

**CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICA  
DE INTERVENCIÓN PARA EL FACTOR DE RIESGO FÍSICO POR  
ILUMINACIÓN EN LOS EDIFICIOS CAMILO TORRES Y LABORATORIOS  
LIVIANOS DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**DEISSY CAROLINA RICAURTE REY**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2015**

**CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICA  
DE INTERVENCIÓN PARA EL FACTOR DE RIESGO FÍSICO POR  
ILUMINACIÓN EN LOS EDIFICIOS CAMILO TORRES Y LABORATORIOS  
LIVIANOS DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
PRÁCTICA EMPRESARIAL**

**DEISSY CAROLINA RICAURTE REY**

**Proyecto de grado para optar el título de Ingeniera Industrial**

**Director**

**JUAN CAMILO LESMEZ PERALTA**

**Especialista en Salud Ocupacional**

**Tutor**

**ANA MIREYA CUADROS ROJAS**

**Especialista en Salud Ocupacional**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2015**

## DEDICATORIA

*En primera instancia dedico este gran éxito a Dios, por ser la fuerza que mueve mi vida y darme siempre su bendición y amparo para cumplir este logro.*

*A mis padres María Eugenia y Orlando, porque sin ellos no hubiera sido posible.*

*A mis hermanos Holman y Lorena por su cariño y apoyo.*

*A Camilo Camargo por su incondicional apoyo, por darme fuerzas cada vez que me faltaron, por hacerme ver la vida de otra manera.*

*A Mi director de proyecto Juan Camilo Lesmez por su valiosa colaboración, por ser un gran guía, por su apoyo, tiempo y oportunidades brindadas.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme el valor y su bendición para ser hoy una gran profesional.

Doy mi más sincero agradecimiento a aquellas personas las cuales aportaron lo mejor de sí mismos para que esta meta se cumpliera:

- ✓ Ingeniero Juan Camilo Lesmez Peralta, por su colaboración y guía en la dirección del proyecto de grado.
- ✓ Ingeniera Ana Mireya Cuadros, por sus aportes, gestión y valiosa cooperación.
- ✓ A todo el personal de la facultad de ciencias por su atención y colaboración.
- ✓ A la Universidad Industrial de Santander, por la formación brindada.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	20
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	22
1.1 OBJETIVOS.....	22
1.1.1 Objetivo General .....	22
1.1.2 Objetivos Especificos.....	22
1.2 RESULTADOS ESPERADOS .....	23
2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS .....	24
2.1 MISIÓN .....	24
2.2 VISIÓN.....	25
2.3 ENTORNO .....	25
2.3.1 Camilo Torres .....	25
2.3.2 Laboratorios Livianos .....	26
3. METODOLOGÍA .....	28
4. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LAS ÁREAS.....	30
4.1 EDIFICIO CAMILO TORRES.....	30
4.2 EDIFICIO LABORATORIOS LIVIANOS.....	33
4.3 EVALUACIÓN INICIAL DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN LAS ÁREAS .....	37
4.3.1 Equipo a utilizar .....	37
4.3.2 Puntos a medir.....	38
4.3.3 Criterio de referencia.....	38
4.4 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES .....	40

4.4.1 Interpretación de los Resultados .....	40
4.4.2 Resultados y Análisis .....	40
5. JUSTIFICACIÓN.....	53
6. MARCO DE REFERENCIA.....	55
6.1 MARCO DE ANTECEDENTES.....	55
6.1.1 Proyecto 1 .....	55
6.1.2 Proyecto 2.....	56
6.1.3 Proyecto 3.....	57
6.2 MARCO LEGAL .....	58
6.2.1 Legislación Nacional .....	58
6.2.2 Normas técnicas colombianas .....	68
6.3 MARCO TEÓRICO .....	69
6.3.1 Luz.....	69
6.3.2 Iluminación .....	69
6.3.3 Especificaciones técnicas de las luminarias .....	74
6.3.4 Métodos de alumbrado .....	75
6.3.5 Unidades de medida.....	76
6.3.6 Aparato de Medición .....	76
6.3.7 Requisitos para un sistema de iluminación .....	77
6.3.8 Aprovechamiento de la luz natural.....	78
6.3.9 La visión humana .....	81
6.3.10 Factores que intervienen en los efectos de la exposición a la iluminación .....	83
6.3.11 Consecuencias de una iluminación inadecuada .....	85
7. PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICA.....	86
7.1 ANÁLISIS TÉCNICO.....	86
7.1.1 Selección de proveedores.....	86
7.1.2 Criterios de selección .....	88
7.1.3 Evaluación de criterios .....	90
7.1.4 Selección de Luminarias. ....	93

7.1.5 Diseño estimado de 4 áreas con la nueva luminaria tipo LED .....	96
7.2 ANÁLISIS CUALITATIVO .....	106
8. SOCIALIZACIÓN .....	109
9. CONCLUSIONES .....	110
10. RECOMENDACIONES .....	113
BIBLIOGRAFÍA .....	117

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Entorno Edificios Camilo Torres, Laboratorios Livianos.....	27
Figura 2. Salón de clase .....	31
Figura 3. Salón de clase .....	32
Figura 4. Oficina tipo cubículo.....	34
Figura 5. Oficinas de profesores .....	35
Figura 6. Luxómetro.....	38
Figura 7. Longitudes de ondas percibidas por el ojo.....	69
Figura 8. Partes del ojo.....	82
Figura 9. Diseño estimado de un salón de clase .....	98
Figura 10. Diseño estimado de una oficina de tipo general. ....	100
Figura 11. Diseño estimado de una oficina de profesores .....	102
Figura 12. Diseño estimado de un laboratorio. ....	104

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Grafica 1. Estado de las luminarias. ....	32
Grafica 2. Estado de las luminarias .....	36
Grafica 3. Resultados obtenidos de las mediciones Diurnas, piso 1 Camilo Torres. ... .....	41
Grafica 4. Resultados obtenidos de las mediciones Nocturnas, piso 1 Camilo Torres. ....	42
Grafica 5. Evaluación Nocturna Piso 1 Camilo Torres .....	42
Grafica 6. Resultados obtenidos de las mediciones Diurnas, piso 2 Camilo Torres. . .....	43
Grafica 7. Resultados obtenidos de las mediciones Nocturnas, piso 2 Camilo Torres. ....	44
Grafica 8. Resultados obtenidos de las mediciones Diurnas, piso 3 Camilo Torres. .....	44
Grafica 9. Resultados obtenidos de las mediciones Nocturnas, piso 3 Camilo Torres. ....	45
Grafica 10. Evaluación Nocturna Piso 3 Camilo Torres. ....	46
Grafica 11. Resultados obtenidos de las mediciones Diurnas, Piso 4 Camilo Torres. ....	46
Grafica 12 . Resultados obtenidos de las mediciones Nocturnas, Piso 4 Camilo Torres. ....	47
Grafica 13. Resultados obtenidos de las mediciones, Laboratorios Livianos. ....	48
Grafica 14 . Evaluación Piso 1 Laboratorios Livianos .....	49
Grafica 15. Resultados obtenidos de las mediciones, Laboratorios Livianos. ....	49
Grafica 16. Evaluación Piso 2 Laboratorios Livianos .....	50

Grafica 17. Resultados obtenidos de las mediciones, Laboratorios Livianos. ....50  
Grafica 18. Evaluación Piso 3 Laboratorios Livianos .....51  
Grafica 19. Resultados obtenidos de las mediciones, Laboratorios Livianos. ....52

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Metodología del proyecto.....	28
Tabla 2. Características del Luxómetro.....	37
Tabla 3. Niveles de Iluminación .....	39
Tabla 4. Calificación del nivel de iluminación.....	40
Tabla 5. Índice de Rendimiento Cromático (IRC).....	74
Tabla 6. Apariencia del color .....	81
Tabla 7. Escala de valoración para selección de proveedores. ....	90
Tabla 8. Matriz de comparación de criterios. ....	90
Tabla 9. Escala de comparación y evaluación de criterios. ....	91
Tabla 10. Comparación de proveedores respecto al precio.....	91
Tabla 11. Comparación de proveedores respecto a las especificaciones técnicas. ... .....	91
Tabla 12. Comparación de proveedores respecto a la antigüedad del mercado. ...	92
Tabla 13. Comparación de proveedores respecto al tiempo de entrega.....	92
Tabla 14. Comparación de proveedores respecto al servicio pos venta.....	92
Tabla 15. Comparación de proveedores respecto a la vida útil. ....	92
Tabla 16. Comparación de proveedores respecto a la garantía. ....	93
Tabla 17. Resultado de la selección de proveedores. ....	93
Tabla 18. Costos estimados para el edificio Camilo Torres .....	106
Tabla 19. Costos estimados para el edificio Laboratorios Livianos.....	106

## GLOSARIO

**ACOMODACIÓN:** Es el ajuste, normalmente espontáneo, del foco del ojo, con el propósito de alcanzar la máxima agudeza visual a diferentes distancias.

**ADAPTACIÓN VISUAL:** Proceso por el cual el ojo se adapta a diferentes niveles de luminosidad. Para ello la pupila adapta su tamaño al nivel de iluminación existente. La duración de adaptación a la luz depende de varios factores, pero lo más significativo es la adaptación de cambios de niveles bajos a niveles altos de iluminación, la cual se realiza en poco tiempo; al contrario, cuando se hace de niveles altos a niveles bajos toma mayor tiempo de adaptación.

**AGUDEZA VISUAL:** Es la capacidad de diferenciar los detalles en un objeto o entre diferentes objetos que se encuentren muy cerca los unos de los otros.

**AMBIENTE VISUAL:** Es el espacio total que se puede ver desde una posición particular moviendo la cabeza y los ojos.

**BRILLO:** Es un atributo de la sensación visual asociado con la cantidad de luz emitida por un área determinada.

**CAMPO VISUAL:** Es el área o extensión del espacio físico, visible al ojo en una posición determinada.

**CONTRASTE:** Es la diferencia de luminancias o brillos entre el objeto y el fondo, en relación a la luminancia del propio fondo, lo que determina los contrastes de objeto, fondo y color.

**DESLUMBRAMIENTO:** Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto, incómodo e incapacitivo.

**FLUJO LUMINOSO:** Es la cantidad de radiación visible producida por la fuente, es la luz que se percibe. Su unidad de medida es el Lumen.

**ILUMINACIÓN:** Cantidad de luz que hay o entra en un lugar.

**INTENSIDAD LUMINOSA:** Es la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido. Su unidad de medida es la Candela.

**LA VISIÓN:** Es el proceso por medio del cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones. El órgano encargado de realizar esta función es el ojo.

**LUMEN:** El lumen (símbolo: lm) es la unidad del sistema internacional de medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

**LUMINANCIA:** Brillo. Se define como la relación entre la intensidad luminosa en una dirección y la superficie aparente. Su unidad de medida la Candela por metro cuadrado, denominado stilb.

**LUZ:** Forma particular y concreta de energía que se desplaza o propaga no a través de un conductor sino por medio de radiaciones, es decir de perturbaciones periódicas del estado electromagnético de espacio, es lo que se conoce como

energía radiante. Podemos definir la luz como una radiación electromagnética capaz de ser detectada por el ojo humano normal.

**NIVEL DE ILUMINACIÓN:** Iluminancia. Es la relación entre el flujo luminoso de una fuente y la superficie que se ilumina. Representa la cantidad recomendada de luz incidente en el plano de trabajo. Se mide como la densidad de flujo luminoso por unidad de superficie en Lux.

Nota. La magnitud de la sensación del deslumbramiento depende de factores como el tamaño, la posición y la luminancia de la fuente, el número de fuentes y la luminancia a la que los ojos están adaptados.

**PLANO DE TRABAJO:** Es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.

**REFLECTANCIA:** Se define como la relación de la iluminación que una superficie refleja en relación con la iluminación que recibe.

**REFLEJO:** Es la incomodidad o disminución de la visión que se experimenta cuando algunas partes de campo visual son excesivamente brillantes con relación al brillo general de los alrededores, a los cuales el ojo ya se encuentra adaptado.

**TIEMPO:** El proceso visual requiere de tiempo, de forma que el ojo pueda ver pequeños detalles, incluso con bajos niveles de iluminación si se le da tiempo suficiente. El aumento de luz facilita una rápida visión.

**LUMINARIA:** Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica.

**LUX:** Unidad de medida del sistema métrico para cuantificar los niveles de iluminación. Equivale al nivel de iluminación que produce un lumen distribuido en un metro cuadrado de superficie. ( $1 \text{ Lx} = 1 \text{ Lm/m}^2$ ).

**LUXOMETRO:** Es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente.

**SISTEMA DE ILUMINACIÓN:** Componentes de la instalación de iluminación y sus interrelaciones para su operación y funcionamiento.

**WATTS:** La potencia de una lámpara (watts) nos dice cuanta energía utiliza.

**RETILAP:** Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

## RESUMEN

**TITULO:** CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICA DE INTERVENCIÓN PARA EL FACTOR DE RIESGO FÍSICO POR ILUMINACIÓN EN LOS EDIFICIOS CAMILO TORRES Y LABORATORIOS LIVIANOS DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.<sup>1</sup>

**AUTOR:** RICAURTE REY, Deissy Carolina<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Iluminancia, Luxómetro, Grado de Riesgo, Iluminación.

### **DESCRIPCIÓN:**

El presente proyecto tiene como objetivo principal caracterizar, evaluar y diseñar una propuesta técnico económica de intervención para el factor de riesgo físico por iluminación, en los edificios Camilo Torres y Laboratorios Livianos de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de lograr un ambiente visual en condiciones ideales, asegurando el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes.

Para la ejecución de la primera etapa, fue necesario realizar un recorrido detallado evaluando las condiciones de los edificios Camilo Torres y Laboratorios Livianos, el cual permitió el diagnóstico de la situación actual y las características de iluminación de las áreas, reflejando así las necesidades de las mismas.

Una vez finalizada esta etapa, se procedió a ejecutar la evaluación de los niveles de iluminación en las áreas definidas. De esta forma se determinó el grado de riesgo por iluminación en los puestos analizados.

Derivado del estudio de las condiciones y los resultados obtenidos, se estimaron los costos inherentes al mejoramiento de los niveles de iluminación y se formuló la propuesta técnico económica, teniendo en cuenta especificaciones de las fuentes como: flujo luminoso, vida útil, temperatura de color, rendimiento cromático, consumo energético y los costos asociados a la adquisición, instalación y puesta en funcionamiento del sistema de iluminación propuesto, a partir del análisis de la información aportada por el proveedor seleccionado con base en los criterios definidos en el desarrollo del proyecto.

Finalmente se socializaron los resultados de las actividades efectuadas con los responsables de las áreas, y se formularon las recomendaciones pertinentes para contar con un adecuado ambiente de trabajo en términos de niveles de iluminancia.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

<sup>2</sup> Facultad Fisico-Mecanica. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Ingeniero Juan Camilo Lesmez Peralta.

## SUMMARY

**TITLE:** CHARACTERIZATION, ASSESSMENT AND TECHNICAL ECONOMIC PROPOSAL OF INTERVENTION FOR THE PHYSICAL RISK FACTOR FOR LIGHTING IN THE BUILDINGS CAMILO TORRES AND THE LABORATORIOS LIVIANOS IN THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER<sup>3</sup>

**AUTHOR:** RICAURTE REY, Deissy Carolina<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** illuminance, lux meter, risk level, lighting.

### **DESCRPTON:**

This project has as main objective to characterize, evaluate and design a technical economical proposal of intervention for the physical risk factor for lighting, in the buildings Camilo Torres and Laboratorios Livianos in the Industrial University of Santander, in order to achieve a visual environment in ideal conditions, assuring the compliance to current applicable legislation.

For the implementation of the first stage, it was necessary to do a detailed walk through the buildings evaluating the conditions of these. As a result, it allowed the diagnosis of the actual situation and lighting features of the areas, reflecting the needs thereof.

Once the diagnosis was finished, we proceed to perform measurements of light levels in the defined areas. In this way, we can determine the degree of risk for the lighting in the evaluated positions.

Out of the conditions of the study and the results obtained, we estimate the costs involved in improving the lighting levels and we formulate the technical economic proposal having into account specifications of sources such as: lighting flow, life cycle, temperature of color, chromatic performance, energy consumption and the corresponding budget for the acquisition, installation and start-up of the lighting system proposed from the analysis of the information provided by the supplier selected based on the defined judgment in the development of the project.

Finally, the results of these done activates are socialized to people in charge of these areas and corresponding recommendations are done in order to have an adequate working environment in terms of lighting levels.

---

<sup>3</sup> Job placement Grade.

<sup>4</sup> Physico-Mechanical Faculty. Industrial Studies and Business School, Engineer Juan Camilo Lesmez Peralta.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el objetivo de diseñar ambientes de estudio o trabajo adecuados para la visión no es proporcionar simplemente luz, sino permitir que las personas reconozcan sin error lo que ven, en un tiempo adecuado y sin fatigarse.

El acondicionamiento de la iluminación en los puestos de trabajo tiene por objeto favorecer la percepción visual, con el fin de asegurar la correcta ejecución de las tareas, la seguridad y bienestar de quienes las realizan.

En este sentido, para que la actividad laboral pueda desarrollarse de una forma eficaz y precisa, la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, ya que se considera que el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz.<sup>5</sup>

Considerando que la mayor parte de las tareas que se realizan en oficinas y despachos se basan en la lectura y redacción de documentos, éstas requieren una exigencia visual elevada, y por tanto representan un riesgo de fatiga visual y mental, por lo que es explicable que para tareas visuales con esas características, se busquen soluciones tales como incrementar el nivel de iluminación y el tamaño de los detalles.

Con base en lo anterior, en el presente proyecto se desarrolló un análisis de iluminación para los edificios Camilo Torres y Laboratorios Livianos de la Universidad Industrial de Santander, que permitió determinar los niveles de

---

<sup>5</sup> CHAVARRÍA COSAR, Ricardo. NTP Iluminación de los centros de trabajo: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo: 1998. 1p. (NTP 211).

iluminación existentes en los puestos de trabajo, llevando a cabo diferentes actividades por medio del diagnóstico, la medición de iluminación, y posterior análisis de los resultados de las distintas áreas evaluadas, dando paso al desarrollo de una propuesta técnico económica que permita cumplir a cabalidad con la normatividad legal vigente como lo es el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público-RETILAP (resolución 182544 de diciembre 29 de 2010) y de la Norma Técnica Colombiana GTC 8 ELECTROTECNIA (1994-08-17) principios de la ergonomía visual.

## 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 OBJETIVOS

**1.1.1 Objetivo General.** Caracterizar, evaluar y diseñar una propuesta técnico económica de intervención para el factor de riesgo por iluminación en los edificios CAMILO TORRES y LABORATORIOS LIVIANOS de la Universidad Industrial de Santander con el fin de lograr un ambiente visual en condiciones aceptables, asegurando el cumplimiento con las disposiciones legales vigentes.

#### 1.1.2 Objetivos Especificos

- Realizar un diagnóstico inicial de las condiciones y características de iluminación en los edificios Camilo Torres y Laboratorios Livianos.
- Ejecutar las mediciones de niveles de iluminación por luxometría en las áreas definidas.
- Determinar el grado de riesgo por iluminación en los puestos evaluados.
- Formular la propuesta técnico económica para el mejoramiento de los ambientes de trabajo y garantizar el cumplimiento de la normatividad aplicable.
- Estimar los costos inherentes al mejoramiento de los niveles de iluminación en las áreas.

- Socializar los resultados de las actividades efectuadas a los responsables de las áreas.

## **1.2 RESULTADOS ESPERADOS**

Los resultados que se pretende alcanzar con la realización de este proyecto son:

- Entregable donde se describa el diagnóstico de las características, condiciones de ubicación, tipo de luminaria en cada una de las áreas definidas.
- Informe de determinación de niveles de iluminación en puestos de trabajo y cálculo del grado de riesgo correspondientes a las áreas definidas .
- Propuesta técnico económica que contiene información respecto al tipo de luminaria adecuada, costo aproximado de implementación para cada área y el costo total de la propuesta.
- Finalmente, se realiza una socialización a los responsables de las áreas, encabezados por el Decanato de Ciencias.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS

La UIS, Institución oficial, del orden departamental, está encaminada fundamentalmente a la formación del hombre, mediante la generación y difusión del saber en sus diversas ramas; Como institución académica de educación superior enmarca su estructura organizacional en torno a los saberes en cinco facultades: Ingenierías Físico-Mecánicas, Ingenierías Físico-Químicas, Ciencias, Salud y Humanidades se conjugan los campos del conocimiento en los que la Universidad adelanta las actividades de docencia, investigación y extensión.<sup>6</sup>

### 2.1 MISIÓN

La Facultad de Ciencias de la Universidad Industrial de Santander es una comunidad académica orientada hacia la investigación como eje fundamental de sus funciones misionales. Está dedicada a la generación de conocimiento científico, la difusión y la enseñanza de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Para esto forma investigadores y profesionales de alta calidad a nivel de pregrado y posgrado y aporta soluciones que propenden por el mejoramiento de la calidad de vida en la sociedad a nivel regional y nacional.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup>UIS, Bucaramanga, Disponible en línea [<http://www.uis.edu.co/webUIS/es/acercaUis/estructuraOrganizacional.html>].

<sup>7</sup> Disponible en línea [<http://ciencias.uis.edu.co/facultad/nosotros/mision>].

## 2.2 VISIÓN

En el 2018 la Facultad de Ciencias de la Universidad Industrial de Santander será reconocida a nivel internacional por su productividad científica de alto impacto en ciencias básicas y aplicadas que contribuya al desarrollo de la sociedad. Se caracterizará por una cultura de cooperación académica internacional, reflejada en la permanente interacción con grupos de investigación, la participación activa en redes académicas y la movilidad de su comunidad. Sus Escuelas ofrecerán programas de alta calidad en todos los niveles de formación. Contará con un equipo humano comprometido con el desarrollo de la Facultad, integrado por una planta profesoral con 85% de formación doctoral, un personal de apoyo de sobresalientes competencias profesionales y dispondrá de la infraestructura física y tecnológica que soporte el desempeño de excelencia en las funciones misionales.<sup>8</sup>

## 2.3 ENTORNO

**2.3.1 Camilo Torres.** Edificio número 18, de cuatro pisos construido en el año de 1974 por el Arquitecto Horacio Gómez. En el proceso de formación se atiende la demanda de servicios de ciclo básico y los requerimientos propios de pregrado y posgrado. En el proceso de extensión se atienden los requerimientos de semilleros, diplomados, cursos de adelanto de materias entre otros. Cuenta con 31 aulas de clase, 4 salas de cómputo y 1 auditorio.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Disponible en línea [<http://ciencias.uis.edu.co/facultad/nosotros/vision>].

<sup>9</sup> Disponible en línea [<http://ciencias.uis.edu.co/facultad/nosotros/infraestructura/edificio-camilo-torres>].

Para tener una mayor visualización de la distribución de las áreas, que conforman el edificio Camilo Torres se puede remitir al Anexo A.

**2.3.2 Laboratorios Livianos.** Edificio número 17, construido en el año de 1974 por el Arquitecto Horacio Gómez. Este edificio concentra las cuatro Escuelas adscritas a la Facultad de Ciencias, la Decanatura de la Facultad y las instalaciones asociadas a la Cooperativa de Profesores UIS.

El edificio cuenta con cuatro pisos y un sótano, sirve las tres funciones misionales y en él se encuentran aulas, laboratorios, oficinas administrativas, centros de estudio y el Museo de Historia Natural entre otros. En los pisos segundo y tercero se conecta con los demás edificios articulando el complejo.<sup>10</sup>

Las distribuciones de las áreas que comprenden el edificio de Laboratorios Livianos, pueden ser consultadas en el Anexo B.

En la figura 1, se muestra de forma ilustrativa la ubicación de cada uno de los edificios en la Facultad de Ciencias al cual pertenecen.

---

<sup>10</sup> Disponible en línea [<http://ciencias.uis.edu.co/facultad/nosotros/infraestructura/edificio-laboratorios-livianos>].

**Figura 1. Entorno Edificios Camilo Torres, Laboratorios Livianos**



Fuente: Universidad Industrial de Santander.

### 3. METODOLOGÍA

**Tabla 1. Metodología del proyecto**

Objetivos	Actividades realizadas
Realizar un diagnóstico inicial de las condiciones y características de iluminación en los edificios Camilo Torres y Laboratorios Livianos.	Se realizó una visita de reconocimiento a cada una de las áreas, objeto del presente proyecto; en las que se evaluaron condiciones como color de las paredes, iluminación natural, iluminación artificial, ubicación de las luminarias, jornada laboral, características intrínsecas de iluminación en los puestos de trabajo como: la temperatura de color, rendimiento cromático, flujo luminoso y consumo de energía de las luminarias existentes en las áreas.
Ejecutar las mediciones de niveles de iluminación por luxometría en las áreas definidas.	Haciendo uso del luxómetro EXTECH INSTRUMENTS modelo HD 450, serial 130622492 y siguiendo los parámetros definidos por el RETILAP y la norma Internacional NTC ISO 8995 se procedió a medir los niveles de iluminancia en los puestos de trabajo, para determinar el grado de luminocidad en cada uno de ellos. De acuerdo al RETILAP y con base en las actividades académicas realizadas en dos jornadas se tomaron mediciones diurnas y nocturnas para el edificio Camilo Torres.
Determinar el grado de riesgo por iluminación en los puestos evaluados.	Aplicando los criterios y parámetros definidos por la norma ISO 8995 y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP (resolución 182544 de diciembre 29 de 2010), y considerando el rango permisible de iluminación para cada una de las áreas se procedió a elaborar una herramienta ofimática que permitiera cuantificar el grado de riesgo en porcentaje de iluminación definido para cada una de ellas comparándolo con los valores definidos por el Retilap, el cual se presenta en el (Anexo H, I) determinando cuanto es el grado de afectación visual por iluminación al que están expuestas las personas en cada uno de los puestos de trabajo.

Objetivos	Actividades realizadas
<p>Formular la propuesta técnico económica para el mejoramiento de los ambientes de trabajo y garantizar el cumplimiento de la normatividad aplicable.</p>	<p>A partir de los niveles encontrados anteriormente y en concordancia con las normas técnicas internacionales, la norma GTC 8 de Icontec y con el Retilap, se procedió a realizar un diseño del sistema de iluminación recomendado para cada una de las áreas por medio de los programas ArchiCAD by Graphisoft® y Artlantis Studio by Abvent R&amp;D®, considerando la ubicación de la luminaria al plano de trabajo, controles que eviten el uso de iluminación mixta, el color de las paredes y techo que permiten garantizar los niveles de iluminancia adecuados en consideración a la vida útil y el flujo luminoso.</p> <p>De acuerdo a unos criterios establecidos se seleccionó un proveedor de luminarias tipo LED.</p>
<p>Estimar los costos inherentes al mejoramiento de los niveles de iluminación en las áreas.</p>	<p>Contemplando eficiencia y a que la inversión pueda tener un retorno esperado en terminos de consumo energético de la luminaria, pero a su vez la cantidad de luminosidad que genera, la vida útil, y lo que costaría un tubo LED en consideración al que existe actualmente, se propuso un costo total para el proyecto.</p>
<p>Socializar los resultados de las actividades efectuadas a los responsables de las áreas.</p>	<p>Sustentar la propuesta técnico económica ante los responsables de las áreas.</p>

## **4. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LAS ÁREAS.**

En este capítulo se describió la situación actual de los edificios Camilo Torres y Laboratorios Livianos frente al cumplimiento de los requisitos legales vigentes que exigen el RETILAP Y la norma GTC 8.

Para desarrollar el diagnóstico se realizó un recorrido detallado por cada uno de los salones, oficinas, laboratorios entre otros; bajo la técnica de observación que permitió determinar características como: número de luminarias existentes, controles adecuados para la entrada de luz natural, condiciones en las que se encuentran las luminarias, ubicación respecto al plano de trabajo, altura de la fuente sobre la superficie de las labores etc.

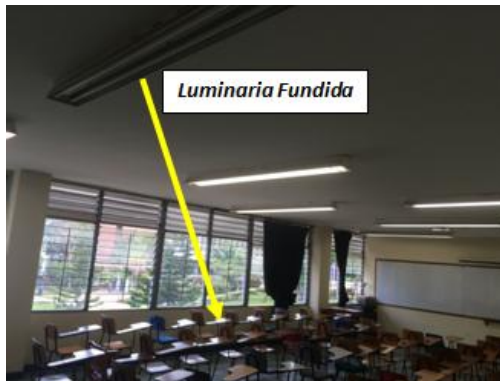
### **4.1 EDIFICIO CAMILO TORRES**

Es uno de los más antiguos de la Universidad Industrial de Santander, siendo éste el que alberga gran cantidad de estudiantes así como el desarrollo de las actividades académicas, las cuales se trabajan de manera diurna y nocturna. Debido a lo anteriormente mencionado es importante contar con condiciones de iluminación adecuadas en los puestos de trabajo tanto para estudiantes como para los mismos docentes.

El análisis cualitativo realizado en el edificio Camilo Torres puede ser consultado en el Anexo C.

Al realizar el diagnóstico diurno de las características en las que se encuentran los puestos de trabajo, se observa a simple vista que son áreas las cuales no cuentan con un mantenimiento adecuado de las luminarias, donde se hallaron algunas fundidas y sucias lo que conlleva a reducir poco a poco el nivel de iluminación que puede afectar y esforzar la visión de las personas como se puede observar en la **Figura 2**.

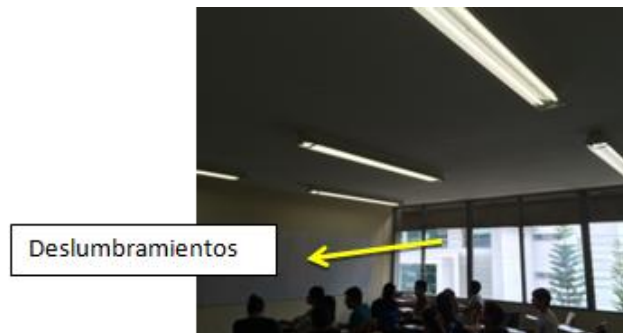
**Figura 2. Salón de clase**



Fuente: Edificio Camilo Torres- Universidad Industrial de Santander

Asímismo otra de las características que se tuvo en cuenta corresponden al aprovechamiento de la luz natural y artificial. En cuanto a la luz natural no existe un uso adecuado puesto que; cuando hay entrada de luz solar también se está haciendo uso de la luz artificial, lo que puede generar contrastes excesivos y causar deslumbramientos con dirección a los objetos reflectores. En cuanto a la luz artificial, se necesita contar con controles adecuados como cortinas, persianas o "black out" pues no todos los salones cuentan con ellos para que permita un mejor aprovechamiento de la misma como se observa en la **Figura 3**.

**Figura 3. Salón de clase**

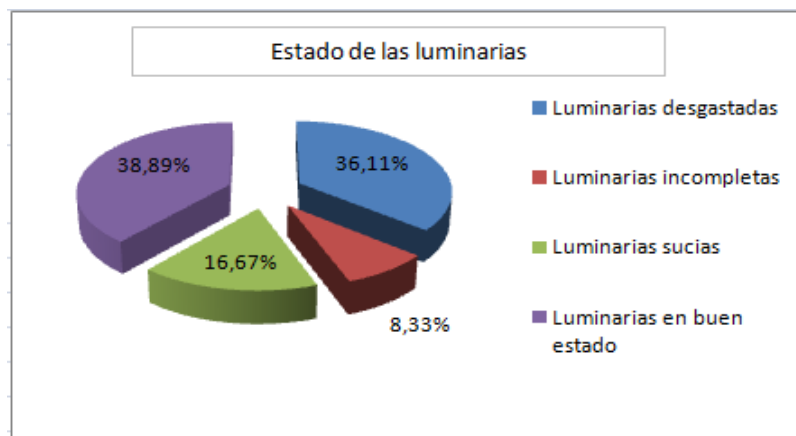


Fuente: Edificio Camilo torres- Universidad Industrial de Santander

Basados en el diagnóstico del edificio Camilo Torres; de los 36 puestos de trabajo distribuidos entre salones de clase y salas de cómputo, se concluyó que:

- ✓ Lo relacionado al estado de las luminarias, se puede observar la grafica 1.

**Grafica 1. Estado de las luminarias.**



- El 36,11% de los puestos de trabajo cuentan con luminarias desgastadas lo que ocasiona un nivel de iluminación mínimo.

- El 8,33% del estado de sus luminarias se encuentran incompletas lo cual reduce la iluminación en el área de trabajo.
  - El 16,67% de la luminarias se encuentran sucias.
  - El 38,89% de la luminarias se encuentran en buen estado.
- ✓ De acuerdo a los controles adecuados con los que cuentan las áreas evaluadas se concluyó que:
- El 38,89% cuentan con cortinas, persianas y black out lo cual permiten un mejor aprovechamiento de la luz artificial.
  - El 61,11% no cuentan con ningún control adecuado, que permitan mitigar la el deslumbramiento que puede ocasionar la luz natural al reflejar objetos como tableros.

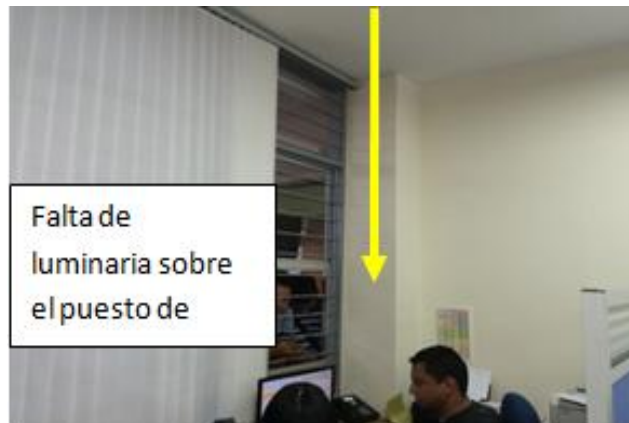
## **4.2 EDIFICIO LABORATORIOS LIVIANOS**

Es uno de los más extensos puestos que cuenta con una variedad de áreas como los son las oficinas administrativas, oficinas de profesores, salones de clase, auditorios, laboratorios (física, química, electromagnetismo, ondas y partículas ) entre otros.

La información detallada del análisis cualitativo puede ser consultado en el Anexo D.

Al realizar el diagnóstico en algunas oficinas tipo cubículo, se encontró que no cuentan con la luminaria correspondiente ni con la posición adecuada que deb estar paralela al puesto de trabajo y solo percibe luz de otra luminaria que está cercana como se observa en la **Figura 4** .

**Figura 4. Oficina tipo cubículo**



Fuente: Edificio Laboratorios Livianos- Universidad Industrial de Santander.

Otro de los niveles de iluminación deficientes se presentan en el 50% de las oficinas de tipo general donde se desarrollan las actividades docentes las cuales ocupan gran parte de su tiempo en ellas como se observa en la **Figura 5** , en algunos casos no cumple con el mantenimiento adecuado ni con la posición de las luminarias respectivamente lo que requiere un mayor esfuerzo visual, trayendo como consecuencia un mayor agotamiento y una mayor probabilidad de cometer errores en sus labores.

**Figura 5. Oficinas de profesores**



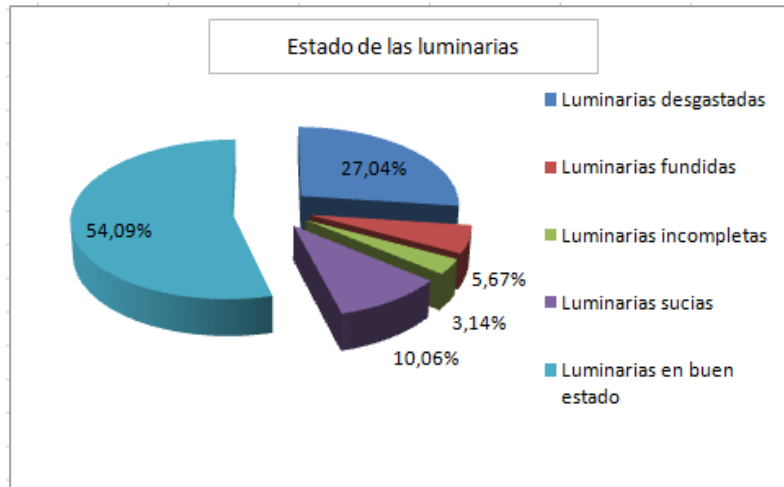
Fuente: Edificio Laboratorios Livianos- Universidad Industrial de Santander.

En cuanto a los laboratorios de química y física que se encuentran en el segundo piso, cuentan con luminarias nuevas ya que en el año 2013 se realizó una repotencialización por parte de la universidad con dirección de planta física, aunque cabe resaltar que la ubicación no es la más adecuada puesto que no está en función de los puestos de trabajo, sino que se encuentran ubicadas en la parte trcera de la posición de trabajo de la persona.

En el análisis elaborado a los 159 puestos de trabajo del edificio Laboratorios Livianos distribuidos entre laboratorios, oficinas de profesores, oficinas de tipo general y salas de juntas se concluyó que:

- ✓ En cuanto al estado de las luminarias se puede observar la grafica 2.

**Grafica 2. Estado de las luminarias**



- El 27,04% cuentan con luminarias desgastadas.
  - El 5,67% de las luminarias se encuentran fundidas las cuales no proporcionan la emisión de luz adecuada.
  - El 3,14% de las luminarias están incompletas.
  - El 10,06% del estado de las luminarias se hallan sucias.
  - El 54,09% se encuentran en buen estado las luminarias.
- ✓ De acuerdo a la ubicación de la luminaria, respecto al puesto de trabajo:
- El 88,67% de las luminarias cumplen con la ubicación en forma paralela.
  - El 11,31% de las luminarias se encuentran ubicadas de forma mixta y perpendicular, lo cual no cumple con los estándares reglamentarios.

### 4.3 EVALUACIÓN INICIAL DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN LAS ÁREAS

Las mediciones se desarrollaron situando el luxómetro a la altura de la vista de la persona y perpendicular al plano de trabajo. Las evaluaciones fueron diurnas para los dos edificios con el fin de evaluar la calidad y el nivel de luz (artificial y natural) que reciben los puestos de trabajo.

Las mediciones nocturnas solo se tomaron para el edificio Camilo Torres puesto que en algunas horas de la noche se ejecutan actividades académicas, evaluando la calidad y cantidad de luz artificial sobre los puestos de trabajo e igualmente estudiar si la iluminación artificial en uso garantiza un nivel de iluminación adecuado para realizar las tareas asignadas.

**4.3.1 Equipo a utilizar.** El instrumento de medida utilizado es un Luxómetro digital marca EXTECH INSTRUMENTS HD450 calibrado en Lux. las características detalladas del equipo se encuentran en la tabla 2.

El certificado de calibración del equipo se puede observar en los (Anexos E,F,G).

**Tabla 2. Características del Luxómetro.**

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL
Luxómetro	EXTECH INSTRUMENTS	HD 450	130622492

**Figura 6. Luxómetro**



**4.3.2 Puntos a medir.** Para el estudio de Iluminación se midió el total de las áreas en cuanto a niveles de iluminación.

**4.3.3 Criterio de referencia.** Para el estudio de iluminación, se tuvieron en cuenta los niveles recomendados y descritos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (resolución 182544 de diciembre 29 de 2010) RETILAP y adaptados de la norma ISO 8995 “Principios de ergonomía visual-Iluminación para ambientes de trabajo en espacios cerrados.

Los niveles de iluminación (mínimo, recomendado y máximo) para cada tipo de actividad se presentan en la (tabla 3), los cuales permiten una comparación cualitativa respecto al nivel de iluminación encontrado en cada medición.<sup>11</sup>

A continuación se presentan los intervalos correspondientes a los tres valores de iluminancia para cada tarea, interpretados de la siguiente manera:

---

<sup>11</sup> Tomado del REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO.RESOLUCIÓN 180540 de marzo 30 de 2010. Capítulo 4/sección 410.1 Niveles de Iluminación o Luminancias y Distribución de Luminancias.p.77-79.

- La Valoración Mínima: se usara para comparar los valores obtenidos en sitios donde la velocidad y exactitud de trabajo no son importantes, o las labores que allí se realizan son ocasionales.
- La Valoración Media o Recomendado: se aplica para labores de trabajo normal y condiciones no muy exigentes o cuando la persona o personas que se encuentran en el área de trabajo no reportan malestar o discomfort con las condiciones halladas.
- La valoración Máxima: se aplicará cuando la labor a realizar presenta condiciones donde la productividad y la exactitud de la tarea se considera de gran importancia, o cuando la capacidad visual de la persona así lo requiere.

**Tabla 3. Niveles de Iluminación**

Niveles de Iluminación de Referencia			
Tipo de recinto o actividad	Niveles de Iluminancia		
	Mínimo	Recomendado	Máximo
Salones de Clase	300	500	750
Sala de computo	300	500	750
Oficinas de tipo general	300	500	750
Oficinas Cubículos	500	750	1000
Sala de juntas	300	500	750
Laboratorios	300	500	750
Recintos con máquinas de copiado	300	500	750
Cuartos de control químico	300	500	750
Áreas de circulación( corredores)	50	100	150
Bodega	100	150	200

Fuente: Tomado del Reglamento Técnico de Iluminación Y Alumbrado Público. Resolución No.180540 de Marzo 30 de 2010.p.77-79.

## 4.4 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

**4.4.1 Interpretación de los Resultados.** Para cada uno de los registros obtenidos en los diferentes puntos en los que se realizó la medición de iluminación, donde se cualifica el nivel de iluminación de acuerdo a los parámetros presentados en la tabla 4.

**Tabla 4. Calificación del nivel de iluminación.**

NIVEL DE ILUMINACIÓN	CONDICIONES
Excesivo	Si supera los límites establecidos por la norma
Adecuado	Se encuentra dentro del rango de los límites permitidos
Deficiente	Si es inferior a los límites establecidos por la norma

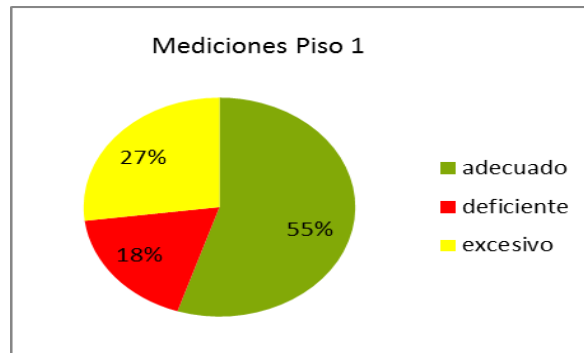
### 4.4.2 Resultados y Análisis

**4.4.2.1 Edificio Camilo Torres:** Las mediciones correspondientes, fueron ejecutadas para el edificio en los meses de marzo y abril del presente año utilizando el luxómetro.

El registro de las mediciones se pueden observar en el Anexo H.

- En el piso 1 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados en la jornada diurna, el 55% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 18% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 27% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 3 ).

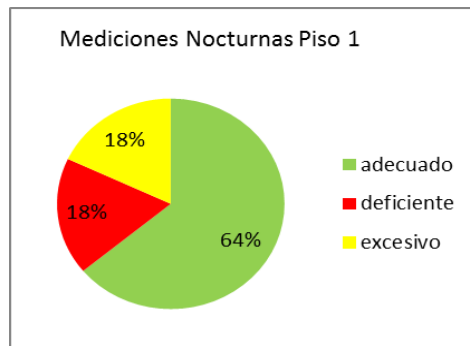
**Grafica 3. Resultados obtenidos de las mediciones Diurnas, piso 1 Camilo Torres.**



Se requiere mejorar los niveles de iluminación del 18% **Deficiente** de los salones y establecer controles adecuados del 27% **Excesivo** para evitar la entrada de luz natural directa y provocar deslumbramientos de la visión sobre los puestos de trabajo.

- En el piso 1 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados en la jornada Nocturna, el 64% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 18% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 18% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 4 ).

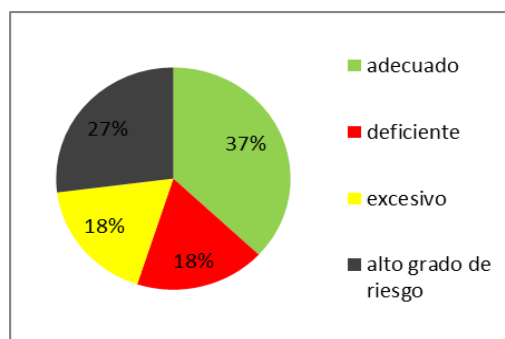
**Grafica 4. Resultados obtenidos de las mediciones Nocturnas,piso 1 Camilo Torres.**



Se puede observar claramente que, respecto a la iluminación en la jornada diurna; el 64% de la jornada nocturna registraron un nivel de iluminación **Adecuado**, y aproximadamente el 27% de los registros de iluminancia tienden hacia el límite inferior (300 luxes) ya que tienen un grado de riesgo <30% lo que dificulta el desarrollo de las actividades, debido a esto las personas requieren un mayor esfuerzo visual, trayendo como consecuencia un gran agotamiento y una alta probabilidad de cometer errores en sus labores.

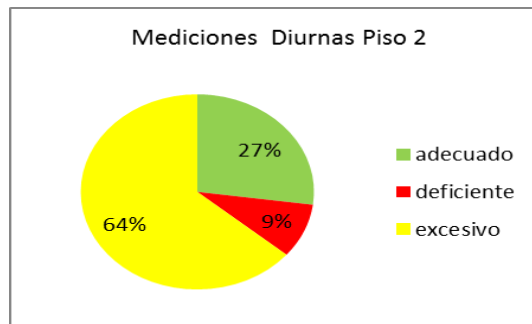
La nueva evaluación se analizará de la siguiente manera: (ver grafica 5 ).

**Grafica 5. Evaluación Nocturna Piso 1 Camilo Torres**



- En el piso 2 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados en la jornada diurna, el 27% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 9% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 64% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 6 ).

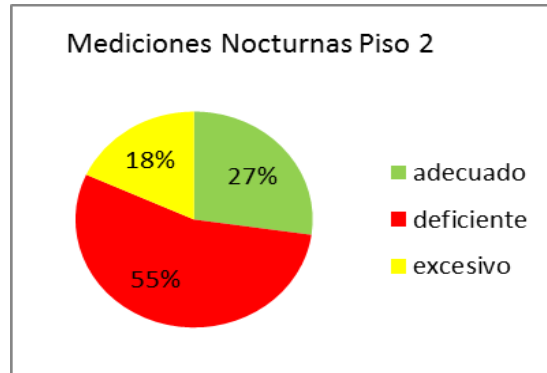
**Grafica 6. Resultados obtenidos de las mediciones Diurnas, piso 2 Camilo Torres.**



Se requiere mejorar el 64% de los niveles de iluminación excesivos y establecer controles adecuados para evitar la entrada de luz natural y los deslumbramientos sobre los puestos de trabajo.

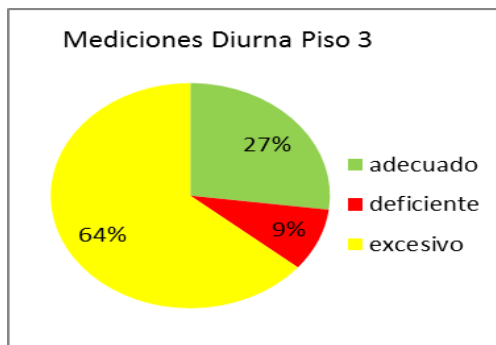
- En el piso 2 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados en la jornada Nocturna, el 55% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Deficiente**, lo cual dificulta el desarrollos de actividades debido a que se requiere realizar una remodelación de las luminarias, puesto que ya se encuentran desgastadas y no producen el nivel de luz recomendado. (ver grafica 7 ).

**Grafica 7. Resultados obtenidos de las mediciones Nocturnas, piso 2 Camilo Torres.**



- En el piso 3 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados en la jornada diurna, el 27% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 9% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 64% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 8 ).

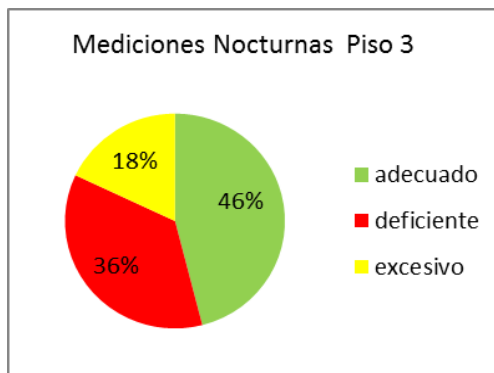
**Grafica 8. Resultados obtenidos de las mediciones Diurnas, piso 3 Camilo Torres.**



Se requiere mejorar el 64% de los niveles de iluminación excesivos y establecer controles adecuados para evitar la entrada de luz directa y deslumbramientos sobre los puestos de trabajo.

- En el piso 3 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados en la jornada Nocturna, el 46% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 36% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 18% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 9 ).

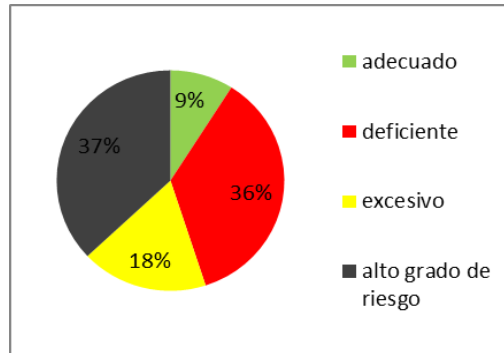
**Grafica 9. Resultados obtenidos de las mediciones Nocturnas, piso 3 Camilo Torres.**



De acuerdo a lo anterior el 46% de los puestos de trabajo registraron un nivel de iluminación Adecuado, no significa que cumpla a cabalidad con los estándares del RETILAP, puesto que aproximadamente el 37% de los registros de iluminación tienden hacia el límite inferior (300 luxes).

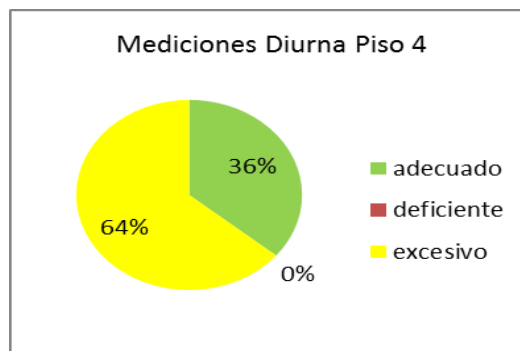
Entonces la nueva evaluación se analizará de la siguiente manera: (ver grafica 10).

**Grafica 10. Evaluación Nocturna Piso 3 Camilo Torres.**



- En el piso 4 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados en la jornada diurna, el 36% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 0% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 64% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 11 ).

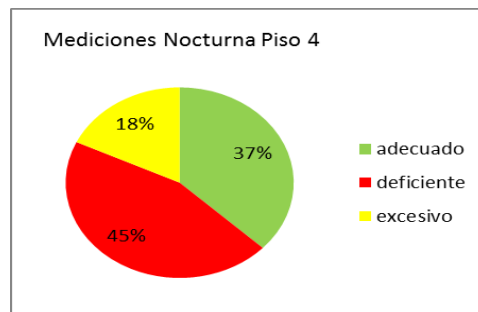
**Grafica 11. Resultados obtenidos de las mediciones Diurnas, Piso 4 Camilo Torres.**



Se requiere mejorar el 64% de los niveles de iluminación excesivos y establecer controles adecuados para evitar la entrada de luz directa y deslumbramientos sobre los puestos de trabajo.

- En el piso 4 se encontró que: en los puestos de trabajo evaluados en la jornada Nocturna, el 45% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Deficiente**, lo cual dificulta el desarrollos de actividades debido a que se necesita realizar una remodelación de las luminarias puesto que ya se encuentran desgastadas y no producen el nivel de luz recomendado. (ver grafica 12 ).

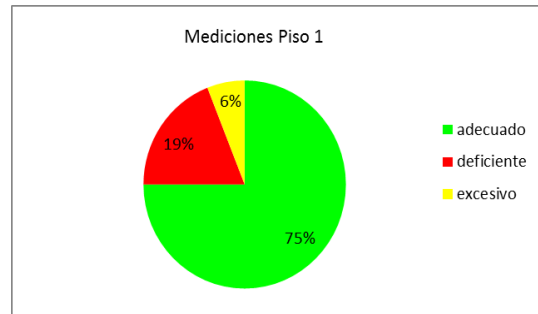
**Grafica 12 . Resultados obtenidos de las mediciones Nocturnas, Piso 4 Camilo Torres.**



**4.4.2.2 Edificio Laboratorios Livianos:** Las mediciones correspondientes, fueron ejecutadas para el edificio en los meses de marzo y abril del presente año utilizando el luxómetro, (ver Anexo I).

- En el piso 1 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados, el 75% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 19% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 6% registraron niveles **Excesivos**.(ver grafica 13 ).

**Grafica 13. Resultados obtenidos de las mediciones, Laboratorios Livianos.**

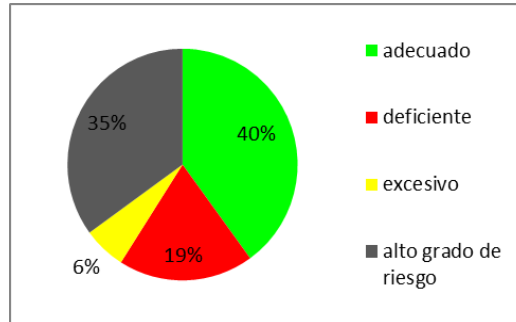


Si bien es cierto que el 75% de los puestos de trabajo registraron un nivel de iluminación Adecuado, no significa que cumpla a cabalidad con los niveles recomendados establecidos por el RETILAP, puesto que aproximadamente el 35% de los registros de iluminancia tienden hacia el límite inferior (300 luxes).

Es aquí donde se ve la importancia de tener en cuenta los resultados que arroja el grado de riesgo, el cual permite tomar decisiones sobre la necesidad o no de adoptar acciones preventivas. Por ello es necesario revisar y orientar la ubicación de las fuentes de iluminación artificial en función de los puestos de trabajo y viceversa, de manera que se logre mayor aprovechamiento de la intensidad lumínica proveída por éstas sobre la superficie de trabajo.

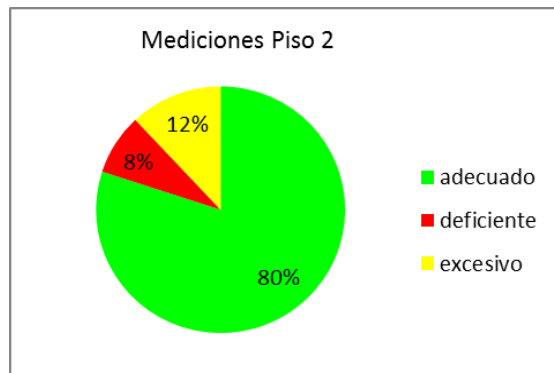
De tal modo, los puestos de trabajo que arrojen grado de riesgos  $> 30\%$  se pueden considerar en alto grado de riesgo. Entonces la nueva evaluación se analizará de la siguiente manera: ( ver grafica 14 ).

**Grafica 14 . Evaluación Piso 1 Laboratorios Livianos**



- En el piso 2 se encontró que: en los puestos de trabajo evaluados, el 80% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 8% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 12% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 15 ).

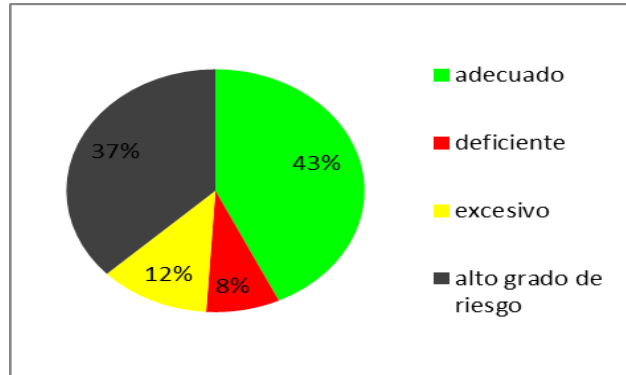
**Grafica 15. Resultados obtenidos de las mediciones, Laboratorios Livianos.**



De acuerdo a lo anterior el 80% de los puestos de trabajo registraron un nivel de iluminación Adecuado, no significa que cumpla a cabalidad con los estándares del Retilap, puesto que aproximadamente el 37% de los registros de iluminancia tienden hacia el límite inferior (300 luxes).

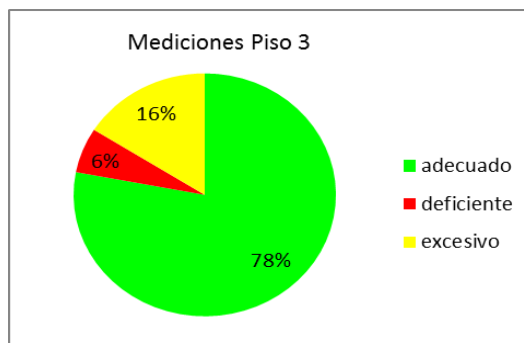
Entonces la nueva evaluación se analizará de la siguiente manera:(ver grafica 16).

**Grafica 16. Evaluación Piso 2 Laboratorios Livianos**



- En el piso 3 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados, el 78% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 6% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 16% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 17 ).

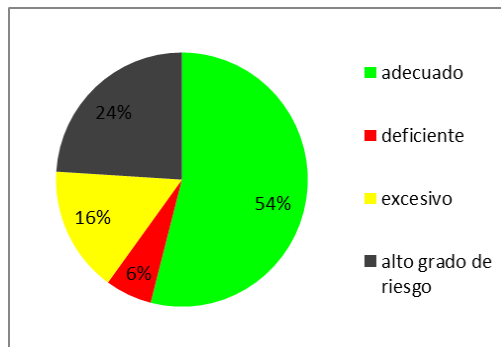
**Grafica 17. Resultados obtenidos de las mediciones, Laboratorios Livianos.**



Teniendo en cuenta los resultados anteriores el 78% de los puestos de trabajo registraron un nivel de iluminación Adecuado, no significa que cumpla a cabalidad con los estándares del Retilap, puesto que aproximadamente el 24% de los registros de iluminancia tienden hacia el límite inferior (300 luxes).

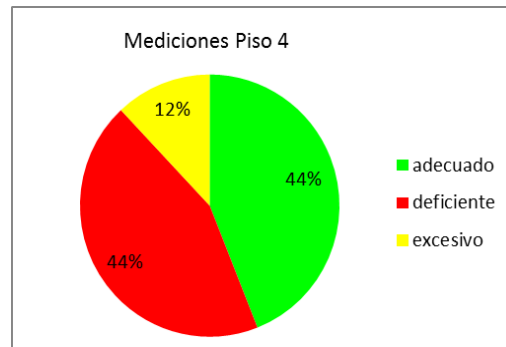
La nueva evaluación se analizará de la siguiente manera: (ver grafica 18).

### Grafica 18. Evaluación Piso 3 Laboratorios Livianos



- En el piso 4 se encontró que: los puestos de trabajo evaluados, el 44% de estos arrojó nivel de iluminación con calificación **Adecuada**, mientras que el 44% de los puestos de trabajo registraron niveles **Deficientes** y el 12% registraron niveles **Excesivos**. (ver grafica 19 ).

**Grafica 19. Resultados obtenidos de las mediciones, Laboratorios Livianos.**



La deficiencia en los niveles de iluminación obedece a la ubicación de las fuentes de iluminación artificial con respecto a los puestos de trabajo para el caso de las oficinas de los profesores de los laboratorios y a la altura de las fuentes.

Los resultados anteriores son producto del desgaste de la fuentes, que no permiten un nivel de iluminancia adecuado lo que produce altos esfuerzos visuales.

## 5. JUSTIFICACIÓN

La iluminación es uno de los factores ambientales más estudiados desde los orígenes de la ergonomía, y la importancia de trabajar en unas condiciones físicas adecuadas se hace evidente, cuando se necesita crear un entorno que proporcione la percepción, la atención y la realización de tareas con exigencias de trabajo mental, así se facilita a la persona la detección de señales e informaciones visuales que necesite para el desempeño del trabajo.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se obtiene que:

- ✓ De los 159 puestos evaluados en el edificio Laboratorios Livianos, se obtiene un porcentaje global de incumplimiento del 54,75%.
  
- ✓ De los 36 puestos evaluados en el edificio Camilo Torres: la jornada diurna arrojó un incumplimiento del 63,75% y la jornada nocturna arrojó el 72,5%.

De acuerdo al panorama anterior de iluminación en los puestos de trabajo y las posibles consecuencias para la salud visual, la calidad del trabajo y el bienestar en general se hace necesario priorizar, planificar y ejecutar las medidas que permitan minimizar y mitigar el riesgo.

Es de suma importancia cumplir con los lineamientos establecidos por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP (resolución 182544 de diciembre 29 de 2010) de acuerdo a los niveles de iluminancia y los tipos de luminarias adecuados para cada una de las áreas. De acuerdo con las disposiciones legales vigentes, se deben proporcionar ambientes adecuados de trabajo, lo que involucra los niveles de iluminación como lo describe la (Ley 9 de

1979, resolución 2400 de 1979, Decreto 1443 de 2014), todo esto en busca del beneficio de las personas que laboran en cada uno de los edificios, teniendo en cuenta que el tiempo al que se está expuesto tanto para funcionarios administrativos, profesores y demás trabajadores es de 8 horas diarias, lo implica un tiempo considerable ejerciendo labores y para los estudiantes depende del tiempo que ocupan en horas de clase y demás actividades académicas que allí se realicen.

## 6. MARCO DE REFERENCIA

### 6.1 MARCO DE ANTECEDENTES

#### 6.1.1 Proyecto 1

- **TÍTULO:** Evaluación, Rediseño y Automatización del sistema de Iluminación del edificio Instituto de Lenguas del Campus Central de la Universidad Industrial de Santander con énfasis en el Retilap.<sup>12</sup>
- **ALCANCE:** Se realizará una revisión de las instalaciones eléctricas existentes del edificio del Instituto de Lenguas del campus central de la Universidad Industrial de Santander, para conocer sus condiciones actuales, siendo el punto de partida la elaboración de un levantamiento total de las instalaciones eléctricas del lugar.

Después del respectivo levantamiento, se procederá a realizar un diagnóstico de las instalaciones antiguas, se decidirá como pueden ser mejoradas o remodeladas de acuerdo con la normatividad, esta etapa es importante para el trabajo en estudio ya que de acuerdo con este diagnóstico se determinarán los trabajos a realizar y se empezara con la realización del estudio de la iluminación que es la parte más sobresaliente de este proyecto.

---

<sup>12</sup> CABALLERO GRIMALDOS, Elsy Johana;HERNANDEZ RODRIGUEZ,Luis Fernando y SALDAÑA RODRIGUEZ, Leonardo.Evaluación, Rediseño y Automatización del sistema de Iluminación del edificio Instituto de Lenguas del Campus Central de la Universidad Industrial de Santander con énfasis en el Retilap.Bucaramnga,2013. Trabajo de grado(Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas).Escuela de Ingenieria Electrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

Al concluir el proyecto se entregará el rediseño con sus respectivos planos eléctricos de la red a utilizar, junto con un documento en el cual se consigue toda la información referente a los cálculos de los niveles de iluminación, niveles de aislamiento, corriente, regulación de tensión, sistemas de puesta a tierra y pérdidas de potencia así como el respectivo análisis Técnico Financiero de la viabilidad del proyecto.

**APORTES AL PROYECTO OBJETO DE ESTUDIO:** El alcance de este proyecto sirve de guía para la realización del diagnóstico, utilizando la técnica de observación en cuanto a las situaciones actuales de las áreas a evaluar y por consiguiente las pautas a seguir de acuerdo a la normatividad trabajada.

### 6.1.2 Proyecto 2

- **TÍTULO:** Manual de interpretación y aplicación del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público Retilap enfocado a los requisitos para la iluminación interior.<sup>13</sup>
- **ALCANCE:** Este proyecto tiene como finalidad la socialización y análisis de los avances del RETILAP en conformidad con la norma NTC 2050, el RETIE resolución 181294 del 6 de agosto de 2008, y apoyados de herramientas teórico conceptuales, se darán canales y soportes que procesen, almacenen, sintetizen y presenten información de la forma más variada y conceptual sobre iluminación que es uno de los requerimientos ambientales más importantes de los interiores, teniendo en cuenta que la visibilidad en un espacio es una condición esencial para la realización adecuada, segura y en confort de nuestras

---

<sup>13</sup>ORDUZ MONTAÑA, Edwin Fabian y ZAMBRANO BARRERA, Anderson Yair. Manual de interpretación y aplicación del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público Retilap enfocado a los requisitos para la Iluminación interior. Bucaramanga, 2010. Trabajo de grado ((Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas). Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

actividades; y de esta manera lograr una clara interpretación y aceptación del reglamento.

Se pretende que este proyecto presente una variación notable en la sociedad y además constituya un cambio en la educación y en la forma de difundir y generar conocimientos, de esta forma dar otro paso hacia la competitividad del sector y que este sea un elemento de confiabilidad y de mejores productos e instalaciones para los usuarios.

- **APORTES AL PROYECTO OBJETO DE ESTUDIO:** El alcance de este proyecto presenta una herramienta desarrollada para que se pueda interpretar y manejar el RETILAP siendo este la guía del proyecto en curso a realizar pues esta norma es la base fundamental para cumplir con los objetivos planteados.

### 6.1.3 Proyecto 3

- **TÍTULO:** Evaluación y Rediseño del Sistema de Iluminación del edificio de Bienestar Universitario del Campus Central de la Universidad Industrial de Santander aplicando el Retilap.<sup>14</sup>
- **ALCANCE:** Desarrollar el levantamiento del sistema eléctrico existente actualmente, su rediseño teniendo en cuenta la división de los circuitos de iluminación de las instalaciones eléctricas.

---

<sup>14</sup> ALMEIDA RAVELO, Giovanni y CARRASCAL PICÓN, Alvaro Mauricio. Evaluación y Rediseño del sistema de iluminación del edificio de Bienestar Universitario del Campus Central de la Universidad Industrial de Santander aplicando el Retilap. Bucarmanga, 2013. Trabajo de grado (Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas). Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

Se debe principalmente buscar el mejoramiento del sistema de iluminación teniendo en cuenta la modernización de dicho sistema por medio de las normas técnicas (RETIE, RETILAP) para ellos se debe hacer el levantamiento del sistema de iluminación interna y externa del edificio.

Para la movilización del sistema eléctrico se instalaran sensores de movimientos en pasillos y baños para hacer un uso más racional de la energía.

Realizar una redistribución de la iluminación de modo que se realice de forma más equitativa en los lugares específicos donde se desea iluminar (oficinas, comedores, cafetería, cocina, baños, pasillos, consultorios) para ello se debe hacer las correspondientes reestructuraciones teniendo en cuenta la normatividad vigente del RETILAP.

- **APORTES AL PROYECTO OBJETO DE ESTUDIO:** Es un proyecto que se hizo recientemente para la Universidad Industrial de Santander bajo los lineamientos del RETILAP clave para el desarrollo y cumplimiento del mismo.

## **6.2 MARCO LEGAL**

### **6.2.1 Legislación Nacional**

- ✚ **RESOLUCIÓN 2400 DE 1979 (mayo 22). Ministerio de trabajo y seguridad social.**

Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

### CAPITULO III.DE LA ILUMINACIÓN

ARTÍCULO 79. Todos los lugares de trabajo tendrán la iluminación adecuada e indispensable de acuerdo a la clase de labor que se realice según la modalidad de la industria; a la vez que deberán satisfacer las condiciones de seguridad para todo el personal. La iluminación podrá ser natural o artificial, o de ambos tipos.

La iluminación natural debe disponer de una superficie de iluminación (ventanas, claraboyas lumbreras, tragaluces, techos en diente de serrucho, etc.) proporcional a la del local y clase de trabajo que se ejecute, complementándose cuando sea necesario con luz artificial. Cuando no sea factible la iluminación natural, se optará por la artificial en cualquiera de sus formas y deberá instalarse de modo que:

- a. No produzca deslumbramientos, causa de reflexión del foco luminoso en la superficie de trabajo o foco luminoso en la línea de visión.
- b. No produzca viciamiento de la atmósfera del local, ni ofrezca peligro de incendio o sea perjudicial para la salud de los trabajadores.

PARÁGRAFO. El número de focos, su distribución e intensidad estará en relación con la altura, superficie del local y de acuerdo al trabajo que se realice.

ARTÍCULO 80. Se procurará que el trabajador no sufra molestias por la iluminación solar directa; para este fin es indispensable utilizar un vidrio difusor, con coloración apropiada u otro dispositivo que evite el resplandor.

ARTÍCULO 81. Cuando se use iluminación suplementaria para las máquinas o aparatos, se ha de tener cuidado de que tengan su pantalla adecuada siempre que no den lugar a la proyección de contrastes de luz y sombra.

## **Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.**

Capítulo 2. Requisitos generales para un sistema de iluminación.

### SECCIÓN 200 REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.<sup>15</sup>

#### SECCIÓN 200.1 RECONOCIMIENTO DEL SITIO Y OBJETOS A ILUMINAR.

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los requerimientos del presente reglamento.

#### SECCIÓN 200.2 REQUERIMIENTOS DE ILUMINACIÓN.

En un proyecto de iluminación se deben conocer los requerimientos de luz para los usos que se pretendan, para lo cual se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación. Igualmente, el proyecto debe considerar el tipo de luz y los aportes de luz de otras fuentes distintas a las que se pretenden instalar y el menor uso de energía sin deteriorar los requerimientos de iluminación.

En todo proyecto de iluminación o alumbrado público se debe estructurar un plan de mantenimiento del sistema que garantice atender los requerimientos de iluminación durante la vida útil del proyecto, garantizando los flujos luminosos dentro de los niveles permitidos, lo cual se denominará el flujo luminoso mantenido.

---

<sup>15</sup>MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Alumbrado Público (RETILAP). Capítulo 2. SECCIÓN 200 REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.p.28

### 200.3 SELECCIÓN DE LUMINARIAS Y FUENTES LUMINOSAS.

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas.

Para cumplir estos criterios los fabricantes y/o comercializadores de fuentes luminosas, luminarias, balastos y en general los productos usados en iluminación deben suministrar la información exigida en los requisitos de productos de la sección 300 y complementada con información de catálogos o fichas técnicas de público conocimiento, tal información debe ser la utilizada por los diseñadores y referenciada en las memorias de cálculo.

El diseñador debe tener en cuenta que las luminarias se diseñan para funcionar con determinados tipos de fuentes lumínicas existentes en el mercado; esto implica que una vez definido el tipo de fuente, el universo de luminarias disponibles se reduce. Lo mismo ocurre con las fuentes si primero se define el tipo de luminaria. De manera que la elección debe hacerse en forma que siempre se use la fuente lumínica con una luminaria diseñada para ella o viceversa.

Los criterios que se deben usar para identificar los tipos de luminarias son:

- ✓ Su fotometría
- ✓ Su uso
- ✓ El tipo de fuente de luz o bombilla
- ✓ Las dimensiones y forma de la luminaria
- ✓ El tipo de montaje o instalación requerido
- ✓ Su cerramiento o índice de protección IP

- ✓ El tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico

#### Capítulo 4. Diseños y cálculos de iluminación interior.

### SECCIÓN 410 REQUISITOS GENERALES DEL DISEÑO DE ALUMBRADO INTERIOR.<sup>16</sup>

El diseño de la iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada. Adicional a lo establecido en el Capítulo 2º , se deben en cuenta la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies del salón, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente.

Para una adecuada iluminación se debe tener una estrecha interacción entre el diseñador de la iluminación y diseñadores y constructores de la edificación.

Los ítems más importantes que el diseñador necesita investigar antes iniciar un diseño de alumbrado interior son los siguientes:

- a) Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- b) Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- c) Las condiciones de reflexión de las superficies
- d) Los niveles de iluminancia e uniformidad requeridas
- e) La disponibilidad de la iluminación natural.
- f) El Control del deslumbramiento.
- g) Los requerimientos especiales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación.
- h) Propiedades de las fuentes y luminarias, tales como:

---

<sup>16</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Alumbrado Público (RETILAP). Capítulo 4. SECCIÓN 410 REQUISITOS GENERALES DEL DISEÑO DE ALUMBRADO INTERIOR.p.77.

- ✓ El índice de reproducción del color, lo natural que aparecen los objetos bajo la luz.
- ✓ La temperatura del color, la apariencia de calidez o frialdad de la luz.
- ✓ El tamaño y forma de la fuente luminosa y de la luminaria.

#### SECCIÓN 420 REQUISITOS ESPECÍFICOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR.<sup>17</sup>

##### SECCIÓN 420.1 ALUMBRADO DE ESPACIOS INTERIORES PARA TRABAJO.

El diseño del alumbrado para un espacio destinado a realizar algún tipo de trabajo, debe tener como objetivo lograr óptimas condiciones visuales en el plano de trabajo. Una meta secundaria sería la creación de un medio ambiente visual que ejerza una influencia positiva sobre el rendimiento y el bienestar de sus usuarios.

Cuando se realiza un proyecto de iluminación normalmente se establece un nivel de iluminación superior, según el factor de mantenimiento, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias, así como de la posibilidad de ensuciamiento del espacio. Con el tiempo el valor de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en las luminarias, paredes, techos y suelo. Razón por la cual el diseño debe definir los ciclos de mantenimiento y limpieza para mantener un nivel de iluminación adecuado a la tarea que se realiza en dicho espacio, esto es lo que se llama nivel de iluminación mínimo mantenido.

Por lo anterior, el usuario deberá seguir el plan de mantenimiento y sustituir las bombillas justo antes de alcanzar el nivel mínimo de flujo, de este modo se asegura que las tareas se puedan desarrollar según, las necesidades visuales.

---

<sup>17</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Alumbrado Público (RETILAP). Capítulo 4. SECCIÓN 420.1.2 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS .p.88

## SECCIÓN 420.1.1 ALUMBRADO DE OFICINAS.

En estos locales las luminarias se disponen normalmente en el techo siguiendo un modelo regular en líneas rectas. Si al realizar el proyecto de iluminación de un edificio completo el emplazamiento de las luminarias debe coincidir con el módulo de las ventanas, se debe hacer el diseño de alumbrado de forma que proporcione el nivel luminoso adecuado a las salas de mayores dimensiones. La misma distribución de luminarias se podrá aplicar al resto de las salas, cualesquiera que sean sus dimensiones, siempre y cuando cumplan con los requisitos de nivel de iluminación, uniformidad, deslumbramiento y los de uso racional de energía.

El alumbrado de oficinas puede diseñarse de un modo más esquemático que el de otras instalaciones de alumbrado, dado que, el número de tareas visuales es limitado y bien definido (leer, escribir, dibujar, en monitores de computador, etc.). El plano horizontal de trabajo tiene una altura entre 0,75 y 0,85 por encima del nivel del piso. La altura de techos está entre 2,8 y 3 m.

Los requisitos visuales para el alumbrado de oficinas son los siguientes:

- Luminarias de baja luminancia.
- Ausencia de reflexiones en la superficie de las mesas de trabajo y paneles brillantes.
- Aspecto cromático y rendimiento de color agradables.

Para satisfacer estos requisitos las oficinas podrán usar luminarias empotradas en el techo o adosadas a él, equipadas con lámparas fluorescentes. Las luminarias respecto al control de deslumbramiento podrán estar provistas de rejillas, difusores opales, cubiertas prismáticas o elementos especulares para que la instalación cumpla con los valores de UGRL establecidos en el presente reglamento.

En las oficinas se podrá hacer uso de alumbrado localizado adicional para conseguir ahorro de energía, ya sea concentrando las luminarias sobre los puestos de trabajo y zonas adyacentes. En tal caso la instalación debe diseñarse para lograr la iluminancia requerida sobre los puestos de trabajo, con menores valores sobre las zonas de circulación y de descanso, siempre respetando los valores de uniformidad mínima y deslumbramiento máximo.

#### SECCIÓN 420.1.2 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS.

La iluminación de aulas de clase, salas de lectura, requiere especial cuidado y una gran responsabilidad por parte de diseñadores y constructores de sistemas de iluminación, una iluminación deficiente en estos lugares puede generar serias afectaciones visuales especialmente a niños y adolescentes, con graves consecuencias en algunos casos por las limitaciones visuales.

- ✓ **Iluminación de aulas de clase:** El alumbrado de un aula de enseñanza debe ser apropiado para actividades tales como escritura, lectura de libros y del tablero. Como estas actividades son parecidas a las de las oficinas, los requisitos generales de alumbrado de éstas pueden aplicarse al de escuelas, Figura 420.1.2 a.

Es requisito que el diseño verifique la necesidad de proveer iluminación adicional en el tablero, Figura 420.12.2 b.

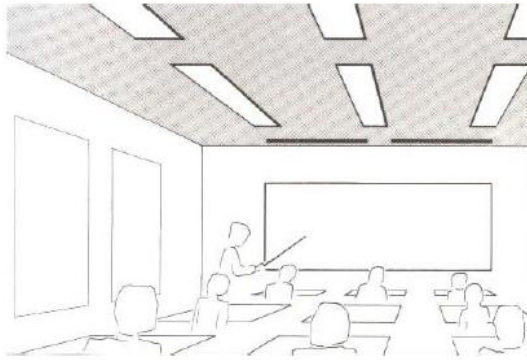


Figura 420.1.2 a. Las aulas están sujetas a la misma necesidad de alumbrado que las oficinas

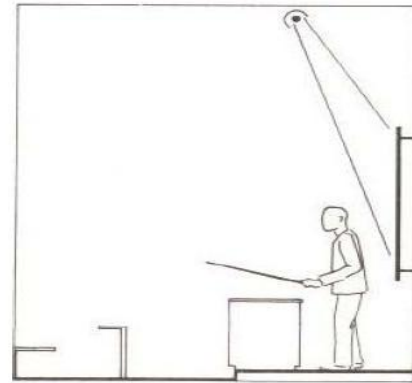
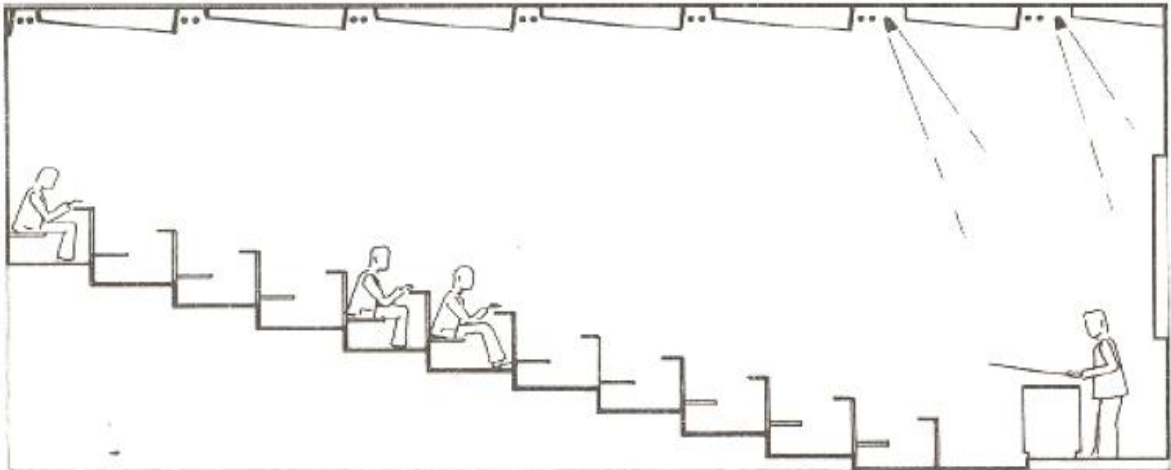


Figura 420.1.2 b. Alumbrado adicional sobre el tablero.

Fuente: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, RETILAP.

- ✓ **Iluminación de salas de lectura y auditorios.** En las salas de lectura y auditorios normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. En estos locales se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:
  - ⇒ Niveles de iluminación requeridos para lectura y escritura.
  - ⇒ Se debe tener especial cuidado en prevenir el deslumbramiento. Ver Figura 420.1.2 c.
  - ⇒ Se debe disponer de un equipo especial de regulación de flujo luminoso para la proyección de películas y dispositivas.
  - ⇒ Se debe instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra de la pared con una iluminancia vertical de 750 luxes.
  - ⇒ Se debe contar con un panel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado y eventualmente controlar el sistema automático de proyección.
  - ⇒ En estos recintos se debe contar con instalación de un alumbrado de emergencia y de señalización de las salidas.



**Figura 420.1.2 c. Sala de conferencias iluminada exclusivamente con luz artificial**

Fuente: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, RETILAP.

**✚ Resolución 1016 del 31 de marzo de 1989.**

Por la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los programas de salud ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país.

PARÁGRAFO 1. Los patronos o empleadores estarán obligados a destinar los recursos humanos, financieros y físicos indispensables para el desarrollo y cabal cumplimiento del programa de Salud Ocupacional en las empresas y lugares de trabajo, acorde con las actividades económicas que desarrollen, la magnitud y severidad de los riesgos profesionales y el número de trabajadores expuestos.

**✚ Ley 9 de 1979 Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.**

De los agentes físicos.

- **Artículo 105º.**- En todos los lugares de trabajo habrá iluminación suficiente, en cantidad y calidad, para prevenir efectos nocivos en la salud de los trabajadores y para garantizar adecuadas condiciones de visibilidad y seguridad.

## 6.2.2 Normas técnicas colombianas

- ✚ **GTC 8. ELECTROTECNIA.** Principios de ergonomía visual. Iluminación para ambientes de trabajo en espacios cerrados.

Los propósitos de la ergonomía visual son:

- a) Optimizar la percepción de la información visual utilizada en el desarrollo del trabajo
- b) Conservar un nivel adecuado de rendimiento
- c) Garantizar máxima seguridad
- d) Proporcionar un adecuado bienestar visual.

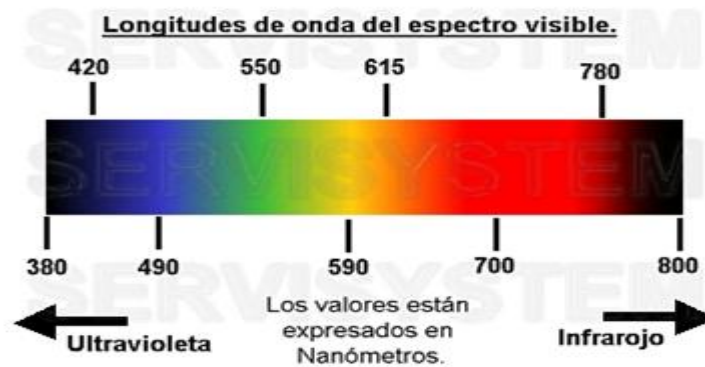
- ✚ **Norma ISO 8995.** Comisión Internacional de Iluminación. Iluminación de puestos de trabajo en interiores (ISO 8995:2002CIE S 008-2001, IDT).

Esta norma especifica los requisitos de iluminación para los puestos de trabajo en interiores y para que las personas ejecuten con eficiencia las tareas visuales, con comodidad y seguridad a través del periodo completo de trabajo.

## 6.3 MARCO TEÓRICO

**6.3.1 Luz.** La luz es el elemento esencial de nuestra capacidad de ver, motivo por el cual ésta se convierte en el tipo de energía más importante que utiliza cualquier persona, además de tener como característica principal su propagación en línea recta a través de radiaciones. Existe un infinito número de radiaciones electromagnéticas que pueden clasificarse en función de la forma de generarse, manifestarse, entre otras. Sin embargo, la clasificación más utilizada es la que se basa en las longitudes de onda, en donde los límites visibles para el ser humano van desde los 380 nm para el color violeta hasta los 780 nm el color rojo; y fuera estos límites, el ojo no percibe ninguna clase de radiación.

**Figura 7. Longitudes de ondas percibidas por el ojo.**



Fuente: Biofísica de la percepción: luz

**6.3.2 Iluminación.** Es el flujo luminoso por unidad de superficie. Cuando la luz emitida pasa por una fuente incide sobre una superficie, se dice que esta se encuentra iluminada, siendo entonces la iluminación la cantidad de flujo luminoso.

Flujo Luminoso: es la cantidad de radiación visible producida por la fuente, es la luz que se percibe. Su unidad de medida es el Lumen.

### **TIPOS DE ILUMINACIÓN<sup>18</sup>**

- Luz Natural: su fuente principal es el sol.No utilizable en su totalidad por deslumbramiento, condiciones meteorológicas, horas del día, contaminación atmosférica.
- Luz Artificial: muchas veces reemplaza totalmente a la natural, bien sea por el horario o por las características del local. La electricidad se transforma en flujo luminoso.

### **FUENTES DE ILUMINACIÓN**

Las fuentes de luz pueden ser naturales como el sol y artificiales como las lámparas. Entre las fuentes de luz artificial de uso común se encuentran las lámparas eléctricas, que corresponden a la principal fuente de uso común para este tipo de luz y además convierten la energía eléctrica en luz o energía radiante.

Entre los tipos de lámparas más usados para la iluminación se encuentran:

- ✓ **Lámparas incandescentes**: provistas de filamento de tungsteno que en el vacío de una ampolla se enrojece sin quemar, debido a la resistencia que opone al paso de la corriente. Tanto más blanca cuanto mayor temperatura.<sup>19</sup>

Ventajas:

- Bajo costo inicial.
- Construcción sencilla.
- No requiere balastro.

---

<sup>18</sup> ROBLEDO HENAO, Fernando.Riesgos Físicos, Iluminación. Tomo II.Bogóta D.C.:Ediciones Ecoe 2008.p.56.

<sup>19</sup> Ibid.p.56.

- Dispone de muchas formas y tamaños.

Desventajas:

- Bajo rendimiento eléctrico.
- Alta temperatura de operación.
- Corta vida.
- Fuente brillante de operación en un espacio pequeño.
- No permite una gran distribución de la luz.

✓ **Lámpara fluorescente:** Es un cilindro de vidrio en cuyo interior se alojan una serie de materiales que combinados producen luz. Cada componente es imprescindible para que la luz se produzca y que la luz tenga un color determinado.

Ventajas:

- Un consumo de corriente que puede ser hasta tres veces menor que la de una lámpara incandescente.
- Mejor respuesta de color. Es fácil observar que los colores son más fieles al verdadero.
- La emisión de luz es de 4 a 6 veces mayor que la de una lámpara incandescente de la misma potencia.
- Provee una luz más uniforme y menos deslumbrante, porque el área de iluminación es mayor. Calentamiento reducido.
- La duración promedio de vida es de 7500 horas en condiciones normales.

Desventajas:

- El parpadeo. La emisión de luz no es continua y con el tiempo se puede observar un parpadeo que puede producir dolor de cabeza. Esto es debido

además de al propio desgaste del material a la naturaleza de la corriente eléctrica alterna.

- Encender y apagar demasiadas veces estas lámparas reduce su vida útil de forma considerable, por eso no son propicias para espacios en los que se deba encender y apagar luces de forma continua.
- Tienen un cierto retardo desde que se encienden hasta que entregan toda la potencia lumínica.

✓ **Lámparas de descarga en atmósferas de gas:** se aprovecha el paso de la corriente eléctrica a través de una atmósfera de gas.<sup>20</sup>

a). *Lámparas de vapor de sodio:* tubo de vidrio con electrodo en cada extremo y una baja presión en su interior(0.004mm de Hg). Una cierta cantidad de sodio puro es llevado a una temperatura de 270°C y emite radiaciones luminosas.

b). *Lámparas de vapor de mercurio:* descarga en alta presión en las que el gas es mercurio vaporizado, con pequeña cantidad de argón para iniciar la descarga.

c). *Lámparas fluorescentes:* son de descarga en vapor de mercurio a muy baja presión. La descarga de vapor de mercurio no se utiliza como productora de luz, sino de radiaciones ultravioleta que al actuar sobre las sales fluorescentes que recubren la parte interior de la lámpara se transforman en radiaciones visibles. Están llenas de argón y contienen una gota de mercurio. Su temperatura de funcionamiento es de 45°C.

Ventajas:

- La ventaja primordial es el ahorro.
- Necesitan menos potencia para iluminar el mismo espacio.
- No malgastan energía en calor, son frías al tacto.

---

<sup>20</sup> ROBLEDO HENAO, Fernando.Riesgos Físicos, Iluminación. Tomo II.Bogóta D.C.:Ediciones Ecoe 2008.p.58.

- Duran mucho más que las lámparas incandescentes tradicionales (bombillas).
- Tienen diferentes tonalidades según el fin al que se destinen.
- Provee una luz más uniforme y menos deslumbrante, porque el área de iluminación es mayor.
- La duración promedio de vida es de 7500 horas en condiciones normales.

#### Desventajas:

- El parpadeo
- La emisión de luz no es continua y con el tiempo se puede observar un parpadeo que puede producir dolor de cabeza. Esto es debido al propio desgaste del material a la naturaleza de la corriente eléctrica alterna.
- Encender y apagar demasiadas veces estas lámparas reduce su vida útil de forma considerable, por eso no son propicias para espacios en los que se deba encender y apagar luces de forma continua.
- Tienen un cierto retardo desde que se encienden hasta que entregan toda la potencia lumínica.

d). *Tubos de neón*: son de alta presión y no tienen una intensidad luminosa muy elevada, muy usadas en anuncios luminosos.

✓ **Lámparas LED**: los diodos emisores de luz (LED) se usan a menudo como lámparas indicadoras. Se usan también para lecturas numéricas en calculadoras y otros dispositivos digitales. Las lámparas (LED) son pequeñas, de poca potencia y fiables. Pueden funcionar varios años sin fallos.<sup>21</sup>

#### Ventajas:

- Larga vida y mantenimiento de luminosidad.
- La luz de LED es direccional.
- Funcionamiento óptimo en ambientes fríos.
- Protección del medio ambiente, menos calor, sin mercurio.

---

<sup>21</sup> fowler j,richard.Electricidad Principios y Aplicaciones.Barcelona.:Editorial Reverté,S.A..1994.p.72.

- Pueden reducir mucho el costo total de la iluminación en un aparcamiento o un almacén.
- Gran flujo luminoso que le permite realizar luminarias viales que sustituyan a las tradicionales.
- Mayor durabilidad, hasta 15 veces más que las fuentes de luz convencionales.
- Perfectos para iluminaciones con cambio de color.
- Gran eficiencia energética.
- Excelente reproducción cromática y una iluminación de alta calidad.

El innovador diseño consigue un equilibrio perfecto entre los requisitos de tamaño del disipador de calor y el espacio entre las aletas de refrigeración, para obtener una buena circulación de aire y una evacuación eficaz de calor. El resultado es una lámpara más pequeña, brillante que establece un nuevo récord para los productos LED.

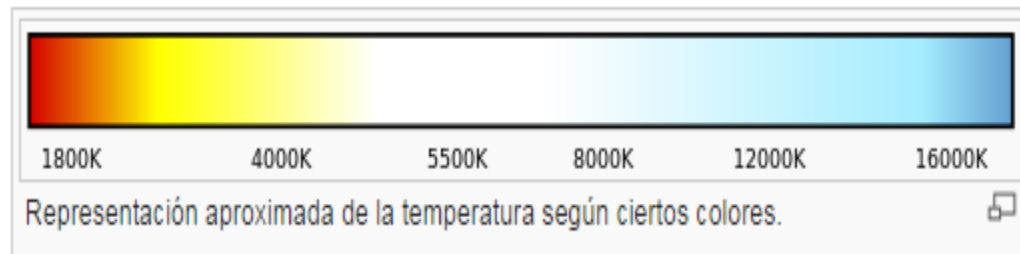
### 6.3.3 Especificaciones técnicas de las luminarias

- ✓ **Flujo luminoso:** cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en unidad de tiempo, unidad de medida Lumen.
- ✓ **Índice de Rendimiento Cromático(IRC):** Es un valor numérico que relaciona el rendimiento cromático de una lámpara con el de la luz tomada como patrón, de índice 100.

**Tabla 5. Índice de Rendimiento Cromático (IRC)**

Rendimiento Cromático	Valor IRC
Óptimo	85 < IRC < 100
Bueno	70 < IRC < 85
Discreto	50 < IRC < 70

- ✓ **Temperatura de color:** Se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color se expresa en grados kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura, por ser la misma solo una medida relativa.



Fuente: Norma NTC ISO8995.

#### 6.3.4 Métodos de alumbrado. Los métodos de alumbrado son:<sup>22</sup>

- Alumbrado general: método de distribución uniforme de luz que produce en todos los lugares de un interior idénticas condiciones de visión. Se usa especialmente en oficinas, aulas y fábricas.
- Alumbrado general localizado: se usa donde no se requiere un nivel uniforme de iluminación en toda la nave, sino en un grupo de máquinas. Se debe asegurar una iluminación general suficiente en los pasillos y zonas de circulación, para evitar fuertes contrastes.
- Alumbrado individual: Se usa cuando se necesitan altos niveles de iluminación en un puesto de trabajo debido a los requerimientos de la tarea.

<sup>22</sup> PAILLCHO GUERRA, Evelyn Alejandra. Identificación, Análisis y Evaluación de los riesgos Ergonómicos luminosos del edificio central del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico. Latacunga. 30 de junio 2011. Trabajo de grado (Carrera de Ciencias de la Seguridad). Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico. Disponible en <file:///D:/Mis%20documentos/Downloads/T-ESPE-ITSA-000043.pdf>. p. 8.

- Alumbrado combinado: En muchas ocasiones se obtienen mejores resultados combinando dos o más métodos de alumbrado.
- Alumbrado suplementario: Se utiliza generalmente en locales comerciales, para hacer resaltar objetos, con fines publicitarios. Es un alumbrado diseñado para aumentar el nivel de iluminación en un área determinada.

**6.3.5 Unidades de medida.** Nivel de iluminación (E): Flujo luminoso por unidad de superficie. Cuando la luz emitida por una fuente incide sobre una superficie, se dice que esta se encuentra iluminada, siendo entonces la iluminación la cantidad de flujo luminoso.

La unidad de medida es el lux (lx) y se define como la iluminación en un punto (a) sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual uniforme de una candela. Es la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe uniformemente repartido el flujo de un lumen.

### 6.3.6 Aparato de Medición

**Luxómetro:** Es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es lux (lx). Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> ARJONA, GONZALO. INSTRUMENTOS PARA EVALUAR LA ACCESIBILIDAD. EN: Unidad de Accesibilidad de COCEMFE.[en línea].Enero 20 del 2014.Disponible en <<http://www.observatoriodelaaccessibilidad.es/espacio-divulgativo/articulos/instrumentos-evaluar-accessibilidad.html>>.

### 6.3.7 Requisitos para un sistema de iluminación<sup>24</sup>

- Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar: se debe tener en cuenta el color de los objetos a iluminar, el contraste con el fondo cercano y circundante, el entorno, el tamaño y el brillo del objeto.
- Requerimientos de iluminación: se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación. Igualmente, el proyecto debe considerar el tipo de luz y los aportes de luz de otras fuentes distintas a las que se pretenden instalar y el menor uso de energía sin deteriorar los requerimientos de iluminación.

Además se debe tener un plan de mantenimiento del sistema para garantizar que los flujos luminosos estén dentro de los niveles permitidos.

- Selección de luminarias y fuentes luminosas: se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas.

### REQUISITOS GENERALES DEL DISEÑO DE ALUMBRADO INTERIOR<sup>25</sup>

El diseño de la iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada. Adicional a lo anteriormente descrito, se deben tener en cuenta la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies del

---

<sup>24</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Reglamento Técnico de iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).Capitulo2.seccion 200.Requisitos generales para un sistema de iluminación.

<sup>25</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de iluminación y Alumbrado Público(RETILAP). Capitulo 4. Sección 410. Requisitos del diseño de alumbrado interior.

salon, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente.

Los ítems más importantes que el diseñador necesita investigar antes de iniciar un diseño de alumbrado interior son los siguientes:

- Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- Las condiciones de reflexión de las superficies.
- Los niveles de iluminancia e uniformidad requeridas.
- La disponibilidad de la iluminación natural.
- El control del deslumbramiento.
- Los requerimientos especiales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación.
- Propiedades de las fuentes y luminarias, tales como:
  - ✚ El índice de reproducción del color, lo natural que aparecen los objetos bajo la luz.
  - ✚ La temperatura del color, la apariencia de calidez o frialdad de la luz.
  - ✚ El tamaño y forma de la fuente luminosa y de la luminancia.

**6.3.8 Aprovechamiento de la luz natural.** La fuente de luz considerada para el cálculo del aprovechamiento de la luz natural es la bóveda celeste, y en su utilización aplicarse los siguientes criterios:

- Para el aprovechamiento de la luz natural se debe disponer en lo posible de ventanales y claraboyas que además del acondicionamiento ambiental y la ventilación local, permiten el contacto visual y físico con el exterior, lo cual contribuye al bienestar y satisfacción de los usuarios.

- Se debe evitar la luz directa del sol sobre los planos de trabajo, por su gran intensidad lumínica, que genera contrastes excesivos y causa deslumbramiento.
- Se debe aprovechar la luz natural mediante la difusión y reflexión de los rayos solares hacia los interiores.

## **CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO**

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede ser experimentado como deslumbramiento molesto o perturbador.

El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminaria general existente en el interior del local (deslumbramiento directo), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

En los lugares de trabajo el deslumbramiento perturbador, su principal efecto es reducir la visibilidad de la tarea, perturba la visión y da lugar a errores y accidentes. El deslumbramiento molesto no reduce la visibilidad pero produce fatiga visual, puede producirse directamente a partir de luminarias brillantes o ventanas.

Para evitar el deslumbramiento perturbador, los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador. Esto se puede lograr orientando adecuadamente los puestos o bien apantallando las fuentes de luz brillantes.

## **DIRECCIONALIDAD DE LA LUZ**

Para percibir la forma, el relieve y la textura de los objetos debe existir un equilibrio de luz difusa y direccional; lo anterior debido a que una iluminación demasiado difusa reduce los contrastes de luces y sombras, empeorando la percepción de los objetos en sus tres dimensiones, mientras que la iluminación excesivamente direccional produce sombras duras que dificultan la percepción.

Algunos efectos de la luz dirigida también pueden facilitar la percepción de los detalles de una tarea; por ejemplo, una luz dirigida sobre una superficie bajo un ángulo adecuado puede poner de manifiesto su textura. Esto puede ser importante en algunas tareas de control visual de efectos.

## **EL COLOR DE LA LUZ**

El ser humano responde a los colores y el color en el ambiente puede influir en su rendimiento, por lo que en los proyectos de iluminación se debe tener en cuenta la apariencia de color de la fuente definida como su temperatura de color ( $T_c$ ) en Kelvin y su rendimiento de color que es la capacidad de la luz para reproducir con fidelidad los colores de un objeto iluminado por esa fuente de luz y se indica por el índice  $R_a$ .

La apariencia el color de las lámparas viene determinada por su temperatura de color correlacionada. Se definen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz: luz fría para que las que tienen un tono blanco azulado, luz neutra para las que dan luz blanca y luz cálida para las que tienen un tono blanco rojizo.

**Tabla 6. Apariencia del color**

Temperatura de color correlacionada	Apariencia de color
$T_c > 5000 \text{ K}$	Fría
$3300 \leq T_c \leq 5000 \text{ K}$	Intermedia
$T_c < 3300 \text{ K}$	Cálida

A pesar de esto, la apariencia en color no basta para determinar qué sensaciones producirá una instalación a los usuarios. Por ejemplo, es posible hacer que una instalación con fluorescentes llegue a resultar agradable y una con lámparas cálidas desagradable aumentando el nivel de iluminación de la sala. El valor de iluminancia determinará conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas el aspecto final.

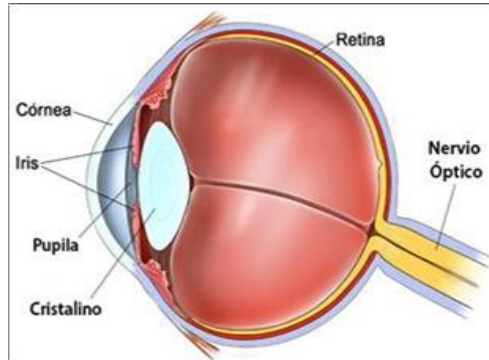
**6.3.9 La visión humana.** La visión o sentido de la vista, permite a un individuo conocer el medio que lo rodea y relacionarse con sus semejantes; para ello cuenta con un órgano especializado (ojo) encargado de captar e interpretar este tipo de señales. Este órgano fisiológico desempeña la función más importante dentro del sentido de la vista, ya que a través de él se experimentan las sensaciones de luz, forma, distancia, color, posición y movimiento de los objetos.

La función del ojo se concentra en la percepción y captación de imágenes del exterior de manera que una vez tomadas puedan ser enviadas al cerebro; para realizar dicha función, el ojo cuenta con un sistema óptico que va enfocando la imagen, la cual se recibe en una capa sensible que es la que finalmente procesa y emite dicha imagen.

De esta forma, se puede comparar el funcionamiento del ojo con el de una cámara fotográfica, puesto que cuando se toma una foto el lente situado enfrente de la cámara permite que la luz pase enfocándose en la película y cuando la luz incide

en la película, la imagen se imprime. Igualmente el proceso de ver pasa por que fijemos la vista, enfoquemos un objeto y que su imagen atraviese todas las estructuras y lentes transparentes del ojo, formando la imagen en la retina.

**Figura 8. Partes del ojo**



Fuente: Reglamento Técnico de Iluminación Ministerio de protección social 2008.

A continuación se describen las partes más importantes que se encuentran en el ojo humano.

- **Córnea:** Estructura hemisférica y transparente localizada al frente del ojo que permite el paso de la luz, protegiendo al iris y al cristalino.
- **Iris:** Regula la entrada de la luz en el ojo, dilatándose o contrayéndose para controlar la cantidad necesaria de luz.
- **Pupila:** Estructura del ojo que consiste en un orificio situado en la parte central del iris por el cual penetra la luz al interior del globo ocular.
- **Cristalino:** Componente del ojo humano con forma de lente biconvexa que está situado tras el iris y delante del humor vítreo y que a la vez permite enfocar objetos situados a diferentes distancias.

- **Retina:** Membrana interior del ojo, que cubre la coroides hasta el iris, formada en parte por expansiones del nervio óptico y en la cual se reciben las impresiones luminosas.
- **Nervio Óptico:** Es un nervio craneal y sensitivo que se encuentra encargado de transmitir la información visual desde la retina hasta el cerebro mediante fibras nerviosas denominadas conos o bastoncillos que son los que realmente transforman la energía luminosa en sensaciones o energía nerviosa, siendo los bastoncillos sensibles a la luz y los conos sensibles al color.

**6.3.10 Factores que intervienen en los efectos de la exposición a la iluminación.** Mediante los sentidos, el ser humano puede experimentar diversas sensaciones, quizá una de las más importantes es la obtención de la información, la cual es percibida por el sentido de la vista (cerca del 80%). Por otro lado, algunos aspectos del bienestar humano, como lo son el estado mental o incluso el nivel de fatiga, se ven afectados por la iluminación y por el color de las cosas que nos rodean; es por esta razón que los sitios de trabajo deben estar adecuados con los niveles de iluminación permitidos y admisibles por el ojo humano.

Ahora bien, se hace necesario citar algunos factores que determinan el riesgo de alteraciones de agudeza o cansancio visual, entre los que están:<sup>26</sup>

- Edad: El nivel de agudeza visual se va deteriorando con la edad, independiente de que se encuentre o no expuesto al factor de riesgo.
- Nivel de Iluminancia: Su importancia es fundamental, aunque no pueda establecerse una relación exacta entre las alteraciones de agudeza visual y el

---

<sup>26</sup> Iluminación.En:Laboratorio de Condiciones de Trabajo.ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA(Facultad de IngenieriaIndustrial).Disponibleen<[http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/4967\\_iluminacion.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/4967_iluminacion.pdf)>.p. 5.

nivel de Iluminancia; la insuficiencia o excesiva presencia de Iluminación puede producir deficiencias visuales.

- Susceptibilidad Individual: Es la característica que posee cada persona de reaccionar ante la exposición al factor de riesgo por sus condiciones y antecedentes personales.
- Tiempo de Exposición: Es considerada desde dos aspectos: por una parte, el correspondiente a las horas/día u horas/semana de exposición, y por otra parte, la edad laboral o tiempo en años que el trabajador lleva actuando en un puesto de trabajo con un determinado nivel de Iluminación.
- Tipo de Iluminación: Se encuentra influenciado por las características, ya sea de tipo natural o artificial. La primera (luz natural) ocasiona menor cansancio visual y una apreciación de los colores en su valor exacto; sin embargo ésta requiere que sea complementada con la segunda (luz artificial).

La visión es uno de los sentidos fundamentales para el ser humano, motivo por el cual es necesario reconocer su importancia al momento de desarrollar cualquier actividad, así como también lo es para la vida laboral, para el campo de la investigación, pero sobre todo para la salud de cada persona.

Como justificación de este hecho, se tiene que para cada actividad existe un nivel específico de iluminación, por lo que es necesario los lugares de trabajo de tal manera que quien realice la actividad no resulte afectado por las condiciones a las cuales se encuentra expuesto, especialmente si este realiza tareas que requieran grandes esfuerzos visuales.

La función del ojo se concentra en la percepción y captación de imágenes del exterior de manera que una vez tomadas puedan ser enviadas al cerebro; para realizar dicha función, el ojo cuenta con un sistema óptico que va enfocado la imagen, la cual se recibe en una capa sensible que es la que finalmente procesa y emite dicha información.

El rendimiento visual depende tanto de las propiedades intrínsecas de la tarea (tamaño, forma, posición, color y reflectancia de los detalles y del fondo) como la percepción influenciada por la Iluminación. Sin embargo el rendimiento visual se ve afectado por variables.

6.3.11 Consecuencias de una iluminación inadecuada. La seguridad en el trabajo, la capacidad y el confort visual son factores muy importantes que se deben tener presentes en cualquier actividad laboral, puesto que la mayoría de los accidentes son ocasionados, entre otras razones, por deficiencias en la iluminación o a errores cometidos por el trabajador, a quien le resulta difícil identificar objetos o los riesgos asociados con la maquinaria, los transportes, los recipientes peligrosos, entre otros aspectos.

Además de esto, es necesario recalcar que una iluminación inadecuada en el trabajo puede originar daños en la salud del trabajador, molestias e incluso enfermedades como fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes.

Algunos de los efectos reflejados en la salud de las personas a causa de la mala iluminación en los sitios de trabajo corresponden a:

- Pérdidas de agudeza visual: originada como consecuencia de un esfuerzo en percepción visual que exige la tarea.
- Fatiga Ocular: ocasionada como efecto de un confinamiento del hombre en recintos con iluminación inadecuada.
- Deslumbramiento: se origina a causa de los contrastes en el campo visual o a brillos excesivos de fuentes luminosas.
- Rendimiento Visual: se ve afectado por falta de uniformidad en la iluminación, generando fatiga del sistema nervioso central.

## 7. PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICA

### 7.1 ANÁLISIS TÉCNICO

#### **¿Por qué cotizar con Havells Sylvania y con Philips?**

Son las dos marcas más reconocidas a nivel mundial en cuanto a luminarias artificiales, por la experiencia con la que cuentan, por el reconocimiento que han adquirido en diferentes proyectos y por la creación de nuevos productos de alta calidad.

**7.1.1 Selección de proveedores.** Antes de tomar la decisión de donde se van a adquirir las luminarias, se debe realizar en primera instancia una apropiada selección de proveedores, pues de lo contrario podría implicar una mala decisión o una errónea evaluación respecto a los mismos.

Para llevar a cabo la selección de los proveedores se contactaron tres de las empresas más globales (Havells Sylvania Colombia S.A y Philips Lighting Colombia y Osram Colombia), dedicadas a proveer soluciones profesionales en iluminación.

A continuación se describe de forma más detalla los servicios que ofrecen estas tres empresas:

- **Havells Sylvania:**<sup>27</sup> Es una empresa líder en soluciones de iluminación profesional con mas de 100 años de experiencia en la producción de fuentes de luz y accesorios que van desde bombillos ahorradores (CFL), bombillos halógenos, tubos fluorescentes, bombillas HID y la nueva tecnología LED.

A través de una larga trayectoria, suministra productos y sistemas de iluminación a los sectores públicos, comerciales y privados por todo el mundo.

Diseñamos y fabricamos una amplia gama de luminarias y lámparas para aplicaciones arquitectónicas, industriales, comerciales, residenciales y de exterior.

Nuestras tres marcas principales: Concord, Lumiance y Sylvania, concentran fuerzas en el diseño, ingeniería y producción del producto además de conocimiento profundo de las aplicaciones en sus áreas de actividad especializadas: iluminación profesional arquitectónica, decorativa y funcional respectivamente.

También somos una compañía líder en el desarrollo y venta de luminarias que cumplen con los más altos estándares de calidad y eficiencia bajo las normas que exige el país.

En Havells Sylvania están comprometidos con la innovación tecnológica, la calidad superior de productos y alto desempeño. Nosotros manufacturamos nuestros productos cumpliendo con estándares internacionales como IEC,ANSI, ISO 9000, ISO 14000, UL Y Energy Star.

- **Philips Ligthing:** Los pilares de Philips se remontan a 1891, cuando Anton y Gerard Philips fundaron Philips & Co.

---

<sup>27</sup> SYLVANIA, Disónible en línea [<http://www.sylvaniacolombia.com/Compania>].

Es una empresa Holandesa de tecnología diversificada que se enfoca en mejorar la vida de las personas a través de importantes innovaciones en las áreas del cuidado de la salud, estilo de vida del consumidor e iluminación.

La empresa es líder en cuidados cardíacos, cuidados intensivos y cuidados de la salud en el hogar; en soluciones de iluminación energéticamente eficientes y nuevas aplicaciones de iluminación, así como afeitadoras, cuidado personal y salud bucal.<sup>28</sup>

En los últimos años Philips trajo a Colombia las lámparas LED, sistema de iluminación que no produce calor y es amigable con el medio ambiente. Se espera que en pocos años los hogares cuenten en su totalidad con este sistema para disminuir el calentamiento global y ahorrar energía.<sup>29</sup>

**7.1.2 Criterios de selección.** Para elegir el proveedor encargado del proyecto de iluminación, se aplicó la herramienta conocida como matriz de selección la cual permitió tomar la decisión a partir de la definición de los criterios determinados a continuación:

- ✓ **Precio:** Criterio definido como el valor del producto de cada proveedor.
- ✓ **Especificaciones técnicas:** Es un documento interno que recoge información básica del mismo. También se llama ficha técnica. En ella se recogen datos claves de forma clara y concisa, y de las características técnicas del producto en concreto.
- ✓ **.Antigüedad en el mercado:** Este ítem hace referencia al tiempo que tiene la empresa laborando en el mercado.

---

<sup>28</sup> PHILIPS, Disponible en línea [<http://www.philips.com.co/about/company/local/index.page>].

<sup>29</sup> PHILIPS, Disponible en línea [<http://www.philips.com.co/about/company/local/history/index.page>].

- ✓ **Tiempo de Entrega:** se refiere al tiempo transcurrido entre la orden de compra y su entrega final.
  
- ✓ **Servicio Pos Venta:** En el servicio posventa está incluido todo el soporte necesario para apoyar al cliente en el uso del producto o servicio. Todo aquello que ocurre después de la venta: soporte técnico, aplicación de garantía, cursos y manejo de quejas
  
- ✓ **Vida útil:** Es la duración estimada que un producto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creado.
  
- ✓ **Garantía:** Permiten tener la certeza de que, en caso de problemas o defectos que afecten el correcto funcionamiento del producto, los responsables se harán cargo de su reparación para que el producto vuelva a reunir las condiciones óptimas de uso.

Debido a que la Matriz de Selección proporciona un enfoque lógico a la elección de un conjunto de opciones, es ideal para elegir un problema. Así mismo es posible usarla para evaluar y disminuir una lista de soluciones potenciales para un problema.

La matriz de selección es una herramienta para tomar decisiones en equipo, utilizando criterios ponderados y acordados. Esta herramienta se emplea para asignar prioridades a problemas, tareas, soluciones u otras opciones posibles. A continuación se compara la importancia de cada uno de ellos contra los demás por medio de la siguiente escala:

**Tabla 7. Escala de valoración para selección de proveedores.**

Calificación de desempeño	Descripción
1/10	Mucho menos importante
1/5	Menos importante
1	Igual
5	Mas importante
10	Mucho más importante

Fuente: Tomado de 6 herramienta matriz de selección

**7.1.3 Evaluación de criterios.** A continuación se crear una matriz de pares, es decir hacer una tabla en la que se nombren las filas y columnas con cada uno de los criterios.

**Tabla 8. Matriz de comparación de criterios.**

	Precio	Esp. Técnicas	Ant. En el mercado	Tiempo de entrega	Servicio pos venta	Vida útil	Garantía	Suma	F.P
Precio		1/5	5	1/5	5	10	5	25.4	0.205
Esp. Técnicas	5		5	1/5	1/10	5	5	15.3	0.124
Ant. En el mercado	1/5	1/5		1/10	1/5	5	5	10.7	0.086
Tiempo de entrega	5	5	10		5	10	5	40	0.323
Servicio pos venta	1/5	10	5	1/5		5	5	25.4	0.205
Vida útil	1/10	1/5	1/5	1/10	1/5		5	5.8	0.047
Garantía	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5		1.2	0.01
							<b>TOTAL</b>	<b>123.8</b>	<b>1</b>

Luego se suman los valores de cada criterio para llegar a un total. Para cada criterio obtener el factor de ponderación (FP) dividiendo la suma entre el total. Comparar cada opción contra todas las demás. Se crea una matriz de pares para cada criterio que se tiene; se nombran las filas y columnas de cada matriz con las opciones a evaluar, se hace la comparación y evaluación según la siguiente escala:

**Tabla 9. Escala de comparación y evaluación de criterios.**

Calificación	Evaluación
1/10	Mucho peor
1/5	Peor
1	Igual
5	Mejor
10	Mucho mejor

**Tabla 10. Comparación de proveedores respecto al precio**

PRECIO	Philips	Sylvania	suma	Peso de la opción
Philips		5	5	0.97
Sylvania	1/5		0.2	0.039
		<b>Total</b>	<b>5.2</b>	<b>1</b>

**Tabla 11. Comparación de proveedores respecto a las especificaciones técnicas.**

Especificaciones técnicas	Philips	Sylvania	suma	Peso de la opción
Philips		10	10	0.99
Sylvania	1/10		0.1	0.01
		<b>Total</b>	<b>10.1</b>	<b>1</b>

**Tabla 12. Comparación de proveedores respecto a la antigüedad del mercado.**

Antigüedad en el mercado	Philips	Sylvania	suma	Peso de la opción
Philips		1	1	0.5
Sylvania	1		1	0.5
		<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Tabla 13. Comparación de proveedores respecto al tiempo de entrega.**

Tiempo de entrega	Philips	Sylvania	Suma	Peso de la opción
Philips		10	10	0.99
Sylvania	1/10		0.1	0.01
		<b>Total</b>	<b>10.1</b>	<b>1</b>

**Tabla 14. Comparación de proveedores respecto al servicio pos venta.**

Servicio pos venta	Philips	Sylvania	Suma	Peso de la opción
Philips		5	5	0.96
Sylvania	1/5		0.2	0.04
		<b>Total</b>	<b>5.2</b>	<b>1</b>

**Tabla 15. Comparación de proveedores respecto a la vida útil.**

Vida útil	Philips	Sylvania	Suma	Peso de la opción
Philips		10	10	0.99
Sylvania	1/10		0.1	0.01
		<b>Total</b>	<b>10.1</b>	<b>1</b>

**Tabla 16. Comparación de proveedores respecto a la garantía.**

Garantía	Philips	Sylvania	Suma	Peso de la opción
Philips		10	10	0.99
Sylvania	1/10		0.1	0.01
		<b>Total</b>	<b>10.1</b>	<b>1</b>

Por último se construye la matriz final, donde se etiquetan las filas con las opciones y las columnas con los criterios. Se multiplica el Factor de Ponderación (FP) por el Peso de la Opción (PO) respectivo. Luego se suma cada fila para obtener el puntaje final para cada opción. Finalmente seleccionar la opción de mayor puntaje.

**Tabla 17. Resultado de la selección de proveedores.**

	Precio	Esp. Técnicas	Ant. Mercado	Tiempo de entrega	Ser. Pos venta	Vida útil	Garantía	Suma
<b>Philips</b>	0.2	0.123	0.043	0.32	0.2	0.05	0.0099	<b>0.95</b>
<b>Sylvania</b>	0.008	0.00124	0.043	0.323	0.000205	0.00047	0.0001	<b>0.38</b>

✓ El proveedor a seleccionar respecto al puntaje que obtuvo es Philips con 0.95%.

**7.1.4 Selección de Luminarias.** En esta etapa se llevó a cabo la revisión de la cotización de las luminarias para los edificios Camilo Torres y Laboratorios Livianos proporcionada por el proveedor elegido Philips. Donde ellos proponen luminarias tipo LED de acuerdo a sus características y beneficios.

**7.1.4.1 LEDtube estándar:** Máster LEDtube Standard es altamente confiable en su relación calidad-precio. Este nuevo producto del portafolio de iluminación LED Philips, incorpora chips LED de avanzada tecnología, generando una iluminación cómoda y natural.

Ahorra hasta un 60% de energía y reduce costos de mantenimiento vs los tubos fluorescentes tradicionales, contribuyendo así con el medio ambiente.

**BENEFICIOS:**

- Menos costos operativos gracias a su bajo consumo energético.
- Menos costos de mantenimiento gracias a una vida útil 2 a 3 veces más larga que los fluorescentes normales.
- El método más rápido y sencillo de actualizar una luminaria equipándola con tecnología LED, en un proceso de instalación 100% seguro.
- Ahorro de energía: hasta en un 90% comparado con bombillas incandescentes y halógenas.
- Larga duración: hasta 45.000 horas de funcionamiento.
- Bajo costo: hasta el 80% de ahorro en la factura de energía. Muy bajo mantenimiento y costos de reemplazo.
- Hasta 3 años de garantía.
- Luz inofensiva: no produce rayos UV o radiación IR (ideal para iluminar objetos de color y sensibles al calor).

- Amigable con el medio ambiente: bajos residuos de carbono, no tiene mercurio y todos los materiales cumplen con la norma Europea 2002/95/CE.

### **CARACTERÍSTICAS:**

- Sólo un 40% de consumo de energía en comparación con los tubos fluorescentes.
- Vida extra larga de 40.000 horas.
- Intercambiable en cualquier instalación (EM,directo a red).
- Equipo de control (Balasto) Integrado.
- No contiene mercurio.

### **APLICACIONES:**

- Parquaderos cubiertos / descubiertos.
- Oficinas
- Almacenes.
- Colegios y universidades.
- Áreas públicas.
- Industria.

La ficha técnica de la luminaria tipo LED, puede ser consultada en el (Anexo J).

**7.1.5 Mejoramiento de sistema de iluminación para áreas con luminaria tipo LED.** El diseño de los niveles de iluminancia para un espacio destinado a realizar algún tipo de trabajo, debe tener como objetivo lograr óptimas condiciones visuales en el plano de trabajo. Una meta secundaria sería la creación de un medio ambiente visual que ejerza una influencia positiva sobre el rendimiento y el bienestar de sus usuarios.

Considerando el presente trabajo de grado involucra diferentes tipos de escenarios entre los cuales se consideran: salones de clase, oficinas de tipo general, oficinas de profesores y laboratorios, se propuso el diseño por medio de los programas ArchiCAD by Graphisoft®<sup>30</sup> y Artlantis Studio by Abvent R&D®<sup>31</sup>, teniendo en cuenta la ubicación correcta de las luminarias sobre los puestos de trabajo y el color del área en general para un mayor reflejo de color de la luz, basados en los requisitos de iluminación interior como lo estipula el RETILAP.

ArchiCAD by Graphisoft® es un software CAD de “Modelado de Información de Construcción” en el que se permite visualizar en 3D el diseño arquitectónico que se ha propuesto. En primera instancia se estipularon las alturas y materiales de elementos como muros, columnas y entrepisos. Ya definida la mampostería se entra a involucrar los objetos adicionales y del interior como lo son: ventanas, puertas, luminarias y mesones dándole las características respectivas a cada una de las áreas que permitan visualizar una fiel imagen de lo que se quiere mostrar.

Una vez modelado el proyecto con todas las características de la mampostería y acabados, se procedió a ambientarlo con un diseño de mobiliario que se adecuara a los espacios en mención por medio del programa **Artlantis Studio by Abvent R&D®** que es un software que permite hacer Renders; es decir; hacer el

---

<sup>30</sup> ArchiCAD by Graphisoft®. Disponible en línea [<http://www.graphisoft.es/archicad/>].

<sup>31</sup> Artlantis Studio by Abvent R&D®. Disponible en línea [Artlantis Studio by Abvent R&D® ].

tratamiento de modelos de información de construcción para darles una visualización más acertada a la realidad, ofreciendo una variedad de materiales para aplicar al modelo con una mejor calidad de resolución.

Artlantis permite importar archivos de otros programas como ArchiCAD para que se trabaje en base al modelo 3D previamente elaborado. Ya importado el modelo, se efectúan los cambios en materiales para dar una visualización más real tanto en mampostería como en el mobiliario implementado; seguido de esto, se da el tratamiento a la iluminación de nuestro proyecto aplicando los solariscopios y la luz artificial permitiéndolo modificar la potencia, el ángulo, la sombra y el cono de luz.

Finalmente cuando se hayan definido materiales, focos de iluminación y perspectivas se genera la imagen Foto-Render con la respectiva configuración previa de tamaño, suavizado, radiosidad, ISO y velocidad de obturación.

**7.1.5.1 Diseño del sistema de iluminación para salones de clase.** La iluminación de aulas de clase y salas de lectura, requiere especial cuidado y una gran responsabilidad por parte de los diseñadores y constructores de sistemas de iluminación. Una iluminación deficiente en estos lugares puede generar serias afectaciones visuales especialmente a niños y adolescentes, con graves consecuencias en algunos casos por las limitaciones visuales.<sup>32</sup>

Es requisito que el diseño verifique la necesidad de proveer iluminación adicional en el tablero.

---

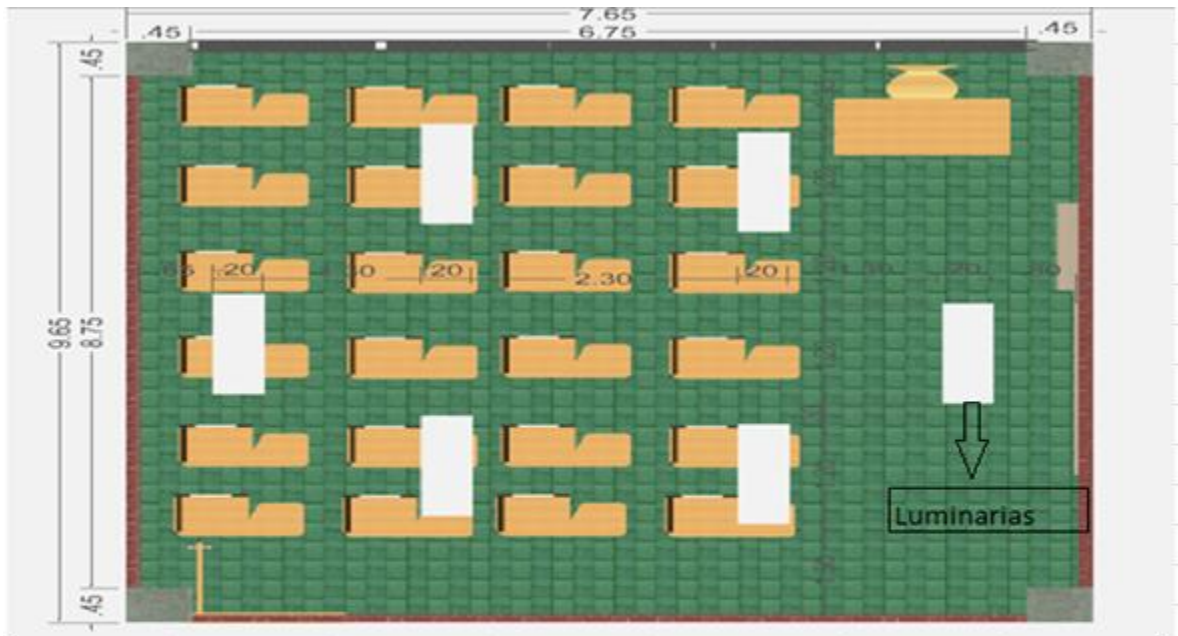
<sup>32</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Alumbrado Público (RETILAP). Capítulo 4. SECCIÓN 420.1.2 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS .p.88

A continuación se presenta el diseño para el área del salón de clase, el cual consta de 6 luminarias constituidas por tubo doble de 1,20mt de largo tipo LED, ubicada paralela al plano de trabajo para obtener un mayor aprovechamiento de la luz de acuerdo a la distribución del espacio, con paredes de color blanco que permiten un ambiente visual agradable a partir de la temperatura de color de la fuente seleccionada y con controles adecuados como persianas, que evitan la entrada de luz solar cuando se hace uso de la luz artificial. (Ver Figura 9).

**Figura 9. Diseño del sistema de iluminación para salones de clase.**



En el siguiente plano se puede observar la vista superior y la vista frontal del área con sus respectivas dimensiones y la ubicación de las luminarias.



<b>Universidad Industrial de Santander</b>	
<b>Elaborado por:</b> Deissy Carolina Ricaurte Rey	<b>Código:</b> 2073658
<b>Programa:</b> ArchiCAD by Graphisoft® y Artlantis Studio by Abvent	<b>Versión:</b> 1:1
Salón de Clase 410 Edificio Camilo Torres	Vista Superior lateral

Vista Frontal Lateral Derecha:

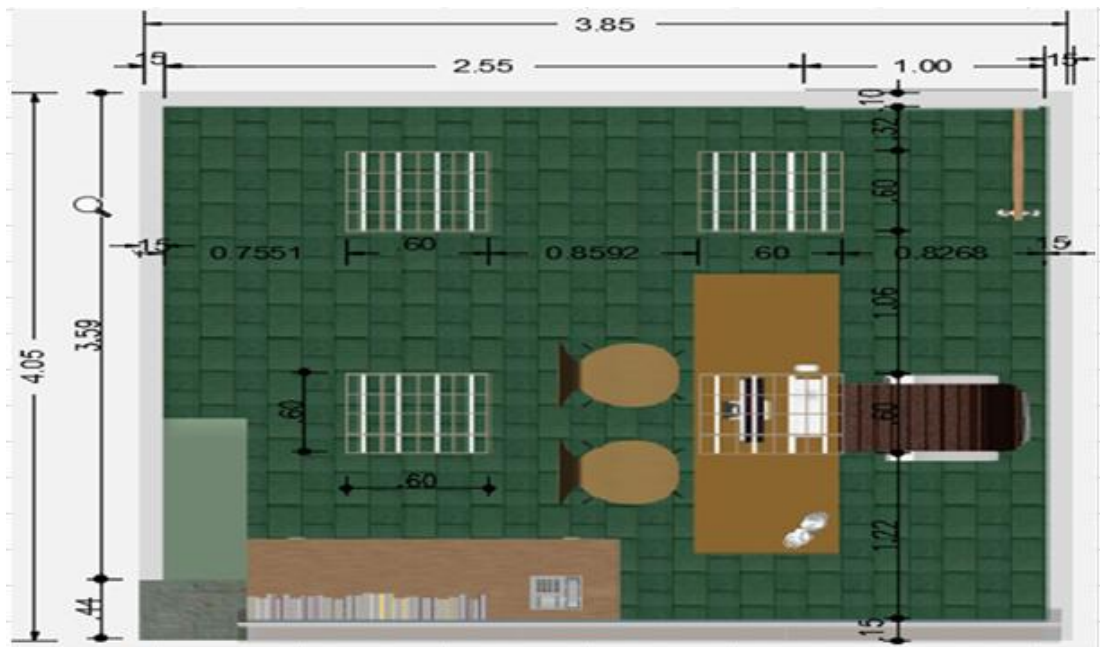


**7.1.5.2 Diseño para oficinas de tipo general.** Para satisfacer algunos requisitos del Retilap en las oficinas podrán usar luminarias empotradas en el techo, el cual consta de 4 luminarias constituidas por tubo de cuatro unidades de 60x60 cm tipo LED, las luminarias podrán estar provistas de rejillas o difusores respecto al control de deslumbramiento, con paredes de color blanco, con persianas que controlan el ingreso de luz natural mientras se usa la fuente artificial. (Ver Figura 10).

**Figura 10. Diseño del sistema de iluminación una oficina de tipo general.**



En el siguiente plano se puede observar la vista superior y la vista frontal del área con sus respectivas dimensiones y la ubicación de las luminarias.



<b>Universidad Industrial de Santander</b>	
<b>Elaborado por:</b> Deissy Carolina Ricaurte Rey	<b>Código:</b> 2073658
<b>Programa:</b> ArchiCAD by Graphisoft® y Artlantis Studio by Abvent	<b>Versión:</b> 1:1
Oficina de tipo general (325A) Edificio Laboratorios Livianos	Vista Superior Lateral

Vista Frontal Lateral Derecha:



**7.1.5.3 Diseño del sistema de iluminación oficinas de profesores.** El alumbrado de oficinas puede diseñarse de un modo más esquemático que el de otras instalaciones de alumbrado, dado que, el número de tareas visuales es limitado y bien definido (leer, escribir, dibujar, en monitores de computador, etc.).

En la oficina las luminarias se disponen normalmente en el techo siguiendo un modelo de regular en líneas rectas paralelas al plano de trabajo, el cual consta de 2 luminarias constituidas por tubo doble de 1,20mt de largo tipo LED, con paredes y techos de color blanco y muebles que estén libres de superficies reflectoras de luz. (Ver Figura 11).

**Figura 11. Diseño del sistema de iluminación una oficina de profesores**



En el siguiente plano se puede observar la vista superior y la vista frontal del área con sus respectivas dimensiones y la ubicación de las luminarias.



<b>Universidad Industrial de Santander</b>	
<b>Elaborado por:</b> Deissy Carolina Ricaurte Rey	<b>Código:</b> 2073658
<b>Programa:</b> ArchiCAD by Graphisoft® y Artlantis Studio by Abvent	<b>Versión:</b> 1:1
Oficina de profesores 204 Edificio Laboratorios Livianos	Vista Superior

Vista frontal:



**7.1.5.4 Diseño del sistema de iluminación para laboratorios.** En el área de laboratorios consta de 18 luminarias constituidas por tubo doble de 1,20 mt de largo tipo LED hermética, ubicadas de forma paralela en funciones de los mesones de trabajo puesto que son los que requieren mayor exigencia visual, con paredes de color blanco asociados a la amplitud del espacio y dando un aspecto acogedor al ambiente.( Ver Figura 12).

**Figura 12. Diseño del sistema de iluminación de un laboratorio.**



La ficha técnica de la luminaria LED hermética propuesta para los laboratorios puede ser observada en el (Anexo K).

En el siguiente plano se puede observar la vista superior y la vista frontal del área con sus respectivas dimensiones y la ubicación de las luminarias.



## 7.2 ANÁLISIS ECONOMICO

Los costos estimados que determinó el proveedor Philips, de acuerdo a las características de las áreas que conforman los edificios Camilo Torres y Laboratorios Livianos se observan a continuación:

**Tabla 18. Costos estimados para el edificio Camilo Torres**

	EDIFICIO CAMILO TORRES		
	TOTAL	TOTAL LUMINARIAS	PRECIO POR LAMPARA
SALONES DE CLASE	32	177 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000
SALONES DE COMPUTO	3	15 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000
SALA DE CONFERENCIAS	1	21 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000
AREA DE CIRCULACIÓN O CORREDORES	4	20 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000

**Tabla 19. Costos estimados para el edificio Laboratorios Livianos.**

	EDIFICIO LABORATORIOS LIVIANOS		
	TOTAL	TOTAL LUMINARIAS	PRECIO POR LAMPARA
OFICINAS DE TIPO GENERAL	12	45 Luminarias celda por tubo de 4 unidades	\$ 234.000
OFICINAS ABIERTAS	11	26 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000
OFICINAS PROFESORES	85	170 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000
LABORATORIOS	15	158 Luminarias celda por tubo doble	\$ 185.000
SALA DE JUNTAS	5	22 Luminarias celda por tubo de 4 unidades	\$ 234.000
SALA DE CONFERENCIAS	2	16 Luminarias celda por tubo de 4 unidades	\$ 234.000
OFICINA TIPO CUBICULO	3	12 Luminarias celda por tubo de cuatro unidades	\$ 234.000

<b>RECINTO CON MAQUINA DE COPIADO</b>	1	1 Luminaria celda por tubo doble	\$ 116.000
<b>CUARTO DE CONTROL QUIMICO</b>	4	27 Luminarias celda por tubo de 4 unidades	\$ 185.000
<b>SALON DE ESTUDIO</b>	7	60 Luminarias celda por tubo de 4 unidades	\$ 234.000
<b>SALON DE POSGRAGO</b>	1	12 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000
<b>BODEGA HERBARIO</b>	1	16 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000
<b>AREAS DE CIRCULACIÓN</b>	4	40 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000
<b>AULA DE DEMOSTRACIONES</b>	2	27 Luminarias celda por tubo doble	\$ 116.000

- ✓ El costo total de propuesta técnico económica para estas áreas sería de \$156.103.000 (millones de pesos) de acuerdo a tipo de luminaria LED, Ver (Anexo L).
- ✓ El ahorro total por año de acuerdo a la situación actual de las áreas sería de \$31.776.192 (millones de pesos).
- ✓ Considerando que la nueva luminaria LED tiene un precio más alto que la actual, el consumo energético proyectado de es mucho menor y la vida útil es mucho mayor, en cambio la luminaria tipo fluorescente actual cuesta menos que la propuesta, pero el consumo energético es mayor y su vida útil es menor. Además de esto se debe tener en cuenta que el tubo fluorescente que se funde no se puede votar puesto que es un residuo peligroso en este caso debe entregarse a una entidad especializada y pagar, mientras que el tubo Led si es reciclable.
- ✓ En concordancia se recomienda que de acuerdo que a lo establecido en la resolución 1348 del año 2009, toda persona que realice trabajos eléctricos debe ser calificada con matricula Icontec, para adecuar el nuevo sistema de

iluminación. En este caso Se estima que la mano de obra sea del 15% del costo total de la propuesta, en este caso tendría un valor de \$ 20.000.000 (millones de pesos) adicional al costo total de la propuesta.

## 8. SOCIALIZACIÓN

Se convocó por medio de correos electrónicos y una carta de solicitud ante el decanato de ciencias de parte de la estudiante interesada a cada uno de los directores de escuela de física, química, matemáticas, biología y al decano de la facultad de ciencias.

La socialización del proyecto fue realizada el día 16 de octubre de 2014 con la presencia del Decano de la Facultad de Ciencias el señor Germán Moreno a las 11:00 am.

**Nota:** Las diapositivas utilizadas durante la socialización ante el Consejo de Decanato se encuentran en el (Anexo M), y la lista de asistencia se puede observar en el (Anexo N).

## 9. CONCLUSIONES

- ✓ El diagnóstico inicial de las condiciones de iluminación en los puestos de trabajo de los edificios

Camilo Torres arrojó qué:

- El 36,11 % de los puestos de trabajo cuentan con luminarias desgastadas lo que ocasiona un nivel de iluminación mínimo.
- El 8,33% del estado de sus luminarias se encuentran incompletas lo cual reduce la iluminación en el área de trabajo.
- El 16,67% de la luminarias se encuentran sucias.
- El 38,89% de la luminarias se encuentran en buen estado.
- El 38,89% cuentan con cortinas, persianas y black out lo cual permiten un mejor aprovechamiento de la luz artificial.
- El 61,11% no cuentan con ningun control adecuado, que permitan mitigar la el deslumbramiento que puede ocasionar la luz natural al reflejar objetos como tableros.

Laboratorios Livianos arrojó qué:

- El 27,04% cuentan con luminarias desgastadas.
- El 5,67% de las luminarias se encuentran fundidas las cuales no proporcionan la emisión de luz adecuada.
- El 3,14% de las luminarias están incompletas.
- El 10,06% del estado de las luminarias se hallan sucias.
- El 54,09% se encuentran en buen estado las luminarias.
- El 88,67% de las luminarias cumplen con la ubicación en forma paralela.

- El 11,31% de las luminarias se encuentran ubicadas de forma mixta y perpendicular, lo cual no cumple con los estándares reglamentarios.
- ✓ Siguiendo los criterios definidos en el RETILAP y la norma GTC8 se procedió a realizar las mediciones de niveles de iluminación en cada una de las áreas objeto del presente proyecto, encontrándose qué:

De los 36 puestos evaluados en el edificio Camilo Torres

- La jornada diurna arrojó un porcentaje de incumplimiento del 63,75%.
- La jornada nocturna arrojó el 72,5%.

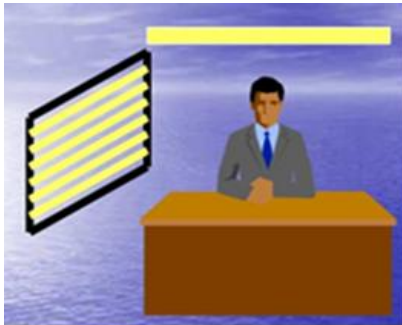
De los 159 puestos evaluados en el edificio Laboratorios Livianos:

- El 54,75% arrojó porcentaje de incumplimiento, determinando de manera urgente y prioritaria tomar medidas que mitiguen el riesgo.
- ✓ Siguiendo los parámetros definidos en el Retilap se procedió a determinar el grado de riesgo a partir del nivel de iluminación encontrado de acuerdo al objetivo anterior evidenciando qué:
  - En el edificio Camilo Torres, la jornada diurna arrojó un grado de riesgo del 61%.
  - En el edificio Camilo Torres, la jornada nocturna arrojó un grado de riesgo del 50%.
  - En el edificio Laboratorios Livianos, para las áreas de oficinas arrojó un grado de riesgo del 41,51%.
  - En el edificio Laboratorios Livianos, para las áreas de laboratorios arrojó un grado de riesgo del 6,3%.

- ✓ De acuerdo al análisis técnico y económico realizado, y considerando las variables que influyen en una iluminación artificial, se consideró que el proveedor seleccionado era Philips y que el costo de cada luminaria es de \$116.000, implicando para la Universidad Industrial de Santander un costo total de \$156.103.000 (millones de pesos).
  
- ✓ Se presentó la socialización de los resultados del proyecto ante el Decanato de Ciencias recibiendo visto bueno por parte del Decano Germán Moreno

## 10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mejorar los niveles de iluminancia en los puestos de calificación DEFICIENTE, con la instalación de fuentes artificiales tipo LED, ubicadas de forma paralela al plano de trabajo.



- Se sugiere asegurar a través de la distribución del sistema de iluminación artificial, la uniformidad en la iluminación de las áreas de trabajo y para cada uno de los puestos de trabajo que la constituyen, garantizando que las fuentes artificiales se ubiquen sobre el plano de trabajo.
- En los puestos que se encuentran ubicados en cercanía de ventanas que permiten el exceso de ingreso de luz natural, se requiere el control de ingreso de ésta, por medio de cortinas, persianas ó black out, para evitar deslumbramiento en el trabajador.



- Se sugiere evitar superficies reflectivas en la OFICINAS DE TIPO GENERAL (vidrio sobre el escritorio) para evitar que se generen condiciones de deslumbramiento en el trabajador debido al reflejo de la luz emitida por la fuente artificial.



- Se recomienda realizar la reposición de las luminarias que se encuentran deterioradas o fundidas, permitiendo que sobre las superficies de trabajo se obtengan los niveles de iluminancia requeridos por el RETILAP.

- Para los demás puntos registrados y que presentan niveles por debajo de los estándares recomendados (mínimo: 300 LUX, recomendado: 500 LUX y máximo: 750 LUX), se recomienda revisar el estado de las luminarias, verificar la altura de las mismas y reubicar su posición, de manera tal que permita mejorar los niveles de iluminancia, conforme a los estándares mencionados anteriormente.
- Mientras se logra la transición a luminarias tipo LED, se recomienda utilizar tubos fluorescentes T5 de 6500 K de temperatura de color, índice de rendimiento cromático superior a 85 y consumo energético acorde con el flujo luminoso emitido.
- Se sugiere llevar un registro digital de información referente a la fecha de instalación de fuentes de iluminación artificial (tubos), referencia, y demás características, de tal forma que se pueda llevar un control de vida útil de la luminaria, que permita ir monitoreando su desgaste y por ende programando su reemplazo antes de que su intensidad y uniformidad baje hasta niveles que afecten el desempeño en puestos de trabajo.
- Se recomienda la limpieza periódica de fuentes de iluminación artificial, para asegurar que la presencia de polvo y suciedad sobre éstas no obstruya el flujo luminoso que las luminarias deben emitir.
- Se sugiere, considerando el tipo de labor desarrollado y el tiempo de exposición, la valoración periódica del estado de salud visual de los trabajadores.
- Se sugiere desarrollar un programa de capacitación al personal frente al factor de riesgo físico por iluminación, que incluya temáticas como: naturaleza de la iluminación, el ojo humano, efectos sobre la salud de la inadecuada iluminación

y mecanismos de control del riesgo, manejo de contraste, brillo en las pantallas de los computadores, entre otras.

**Nota:** Las presentes recomendaciones son de carácter estrictamente técnico emitidas por el evaluador que llevó a cabo el presente estudio en función de mejorar las condiciones identificadas; sin embargo, no obligan a su implementación total o parcial por parte de La Universidad Industrial de Santander.

## BIBLIOGRAFÍA

Disponible en: <http://www.lighting.philips.com.co/>

GE Lighting. 4' T8 Starcoat® Ecolux® Standard F32T8 Lamps.

GONZÁLEZ RAMÍREZ, Enney L., et al. Reglamento técnico en higiene industrial “iluminación”: Reglamento técnico Colombiano para evaluación y control de iluminación y brillo en los centros de trabajo. Pág. 77

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, GTC 8; ELECTROTECNIA. PRINCIPIOS DE ERGONOMÍA VISUAL. ILUMINACIÓN PARA AMBIENTES DE TRABAJO EN ESPACIOS CERRADOS. Editada por El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2.004. Armonización idéntica de la norma ISO (International Standards Organization ISO 8995).

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO RETILAP (resolución 182544 de Diciembre 29 de 2010).

Philips. Lámparas y tubos LED Philips. Descubre todo lo que la luz hace por ti. Bogotá D.C, 2014 PDF.

Resolución 2400 de 1979 Art.80, Ministerio de trabajo y seguridad industrial Disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad industrial en Establecimientos de trabajo.

Universidad Industrial de Santander. Disponible en:  
<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/cienciasHumanas/index.html>