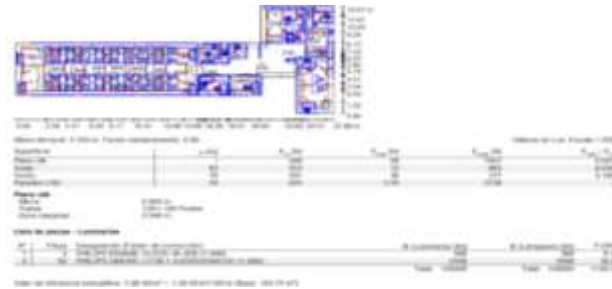
La selección de las luminarias se realizó mediante una investigación donde se determinó que las lámparas led son óptimas por su bajo consumo de potencia eléctrica. Debido a lo anterior, se procedió a colocar las lámparas en la edificación para una mejor distribución de la intensidad lumínica por área considerando las normas oficiales mexicanas NOM-025-STPS- 2008 y NOM-007-ENER-2014. El uso de lamparas de tipo LED se propuso debido a que solo el cubiculo 5 cumplía con los requisitos de las normas, con base a lo anterior, se realizó un rediseño de luminarias, aumentando el número de luminarias pero seleccionando una que produjera una luminicencia similar usando menor potencia, después de hacer el diseño y realizar el analisis luminotécnico se optuvieron los siguientes resultados: 4 lamparas RS060B y 62 lamparas SM530C marca PHILIPS lo anterior se muestra en la Figura 11.



**Figura 11** Lamparas a utilizar en la nueva configuración de luminarias (optimización)

Fuente (Elaboración: propia)

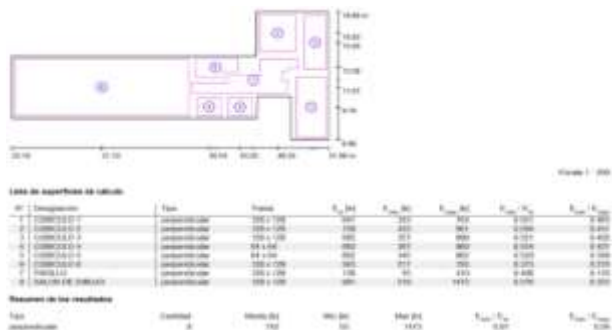
La potencia total que utilizan las luminarias es de 1140 [W], y su densidad de potencia eléctrica para alumbrado es de 5.38 W/m<sup>2</sup>, es decir que la potencia en luminarias se redujo en un 15%, de la misma manera la densidad de potencia eléctrica para alumbrado fue 15% menos a la que se tiene actualmente, ver Figura 12.



**Figura 12** Resumen del plano útil del rediseño de iluminación

Fuente (Elaboración: propia)

Con el rediseño se logro que todas las áreas a excepción del cubiculo 6 cumplieran con los requisitos establecidos por las normas oficiales mexicanas, el cubiculo 6 es el único que no cuenta con una geometría regular, además sus paredes estan compuestas por ventanas, esto provoca que entre luz impactando así la iluminación dentro del cubiculo, para alumbrar el pasillo se aprovecho este mismo efecto, dejando que la luz de los cubiculos brinde iluminación al pasillo, ver Figura 13.



**Figura 13** Resultados de las superficies de cálculo con el rediseño de iluminación

Fuente (Elaboración: propia)

En las Figuras 14 y 15 observamos las vistas 3D y Ray-Trace del rediseño de iluminación.



**Figura 14** Vista 3D con luminarias encendidas del rediseño de iluminación

Fuente (Elaboración: propia)



**Figura 15** Vista Ray-Trace de la planta arquitectónica del tercer nivel con las luminarias encendidas del rediseño de iluminación

Fuente (Elaboración: propia)

	Piezas	lm	W	DPEA <12 W/m²
Actual	42	106470	1344	6.94
Propuesta	66	156720	1140	5.38

**Tabla 4** Comparación de las luminarias actualmente instaladas contra la propuesta

En la tabla 4 podemos observar que la propuesta necesita de 24 lámparas más, produce 50250lm más y gasta 204W menos. Su densidad de potencia eléctrica para alumbrado se reduce 1.56W/m<sup>2</sup>, sigue estando por debajo del límite que es 12 W/m<sup>2</sup>. Por último la eficiencia energética [lm/W] de cada instalación de luminarias podemos obtenerla al dividir la cantidad de lúmenes entre los Watts que consumen, en la instalación actual tenemos que  $eficiencia\ energética = \frac{106470lm}{1344W} = 79.21 \frac{lm}{W}$

Por otro lado con la propuesta obtenemos que  $eficiencia\ energética = \frac{156720lm}{1140W} = 137.47 \frac{lm}{W}$  con esto podemos observar que las luminarias escogidas para cumplir con las normativas y otorgar una iluminación óptima resulta más eficientes que las instaladas actualmente.

### Conclusiones

Actualmente el diseño de iluminación de interiores se ha modernizado, pero muchas de las edificaciones que se construyen no toman en cuenta este concepto al momento de colocar luminarias, si se realiza un buen análisis de éstas se puede reducir la potencia usada en luminarias y la densidad de potencia eléctrica. Una buena elección de luminarias puede reducir el consumo eléctrico o la reducción en el mantenimiento de lámparas.

Se debe tener claro el propósito de la iluminación para no elegir una luminaria que proporcione demasiado flujo luminoso con una potencia que perjudique la iluminación del sitio. De la misma forma es necesario conocer si las luminarias irán empotradas o suspendidas a los elementos arquitectónicos y cuál será el área de trabajo, todos esos factores se deben tener en cuenta al momento de variar el flujo de iluminación y la potencia de las luminarias que se elegirán.

Usar distintos tipos de lámparas resulta en algunos casos convenientes ya que no todas las áreas necesitan la misma cantidad de iluminación, dentro de este proyecto se propuso el uso de lámparas con menor intensidad luminosa para alumbrar el pasillo, pero al intentar combinarlas dentro de un cubículo resulta perjudicial debido a que reduce la uniformidad.

No debe existir una diferencia significativa entre el flujo luminoso si se quiere usar distintos tipos de lámparas dentro de una misma área de trabajo, de esta forma la uniformidad se mantiene, de lo contrario se deberá tener una distancia que provoque una penumbra donde una lámpara con bajo flujo pueda mantener una uniformidad más agradable para la vista.

### Referencias

- [1] Pleuslite. (2015) Iluminación en oficinas: Criterios para elegir un sistema energético eficiente. Retrieved from <http://pleuslite.com/iluminacion-en-oficinas-criterios-para-elegir-un-sistema-energetico-eficiente/#iLightbox>
- [2] Martín Monroy, M. (2006). Manual de Iluminación. Las Palmas de Gran Canaria: ICARO
- [3] Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
- [4] Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER- 2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- [5] Indriago, J., González, R., La Roche, P., Mustieles, F., Machado, M., Oteiza, I. (2002). Evaluación de la iluminación natural y soleamiento de viviendas bioclimáticas para climas cálido-húmedos. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia Vol.25(2), 13-34.
- [6] Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. (2010). Capítulo 4. Diseños y cálculos de iluminación interior. 77-115.